

Onderzoek positieve
impact afschaffing
fossiele subsidies



Onderzoek positieve impact afschaffing fossiele subsidies

Dit rapport is geschreven door:

Martijn Blom, Joost van den Assum, Pascal Bouwman, Jan-Willem Kanthers en Marieke Sanderse

Delft, CE Delft, januari 2024

Publicatienummer: 24.230455.003

Opdrachtgever: Ministerie van EZK

Uw kenmerk: 202311068

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

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Martijn Blom (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

Samenvatting		4
1	Inleiding	6
	1.1 Aanleiding	6
	1.2 Doel en afbakening	6
	1.3 Twee perspectieven	7
	1.4 Leeswijzer	10
2	Analysekader: Doorwerken van beprijzing	11
	2.1 Inleiding	11
	2.2 Analysekader	11
3	Generieke inzichten	16
	3.1 Inleiding	16
	3.2 De huidige circulaire economie	16
	3.3 Effecten op enkele strategieën	18
	3.4 Weglekeffecten	22
	3.5 Effecten op bedrijven en werkgelegenheid	22
	3.6 Conclusies	25
4	Inzichten uit de sectoranalyses	27
	4.1 Inleiding	27
	4.2 Gebouwde omgeving	27
	4.3 Glastuinbouw	28
	4.4 Transport	29
	4.5 Elektriciteitsproductie	30
	4.6 Industrie	30
	4.7 Conclusie	32
5	Conclusies	33
	5.1 Inleiding	33
	5.2 Effecten op CE-bedrijven	33
	5.3 Doorwerken van prijseffecten	34
	5.4 Concurrentie om biobased grondstoffen	36
6	Referenties	37
A	Interviews	42
B	Sector analyse gebouwde omgeving	43
	B.1 Beprijzing klimaatschade en afschaffen fossiele subsidies	43
	B.2 Prijseffecten in de energie- en grondstofketen	44
	B.3 Circulaire strategieën	45



	B.4 Nieuwe verdienmodellen en bedrijven	46
	B.5 Impact op de sector	46
C	Sectoranalyse glastuinbouw	47
	C.1 Beprijzing klimaatschade en afschaffen fossiele subsidies	47
	C.2 Prijseffecten in de energie- en grondstofketen	47
	C.3 Circulaire strategieën	49
	C.4 Nieuwe verdienmodellen en bedrijven	50
	C.5 Impact op de sector	51
D	Sectoranalyse transport	53
	Goederenvervoer	56
	D.1 Zeevaart en binnenvaart	56
	D.2 Luchtvaart	62
	D.3 Personenvervoer op de weg	68
E	Sectoranalyse elektriciteitsproductie	70
	E.1 Beprijzing klimaatschade en afschaffen fossiele subsidies	70
	E.2 Prijseffecten in de energie- en grondstofketen	70
	E.3 Circulaire strategieën	72
	E.4 Nieuwe verdienmodellen en bedrijven	73
	E.5 Impact op de sector	74
F	Sectoranalyse industrie	75
	F.1 Kunststoffen	77
	F.2 Staal: Metallurgische industrie	86
	F.3 Bouwmaterialen: Mineralogische industrie	92
	F.4 Kunstmest: Basischemie	98

Samenvatting

Aanleiding en kader

Er ontstaan nieuwe marktkansen als fossiele subsidies worden afgebouwd en er een gelijk speelveld ontstaat in de fiscale behandeling van energie en grondstoffen (niet-energetisch gebruik van fossiele energie). Tot op heden zijn vooral concurrentie effecten op bestaande bedrijven (negatief voor de Nederlandse economie) in beeld gebracht op basis van een serie van impact assessments. Waar het afschaffen van fossiele subsidies nadelig is voor Nederlandse bedrijven die sterk afhankelijk zijn van fossiele energie, biedt dat tevens kansen voor een betere businesscase voor bedrijven die minder of niet afhankelijk zijn van fossiele grondstoffen. Naast bedrijven die nu onderdeel uitmaken van de circulaire economie gaat dit ook om bedrijven die hier in de toekomst deel van uit zullen gaan maken. Het doel van deze studie is het *kwantitatief* verkennen van deze positieve effecten. In de scope van de studie staan de maatschappelijke kosten door CO₂-uitstoot centraal.

Definitie en scenario's fossiele subsidies

Het afschaffen van fossiele subsidies betekent primair een verhoging (of invoering) van belastingen en accijnzen voor specifieke gebruikers die eerder onvolledig of afwezig waren. We beschouwen deze afbouw en afschaffing vanuit twee perspectieven: vanuit externe kostenperspectief (maatschappelijke CO₂-prijs) en vanuit gebruikersperspectief, met naast een Nederlands scenario een Europees scenario waarbij de gehele EU ervoor kiest hetzelfde afbouwscenario door te voeren.

Positieve effecten op Nederlandse economie

Toename in circulaire bedrijvigheid en extra toegevoegde waarde

Circulaire bedrijven beslaan ongeveer 6% van het totaal aantal bedrijven in Nederland. In termen van het aandeel in het BBP gaat het om zo'n 4%. Dit aandeel kan worden vergroot door de afbouw van fossiele-energiesubsidies en daarmee een versnelde overgang naar een circulaire economie. Dit vergroot ook de toegevoegde waarde van producten en diensten, gericht op het opnieuw in de kringloop brengen van herwonnen grondstoffen, materialen en producten. Bedrijven in reparatie, onderhoud, energie en recycling zullen hiervan het meest profiteren. Deze transformatie zal deels binnen bestaande bedrijven en deels in nieuwe circulaire economie-bedrijven plaatsvinden.

Afbouwscenario's stimuleren nieuwe innovaties en duurzame technieken

Afbouwscenario's stimuleren consumenten, bedrijven en overheden om nieuwe innovaties en duurzame technieken te ontwikkelen, met een EU gelijk speelveld als voorwaarde. De impact is groter aan het begin van productieketens dan bij eindconsumenten. Daarnaast zijn nieuwe businessmodellen vaak afhankelijk van consumentenvoorkeuren en vereisen veranderingen in consumptiepatronen om kringlopen te sluiten.

Schaalbare energieoplossingen snel economisch rendabel

Sommige innovaties, vooral op het gebied van schaalbare energieoplossingen, zullen economisch rendabel worden vanaf een CO₂-prijs van 130 euro per ton, gerelateerd aan

maatschappelijke kosten van CO₂-uitstoot in 2023. De verwachting is dat voor grondstofinnovaties meer nodig is. De hoge kapitaalintensiteit, het opbouwen van nieuwe aanvoer- en productketens, benodigde schaalomvang en de lange leadtimes van assets vragen om een langetermijnperspectief van oplopende internalisering van maatschappelijke kosten (ook breder dan van klimaat).

Kansen voor Nederland in verschillende markten

Een belangrijke sector waar effecten van afbouw substantieel kunnen zijn, is de kunststoffenmarkt. Enerzijds vanwege de forse omvang van fossiele subsidies, anderzijds vanwege de forse opwaartse potentie voor het aandeel herwonnen kunststoffen. Nederlandse pioniers in kunststofrecycling bedienen Europese markten met hoogwaardig en herwonnen grondstoffen. De kunststoffenmarkt is een markt waar het recycling percentage nog relatief laag is en waar aanzienlijke verbetering mogelijk is. Nederland heeft een voor-aanstaande positie in zowel de recycling- als petrochemische industrie. Deze sectoren kunnen een sleutelrol spelen in het circulair maken van de Europese economie.

Effecten per sector

In de gedetailleerdere sectoranalyses zien we een divers en genuanceerd beeld:

- In de gebouwde omgeving zullen vooral circulaire en biobased nieuwbouw snel concurrerender worden.
- In de tuinbouwsector zal vooral de besparing en verduurzaming van warmte centraal staan en bij de productie van kunstmest een transitie naar groene waterstof. Voor beide geldt dat het inprijzen van klimaatschade nog niet direct zal leiden tot grote verschuiving naar bijvoorbeeld kringloop- of biologische landbouw.
- In de transportsector profiteren vooral de binnenvaart, internationale zeevaart en luchtvaart van fossiele subsidies en is Europese of zelfs internationale samenwerking nodig. Nieuwe verdienmodellen ontstaan dan vooral voor elektrificatie in de binnenvaart en groene brandstoffen in de zee- en luchtvaart.
- In de elektriciteitssector en industrie wordt door het EU-ETS al ingezet op vermindering van CO₂-uitstoot richting 2040, maar we verwachten ook hier een versnelling van de verduurzaming. In de elektriciteitsproductie vooral door nieuwe opwektechnieken alsmede CCS en CCU en in de industrie nemen de (financiële) kansen voor elektrificatie toe en zal infrastructuur de uitdaging zijn. Alternatieven voor non-energetisch gebruik (gas, olie en kolen als grondstof) hebben vaak een langere ervaringscurve en groot-schalige investeringen in productie en opschaling nodig om concurrerend te worden. Mechanische recycling van kunststoffen is daarmee (waar mogelijk) eerder rendabel dan bijvoorbeeld chemisch gerecyclede of biobased alternatieven.

Europese samenwerking is in vrijwel alle sectoren wel een belangrijke randvoorwaarde: Europees kan een eventueel ongelijk speelveld aan de buitengrenzen worden gecorrigeerd.

Tenslotte: fossiele subsidies en maatschappelijke kosten

Veel innovatieve, circulaire technieken zijn (ook) gericht op de vermindering andere maatschappelijke kosten dan die (primair) door de (afschaffing van) fossiele subsidies worden geraakt: bijvoorbeeld (overige) grondstoffenschaarste, schade aan gezondheid, natuur en/of biodiversiteit door microplastics, pesticiden of vervuiling van lucht, water of bodem. Het afbouwen en afschaffen van fossiele subsidies wordt door innovatieve, circulaire bedrijven dan ook gezien als een belangrijke eerste stap in de beprijzing van maatschappelijke kosten. Daarbij is ook een langere termijn tijdpad belangrijk, waarbij het (steeds verder) inprijzen van maatschappelijke kosten de benodigde investeringszekerheid geeft aan radicalere innovaties en opschaling.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Internationaal heeft Nederland zich gecommitteerd aan het uitfaseren van inefficiënte fossiele subsidies. Het huidige kabinet heeft al diverse stappen gezet in deze richting, waaronder het vastleggen van een meerjarige stapsgewijze verhoging van de energiebelasting en het afschaffen of inperken van diverse vrijstellingen en verlaagde tarieven in de energiebelasting.

De motie Kröger c.s. (Tweede Kamer der Staten Generaal, 2023a) verzoekt de regering scenario's op te stellen voor de afbouw van de verschillende fossiele subsidies. De motie Erkens en verzoekt bij de implementatie van motie Kröger c.s. expliciet aandacht te besteden aan speelveld, weglekeffecten en interactie met andere instrumenten. De motie Kröger c.s. vraagt tevens om hierbij 'de positieve impact op innovatieve, circulaire bedrijvigheid mee te nemen'. Om invulling te geven aan dit laatste deel van de motie Kröger c.s. heeft het ministerie van EZK aan CE Delft verzocht om dit onderzoek uit te voeren.

Om de positieve gevolgen van deze afbouw beter in beeld te brengen, beoogt dit rapport de (positieve) effecten op deze circulaire bedrijven in beeld te brengen. Deze circulaire bedrijven krijgen nieuwe marktkansen als fossiele subsidies worden afgebouwd en er een gelijk speelveld ontstaat in de fiscale behandeling van energie en grondstoffen (niet-energetisch gebruik van fossiele energie). Het gaat bijvoorbeeld om positieve prikkels voor meer recycling, maar ook andere verdienmodellen voor innovatieve energiefuncties (energiebesparingsdiensten in de gebouwde omgeving) en circulaire bedrijven die waardevolle grondstoffen omzetten uit secundair materiaal.

Tot op heden zijn vooral de verschuivingseffecten op bestaande bedrijven in beeld gebracht op basis van een serie van impact assessments. Waar het afschaffen van fossiele subsidies nadelig is voor bestaande bedrijven die *sterk* afhankelijk zijn van fossiele energie biedt dat kansen voor een betere businesscase voor bedrijven die *minder* of *niet* afhankelijk zijn van fossiele energie en grondstoffen. Met de inzichten in deze nieuwe studie ontstaat een aanvullend beeld voor de positieve effecten voor de gehele economie.

1.2 Doel en afbakening

Aansluitend bij de motie Kröger c.s. kan de vraag als volgt geformuleerd worden:

“Welke impact op innovatieve, circulaire bedrijvigheid kan worden verwacht als in Nederland fossiele subsidies worden afgebouwd?”

We bakenen het onderzoek als volgt af:

- Het onderzoek beoogt een overzicht te bieden van de economische gevolgen op korte en middellange termijn en met een brede definitie van 'circulaire bedrijvigheid'. Daarbij beogen we een raamwerk te presenteren voor toekomstig onderzoek naar de economische gevolgen van beprijzing van klimaat- en milieuschade.

- We maken hierbij gebruik van het overzicht van fiscale voordelen in de verschillende regelingen die in Bijlage 25 van de Miljoenennota 2024 opgenomen zijn, de impact-analyses die daarbij voor verschillende sectoren zijn uitgevoerd en de analyses van PBL en CPB (PBL & CPB, 2023).
- We bepalen de positieve effecten kwalitatief voor de referentie jaren 2021 en 2030.
- We gaan tenslotte uit van maatschappelijke kosten van klimaat bepaald met behulp van de Milieuprijzen (CE Delft, 2023e). Deze worden bepaald met behulp van preventie-kostenmethode. Milieukosten zijn echter breder: milieuvervuiling, verlies aan bio-diversiteit en uitputting van natuurlijke hulpbronnen leiden tot gezondheidsschade voor mensen, en economische schade aan gebouwen en natuur.

1.3 Twee perspectieven

Binnen dit onderzoek kiezen we voor twee perspectieven op het begrip fossiele subsidies.

Eerste perspectief: Brede welvaart

Het eerste perspectief betreft een welvaartstheoretisch perspectief op fossiele subsidies. Beprijzing van de broeikasgassen is belangrijk voor het realiseren van de klimaatdoelen. Wanneer broeikasgasemissies te weinig of helemaal niet worden beprijsd, werkt de markt niet goed en wordt klimaattransitie gehinderd. Overheidsbeleid zou in principe (voor een gehele markt) zorg moeten dragen voor het adequaat beprijsen van de externe effecten van het gebruiken van fossiele-energiedragers. Als dit niet het geval is, kan gesproken worden van subsidiëring. Dit geldt bijvoorbeeld voor regelingen die het gebruik van fossiele-energiedragers vergroten en daarmee leiden tot extra emissies (PBL & CPB, 2023). In dit geval gaat het er dus niet alleen om dat er een prijsverschil kan ontstaan door belasting-vrijstellingen, of korting op de energieprijs, tevens kan een tekort op het beprijsen worden gezien als een vorm van fossiele-energiesubsidie. Deze subsidie wordt immers door de belastingbetaler betaald in de vorm hogere belastingen die nodig zijn om deze extra klimaatuitgaven elders te financieren. Immers door extra activiteiten die fossiele energie gebruiken te stimuleren (en daar de kosten niet in rekening te brengen), zal dit door uitgaven op andere terreinen weer gecompenseerd moeten worden om klimaatschade (en overige milieukosten) te beperken.

Tekstkader 1 - Perspectief 1: Definitie fossiele subsidie vanuit externe-kostenperspectief

Onvolledige beprijzing van de milieukosten die samenhangt met het gebruik van fossiele brand- en grondstoffen, of onvolledige normering die de uitfasering van klimaatschade die gepaard gaat met het gebruik van fossiele brand- en grondstoffen afdwingt. Binnen deze studie beperken we ons vanwege de beperkte doorlooptijd op klimaatkosten.



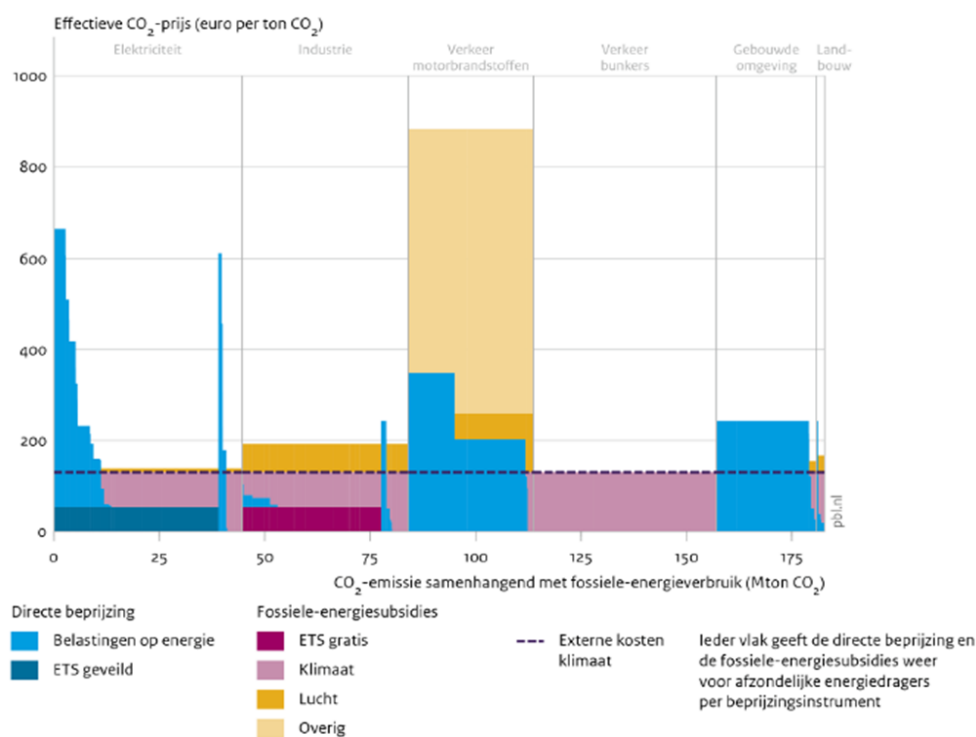
Dit perspectief sluit direct aan het falen van markten en met name onderbeprijzing in verschillende sectoren. Met dit perspectief brengen we in beeld in hoeverre bestaande belastingen leiden tot beprijzing die maatschappelijke kosten van klimaatverandering reflecteert.¹ Basis voor het bepalen van de effecten is een volledige beprijzing (of normering van de afbouw) van klimaatschade, is de studie van PBL en CPB (PBL & CPB, 2023). Deze studie zet de beprijzing in een bepaalde sector af tegen de klimaatschade van € 130

¹ De PBL-studie kijkt ook naar andere externe kosten van bijvoorbeeld luchtvervuiling, wij focussen in deze studie uitsluitend op de externe kosten van de klimaatschade.

per ton CO₂². Op deze wijze kan het klimaatbeprijzingstekort in een bepaalde sector worden bepaald als het verschil tussen de (impliciet) betaalde CO₂-prijs en de maatschappelijke prijs.

In Figuur 1 laten we het beprijzingstekort in 2021 zien op basis de studie van PBL (PBL & CPB, 2023). Het roze gekleurde blok vormt dan het klimaatbeprijzingstekort.

Figuur 1 - Overzicht van het klimaatbeprijzingstekort



Noot: Met 'directe beprijzing' wordt bedoeld dat er direct wordt aangegepen op het gebruik van fossiele energie en daaraan gerelateerde CO₂-emissies. Directe beprijzing is er in twee vormen, namelijk expliciete beprijzing van CO₂-

Bron: PBL (2023).

Het tweede perspectief

In het tweede perspectief dat we hanteren, gaan we uit van een engere benadering waarin alleen de voordelen ten opzichte van een reguliere belastingtarief of prijs centraal staan. Bij deze 'engere' benadering staat niet de *fossiele-energieprijs inclusief externe kosten* centraal, maar alleen de marktprijs. Wanneer als gevolg van overheidsbeleid de prijs van energie afwijkt ten opzichte van een reguliere prijs die afnemers uiteindelijk betalen op hun energierekening, dan spelen we van een fossiele subsidie.

² De PBL studie kijkt ook naar andere externe kosten van bijvoorbeeld luchtvervuiling, wij focussen in deze studie uitsluitend op de externe kosten van de klimaatschade.

Met deze term fossiele-energiesubsidies bedoelen we dan overheidsmaatregelen die direct of indirect een financieel voordeel opleveren voor fossiel energieverbruik. Bij fossiele subsidies gaat het om een verzamelnaam van fiscale financiële voordelen gericht op productie of subsidie van fossiele energie. Gebruikelijk is om vier categorieën te onderscheiden:

1. Prijssteunregelingen.
2. Directe overdracht van middelen.
3. Belastinguitgaven en misgelopen inkomsten.
4. Risico-overdrachten aan de overheid.

Bij deze benadering is het van belang om bij elke regeling een specifieke referentie te bepalen. Bij prijssteunregelingen is dat bijvoorbeeld de marktprijs zonder belastingen of andere subsidies. Bij belastinguitgaven en misgelopen opbrengsten gaat het om, door de overheid mogelijk gemiste opbrengsten vanwege vrijstellingen of verlaagde tarieven. Bij de degressieve tarieven in de energiebelasting gaat het bijvoorbeeld om het verschil tussen de betreffende schijf en het hoogste tarief (kleinverbruikers). Voor elke regeling dient afzonderlijk zo'n referentiewaarde te worden bepaald.

Het kabinet heeft bij de Miljoenennota 2024 in Bijlage 25 een overzicht gegeven van alle 'regelingen die specifieke voordelen bieden' in Nederland. Hierbij is, door het kabinet, nauw aangesloten bij de definitie van de OESO. Elk prijsvoordeel dat (via een lagere belasting dan het - elders - hoogst gehanteerde tarief) aan een bedrijf toevalt, kan worden aangemerkt als subsidie. De lijst is gebaseerd op een ambtelijke analyse en een studie van PBL en CPB. De inventarisatie komt uit op een bedrag van 39,7-46,4 miljard euro³.

Tekstkader 2 - Perspectief 2: Definitie fossiele subsidie vanuit gebruikers perspectief

Met de term fossiele subsidies bedoelen we dan overheidsmaatregelen die direct of indirect een financieel voordeel opleveren voor fossiel energieverbruik. Bij fossiele subsidies gaat het om een verzamelnaam van fiscale financiële voordelen gericht op productie of subsidie van fossiele energie. Basis voor het bepalen of een overheidsmaatregel een subsidie vormt zijn niet de externe kosten, maar de reguliere afnemersprijs .



Tabel 1 vat beide perspectieven nog een keer overzichtelijk samen. We werken beide perspectieven uit in het volgende hoofdstuk in de vorm van drie scenario's waarmee we de analyse verrichten.

³ Dit betreft het totaal van specifieke voordelen, waarbij geen rekening is gehouden met wat dit per saldo betekent. Er is bijvoorbeeld geen rekening gehouden met het feit dat een relatief voordeel in de EB voor grootgebruikers wordt aangevuld met het feit dat voor deze verbruikers ETS-kosten gelden.

Tabel 1 - Samenvatting van twee perspectieven die basis vormen van studie

Perspectief	Aanpak	Bedrag	Referentie	Bron
Externe kosten	Gebaseerd op de klimaat-schade kosten. Rekent een bedrag uit van niet-beprijste externe kosten en merkt dit aan als fossiele-energie-subsidie.	€ 13,7 mld.	Maatschappelijke kosten van uitstoot van CO ₂ 2021: € 130/ton CO ₂ -eq. 2030: € 188/ton CO ₂ -eq.	PBL en CPB (PBL & CPB, 2023)
Afnemers van fossiele energie en grondstoffen	Is gebaseerd op de reguliere prijs die afnemers betalen. Rekent een bedrag uit door tariefverschillen te bepalen met het gangbare fiscale tarief (bijv. eerste schijf EB).	€ 39,7-46,4 mld. (som van alle regelingen, niet optelbaar).	Marktprijs van energie of normaal tarief van energiebelasting	Miljoenennota 2024, Bijlage 25

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 start met een toelichting op het analysekader en een uitwerking van de twee perspectieven die kunnen worden gehanteerd bij het begrip fossiele subsidies. Deze perspectieven werken we uit in drie scenario's die wij inzetten om de gevolgen van uitfasering van fossiele subsidies in kaart te brengen. Naast een Nederlands scenario ('alleingang') voor beide perspectieven maken we ook gebruik van een Europees scenario waarbij de gehele EU ervoor kiest hetzelfde afbouwscenario door te voeren, en er dus geen ongelijk Europees speelveld ontstaat.

Hoofdstuk 3 presenteert vervolgens de economiebrede of sectoroverstijgende resultaten van de verschillende afbouwscenario's. We gaan in op welke economische gevolgen hiervan te verwachten zijn in Nederland en hoe deze zich verhouden tot mogelijke koolstofweglekrisico (carbon leakage). We maken daarbij gebruik van een eenduidig overzicht van de onrendabele top van verschillende innovatieve technieken en vergelijken deze met de maatschappelijke prijs van CO₂ in 2023 en 2030. Op deze manier krijgen we een eerste beeld van welke energie-en grondstoftechnieken gericht op verminderen van fossiele-energievraag, mogelijk rendabel worden bij verschillende afbouwscenario's. Op grond hiervan maken we een eerste inschatting van de positief economische casussen. Impliciet hierin is de economische redenering: hoe eerder een techniek rendabel wordt, hoe groter de marktkans in een afbouwscenario en groter de positieve BBP-bijdrage kan zijn.

Hoofdstuk 4 gaat vervolgens in op de belangrijkste uitkomsten per sector. We presenteren hier de belangrijkste inzichten uit onze sectoranalyses en gaan concreet in op de gevolgen van het doorberekenen van klimaatschade (conform verschillende afbouwscenario's) in een bepaalde sector. Dat doen we aan de hand van verschillende productketens. Immers per productketen kunnen andere kostprijseffecten worden verwacht en zijn andere innovaties beschikbaar. De sectoranalyses zelf staan in de Bijlagen B tot en met F van dit rapport.

Hoofdstuk 5 sluit af met de conclusies.

2 Analysekader: Doorwerken van beprijzing

2.1 Inleiding

Zowel de bedrijven die fossiele energie gebruiken als nieuwe, circulaire bedrijven vinden we in de hele economie. Met een economie die in het begin van de transitie staat, is het logisch dat bedrijven die gebruik maken van fossiele energie oververtegenwoordigd zijn⁴. Circulaire bedrijven zijn relatief nieuw, zijn nog maar net gestart als start-up of spin-off, en/of hebben weinig financiële zekerheid om hun bedrijf toekomstgericht te exploiteren. De bedrijven die in een circulaire economie in 2030 of 2050 de boventoon voeren, kennen we anno 2023 nog niet. Deze bedrijven zitten echter ook niet in de economische modellen van CPB en PBL. Hierdoor zijn de effecten op deze bedrijven in de economische doorrekeningen (impact assessments) nog onvoldoende meegenomen.

Om effecten van het afbouwen van fossiele subsidies op deze toekomstige economische activiteiten toch goed in beeld te brengen, maken we gebruik van een eenduidig analysekader. De kwalitatieve analyse in verschillende sectoren en productgroepen werken we in alle (deel)sectoren met hetzelfde analysekader, dat in dit hoofdstuk verder wordt toegelicht. Hierbij maken we gebruik van de twee perspectieven die we in het eerste hoofdstuk hebben geschetst.

2.2 Analysekader

Dit onderzoek gaat over de relatie tussen uitfasen van fossiele subsidies (beprijzing van milieukosten) en de impact hiervan op innovatieve, circulaire bedrijvigheid. Het uitfasen van deze fossiele subsidies zal leiden tot hogere kosten voor Nederlandse bedrijven die fossiele energie gebruiken. Omdat bedrijven de kostprijsverhoging zullen willen beperken, gaan ze over tot maatregelen die de CO₂-uitstoot reduceren (energiebesparing, CCS, hernieuwbare gassen en biograndstoffen). Dit zal deels binnen de poort van het eigen bedrijf gebeuren door bijvoorbeeld over te schakelen op hernieuwbare energie en/of grondstoffen. Daarnaast zullen ook nieuwe bedrijven in productketens duurzame alternatieven ontwikkelen die fossiele grondstoffen of energie kunnen vervangen. Zij krijgen daartoe meer kans, immers het prijsverschil tussen het fossiele en duurzame alternatief is kleiner geworden of mogelijk zelfs in een positief prijsvoordeel uitgewerkt.

Voor de bedrijven die als gevolg van het afschaffen van de fossiele subsidie een kostprijsverhoging (en deze niet kunnen ontwijken door te verduurzamen) te verwerken krijgen, zal dit leiden tot een verslechtering van hun internationale concurrentiepositie wanneer andere landen vergelijkbare heffingen niet invoeren. Dat laatste heeft tot gevolg dat een deel van de industriële productie zich zal verplaatsen naar het buitenland: dit hoeft geen letterlijke verplaatsing te zijn, maar zal in de praktijk vaak verlies van marktaandeel aan

⁴ Dit geldt trouwens ook, tot op zekere hoogte, voor het financiële kader dat deze bedrijven ondersteunt. Bedrijven die gebruik maken van fossiele energie zijn daarin relatief oververtegenwoordigd. Bedacht moet worden dat de vrijstellingen of verlaagde tarieven binnen de energielasting tevens gelden voor het gebruik van duurzame energie, aangezien de energielasting geen onderscheid maakt op basis van de bron (afgezien van de inputbelasting).

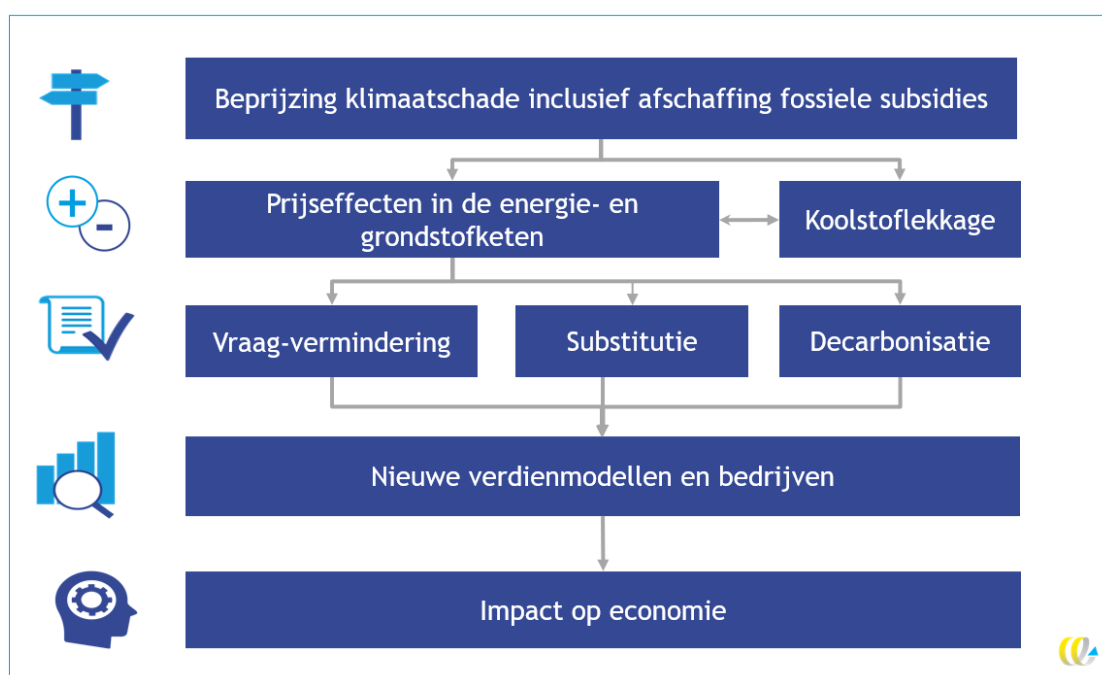
bedrijven in landen die wel gebruik maken van fossiele subsidies en geen CO₂-beprijzing kennen (zogenaamde koolstoflekkage).

Hoewel dit niet de belangrijkste insteek van deze studie betreft, gaan we nader in op de koolstoflekkage. Koolstoflekkage is niet alleen potentieel ongunstig voor de kortetermijn-CO₂-emissies, ook kan het de transitie naar een duurzame industrie in de weg zitten. De verduurzaming van materialen en eindproducten begint immers bij de verduurzaming van basisproducten uit de chemie, staal en bouwgrondstoffen.

Uit de bijlage bij de Miljoenennota 2024 (Bijlage 25) identificeren we de relevante fossiele subsidies per sector. Met de impactanalyses van onder andere PBL/CPB, Trinomics, Berenschot en CE Delft identificeren we vervolgens de bijbehorende kostenverhogingen onder de volgende scenario's.

Het analysekader vatten we samen in Figuur 2. Insteek van het onderzoek is een analyse per relevante sector te geven. Daarbij kan een impact onderscheiden worden op verdienmodellen voor energiefuncties en grondstoffuncties, aangezien fiscale voordelen zich over grondstof- en energiegebruik uitstrekken.

Figuur 2 - Methodologie



2.2.1 Beprijzing klimaatschade en afschaffing fossiele subsidies

De twee perspectieven op fossiele subsidies hebben we uiteengezet in Hoofdstuk 1: het externe kostenperspectief en het marktperspectief. In het eerste perspectief definiëren we een fossiele subsidie als een situatie waarin de klimaatschade niet volledig in rekening wordt gebracht aan de veroorzaker/gebruiker door afwezigheid van beprijzingsinstrumenten of normering. Het tweede perspectief gaat uit van tarieven die afwijken van de reguliere fiscale tarieven die afnemers uiteindelijk betalen op hun energierekening als gevolg van overheidsmaatregelen. Het gaat daarbij de facto om financiële en fiscale voordelen die

zorgen dat energie- of grondstofkosten voor een bepaalde groep gebruikers lager ligt dan wanneer er geen verlaagd tarief, vrijstelling of degressieve tariefstructuur zou gelden. In Tabel 2 presenteren we de bijbehorende scenario's in dit onderzoek.

Tabel 2 - Verschillende scenario's in deze studie

Perspectief	Scenario	Bron
Eerste perspectief: Externe kosten	Scenario 1: Volledige maatschappelijke kosten van CO ₂ worden toegerekend door Nederlands beleid. De klimaatschade is gebaseerd op de preventiekostenmethode (CE Delft, 2023e).	(PBL & CPB, 2023)
	Scenario 2: Volledige maatschappelijke kosten van CO ₂ worden toegerekend door Europees beleid	(PBL & CPB, 2023)
Tweede perspectief: Standaard marktprijs en of belastingtarief	Scenario 3: De subsidies cf. Miljoenennota worden afgeschaft in Nederland	Miljoenennota 2024, Bijlage 25

2.2.2 Prijs effecten in de energie- en grondstofketen

Op dit moment is de relatief lage prijs van fossiele grondstoffen in hoge mate bepalend voor de keuzes die bij het ontwerp, de productie en het afdanken van het product worden gemaakt. Daardoor is grootschalige inzet van recyclaat en bio-grondstoffen vooralsnog duurder dan het gebruik van fossiele grondstoffen. Fossiele-energiesubsidies maken deze productie feitelijk nog goedkoper. Beprijzen van emissies bij de productie maakt fossiele grondstoffen duurder, wat bedrijven ertoe aanzet om het gebruik van fossiele grondstoffen te verminderen. Directe effecten van het afschaffen van deze subsidies zijn stijgingen van de kostprijs van Nederlandse grondstoffen. Hogere prijzen leiden dan tot andere keuzes voor alternatieve grondstoffen, onderzoek naar substituten en stimuleren van recycling en efficiëntieverbeteringen. Per (deel)sector werken we de feitelijke impact op de bedrijven uit: wat betekent de doorwerking van deze kostenverhoging voor de effectieve prijzen in deel- en eindproducten.

Voor grondstofgebruik is in principe is niet met zekerheid is vast te stellen dat alle koolstof uit het non-energetisch gebruik van fossiele brandstoffen uiteindelijk - onbelast - in de atmosfeer als CO₂-eq. aan klimaatverandering bijdraagt. Sommige grondstoffen worden voor kortere of langere tijd vastgelegd in producten en bij verbranding in een AVI wordt de uitstoot wel deels belast. Dit is echter niet op voorhand vast te stellen. In deze analyses rekenen we daarom met een volledige beprijzing van het non-energetisch gebruik.

2.2.3 Koolstoflekage

CO₂-weglekeffecten kunnen zich voordoen wanneer de klimaatschade alleen in Nederland in rekening wordt gebracht. Het ETS-1 zal op termijn leiden tot een forse reductie tot nul emissierechten vanaf 2040. Onder een Europese cap van emissierechten zullen de vrijvallende emissierechten door Nederlands beleid naar andere EU-landen weglekken. De CO₂-weglek is uiteindelijk afhankelijk van de MSR (Market Stability Reserve): de weglek naar Europese landen kan worden gedempt door het verminderen van de hoeveelheid ongebruikte rechten. De industriële activiteiten kunnen zich daarnaast verplaatsen naar landen buiten de EU. Als gevolg van weglek over de EU-grens, kan mogelijk per saldo geen sprake zijn van lagere CO₂-emissies op mondiale schaal.

In de impactanalyses is al grotendeels in beeld gebracht wat de risico's zijn wanneer specifieke subsidies alleen in Nederland worden afgeschaft: welke activiteiten worden (waar-

schijnlijk) naar het buitenland verplaatst (binnen vs. buiten EU) waar mogelijk. Dit effect blijkt echter meestal beperkt te zijn mits concurrenten ook met soortgelijke prijsstijgingen te maken hebben. Het derde scenario zal hierop ingaan.

2.2.4 Circulaire strategieën

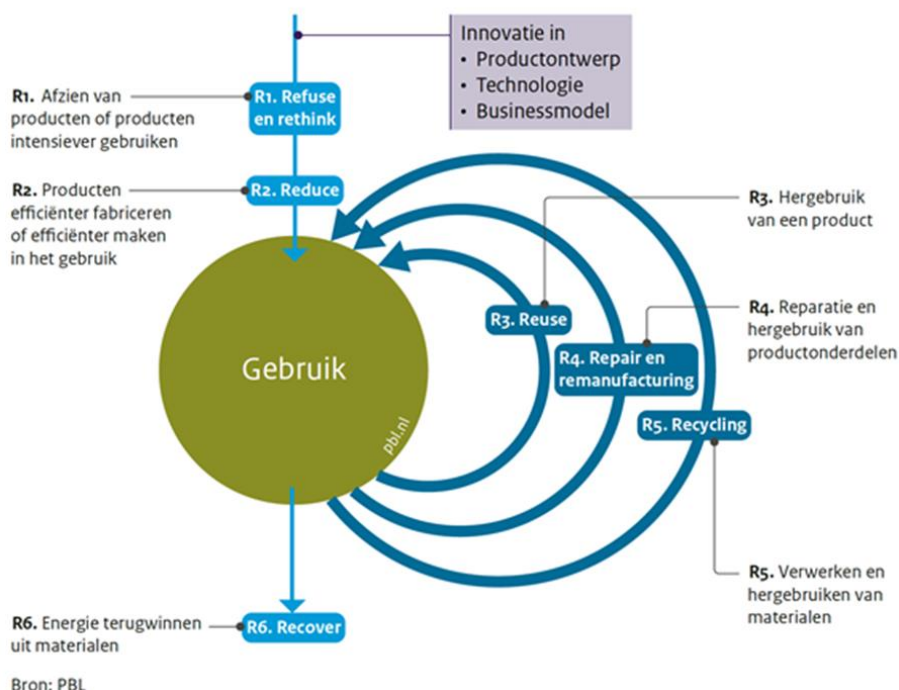
Brede definitie

In dit onderzoek hanteren we een relatief brede definitie van innovatieve, circulaire bedrijvigheid: alle innovaties die erop gericht zijn om klimaatschade, milieuschade en grondstoffenverbruik te verminderen. Anderzijds beperkt deze studie zich wel tot de innovaties die in concurrentie zijn met bestaande oplossingen die voordeel hebben van de benoemde fossiele subsidies. Veel innovatieve, circulaire oplossingen zijn echter (deels of helemaal) gericht op het wegnemen van externaliteiten die hier niet onder vallen, zoals grondstoffenverbruik, gezondheidsschade door microplastics of toxiciteit, milieuschade door pesticiden of biodiversiteitsschade door landgebruik. Op die externaliteiten zullen bedrijven dan ook niet direct voordeel ondervinden van het afschaffen of afbouwen van de fossiele subsidies die we hier onderzoeken.

Aan de hand van de R-ladder inventariseren we de mogelijke circulaire kansen voor de (deel)sector, vanuit bestaande (duurdere) alternatieven in de markt danwel alternatieven die in de literatuur als kansrijk worden benoemd, maar nog niet in de markt geïntroduceerd.

Figuur 3 - R-ladder

R-ladder met strategieën van circulariteit



Deze identificatie groeperen we langs drie strategieën:

1. **Vraagvermindering:** Vraagvermindering is niet per se slecht voor het BBP, er zijn tal van circulaire bedrijven die nu al helpen slimmere of modulaire producten te ontwerpen gericht op langere levensduur en betere functionaliteiten. Re-use/re-think (zie Figuur 3) kunnen daar een bijdragen aan leveren, waardoor toegevoegde waarde wordt gecreëerd. Deze bedrijven kunnen meer kansen krijgen bij volledige beprijzing.
2. **Substitutie:** Bedrijven gericht op nieuwe hernieuwbare energie of biobased of gerecyclede grondstoffen.
3. **Decarbonisatie brandstoffen:** Naast decarbonisatie door vraagvermindering of substitutie met alternatieve materialen of werkwijzen, kunnen CCS en CCU aantrekkelijker worden, omdat brandstoffen die gedecarboniseerd worden mogelijk een voordeel krijgen bij afschaffing van fossiele subsidies.

2.2.5 Nieuwe verdienmodellen en bedrijven

Om de daadwerkelijke kansen voor de geïdentificeerde nieuwe verdienmodellen en bedrijven in beeld te brengen, vergelijken we de verwachte, verhoogde, (kost)prijzen door afschaffing/afbouw van de fossiele subsidies, met de geschatte kostprijzen van innovatieve, circulaire alternatieven.

2.2.6 Impact op de economie

De hieruit voortvloeiende impact op de economie, vertaald naar de gehele Nederlandse markt, duiden we kwalitatief. Hierbij maken we gebruik van effecten op verschillende groepen bedrijven die reageren op 'beprijzing':

- koplopers (zowel aanbieders als vragers) zullen eerder gaan bewegen dan bij een gelijke prijs;
- volgers (peloton) zullen pas andere keuzes maken als ook de prijs vergelijkbaar is;
- achterblijvers houden het langst vast aan bestaande oplossingen.

3 Generieke inzichten

3.1 Inleiding

Zowel de bestaande energie-intensieve industrie als innovaties op het gebied van verduurzaming en circulaire economie raken de gehele economie, alle sectoren en productketens. In deze, relatief beperkte, studie kunnen we niet álle effecten onderzoeken en beschrijven. Met de gekozen sectoren en productgroep analyses kunnen we wel een goed beeld vormen over de verwachte impact op de gehele economie. Dit hoofdstuk gaat in op de belangrijkste inzichten in alle sectoren van de economie. We schetsen eerst een beeld van de huidige circulaire economie.

3.2 De huidige circulaire economie

De huidige circulaire economie kan beschreven worden rond de drie hoofdstrategieën. In Tabel 3 presenteren we een overzicht van handelingsperspectieven, type bedrijven en concrete voorbeelden van bedrijven. De tabel laat zien dat het begrip circulaire economie breed is en dat er een scala aan verdienmodellen en bedrijven nu al actief is. De fase waarin deze bedrijven zitten, verschilt echter sterk per handelingsperspectief.

Tabel 3 - Overzicht van circulaire initiatieven binnen de drie hoofdstrategieën

Drie hoofd-strategieën	Handelingsperspectieven	Type bedrijven	Voorbeelden bedrijven
Vraag-vermindering	Dematerialisatie	Vraagreductie, sufficiency, self-sufficient production	Whim, Sook, Happy Soap
	Productservicestystemen	Huur, leasing, pay-per-use	Homie pay-per-use
	Levensduur verlengen	Producten gericht op lange levensduur, repair, re-use	Auping, Fairphone, Iphoneiëls
	Nieuw leven	Bedrijven gericht op recycling	Jansen Recycling Group, AVR, Reukema, Renewi, Morssinkhof - Rymoplast
	Collaborative consumption	Bedrijven in deeleconomie, co-access	MyWheels, Marktplaats, Werkspot
	Verspilling tegengaan	Voedselinitiatieven (too good to go, Verspillingsfabriek), duurzame materiaalgebruik	Too good to go, Verspillingsfabriek
Substitutie	Hernieuwbare energie (wind en zon)	Productie, levering en transport van zon, wind, aquathermie en geothermie	Eneco, Energy Zero, HVC Energie, Greenchoice
	Alternatieve brandstoffen	Bedrijven gericht op productie en leveren groengas, synfuels, duurzame SAF, waterstof	EcoFuels, AirLiquide, Neste Nederland
	Bio-energie, bio-grondstoffen en bio-materialen	Bedrijven in de productie, levering en verwerking van biobased grondstoffen voor voeding, chemie, materialen, energie, en transport	Bio Energy Netherlands
	Opslag- en flexdiensten	Bedrijven die flexdiensten leveren en batterijproducenten	LionVolt
	Hernieuwbare koolstof	Bedrijven die koolstofdioxide direct uit de buitenlucht afvangen	Carbyon

Drie hoofd-strategieën	Handelingsperspectieven	Type bedrijven	Voorbeelden bedrijven
Decarbonisatie	Opslaan en transport van CO ₂	Leveranciers en transporteurs van CO ₂	Aramis, OCAP, Porthos en Gasunie
	Vastleggen van CO ₂ in grondstoffen en materialen	Oplossingen die mineralisatie en vastleggen van koolstof in (bouw)materialen versnellen	Vandersanden, Paebbl

Vraagvermindering

Voor verschillende strategieën gericht op *vraagvermindering* zijn er beginnende nieuwe business- en verdienmodellen in ontwikkeling, zoals bij het aanbieden van een product als dienst of het delen van producten. Bedrijven die hierin actief zijn zitten veelal in een opstartfase (start-up of pilot) en/of bedienen een nichemarkt. Een aantal bedrijven kan met circulair ontworpen producten en diensten toegevoegde waarde genereren, maar opschaling of doorbraak is meestal niet zichtbaar. Deze initiatieven zijn ook sterk afhankelijk van veranderingen in consumentengedrag.

Binnen de strategie vraagvermindering is de Nederlandse recyclingmarkt een markt die een structureler karakter heeft. Nederland is koploper met een hoog recyclingspercentage (PBL, 2023) en er wordt weinig afval gestort. Er zijn echter nog weinig economische initiatieven gericht op het hoogwaardiger recycling en hergebruik, zoals dat eerder in de inzameling en scheiding wel het geval is.

Substitutie

Bij de strategie *substitutie* zien we een gemengd beeld. De markt voor hernieuwbare energie in Nederland, aangevoerd door hernieuwbare elektriciteit, is een belangrijke groei-markt voor Nederlandse energiebedrijven. In 2019 is de bijdrage van hernieuwbare-energie-activiteiten 0,7% van het totale bruto binnenlandsproduct. De toegevoegde waarde van windenergie stijgt al jaren constant en heeft een waarde van € 760 miljoen in 2019 (PBL, 2020b). Daarentegen zijn marktontwikkelingen in andere marktsegmenten zoals waterstof, groengas, en synfuels nog pril en zijn economische activiteiten sterk afhankelijk van overheidsbeleid, veelal in de vorm van subsidies. Tenslotte is de markt voor alternatieve en duurzame grondstoffen nog in een zeer pril stadium. Circulariteit van koolstofketens staat in de kinderschoenen, aangezien het beleid vooral gericht was op Scope 1-emissies en niet op koolstof die aan het einde van de keten vrijkomt. Waar het toepassen van kunststof-recyclee (10% in 2020) steeds meer aandacht krijgt, is dit voor veel toepassingen (kwalitatief) nog niet mogelijk en vormen alternatieven in de kunststofmarkt voor nafta (olieproduct), zoals uit pyrolyse, drop-in of biobased nog minder dan 1%.

Decarbonisatie

Binnen *decarbonisatie* is het beeld niet geheel anders. CO₂-vastlegging komt met bedrijven Porthos en Aramis op dit moment van de grond. Hergebruik met het oog op opslaan in grondstoffen en (bouw)materialen vindt in Nederland niet of nauwelijks plaats en kan worden gezien als een marginale economische activiteit.

3.3 Effecten op enkele strategieën

In deze paragraaf gaan we in op een aantal innovatieve technieken in de energie- en grondstoffentransitie die mogelijk rendabel kunnen worden indien de klimaatschade in rekening wordt gebracht. Naast subsidies voor fossiele brandstoffen zijn er ook fiscale voordelen voor het niet-energetische gebruik van fossiele grondstoffen. We rekenen daarbij met een maatschappelijke CO₂-prijs van € 130 in 2023 en beoordelen daarmee dus de effecten van een beprijzing van klimaatschade in het betreffende jaar. Toekomstige prijsstijgingen richting € 188 in 2030 en € 437 in 2050⁵ zullen een grotere impact gaan hebben op de kansen voor innovatieve, circulaire bedrijvigheid wanneer deze evenredig in de fossiele belastingen zullen worden doorgevoerd.

De grafiek in Figuur 4 toont de meerkosten van een aantal innovatieve technieken gericht op CO₂-reductie bij het gebruik van fossiele brandstoffen ten behoeve van energiegebruik en feedstocks (in €/tCO₂). Vanwege de aanzienlijke onzekerheid zijn deze financiële effecten in die scenario's: laag, gemiddeld en hoog. De groene lijnen tonen het kantelpunt tot marktconcurrentie, wanneer de klimaatschade in rekening wordt gebracht tegen een CO₂-prijs van € 130 (donkergroen in 2023) en € 188 (lichtgroen in 2030).

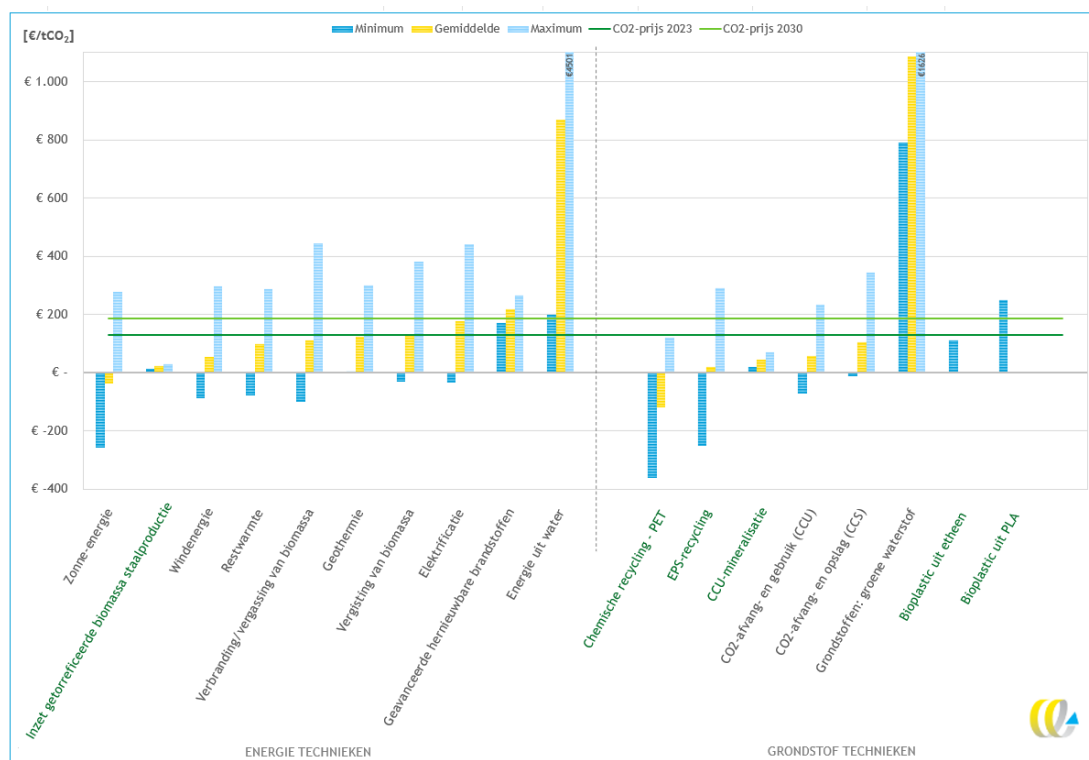
De grafiek laat een aantal interessante conclusies toe. Op de eerste plaats zijn er veel meer hernieuwbare energietechnieken die bij een prijs van € 130 rendabel zijn dat er grondstoffentechnieken rendabel worden bij eenzelfde maatschappelijke CO₂-prijs. Zeker als de CCU en CCS opties in het rechterdeel van de grafiek weggelaten worden. Ook deze opties verminderen CO₂. Dit is een logische conclusie: de energietransitie bevindt zich in versnellingsfase, daar waar de grondstoffentransitie nog aan het begin van de transitie-curve staat.

De noodzakelijke *energie*-innovaties zijn bekend en (grotendeels) uitontwikkeld.

De *grondstoffen*innovaties bevinden zich nog in de experimenteerfase en leunt nog voornamelijk op kleinschalige initiatieven.

⁵ [Handboek Milieuprijzen 2023. Methodische onderbouwing van kengetallen gebruikt voor waardering van emissies en milieu-impacts - CE Delft](#)

Figuur 4 - Rentabiliteit van verschillende technieken gericht op transitie van (hernieuwbare) energie en grondstoffen in verhouding tot de externe kosten van CO₂



Noot:

- De donkergroene lijn geeft de CO₂-prijs van 2023 (€ 130) weer, de lichtgroene lijn die van 2030 (€ 188).
- Alternatieven om CO₂ te verminderen van fossiel energiegebruik zijn afkomstig uit de meerkosten-berekeningen van SDE++ en worden in het linker deel van de grafiek weergegeven.
- Alternatieven om CO₂ te verminderen van fossiele energie in grondstoffen zijn aangegeven in het rechterdeel van de grafiek. Bron: (CE Delft, 2020)).
- Toelichting van diverse innovatieve grondstofstechnieken: chemische recycling - PET verwijst naar PET-productie van depolymerisatie, bioplastic uit etheen richt zich op etheen uit ethanol, bioplastic uit PLA richt zich op PLA-productie en EPS-recycling verwijst naar de recycling van piepschuim.

Energietransitie

Het inprijzen van de klimaatschade (€ 130/ton) betekent per direct dat een groot aantal hernieuwbare technieken rendabel wordt: van de verschillende zontechnieken, windenergie op land, tot geothermie. Er is dan geen SDE++ meer nodig om deze technieken over de streep te trekken. De verwachting uit de economische literatuur⁶ is dat beprijzing van innovatie sterker zal aanjagen dan subsidies. De economische versnelling die we nu zien in de energietransitie zal daarmee versterkt worden, niet alleen voor hernieuwbare elektriciteit, maar ook voor de energiedragers van hernieuwbare brandstoffen (verkeer) en hernieuwbare warmte die nu achterblijven bij het tempo in elektriciteit⁷. Voor deze domeinen zal verduurzaming dan ook worden uitgebreid tot de groep middenmotors en achterblijvers,

⁶ OECD (2021) Assessing the economic impacts of environmental policies.

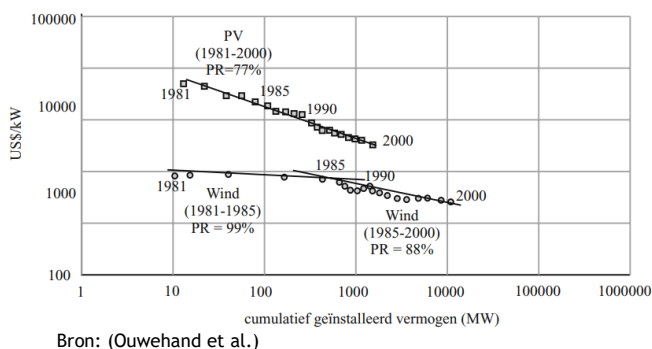
⁷ Vanzelfsprekend moet daarbij in acht worden genomen dat ook op het vlak van warmte (norm voor de uitstoot van CO₂ per GJ warmte) en motorbrandstoffen (jaarverplichting gericht op toenemend aandeel hernieuwbare brandstoffen) er al normerend beleid in gang is gezet.

aangezien alle brandstofleveranciers over de gehele linie dan een gelijke CO₂-prikkel ontvangen. De huidige (SDE++) subsidieaanvraag is, buiten de elektriciteitssector, uiteindelijk toch een instrument voor de koplopers.

Tekstkader 3 - Ervaringscurves binnen de energie- en grondstoftransitie

Voorbeeld van leereffecten binnen de energietransitie: wind- en zonne-energie.

Binnen de energietransitie hebben technieken al significante stappen gezet en bevinden zich in een versnellingsfase op het gebied van ontwikkeling. Naarmate technologieën zich verder gaan ontwikkelen, zullen de bijhorende kosten afnemen volgens de ervaringscurve methodiek. Het concept *learning-by-doing* staat hierin centraal, nieuwe technologieën ondervinden een positieve kostenontwikkeling door het opdoen van ervaring tijdens het productieproces (TNO, 2010). In de figuur is een voorbeeld gegeven van de ervaringscurve van wind- en zonne-energie gedurende de periode 1981-2000, waarbij de kosten per kW energie afnemen naarmate het cumulatief geïnstalleerd vermogen toeneemt.



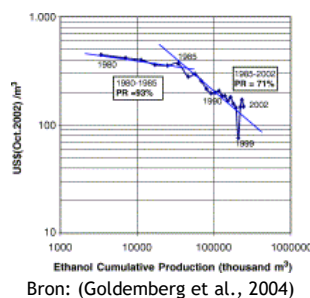
Als we kijken naar de ervaringscurve van deze energietechnieken is het grootste aandeel al voorbij de eerste fase, die zich kenmerkt met zowel hoge initiële investeringskosten als druk op de rentabiliteit van deze investeringen. In de huidige economie kan het merendeel van de energietechnieken op grote schaal worden toegepast en is daarmee niet meer afhankelijk van deze eerste ontwikkelingsfase.

Voorbeeld van leereffecten binnen de grondstoffentransitie: bio-ethen productie uit bio-ethanol.

Ondanks dat grootschalige productie van bio-ethen zich in Nederland nog in de opstartfase en aan het begin van de leercurve bevindt, wordt de productie hiervan gezien als relevant initiatief vanuit de groene chemie (TNO, 2021). De techniek wordt al reeds toegepast in andere landen en zou voor Nederland de deur verder openen voor de productie van biobased grondstoffen. Naast dat het mogelijkheden schept voor circulaire bedrijven gericht op het produceren van de bio-ethen, bijvoorbeeld Syclus, biedt het ook kansen voor de uitbreiding van de bio-ethanol markt in Nederland.

De grootschalige productie van bio-ethanol wordt vanuit de literatuur en bestaande bedrijvigheid ook gezien als realistisch op economisch vlak, zeker rekening houdend met de leercurves van deze technologieën (Vasilakou et al., 2023). Dat de bio-ethanol productie verder ontwikkeld is, is bijvoorbeeld sterk zichtbaar in Brazilië, waar bio-ethanol nu motorbrandstoffen vervangt en zelfs geëxporteerd wordt (WUR, 2011).

Een voorbeeld van de ervaringscurve van bio-ethanol in Brazilië is hiernaast weergegeven. Op de verticale as zijn de productiekosten per product zichtbaar, op de horizontale as is de cumulatieve productie weergegeven (logaritmische schaal). Hierin is het leereffect, de afname van productiekosten gedurende de periode 1975-2002, van deze grondstoftechniek goed zichtbaar.



Grondstoffentransitie

Duurzame grondstoffen en materialen omvatten zowel duurzaam geproduceerd biogroundstoffen als hergebruik van grondstoffen, materialen en producten. Het inprijzen van de klimaatschade (€ 130/ton) zorgt voor een verhoging van kolen-, olie- en gasprijen. Dit helpt zeker bij de alternatieve businesscases voor recycling (chemisch en mechanische), alternatieve grondstoffen voor kunstmest (groene waterstof uit RFNBO's) en kunststoffen⁸. Het maakt de onrendabele toppen kleiner. Veel van de nieuwe routes zijn gericht op toelevering aan de huidige op fossiele-energiegebaseerde industrie, een ander deel is disruptief. Uiteindelijk is het disruptief vanuit LCA-oogpunt vaak beter, maar de transitieweg is lang. Naast de transitiefase dient zich hier een tweede belangrijk verschil aan met de energietransitie. Daar waar de energie- en CO₂-doelen op korte termijn forse investeringen en transformatieopgaven vragen, zal de omschakeling naar een circulaire bedrijfsvoering een soms fundamentele verandering van het verdienmodel en de bijbehorende aanvoer- en productketens vragen. Dit vereist een lange voorbereidingstijd om assets om te bouwen en/of te vervangen door nieuwe productiemethoden.

Tekstkader 4 - Lineaire versus circulaire economie

In vergelijking met bijvoorbeeld de energietransitie, staat circulaire economie nog erg aan het begin van de transitie. Anders dan de energietransitie is de circulaire transitie bovendien vele malen diverser: waar energietransitie vooral gaat om het vervangen van een beperkt aantal fossiele energiedragers door een beperkt aantal alternatieve energieproductietechnieken, draait circulaire economie om alle verschillende grondstoffen die we uit de aarde putten en alle verschillende producten die we daarvan maken. Sinds de industriële revolutie hebben de huidige technieken en productieketens zich enorm kunnen ontwikkelen in ketenspecialisaties, globalisatie, efficiency, diversificatie, grote volumes en lage prijzen.



Naast het feit dat innovatieve, circulaire bedrijvigheid veelal vergelijkenderwijs kostbaarder en/of arbeidsintensievere oplossingen kiest om de externaliteiten te voorkomen, hebben zij ook nog een grote inhaalslag te maken in dergelijke ketenspecialisatie, diversificatie, marktvolume en bijbehorende efficiency-voordelen. Ook in de interviews en studies komen daarom verschillende invalshoeken naar voren: het belang van afschaffing van de fossiele subsidies en beprijzing van de externaliteiten om innovatieve, circulaire bedrijvigheid meer kans te geven. Maar ook met de notie dat veel van de nieuwe oplossingen ook nog wel tijd nodig hebben om aan voldoende marktvraag te kunnen voldoen.

Kapitaalintensiteit en schaalomvang

Commercieel kunnen doorbraken op grondstoffenterrein mogelijk zijn omdat hiermee koplopersposities worden gecreëerd (first mover advantages). De vraag is echter of deze voldoende van de grond komen, omdat ondernemers tegen grote ontwikkelrisico's aanlopen en lange ontwikkeltijden kennen van nieuwe (disruptieve) productietechnieken. Kapitaalintensieve innovaties, zoals heel nieuwe biobased en/of bio-degradable productietechnieken in de kunststoffenindustrie en in de chemische sector, hebben immers een veel langere weg te gaan. Zij concurreren tegen grootschalige productieketens en bedienen eveneens zeer grootschalige productketens. Een minimale schaalgrootte geeft dan een eerste toegang tot de markt en vergelijkbare ketendifferentiatie pas kansen om ook op kostprijs in de buurt van de fossiele concurrentie te komen. Deze innovaties bevinden zich daarmee in een lastige 'catch22', die meer behoefte heeft aan grootschalige investeringen in de productiecapaciteit dan aan prijsvoordeel in de eindproducten. Het afschaffen of afbouwen van fossiele subsidies 'vandaag', zal hen niet direct helpen. Een langetermijn-

⁸ Bouwstenen van PET-plastic, polyester kledingvezels, autobumpers en coatings

perspectief van steeds verder stijgende beprijzing van klimaatschade zal de benodigde investeringsbereidheid echter wél bevorderen.

Tekstkader 5 - Grondstoffeninnovatie kost tijd vanwege opbouwen van nieuwe ketens

Een van de bekendste voorbeelden van circulaire innovatie is het Amerikaans/Nederlandse Interfaceflor, een producent van tapijttegels. Al in 1994 formuleerde het bedrijf de visie om onafhankelijk te worden van fossiele olie. De volledige transitie van productieketen en processen (zowel de energieproductie als de grondstoffen voor de productonderdelen (bitumen en nylon) waren volledig fossiel) heeft hen uiteindelijk 30 jaar gekost om volledig koolstof-neutraal te worden: Interface Carpet Tile & Resilient Flooring Sustainability Overview.



3.4 Weglekeffecten

Stringenter beprijzingsbeleid kan leiden tot het verplaatsen van consumptie of productie naar plaatsen met minder streng beleid, waardoor de uitstoot niet afneemt maar verplaatst. Zeker als er nog onvoldoende beschikbare alternatieven zijn, is de kans groot dat bedrijvigheid (en uitstoot) naar het buitenland verplaatst.

In de impactstudies bij de Miljoenennota is al veel geschreven over de impact op de bestaande industrie. De doorwerking in de kostprijzen (die bepalend is voor de kansen voor innovatieve, circulaire bedrijvigheid) geeft een divers beeld: de grootste bedragen aan fossiele subsidie landen in grote industriële sectoren en productieketen, waar de uiteindelijke kostprijs effecten in eindproducten relatief laag lijken te zijn. Vanwege de gediversifieerde productketens wordt de kostprijsverhoging door de fossiele beprijzing uitgesmeerd over vele partijen in de keten. Hier staat tegenover dat zeker voor de Nederlandse basis-industrieën (raffinage, chemie, staal, kunstmest) de elasticiteit⁹ van de vraag groot is en de producten weinig onderscheidend zijn (bulkarakter) en dus makkelijk inwisselbaar met een energieproduct dat wel een fiscaal voordeel ontvangt. Een kleine kostprijsverhoging heeft dan al snel het risico dat een behoorlijk deel van de omzet bloot wordt gesteld aan potentiële weglek.

In kleinere (deel)sectoren, die sterk energie-intensief zijn, zoals de glastuinbouw, zien we daarentegen flinke kostprijsstijgingen, terwijl het totale subsidiebedrag relatief klein is ten opzichte van de grote sectoren.

Tegelijkertijd is er een groot verschil in 'tijdshorizon' tussen sectoren: waar het midden- en kleinbedrijf, over het algemeen, minder investeringsintensief is en daardoor kijkt naar veranderingen in kostprijzen en regelgeving op een termijn van twee à drie jaar vooruit, vanuit de gedachte dat men relatief snel kan schakelen naar andere oplossingen. Daarentegen wordt in de grote industriële productieketen, zoals kunststoffen en chemie in onze sectoranalyses, vooruitgekeken over periodes van 10 tot 20 jaar.

3.5 Effecten op bedrijven en werkgelegenheid

In de vorige paragrafen zagen we dat beprijzing het fossiele productieproces duurder maakt, wat concurrerende producenten aanzet tot schonere productieprocessen. Tevens maakt het producten met een hoge CO₂-voetafdruk relatief duurder, wat consumenten

⁹ De Armington-elasticiteit van de import beschrijft in welke mate de import toeneemt als de productiecosten in een land stijgen. De elasticiteiten zullen lager zijn bij een kortere periode en hoger bij een langere periode, omdat de substitutiemogelijkheden dan toenemen.

aanzet tot verschuiving en/of vermindering van consumptie ervan. Beprijzingsprikkelers zijn effectief als er handelingsperspectief is, en producenten daadwerkelijk tot groenere productie aanzetten. Indien het handelingsperspectief ook rendabel is, dan is het lonender dan de heffing te betalen. Per sector en (deel)markt zal het zeer verschillend zijn, hoeveel tijd producenten nodig hebben om een dergelijke omslag te maken.

Grondstoffen, materialen en energie worden geconsumeerd door huishoudens, de overheid, en bedrijven. Bedrijven hebben spullen nodig hebben voor hun (industriële) bedrijfsvoering. Maar ook dienstverlenende bedrijven, zoals bouwbedrijven en restaurants, gebruiken producten waarin fossiele koolstoffen verwerkt zijn. Ook de overheid koopt via inkoop en aanbestedingen koolstofintensieve- en energie-intensieve producten in, zoals grond-, weg en waterbouwsector (gww), vervoersmiddelen en industriële machines. Bedacht moet worden dat binnen deze bestedingen van overheden en eindconsumenten materiaal en grondstoffen maar een beperkt deel uitmaken: maatschappelijke CO₂-kosten vertegenwoordigen een relatief bescheiden deel van de consumentenprijs.

Kortom: het doorberekenen van maatschappelijke CO₂-kosten zal in de Nederlandse economie op veel plekken merkbaar zijn: van business-to-business, via overheden tot consumenten. Diverse circulaire strategieën op de R-ladder zoals *rethink*, *refuse* (niet consumeren, co-use) en *reduce* (zelfde toegevoegde waarde met minder materiaal) zullen structurele prikkels krijgen tot innovatie en daarmee een verdere uitbreiding van hun markt. Echter, de mate waarin hiervan economisch geprofiteerd kan worden, verschilt afhankelijk van de plaats in de productketen.

Vergroten van aandeel circulair, omvang niet bekend

Om de effecten kwalitatief te duiden, schetsen we eerst een beeld van de huidige circulaire economie. Circulaire bedrijven beslaan ongeveer 6% van het totaal aantal bedrijven (PBL, 2023). In termen van het aandeel in het BBP (toegevoegde waarde) gaat het om zo'n 4% (CBS, 2023b). Het gaat om circa 130.000 circulaire bedrijven in Nederland. Dit aandeel is de laatste jaren vrijwel constant. De circulaire werkgelegenheid zit voor een groot deel in activiteiten die zijn gerelateerd aan onderhoud en reparatie. Hierbij kan gedacht worden aan het onderhoud en de reparatie van auto's, consumentenartikelen, wasmiddelen (zoals kleding), verhuur en lease (voornamelijk auto's), en apparaten (witgoed, elektronica). Dit betreft tamelijk traditionele activiteiten in de Nederlandse economie, denk aan garages en fietsenwinkels. Wat betreft hoogwaardige strategieën als *duurzaam omgaan met hulpbronnen*, *rethink*, en *re-use* is de omvang nog zeer beperkt, rond 0,5% (CBS, 2023b).

De verwachting is dat afbouw van fossiele-energiesubsidies de transitie naar een circulaire economie aanzienlijk zal versnellen. Het zorgt ervoor dat de huidige CE-sectoren zoals reparatie en onderhoud hun marktaandeel zien groeien. Dit geldt eveneens voor de sectoren recycling en afvalverwerking. Gedacht kan worden aan nieuwe activiteiten van afvalverwerkers om gebruikt plastic na te scheiden en op te werken tot plastic recycalaat, mechanische recycling en biobased plastics. Plastic kan bijvoorbeeld uitgesorteerd worden uit bouw- en elektronica-afval. Met name in de recycling van plasticstromen is het percentage nog laag (ca. 10-15%), en is er derhalve significante winst te halen¹⁰. Daarvoor zijn investeringen nodig in nieuwe sorteerlijnen. Aangezien deze activiteiten arbeidsintensiever zijn dan de traditionele afvalverwerking (voornamelijk verbranding), geldt dat er groei in

¹⁰ Op dit moment wordt het grootste deel van het plasticafval in Nederland niet gesorteerd en verbrand voor teruggewinning van energie.

banen nodig is¹¹. Economische condities voor betere uitsortering en opwerking nemen sterk toe als gevolg de verschillende afbouwscenario's. Bedrijven als Renewi Nederland (waste-to-product) en Morssinkhof - Rymoplast (hergebruik kunststoffen in kunststofverwerkende industrie) hebben nu al een sterke positie. Nederland heeft een vooraanstaande positie in zowel de recycling- als petrochemische industrie. Deze sectoren kunnen een sleutelrol spelen in het circulair maken van de Europese economie.

Ook energiebedrijven gericht op voortbrengen van alternatieve brandstoffen en grondstoffen zullen profiteren. Veel van de hernieuwbare energietechnieken zullen rendabel worden. Nieuwe investeringen in hernieuwbare energiebronnen en brandstoffen zullen uitgelokt worden. Deze activiteiten gezamenlijk kunnen een groter aandeel ten opzichte van BBP in Nederland voor hun rekening nemen.

Een deel van de banen binnen bestaande bedrijven zal ook transformeren naar 'circulaire' banen. Het betreft klassieke bedrijven die zich in hun portefeuille meer gaan toeleggen op circulaire activiteiten, of bedrijven die al veel aan afvalverwerking en recycling deden, maar nu in plaats van laagwaardig recyclen (energieterugwinning) naar hoogwaardig recyclen (upcyclen). De economische omvang van dit effect is in deze beknopte studie niet bepaald.

We verwachten ook een versnelling van duurzaam omgaan met hulpbronnen. Voorbeelden zijn herontwerp van producten met het oog op goede recyclebaarheid en hergebruik, waarbij om- en herscholing een rol moeten spelen. Voorbeelden als Interface en Desso (tapijttegels), Ahrend (bureaustoelen) en Fairphone (smartphones) zullen op dit gebied navolging krijgen, waarbij verwerking van herwonnen grondstoffen financieel aantrekkelijker wordt en geleidelijk aan meer de norm voor een grotere groep bedrijven. Daarbij geldt in belangrijke mate: hoe meer circulair de bedrijven omgaan met materialen en grondstoffen, hoe meer nieuwe circulaire bedrijven deze markten zullen bedienen en hoe meer circulaire banen en toegevoegde waarde er worden gecreëerd.

Doorwerken in de keten

Afhankelijk van de sector en of productketen wordt de kostenverhoging doorgegeven in de prijs of niet. Bij doorwerking in de prijs zal door bedrijven en consumenten in hun aankoopbeslissing meer rekening worden gehouden met de externe kosten die gepaard zijn gegaan bij het maken van het product. Het beprijzen van de emissies van brandstoffen en grondstoffen voor bijvoorbeeld mobiliteit zal ervoor zorgen dat de vervoersvraag en/of bezitsvraag daalt, de uitstoot afneemt, maar tenslotte ook voor zorgen dat bedrijven die duurzame-vervoersoplossingen aanbieden (ov, deelauto's, alternatieve brandstofleveranciers) een hogere toegevoegde waarde kunnen genereren. Deze bedrijven kunnen dan sneller groeien en marktaandeel uitbreiden ten opzichte van de reguliere automotive-industrie.

Effecten het grootst aan begin van de keten

De verwachting is dat het doorbelasten van milieukosten, in een gelijk speelveld op Europees niveau (Scenario 2), in het begin van de keten significante effecten kan hebben op bestaande en nieuwe circulaire bedrijvigheid (zie Tabel 3). In het begin van de keten zijn

¹¹ Recyclingactiviteiten zijn arbeidsintensiever dan afvalverbranding of storten. Verschillende studies hebben de werkgelegenheidsvoordelen van een verhoogde recyclingactiviteit geïdentificeerd. Volgens de Ellen Mc Arthur Foundation ontstaat er 2 fte per 1.000 ton gerecycled afval, terwijl afvalverwerking (verbranden/storten) leidt tot 0,1 (Ellen MacArthur Foundation. (2015). Deze cijfers zijn min of meer in lijn met eerder onderzoek van (CE Delft. (2013).

grondstof- en energiekosten een belangrijk onderdeel van de kostprijs, door het beprijzen van de milieukosten zullen circulaire bedrijven een flink deel van de achterstand ten opzichte van bestaande producten (en diensten) van niet-circulaire producten goed gemaakt zien worden. Er zal sprake zijn van een gelijk speelveld met eerlijke kansen voor circulaire producten. Zonder deze beprijzing staan de bedrijven die circulaire toepassingen aanbieden bij voorbaat op achterstand.

Effecten aan het einde van de keten kleiner

Aan het eind van een circulaire productketen (consumentenproducten) zullen de effecten op nieuwe bedrijven veel kleiner zijn. Dit betreft vooral bedrijven (Tabel 3) gericht op delen van producten, levensduurverlenging (end-of-life) en vraagvermindering. Voor veel consumentenproducten zijn de energie- en grondstofkosten in de eindprijs beperkt. Zo geldt op de prijs van een brood het doorbelasten van de CO₂-kosten van fossiele kunstmest slechts enkele centen. Ook de CO₂-kosten van zeevervoer van fruit en groenten bedragen slechts enkele procenten van consumentenprijs. Dergelijke effecten hebben beperkt effect op consumentenbeslissingen en zullen verspillingsmodellen zoals bijvoorbeeld *Too Good To Go* maar in beperkte mate helpen. Ingrijpende aanpassingen in producten en diensten vragen ook grote veranderingen bij consumenten om meer circulair gedrag te vertonen en zo de gewenste effecten te realiseren. Veel van de circulaire businessmodellen die we noemen in Tabel 3 onder *vraagvermindering* zijn ook nog zeer arbeidsintensief. Dure arbeid voor reparatie en gescheiden inzameling is nu een belangrijke factor waarom consumenten kiezen voor aanschaf van nieuwe producten.

3.6 Conclusies

- Afbouw van fossiele-energiesubsidies ten opzichte van bestaand beleid zal de transitie naar een circulaire economie aanzienlijk versnellen, wat tot een vergroting van het aandeel circulaire bedrijven en toegevoegde waarde zal leiden. Bedrijven die hier het meest van profiteren betreffen reparatie en onderhoud, energiebedrijven en recyclingbedrijven. De transformatie (en dus positieve effecten) zal deels binnen bestaande bedrijven plaatsvinden (nieuwe bedrijven verleggen hun investeringen) en deels in nieuwe CE-bedrijven die een structureel marktperspectief verwachten.
- De effecten aan het begin van de productieketens zijn groter dan dicht bij consumenten. Aan het einde van de keten is het aandeel (fossiele) grondstoffen veel kleiner. Afbouw van subsidies zal hier dan ook minder effect sorteren. Veel van de nieuwe businessmodellen en CE-diensten (levensduurverlenging, delen, re-use, etc.) zijn daarbij fors arbeidsintensief.
- Afbouw vormt een sterke impuls voor het inzetten en ontwikkelen van een keur aan nieuwe innovaties en duurzame technieken. Sommige innovaties (met name opgeschaalde energieoplossingen) zullen economisch al rendabel worden bij een prijs van € 130 ton CO₂, samenhangend met de maatschappelijke kosten van CO₂-uitstoot in 2023.
- Dit geldt in sterke mate voor innovaties in de energietransitie; de verwachting is dat voor grondstofinnovaties meer nodig is. De hoge kapitaalintensiteit, het opbouwen van nieuwe aanvoer- en productketens, benodigde schaalomvang en de lange leadtimes van assets vragen om een langetermijnperspectief van oplopende internalisering van maatschappelijke kosten (ook breder dan van klimaat).
- De nieuwe innovaties en toepassing van technieken leiden tot een keur aan nieuwe verdienmodellen. Voor de energietransitietechnieken zullen deze per direct leiden tot positieve economische effecten.
- Voor een aantal internationaal opererende productketens die deels een bulkkarakter hebben geldt dat beleid op Europese schaal nodig is om weglekrisico's te beperken.

Ook kan op nationaal niveau gedacht worden aan een heffingsvorm waarbij de emissies *aan de marge* onder de belastbare grondslag komen zodat weglekrisico's kleiner worden.

4 Inzichten uit de sectoranalyses

4.1 Inleiding

Als onderdeel van de studie zijn diverse sectoranalyses uitgevoerd. Deze zijn in de bijlagen opgenomen. In dit hoofdstuk gaan we in op de belangrijkste inzichten in de positieve effecten op bestaande en nieuwe bedrijven.

Tabel 4 - Te onderscheiden sectoren

Sector	Bedrijfssectoren
Gebouwde omgeving (incl. glastuinbouw)	Woningen en utiliteitsbouw
	Glastuinbouw
Transport	Personenvervoer
	Goederenvervoer
Elektriciteitsproductie	Productie en flexopties
Industrie	Kunststoffen
	Staal
	Bouwmaterialen
	Kunstmest

4.2 Gebouwde omgeving

Uit de sectoranalyse van de gebouwde omgeving blijkt dat de klimaatkosten grotendeels al worden ingeprijsd voor kleinverbruikers in de laagste schijf. Grootverbruikers in de hogere schijven worden behandeld in de sectoranalyse industrie. Het afschaffen van de fossiele subsidies leidt voor huishoudens en de meeste diensten niet tot een hogere energiebelasting of is niet verbonden aan aardgas- of elektriciteitsverbruik. Wel is er een effect bij een kleine groep instellingen die genieten van specifieke belastingvoordelen en wordt door hen ook al ingezet op verduurzaming.

We constateren dat er nu al innovatieve en circulaire bedrijven actief zijn in het verduurzamen van de energievoorziening en ontwikkelen van flexopties, maar dat deze bedrijven nog niet direct worden beïnvloed door het afschaffen van de fossiele subsidies in deze sector. Doorwerking van prijsstijgingen in de elektriciteitsproductie (door afschaffing van fossiele subsidies) kan de vraag wel doen toenemen, deze worden behandeld in de betreffende sectoranalyse.

Op het gebied van nieuwbouw en bouwmaterialen zien we goede kansen ontstaan voor circulair en/of biobased bouwen. Ook deze worden behandeld in de sectoranalyse industrie.

4.3 Glastuinbouw

Er zijn momenteel meerdere fiscale voordelen voor de huidige bedrijfsvoering in de glastuinbouwsector waarin veel gebruik wordt gemaakt van aardgasgestookte wkk's. Bij zowel het inprijzen van de klimaatkosten als het compleet afschaffen van de fossiele subsidies wordt de rentabiliteit van de sector, door de hogere energielasten en het wegvallen van de opbrengsten van de elektriciteitsverkoop, sterk aangetast.

De glastuinbouwsector kan zijn warmtevraag tot wel 30% reduceren door het treffen van besparende maatregelen. Door de hogere energiekosten zal de vraag naar bijvoorbeeld diffuus glas met een antireflectiecoating of slimme klimaatbeheersingssystemen sterk toenemen.

Bij het investeren in nieuwe of het vervangen van bestaande kassen, zijn er verschillende innovatieve kasconcepten die lagere externe warmte- en elektriciteitsbehoeften hebben zoals daglicht- of winterlichtkassen of kassen ontwikkeld door het 2SaveEnergyKassen consortium die onder meer gebruik maken van een innovatief kasdek met onder meer een dubbele antireflectiecoating en een ventileerbare spouw om energie te besparen.

Een ander verdienmodel in de glastuinbouw dat een financiële prikkel krijgt door het afschaffen van de fossiele subsidies is door de bedrijfsvoering aardgasvrij te maken. Door over te stappen op een andere warmtebron, zoals geothermie, aquathermie, restwarmte of een e-boiler en eventueel CO₂ extern in te kopen in plaats van zelf af te vangen. Ammerlaan The Green Innovator is een voorbeeld van een glastuinbouw bedrijf dat succesvol haar bedrijfsvoering heeft omgegooid en nu volledig CO₂-neutraal tropische groenenplanten kweekt. In 2010 is het bedrijf als een van de koplopers van de sector begonnen met het verwarmen van de kassen met aardwarmte en levert nu zelfs warmte aan 24 andere tuinbouwbedrijven, een school, een zwembad, een sportcentrum en 543 woningen in Pijnacker.

Daarnaast verwachten we een impuls voor CCU-netwerken en nieuwe innovatieve technieken om CO₂ als alternatief voor het afvangen van koolstofdioxide uit de eigen wkk of gasketel. Indien de sector haar wkk's en gasketels uitfaseert zal de vraag naar externe CO₂ toenemen. Door deze verhoogde vraag wordt het financieel aantrekkelijker voor bestaande CCU-netwerken, zoals bijvoorbeeld het OCAP-netwerk dat CO₂ afkomstig uit de industrie in Pernis levert aan circa 600 glastuinbouwers (OCAP, 2023), om zich uit te breiden. Daarnaast biedt de verhoogde vraag ook perspectief voor de realisatie van nieuwe CCU-netwerken in andere glastuinclusters die nabij een industrieel complex of AVI liggen.

Ook zien wij op langere termijn kans voor bedrijven als Carbyon, GreenCap of Climeworks die door middel van nieuwe Direct Air Capture (DAC) technologieën een alternatief willen bieden voor het afvangen van CO₂ die vrijkomt bij het verbranden van fossiele brandstoffen door de koolstofdioxide rechtstreeks uit de omgevingslucht te winnen. De kosten van DAC-technologieën zijn momenteel nog niet concurrerend met de bestaande alternatieven, maar worden door het beprijzen van de klimaatkosten wel financieel aantrekkelijker.

Tenslotte bestaan er ook nieuwe verdienmodellen op het gebied van de biologische (sier-) teelt. Deze deelsector heeft een veel lager energieverbruik dan reguliere glastuinbouw door middel van de inzet van o.a. koude kassen, tunnelkassen of verwarmingsbuizen die alleen vorst tegengaan. Ondanks de hogere kostprijs van biologische sierteelt die per plant nog steeds 4 tot 5x zo hoog is als de reguliere sierteelt, laten snelgroeiende bedrijven als Sprinkl, een distributeur van biologische planten, zien dat hier in Nederland nu al een markt voor is. Bij het inprijzen van de klimaatkosten zal het verschil in kostprijs tussen reguliere en duurzame teelt verder afnemen.

4.4 Transport

De sectoranalyse van de transportsector kijkt naar de effecten van het afschaffen van de fossiele subsidies op de binnen- en zeevaart voor goederenvervoer. Daarnaast is ingezoomd op de cases van luchtvaart en personenvervoer op de weg.

Het huidige beprijzingsniveau van de klimaatschade verschilt sterk per transportmodaliteit. Tevens bestaat er onduidelijkheid over de mate waarin de klimaatschade momenteel is ingeprijsd bij de transportmodaliteiten. De heffingen voor het wegverkeer zijn bijvoorbeeld niet specifiek bedoeld om de klimaatkosten te internaliseren, en zijn daardoor dus niet één-op-één toe te rekenen aan het internaliseren van de klimaatschade.

In de sectoranalyse van de transportsector rekenen we daarom **niet** met een prijs per ton CO₂-uitstoot, maar kijken we naar de effecten van het nationaal en Europees afschaffen van de fossiele subsidies.

De verwachte effecten van het afschaffen van de fossiele subsidies voor het personenvervoer op de weg lijken beperkt. De lagere accijns voor diesel wordt gecompenseerd door hogere BPM en MRB en is dus feitelijk geen fiscale subsidie. Verder bestaan er MRB-kortingen/vrijstellingen over voor een aantal zeer specifieke voertuig-categorieën (lijkauto's, ambulances, etc.). Maar dat gaat over een beperkt aantal voertuigen, waardoor het effect gering is. Hier zijn dus weinig extra kansen voor nieuwe verdienmodellen te verwachten.

Ook bij de zeevaart zijn de verwachte effecten op nieuwe verdienmodellen beperkt. Bijna alle zeevaartschepen zijn actief in het grensoverschrijdend goederenvervoer, en kunnen daardoor eenvoudig in het buitenland bunkeren. Een prijsstijging kan daardoor eenvoudig worden ontweken.

Bij de binnenvaart is 80% van de Nederlandse binnenvaartschepen actief in het internationale vervoer, veelal op Europese wateren (Panteia, 2021). De overige 20% binnenvaartschepen is actief op binnenlandse wateren. De uitwijkmogelijkheden voor deze schepen zijn beperkter. Het afschaffen van de fossiele subsidies zorgt hiermee voor een extra stimulans voor verduurzaming.

De verwachting is dat binnenvaartschepen voornamelijk zullen gaan inzetten op technische maatregelen ter verbetering van de energie-efficiëntie en decarbonisatie. Bij de technische maatregelen kan gedacht worden aan het coaten van de romp, het reduceren van het gewicht van scheepsmaterialen, onderhoud en refurbishment van de scheepsschroef. Bij decarbonisatie ligt (op korte termijn) vooral de inzet van methanol en LNG voor de hand. De onrendabele top van methanol en LNG is namelijk het kleinst. Op de lange termijn heeft het afschaffen van de fossiele subsidies ook invloed op de inzet van andere hernieuwbare brandstoffen en/of de elektrificatie van binnenvaartschepen.

Ook voor de luchtvaartsector lijken de positieve effecten voor duurzame verdienmodellen bij het afschaffen van de fossiele vrijstellingen beperkt. Passagiers vliegen mogelijk via of vanaf een buitenlandse luchthaven om de heffingen te ontwijken. Bij Europees of mondiaal beleid zijn de wegleffecten minder omvangrijk voor de luchtvaartsector. Er zal dan vooral worden ingezet op technische maatregelen ter verbetering van de energie-efficiëntie (lichtere constructieonderdelen, aerodynamische verbeteringen, geoptimaliseerde voortstuwing, elektrische taxiën, nieuwe vliegtuigconfiguraties). Daarnaast zal de businesscase voor de inzet van bio- en synthetische brandstoffen verbeteren. De businesscase voor deze brandstoffen is nu nog zeer onrendabel. Op lange termijn wordt het verder ook interessanter om elektrische of waterstofvliegtuigen in te zetten bij korte afstanden.

De kansen voor nieuwe verdienmodellen bij de transportsector richten zich dus vooral op de inzet van technische maatregelen en decarbonisatie. Denk bijvoorbeeld aan het optimaliseren van materiaal, het optimaliseren van de constructies, en het inzetten van hernieuwbare brandstoffen.

Dit heeft impact op verschillende bedrijven in Nederland.¹² Denk bijvoorbeeld aan Heineken, die als ‘eindklant’ een van de aanjagers is bij de elektrische binnenvaart in ZES (Zero Emission Services). Daarnaast bestaan er binnen de Rotterdamse haven al diverse initiatieven voor de bio-fuels in de zeevaart, zoals GoodFuels en GoodShipping. Andere voorbeelden van bedrijvigheid in de scheepsvaart die mogelijk positief geraakt worden zijn Damen (scheepsbouw), C-Job (Naval-architects), Hempel (coatings), Econowind (windaandrijving voor schepen), Nesté (hernieuwbare brandstoffen) en Marin (onderzoeksinstellingen).¹³

4.5 Elektriciteitsproductie

In alle scenario's zullen de productiekosten van elektriciteit gegenereerd door wkk's, kolencentrales en gascentrales stijgen. Hierdoor wordt de marktprijs van elektriciteit hoger, op het moment dat deze centrales de marginale kosten van elektriciteit op de (day-ahead)markt bepalen.

Zolang kolen- en gascentrales nog onderdeel zijn van de Nederlandse energiemix, verbeteren de businesscases van zonne- en windenergie door de toenemende prijsverschillen tussen de productieprijs van elektriciteit uit duurzame en fossiele bronnen.

Door de lange realisatietijd van kerncentrales heeft het inprijzen van klimaatschade of het afschaffen van de fossiele subsidies geen significante impact op de businesscase van kern-energie. Ook de toename van de gemiddelde ontladingsprijs is onvoldoende om de businesscase van het inzetten van flexibiliteitsopties zoals grootschalige batterijen op de day-aheadmarkt sluitend te maken.

4.6 Industrie

De impact van nationaal beleid op verduurzaming verschilt sterk per sector en scenario. Bij alle casestudies is er sprake van een internationale markt met kans op hoge weglek-effecten. De verwachte positieve effecten zijn door de weglek beperkt, maar bij sommige duurzame technieken of initiatieven die al bijna rendabel zijn kan dit wel zorgen voor een grootschalige implementatie. Verder kunnen de weglekeffecten (voor een groot deel) voorkomen worden bij het Europees beprijzen van de klimaatschade. In een dergelijk scenario zijn er significante klimaatimpacts te verwachten voor de gehele industrie. Hierbij is het van belang dat het CBAM hierop goed aansluit.

In sommige gevallen kunnen de biobased en circulaire alternatieven al concurreren met fossiele producten onder specifieke omstandigheden. Het Europees belasten van de klimaat-schade zorgt ervoor dat deze biobased en circulaire technieken in meer situaties rendabel

¹² Het is nog onduidelijk of het beprijzen van de klimaatschade alleen leidt tot verschuivingen binnen bedrijven die actief zijn in de scheepsbouw, ship equipment en brandstof (shift naar duurzaam). Of dat er ook additionele omzet valt te verwachten bij de R&D afdelingen, R&D bedrijven, Naval architects en Ship design.

¹³ Een totaal overzicht van alle bedrijven die deelnemen aan ‘Netherlands Maritime Technology’ is vindbaar via [Participants - Sustainable Maritime Solutions \(sustainable-maritime-solutions.nl\)](https://sustainable-maritime-solutions.nl)

blijven. Denk bijvoorbeeld aan de toepassing van bio-composiet ter vervanging staal, wat tot op heden alleen bij lage productievolumes rendabel is.

De concurrentiepositie van biobased en circulaire technieken verschilt per productketen. Houtbouw ter vervanging van fossiele bouwmaterialen en staal is bijvoorbeeld al (bijna) concurrerend. Hetzelfde geldt voor mechanisch recycalaat, plastic maalgoed, het (laagwaardig) recycleren van staal- en bouwafval. Alternatieven voor kunstmest zijn nog niet concurrerend. Dit vergt tevens een grotere shift van het landbouwmodel, want kunstmest kan niet één op één worden vervangen door compost of dierlijke mest.

Daarnaast zullen nieuwe verdienmodellen ontstaan door het Europees belasten van de klimaatschade. Bepaalde afvalstromen (zoals vervuilde plastic- en staalsoorten) kunnen op dit moment nog niet gerecycled worden vanuit bedrijfseconomisch oogpunt. Het belasten van de klimaatschade helpt de businesscase voor het recycleren van nieuwe afvalstromen te sluiten (zie het voorbeeld van EPS-recycling of het recycleren van nieuwe bouw, automotive en elektronica afvalstromen).

Hetzelfde geldt voor de inzet van nieuwe biobased materialen. Op dit moment wordt er nog weinig biobased materialen toegepast binnen de industrie, omdat de onrendabele top nog vaak te groot is. De concurrentiepositie van biobased materialen verbetert ten opzichte van virgin materialen. Het wordt door het beprijzen van de klimaatschade in veel gevallen rendabel om met biobased materialen te bouwen. Echter blijven met de CO₂-prijs van € 130 per ton een groot aantal circulaire en biobased technieken nog onrendabel. Denk bijvoorbeeld aan PLA-plastics of biologische landbouw. Bioplastics uit etheen worden (in het meest positieve geval) net rendabel.

De afvalstromen voor recycling zijn (vooralsnog) te beperkt in omvang om te voorzien in de gehele materiaalvraag van de industrie. Dit zal deels toenemen door het afschaffen van de fossiele subsidies, maar de kunststofsectoren zal mede afhankelijk blijven van biobased materialen en decarbonisatie. De beschikbaarheid van biobased materialen is momenteel beperkt en wordt door verschillende sectoren gezien als toekomstig alternatief, dat zal een forse concurrentiestrijd ontstaan. Hierdoor zal de industrie niet heel snel onafhankelijk worden van de huidige (fossiele) productieprocessen.

Voor de decarbonisatie van de fossiele producten lijken met name CCU en CCS rendabel te worden door het beprijzen van de klimaatschade. Daarna lijkt groengas de meest rendabele optie. Bij groene waterstof lijkt de onrendabele top te groot in relatie tot de huidige CO₂-prijs. Deze onrendabele top is niet overbrugbaar met een CO₂-prijs van € 130 per ton. Tevens zijn warmtepompen bij een lage temperatuur (tot 280 graden) al rendabel. Door het belasten van klimaatschade wordt deze mogelijk in meer gevallen rendabel.

Het afschaffen van de fossiele subsidies en het beprijzen van de klimaatschade heeft dus, vooral bij Europees beleid, een positieve impact op nieuwe verdienmodellen. Dit lijkt over de gehele breedte van industriële productgroepen merkbaar. Zo ontstaan er nieuwe kansen voor het opschalen van biobased bouwmaterialen (Vandersanden, Paabl), biobased kunststoffen (Avantium), afvalinzameling- en sortering (Broeckx, Daly, Seenons, GS-recycling), mechanische en chemische recycling van kunststoffen (Daly, Inverko, Morsinkhoff plastic, Suez Recycling)¹⁴ en het recycleren van staal (Tata, ArcelorMittal, HKS Metal).¹⁵ Daarnaast verbetert ook de concurrentiepositie van bedrijven die groengas of waterstof produceren c.q. vervoeren (Airliquide, Nesté, Ecofuels) en warmtepompen leveren (Varme, de Kleijn).

¹⁴ Een uitgebreidere lijst van de afvalinzamel- en recyclefabrieken aangaande kunststof in Nederland is vindbaar op: [NRK Recycling overzicht inzamelaars en leveranciers.pdf](#)

¹⁵ Voor een uitgebreider overzicht zie: [Leden van MRF](#)

Verder zien we innovatieve startups, bijvoorbeeld bij het Platform Groene Chemie. In het Green Chemistry Accelerator-programma zien zij veelbelovende gamechangers voor vergroening van de chemie: DOPS (syngas uit gemengde reststromen), Senbis (bio-degradable plastic toepassingen), Nature's Principles (melkzuurproductie uit suikerbieten), ReSolved Technologies (solvent-based recycling) en Recell (cellulose uit gemengde afvalstromen). Deze initiatieven bevinden zich nog in verschillende ontwikkelfase (TRL 5-7) waarmee een kostprijsvoorspelling of experience-curve nog niet beschikbaar is, maar zullen ook zeker voordeel hebben van een stijgende beprijzing in de komende jaren. Op langere termijn in de concurrentiepositie en op kortere termijn zal de investeringsbereidheid makkelijker te vinden zijn bij dat betere toekomstperspectief.

4.7 Conclusie

In de gedetailleerdere sectoranalyses zien we een divers en genuanceerd beeld: in de gebouwde omgeving zullen vooral circulaire en biobased nieuwbouw snel concurrerender worden. In de tuinbouwsector zal vooral de besparing en verduurzaming van warmte centraal staan en bij de productie van kunstmest een transitie naar groene waterstof. Voor beide geldt dat het inprijzen van klimaatschade nog niet direct zal leiden tot grote verschuiving naar bijvoorbeeld kringloop- of biologische landbouw. In de transportsector profiteren vooral de binnenvaart, internationale zeevaart en luchtvaart van fossiele subsidies en is Europese of zelfs internationale samenwerking nodig. Nieuwe verdienmodellen ontstaan dan vooral voor elektrificatie in de binnenvaart en groene brandstoffen in de zee- en luchtvaart. Nieuwe verdienmodellen ontstaan dan vooral voor elektrificatie in de binnenvaart en groene brandstoffen in de zee- en luchtvaart. Zo is bijvoorbeeld Heineken als 'eindklant' een van de aanjagers van elektrische binnenvaart in ZES (Zero Emission Services) en zijn in de Rotterdamse haven al diverse initiatieven voor de zeevaart, zoals GoodFuels en GoodShipping.

In de elektriciteitssector en industrie wordt door het EU-ETS al ingezet op vermindering van CO₂-uitstoot richting 2040, toch verwachten we ook hier een versnelling van de verduurzaming. In de elektriciteitsproductie vooral door nieuwe opwektechnieken alsmede CCS en CCU en in de industrie nemen de (financiële) kansen voor elektrificatie toe en zal infrastructuur de uitdaging zijn. Alternatieven voor non-energetisch gebruik (gas, olie en kolen als grondstof) hebben vaak een langere ervaringscurve en grootschalige investeringen in productie en opschaling nodig om concurrerend te worden. Mechanische recycling van kunststoffen is daarmee (waar mogelijk) eerder rendabel dan bijvoorbeeld chemisch gerecyclede of biobased alternatieven.

5 Conclusies

5.1 Inleiding

Met het combineren van de literatuurstudies, sectoranalyses en interviews krijgen we een breed beeld van de impact van de eventuele afschaffing of afbouw van de verschillende fossiele subsidies. Naast de impact op bestaande sectoren en productketens, is daarbij de vraag gesteld wat dit betekent voor innovatieve, circulaire bedrijvigheid zowel binnen bestaande bedrijven en ketens als voor nieuwe bedrijven.

Inprijzen van klimaatschade vormt een belangrijke impuls voor het inzetten en ontwikkelen van een keur aan nieuwe innovaties en duurzame technieken. Doordat de economische randvoorwaarden voor CE-bedrijven verbeteren, kan verwacht worden dat het marktaandeel structureel vergroot kan worden en dat een duurzame afzetmarkt ontstaat voor CE-producten en diensten. Grootschalige inzet van recyclaat en bio-grondstoffen is vooralsnog duurder dan het gebruik van fossiele grondstoffen. Fossiele-energiesubsidies maken deze productie feitelijk nog goedkoper. Beprijzen van klimaatemissies bij de productie maakt fossiele grondstoffen duurder, wat bedrijven ertoe aanzet om het gebruik van fossiele grondstoffen te verminderen.

5.2 Effecten op CE-bedrijven

- De combinatie van literatuurstudie, interviews en sectoranalyses brengt een divers en genuanceerd beeld naar voren.
- Afbouw van fossiele-energiesubsidies ten opzichte van bestaand beleid zal de transitie naar een circulaire economie aanzienlijk versnellen, wat tot een vergroting van het aandeel circulaire bedrijven en toegevoegde waarde zal leiden. Bedrijven die hier het meest van profiteren betreffen reparatie en onderhoud, energiebedrijven en recycling-bedrijven. De transformatie (en dus positieve effecten) zal deels binnen bestaande bedrijven plaatsvinden (nieuwe bedrijven verleggen hun investeringen) en deels in nieuwe CE-bedrijven die een structureel marktperspectief verwachten.
- De belangrijkste positieve economische impact verwachten we in koplopers van een product of oplossing dat al op de markt is of marktrijp is, maar met hogere kostprijzen moeite hebben in de concurrentie door onvoldoende schaalgrootte en/of vermeden externe kosten. Deze bedrijven hebben vaak een relatief kleine markt in handen (in termen van het totale fossiele alternatief) met een hoge betalingsbereidheid en zijn in hun toekomstperspectief soms afhankelijk van overheidssubsidies. Nederlandse pioniers in kunststofrecycling bedienen Europese markten met hoogwaardig en herwonnen grondstoffen. De kunststoffenmarkt is een markt waar het recyclingspercentage nog relatief laag is en waar veel verbetering mogelijk is.
- De effecten aan het begin van de productieketens zijn groter dan dicht bij consumenten. Aan het einde van de keten is het aandeel (fossiele) grondstoffen veel kleiner. Afbouw van subsidies zal hier dan ook minder effect sorteren. Veel van de nieuwe businessmodellen en CE-diensten (levensduurverlening, delen, re-use, etc.) zijn daarbij fors arbeidsintensief.

5.3 Doorwerken van prijseffecten

- Prijsseffecten in de productieketen treden op in alle sectoren die energie- en/of grondstofintensief zijn. Nederland kent veel van deze maakindustrieën die zich ontwikkeld hebben op basis van ruime beschikbaarheid van goedkoop aardgas en in mindere mate kolen en olie. Daarbij kunnen ook relatief kleine en minder kapitaalintensieve sectoren zoals de glastuinbouw aanzienlijke prijseffecten optreden. Ook de glastuinbouw heeft lange tijd kunnen profiteren van goedkoop aardgas zonder aanbodbeperkingen en de gunstige fiscale behandeling van gasverbruik en gastechnieken.
- Onderbelicht in de impactstudies in relatie tot de externe kosten benadering, is het feit dat de schaduw prijzen van CO₂ de komende jaren van de energietransitie fors zullen stijgen: van € 130 in 2023 tot € 188 in 2030 en 437 euro in 2050. Het inprijzen van deze maatschappelijke kosten zal steeds méér impact hebben op de kansen voor innovatieve, circulaire bedrijvigheid wanneer deze evenredig in de fossiele belastingen zullen worden doorgevoerd. Wanneer zo'n beprijzingspad nu al wordt vastgelegd, zal dit een belangrijke impuls geven voor investeringen in innovatieve, circulaire bedrijvigheid.
- Veel van deze innovaties zullen nu al economisch rendabel zijn, bij een prijs van € 130 ton CO₂, samenhangend met de maatschappelijke kosten van CO₂-uitstoot in 2023.
- De nieuwe innovaties en toepassing van technieken leiden tot een keur aan nieuwe verdienmodellen. Voor de energietransitietechnieken zullen deze per direct leiden tot positieve economische effecten. Ontwikkelaars van zon, wind, hernieuwbare energie en energiebesparingsdiensten zien hun marktomvang versneld toenemen. Deze groei zal grotendeels de markt voor producenten van grijze energie substitueren.
- Dit geldt in sterkte mate voor innovaties in de energietransitie; de verwachting is dat voor grondstofinnovaties meer nodig is. De hoge kapitaalintensiteit, het opbouwen van nieuwe aanvoer- en productketens, benodigde schaalomvang en de lange leadtimes van assets vragen om een langetermijnperspectief van oplopende internalisering van maatschappelijke kosten van klimaat.
- Kapitaalintensieve innovaties, zoals veel nieuwe biobased en/of bio-degradable productietechnieken in de kunststoffenindustrie en in de chemische sector, hebben een veel langere weg te gaan. Zij concurreren tegen dermate grootschalige productieketens en bedienen eveneens zeer grootschalige productketens, dat een minimale schaalgrootte en een eerste toegang tot de markt nodig zijn.
- Naast het feit dat innovatieve, circulaire bedrijvigheid vergelijkenderwijs kostbaarder en/of arbeidsintensievere oplossingen kiest om de externaliteiten te voorkomen, hebben zij ook nog een grote inhaalslag te maken in ketenspecialisatie, diversificatie, marktvolume en bijbehorende efficiency-voordelen.
- Beschikbare grondstofstromen voor verduurzaming van de industrie kan op korte/ middellange termijn wel een probleem vormen (zie volgende paragraaf).

Tabel 5 - Overzicht van uitkomsten van generieke analyse en verschillende sectorstudies

Sector	Welke ketens en technieken kunnen de sterkste effecten verwachten?	Positieve economische effecten	Koolstofweglekrisico
Generieke analyse	– Vrijwel alle energietechnieken – Voor grondstoftechnieken is een lange termijn beprijzingsperspectief nodig	– Koplopers die markt-rijpe oplossingen aanbieden (wind, zon, geothermie, energie-besparingsdiensten)	Afhankelijk van specifieke sector
Gebouwde omgeving	– Effecten zijn naar verwachting gering. Op dit moment wordt meer dan de klimaatschade in rekening gebracht. Het aantal vrijstellingen voor deze sector is beperkt en/of van toepassing op een sterk afgebakende groep	– Beperkt	Niet van toepassing
Glastuinbouw	– Een tweede energiescherm – Extra isolatie – Led-belichting – Belichten met gelijkspannings-installatie – Nieuwe kasconcepten (daglichtkas) – Direct Air Capture	– Nieuwe kasconcepten – Duurzame kassenbouw – Biologische (sier-)teelt – Markt externe CO₂-levering (CCUS)	Aanzienlijk
Transport	– Operationele maatregelen ter verbetering van de energie-efficiëntie (verbeterde vaarroutes, hogere bezettingsgraden, optimale inzet van voertuigen) – Technische maatregelen ter verbetering van de energie-efficiëntie (beter materieel en voertuigen/vaartuigen). – Inzet van hernieuwbare brandstoffen (SAFs, bio- en synthetische brandstoffen, methanol, LNG)	– Scheepsbouw – Ship equipment (denk aan motoren, tanks, en leidingen) – Luchtvaarttechniek – Technieken ter verbetering van de energie-efficiëntie van schepen en vliegtuigen – Hernieuwbare energie, zoals wind propulsie, SAFs en brandstof.	Aanzienlijk
Elektriciteitsproductie	– Gas-en kolencentrales – Wkk's die elektriciteit aan het net leveren	– De businesscases van wind- en zonne-energie verbeteren	Aanzienlijk
Industrie	– Recycling van nieuwe afvalstromen – Chemische recycling – Biobased materialen – CCU en CCS als transitieoplossing en groengas	– Opschaling markt voor recycling – Markt voor biobased – Kansen voor technische bedrijven voor CCU/CCS en duurzame energie-oplossingen	Aanzienlijk

5.4 Concurrentie om biobased grondstoffen

- In elk van de onderzochte sectoren in ons onderzoek vormen biomassa-alternatieven een belangrijke deel van de innovatieve, circulaire oplossingen om het gebruik van fossiel te vervangen. Dat betreft groengas, bio-energie, bio-grondstoffen, bio-fuels voor scheepvaart en luchtvaart. Toepassingen zijn er in zowel de energiesector als in de industrie als grondstof.
- Studies naar behoefte versus beschikbaarheid van biobased grondstoffen richten zich vooralsnog vaak op één of enkele sectoren en de mogelijke concurrentie met voedselproductie en/of grondgebruik. In alle economische sectoren en innovaties rijst daarom de vraag in hoeverre biobased alternatieven in voldoende mate beschikbaar zullen zijn voor opschaling en vervanging van de fossiele bronnen. Er zijn daarom ook al innovaties in prille ontwikkeling die hun koolstofbehoefte elders zoeken: bijvoorbeeld de productie van kunststoffen op basis van CO₂ die uit de lucht wordt gefilterd.

6 Referenties

- 2SaveEnergy. (2023). *Systeem*. Retrieved 15-12 from <http://2saveenergy.nl/systeem/>
- Alba Concepts. (2023). *Het kostenperspectief van het Nieuwe Normaal*.
- Ammerlaan. (2023). *The Green Innovator*. Retrieved 15-12 from <https://www.ammerlaan-tgi.nl/nl/aardwarmte>
- Badwal, S. P. S., Giddey, S., Kulkarni, A., Goel, J., & Basu, S. (2015). Direct ethanol fuel cells for transport and stationary applications - A comprehensive review. *Science Direct*(145), 80-123. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.02.002>
- Belastingdienst. (2021). *Handboek Milieubelastingen 2021*. https://download.belastingdienst.nl/belastingdienst/docs/handboek_milieubelast_2021_ml0301z11fd.pdf
- Berenschot. (2023). *Impact analyse afschaffing vrijstelling energiebelasting bij elektriciteitsproductie*.
- Björkman, B., & Samuelsson, C. (2014). Handbook of Recycling. In E. Worrell & M. A. Reuter (Eds.), (1st ed.). Elsevier. <https://www.oreilly.com/library/view/handbook-of-recycling/9780123964595/XHTML/B9780123964595000064/B9780123964595000064.xhtml>
- Broeren, M., Saygin, D., & Patel, M. (2014). Forecasting global developments in the basic chemical industry for environmental policy analysis. *Energy Policy*, 2014, 273-287. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.025>
- CBS. (2019). *Meeste afval en hergebruik materialen in bouwsector*. CBS. .
- CBS. (2023a). *Binnenvaart: goederenvervoer, aan- afvoer, landen, goederensoort*. CBS. <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/85527NED?q=binnenvaart%20goederenvervoer%20aan>
- CBS. (2023b). *Hoe groot is de circulaire economie in Nederland?* CBS.
- CE Delft. (2013). *Inzetten op meer recycling : Een maatschappelijke kosten-batenanalyse*.
- CE Delft. (2020). *Circulaire en biobased opties in de SDE++*. <https://ce.nl/publicaties/circulaire-en-biobased-opties-in-de-sde/>
- CE Delft. (2021a). *Groeiprojecties energie-intensieve industrie. Referentiescenario's voor impactanalyse klimaatbeleid*. <https://ce.nl/publicaties/groeiprojecties-energie-intensieve-industrie-referentiescenarios-voor-impactanalyse-klimaatbeleid/>
- CE Delft. (2021b). *The impacts of the ETD proposals on shipping and bunkering*. <https://cedelft.eu/publications/the-impacts-of-the-eta-proposals-on-shipping-and-bunkering/>
- CE Delft. (2021c). *Verkenning generieke maatregelen glastuinbouw*. <https://ce.nl/publicaties/verkenning-generieke-maatregelen-glastuinbouw/>
- CE Delft. (2022a). *Omslagpunt grootschalige batterijopslag. Wat is de betekenis van batterijopslag voor de inpassing van zon in het energiesysteem?* <https://ce.nl/publicaties/omslagpunt-grootschalige-batterijopslag/>
- CE Delft. (2022b). *Verplicht aandeel recycelaat of biobased in plastic in de Europese Unie*. https://ce.nl/wp-content/uploads/2022/03/CE_Delft_200289_Een_verplicht_aandeel_recycelaat_of_bi_o_in_plastic_Def_maart.pdf
- CE Delft. (2023a). *Aanpassingen energiebelasting voor extra emissiereductie: inschatting effecten*. https://ce.nl/wp-content/uploads/2023/09/CE_Delft_230255_Aanpassingen_energiebelasting_voor_extra_emissiereductie_Def.pdf

- CE Delft. (2023b). *Afbouw vrijstelling accijnzen bunkerbrandstoffen*.
<https://ce.nl/publicaties/afbouw-vrijstelling-accijnzen-bunkerbrandstoffen/>
- CE Delft. (2023c). *De prijs van een vliegreis - editie 2023*. <https://ce.nl/publicaties/de-prijs-van-een-vliegreis-editie-2023/>
- CE Delft. (2023d). *Effecten afschaffing teruggaafregeling non-profitinstellingen*.
<https://ce.nl/publicaties/effecten-afschaffing-teruggaafregeling-non-profitinstellingen/>
- CE Delft. (2023e). *Handboek Milieuprijzen 2023. Methodische onderbouwing van kengetallen gebruikt voor waardering van emissies en milieu-impacts*.
<https://ce.nl/publicaties/handboek-milieuprijzen-2023/>
- CE Delft. (2023f). *Pay as you eat dairy, eggs and meat: internalising external costs of animal food products in France, Germany and the EU27*. https://ce.nl/wp-content/uploads/2023/07/CE_Delft_220109_Pay_as_you_eat_dairy_eggs_and_meat_Def_2.pdf
- CE Delft, Dalian Maritime University, ClassNK, Purdue University, Krannert School of Management, Fudan University, ICCT, Manchester Metropolitan University, NMRI, UMAS, & Fipe. (2020). *Fourth IMO Greenhouse Gas Study 2020, IMO GHG Study 2020 - Full report and annexes*.
<https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/FourthIMO%20GHG%20Study%202020%20-%20Full%20report%20and%20annexes.pdf>
- CE Delft, & PBL. (2010). *Effecten van prijsbeleid in verkeer en vervoer : kennisoverzicht*.
<https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/500076011.pdf>
- CE Delft, & TNO. (2023). *Afnameverplichting groene waterstof*.
<https://ce.nl/publicaties/afnameverplichting-groene-waterstof/>
- Copper8. (2023). *Woningbouw binnen planetaire grenzen: materiaalvraag, CO2-uitstoot & milieu-impact van de Nederlandse woningbouw*. <https://www.copper8.com/wp-content/uploads/2023/10/Woningbouw-binnen-planetaire-grenzen-september-2023.pdf>
- CPB, & PBL. (2016). *WLO achtergronddocument. Mobiliteit - Luchtvaart*.
<https://media.wlo2015.nl/upload/pbl-2016-wlo-achtergronddocument-mobiliteit-luchtvaart-2373.pdf>
- Dahal, K., Brynolf, S., Xisto, C., Hansson, J., Grahn, M., Grönstedt, T., & Lehtveer, M. (2021). *Techno-economic review of alternative fuels and propulsion systems for the aviation sector*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(151).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136403212100842X>
- Electricity Maps. (2023). *Duitsland*. Retrieved 17-12 from
<https://app.electricitymaps.com/zone/DE>
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Achieving 'Growth within' : A €320,- billion circular economy investment opportunity available to Europe up to 2025*.
- Florentinus, A., Hamelinck, C., Bos, A., Winkel, R., & Cuijpers, M. (2012). *Potential of biofuels for shipping : final report*.
- Ghisselini, P., Ripa, M., & Ulgiati, S. (2018). Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 618-643.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.207>
- Goldemberg, J., Coelho, S. T., Nastari, P. M., & Lucon, O. (2004). Ethanol learning curve—the Brazilian experience. *Biomass and bioenergy*, 26(3), 301-304.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(03\)00125-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00125-9)
- Harvey, D. (2021). Iron and steel recycling: Review, conceptual model, irreducible mining requirements, and energy implications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110553>
- Heuberger, C. F., Staffell, I., Shah, N., & Dowell, N. M. (2016). Quantifying the value of CCS for the future electricity system. *Energy & Environmental Science*, 9, 2497-2510.



- Janse, J., & Balk, T. M. (2019). *Komkommerteelt nu en in de toekomst*.
https://www.kasalsenergiebron.nl/content/user_upload/Komkommer_HNT.pdf
- Kalavasta. (2023). *Impactanalyse belastingmaatregelen basisindustrie*.
 file:///C:/Users/DvV/Downloads/impactanalyse-afschaffing-vrijstelling-duaal-verbruik-kolen.pdf
- Kas als Energiebron. (2018). *Hoe gaat het eigenlijk met de DaglichtKas?* Retrieved 15-12 from <https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/hoe-gaat-het-eigenlijk-met-de-daglichtkas/>
- KiM. (2021). *Zakelijk vliegen: de reiziger, de reizen, de motieven en de vooruitzichten*.
https://www.kimnet.nl/binaries/kimnet/documenten/publicaties/2021/11/23/zakelijk-vliegen-de-reiziger-de-reizen-de-motieven-en-de-vooruitzichten/KiM+Brochure+Zakelijk-vliegen_def.pdf
- Kralj, D., & Markic, M. (2008). Building Materials Reuse and Recycle. 2008(Volume 4), 409-418.
https://www.researchgate.net/publication/237433515_Building_Materials_Reuse_and_Recycle
- Lim, S. L., Lee, L. H., & Wu, T. Y. (2016). Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, 2016(Part A), 262-278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.083>
- Mallo, M. F. L., & Espinoza, O. (2016). *Cross-laminated timber vs. concrete/steel: cost comparison using a case study* World Conference on Timber Engineering WCTE 2016, Vienna. https://www.researchgate.net/publication/320739097_CROSS-LAMINATED_TIMBER_VS_CONCRETESTEEL_COST_COMPARISON_USING_A_CASE_STUDY
- Marina, A., Spoelstra, S., Zondag, H. A., & Wemmers, A. K. (2021). An estimation of the European industrial heat pump market potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110545>
- Martin, J., Neumann, A., & Odegard, A. (2023). Renewable hydrogen and synthetic fuels versus fossil fuels for trucking, shipping and aviation: A holistic cost model. *Science Direct*(186).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403212300494X>
- Ministerie van BZK. (2023). *Nationale Aanpak Biobased Bouwen*.
<https://www.volkshuisvestingnederland.nl/documenten/publicaties/2023/11/07/nationale-aanpak-biobased-bouwen>
- Ministerie van Financiën. (2023a). *Beslisnota Belastingplan 2023*.
https://www.rijksfinancien.nl/sites/default/files/kamerstuk_related_items/Beslisnotas-belastingplan-2023.pdf
- Ministerie van Financiën. (2023b). *Nota over de toestand van's rijks financiën*.
https://www.rijksfinancien.nl/sites/default/files/kamerstuk_pdf/kst-36410-2_0.pdf
- Ministerie van LNV. (2020). *Maatschappelijk draagvlak essentieel voor Duitse glastuinbouw*. Retrieved 15-12 from
https://www.agroberichtenbuitenland.nl/landeninformatie/duitsland/achtergrond/bedekte-teelten_sp
- Ministerie van LNV. (2022). *Actieplan groei van biologische productie en consumptie*.
<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-6277f4410e0fc069da7de8ae8d2d8dae55b632b4/pdf>
- Nationaal LNG Platform. (2023). *Bio-LNG Platform: Wie vaart op LNG?*
<https://www.nationaallngplatform.nl/wie-vaart-op-lng/>
- Netbeheer Nederland. (2023). *Het energiesysteem van de toekomst: de II3050-scenario's*.
<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-7219ac2558977a6050ac4db764d2ddebb156df32/pdf>



- Nieuwe Oogst. (2022). *Afvangen CO2 uit buitenlucht nog te duur voor gebruik in kas*. Retrieved 04-01 from <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2022/09/07/afvangen-co2-uit-buitenlucht-nog-te-duur-voor-gebruik-in-kas>
- OCAP. (2023). *Zuivere CO2 voor de glastuinbouw*. https://www.ocap.nl/nl/images/OCAP_Factsheet_Nederlands_tcm978-561157.pdf
- Ouwehand, J., Papa, T., Entrop, B., & de Geus, J. Vierde druk. https://www.boomhogeronderwijs.nl/media/8/9789058755551_inkijkexemplaar.pdf
- Panteia. (2021). *Impact assessment bunkertoerisme. Rapportage in opdracht van NOVE*.
- PBL. (2020a). *Decarbonisation options for the Dutch ceramic industry*. <https://www.pbl.nl/en/publications/decarbonisation-options-for-the-dutch-ceramic-industry>
- PBL. (2020b). *Ontwikkelingen in de Energierekening tot en met 2030 : Achtergrondrapport bij de Klimaat- en Energieverkenning*.
- PBL. (2023). *Integrale Circulaire Economie Rapportage 2023*. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2023-icer-2023-4882.pdf>
- PBL, Breda University of Applied Science, & Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. (2021). *Fuel Tankering in relation to a Dutch CO2 Ceiling for Aviation : Input to the working group on the development of a CO2 ceiling convened by the Ministry of Infrastructure and Water Management*. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Retrieved december 2021 from <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-fuel-tankering-in-relation-to-a-dutch-co2-ceiling-for-aviation-4608.pdf>
- PBL, & CPB. (2023). *Afschaffing fossiele energiesubsidies: eerder een hersenkraker dan een no-brainer*. <https://www.pbl.nl/publicaties/afschaffing-fossiele-energiesubsidies-eerder-een-hersenkraker-dan-een-no-brainer>
- PBL, & TNO. (2019). *Decarbonisation options for the Dutch fertiliser industry*. <https://www.pbl.nl/en/publications/decarbonisation-options-for-the-dutch-fertiliser-industry>
- Revnext. (2023). *Onderzoek naar aanpassing accijnstarieven n.a.v. aanmerking 'fossiele subsidie'*. file:///C:/Users/DvV/Downloads/impactanalyse-afschaffen-accijnsverschil-benzine-diesel.pdf
- Rijksoverheid. (2023). *Bijlage 25: miljoenennota*. <https://www.rijksfinancien.nl/miljoenennota/2024/bijlage/1848724>
- Sarfraz, M. S., Hong, H., & Kim, S. H. (2021). Recent developments in the manufacturing technologies of composite components and their cost-effectiveness in the automotive industry: A review study. *Composite Structures*, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.113864>
- Smith, C., Hill, K. A., & Torrente-Murciano, L. (2019). Current and future role of Haber-Bosch ammonia in a carbon-free energy landscape. *Energy & Environmental Science*, 2020, 331-344. <https://doi.org/10.1039/C9EE02873K>
- Strategy&. (2023). *Speelveldtoets 2023*. <https://open.overheid.nl/documenten/b548824b-17fc-480b-9384-fd4178535f4f/file>
- ThermoGIS. (2023). *Geothermie in kaart*. <https://www.thermogis.nl/>
- TNO. (2010). *Innovatie en leercurven*. <https://publicaties.ecn.nl/ECN-E--10-038>
- TNO. (2021). *Groene chemie, nieuwe economie*. <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%2028d039ee-dc3a-4e3d-b4bc-072e06ea557b>
- TNO, & PBL. (2020). *Decarbonisation options for the dutch refinery sector*. https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-decarbonisation-options-for-the-dutch-refinery-sector-3659_0.pdf
- TNO, & PBL. (2021). *Decarbonisation options vfor large volume organic chemical productions, Sabic Geleen*. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl->



- [2021-decarbonisation-options-for-large-volume-organic-chemicals-production-sabic-geleen_3718.pdf](#)
- Trinomics, & BlueTerra. (2023). *Effectenonderzoek vrijstellingen energiebelasting*.
https://www.staten-generaal.nl/9370000/1/j4nvjlhjvvt9eu4_j9vvkfjv6b325az/vm6p7syiwczj
- Tweede Kamer der Staten Generaal. (2023a). *32813 Kabinetsaanpak Klimaatbeleid*. Retrieved from [kst-32813-1300.pdf](#) (officielebekendmakingen.nl)
- Tweede Kamer der Staten Generaal. (2023b). *36410 XIII Vaststelling van de begrotingsstaten van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (XIII) voor het jaar 2024*. Retrieved from <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-36410-XIII-A.pdf>
- Van Dijk, M. (2023). Eerste binnenvaartschip op groene waterstof. *SWZ Maritime*, June 2023, 28-34.
- Vasilakou, K., Nimmegeers, P., Thomassen, G., Billen, P., & Passel, S. V. (2023). Assessing the future of second-generation bioethanol by 2030 - A techno-economic assessment integrating technology learning curves. *Applied Energy*, 344(344).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121263>
- Visser, C., Odegard, I. Y. R., Naber, N. R., Bergsma, G. C., Sanders, M. H. A., & van Nieuwenhuijzen, A. F. (2016). *Levenscyclusanalyse van grondstoffen uit rioolwater*.
<https://www.stowa.nl/publicaties/levenscyclusanalyse-van-grondstoffen-uit-rioolwater>
- WUR. (2011). *Naar groene chemie en groene materialen*. <https://edepot.wur.nl/165546>
- WUR. (2022). *Stappen naar circulaire glastuinbouw: Transitiepaden en innovaties*.
<https://research.wur.nl/en/publications/stappen-naar-circulaire-glastuinbouw-transitiepaden-en-innovaties>
- WUR. (2023). *Biologische landbouw: beter voor natuur en klimaat*. Wageningen University & Research. .
- Yüzbaşıoğlu, A. E., Tatarhan, A. H., & Gezerman, A. O. (2021). Decarbonization in ammonia production, new technological methods in industrial scale ammonia production and critical evaluations. *Heliyon*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08257>
- Zero Emission Services BV. (2023). *Onze visie: een schone, emissievrije binnenvaart*.
<https://zeroemissionsservices.nl/>
- Zühlsdorf, B., Bühler, F., Bantle, M., & Elmegaard, B. (2019). Analysis of technologies and potentials for heat pump-based process heat supply above 150 °C. *Energy Conversion and Management, Volume 2*.
<https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2019.100011>



A Interviews

Tabel 6 - Gevoerde interviews

Interview	Organisatie
Marian Minnesma	Urgenda
Liedewij Loorbach	Sprinklr
Wouter Scheepens, Siri de Vrijer	MVO Nederland
Emile Rodenhuis	VNO-NCW
Arnold Stokking	Platform Groene Chemie
Jos Keurentjes, Nanette Deunk	Transitieagenda Kunststoffen
Peter Molengraaf	Topsector Energie
Thijs de Goede	Alba Concepts

B Sector analyse gebouwde omgeving

In deze bijlage wordt de impact op de innovatieve, circulaire bedrijvigheid in de gebouwde omgeving als gevolg van de afschaffing van fossiele subsidies geanalyseerd. Om de analyse van de gebouwde omgeving af te bakenen, wordt er enkel gekeken naar de effecten van de verschillende scenario's op huishoudens in bestaande woningen en bestaande publieke en private utiliteitsbouw. Vanwege het sterk geografische karakter van de gebouwde omgeving wordt er geen analyse van eventuele koolstoflekage uitgevoerd.

In de sectoranalyse Industrie analyseren we de effecten van het inprijzen van klimaatschade en het afschaffen van de fossiele subsidies op bouwmaterialen die gebruikt worden in nieuwbouw zoals cement en staal en duurzame alternatieven als biobased en gerecycled bouw materiaal.

B.1 Beprijzing klimaatschade en afschaffen fossiele subsidies

Tabel 7 licht vier fossiele subsidies toe die voor de gebouwde omgeving van belang zijn en beschrijft de gevolgen van het afschaffen van de individuele subsidies.

Tabel 7 - Relevante fossiele subsidies voor de gebouwde omgeving

Relevante subsidie(s)	Beraamd bedrag	Toelichting
Belastingvermindering energiebelasting (vast bedrag per elektriciteitsaansluiting)	Benchmark 1: Gehele belastingvermindering € 4.191 mln. Benchmark 2: Vrijstelling gerelateerd aan gasgebruik voor warmte, eigen gebruik en omzettingsverlies: € 159 miljoen.	De energiebelasting kent een vaste teruggave van energiebelasting per elektriciteitsaansluiting op een WOZ-object met een verblijfsfunctie. Alle huishoudens en bedrijven met een elektriciteitsaansluiting ontvangen deze belastingvermindering.
Degressieve tariefstructuur energiebelasting aardgas	€ 2.387 mln.	In de energiebelasting op aardgas wordt een degressieve tariefstructuur gehanteerd waarbij grootgebruikers gemiddeld minder belasting per m ³ aardgas betalen.
Degressieve tariefstructuur energiebelasting elektriciteit	Benchmark 1: Tarief 1 ^e schijf: € 6.633 mln. Benchmark 2: Tarief afslag voor aandeel hernieuwbaar elektriciteit van 46%: € 3.582 mln.	In de energiebelasting op elektriciteit wordt een degressieve tariefstructuur gehanteerd waarbij grootgebruikers gemiddeld minder belasting per kWh betalen.
Teruggaafregeling energiebelasting voor instellingen	€ 32 mln.	Vanaf de invoering van de energiebelasting hebben non-profit instellingen gebruik kunnen maken van de teruggaafregeling. Hierbij kan de helft van de betaalde energiebelasting teruggevraagd worden, zodat enerzijds energielasten verlicht worden maar anderzijds de prikkel tot energiebesparing blijft bestaan.



Relevante subsidie(s)	Beraamd bedrag	Toelichting
		De teruggaafregeling van energiebelasting over het gas- en elektriciteitsverbruik geldt voor het verbruik in een onroerende zaak die is bestemd voor een openbare eredienst of het houden van een bezinningsbijeenkomst van levensbeschouwelijke aard of die in gebruik is door een algemeen nut beogende instelling. Uitgezonderd van de teruggaafregeling zijn instellingen die werkzaam zijn op het gebied van sport, gezondheidszorg of onderwijs. Het gaat dus hoofdzakelijk om kerkgebouwen, culturele, sociale en multifunctionele non-profit instellingen (CE Delft, 2023d).
Energieprijsplafond	Benchmark 1: Gehele belastingvermindering € 3.798 mln. Benchmark 2: Afslag voor aandeel hernieuwbare energie van 16,7%: € 3.163 mln.	Het kabinet heeft een energieprijsplafond voor het gebruik van aardgas en elektriciteit ingesteld om de fors negatieve gevolgen voor huishoudens en bedrijven voor de sterk gestegen energieprijzen te matigen. Het kabinet schaft dit energieprijsplafond af per 1 januari 2024.

B.2 Prijs effecten in de energie- en grondstofketen

Figuur 1 toont hoe klimaatschade in de verschillende sectoren wordt ingeprijsd door bestaande fiscale regelingen. Uit het figuur wordt duidelijk dat bijna alle klimaatschade in de gebouwde omgeving al wordt ingeprijsd. 22 Mton van de 23,5 Mton uitgestoten broeikas-emissies door de gebouwde omgeving worden momenteel al met een hoger bedrag beprijsd dan dat voor de klimaatschade is vastgesteld (€ 130/ton). Omdat de klimaatschade al wordt ingeprijsd, zijn Scenario's 1 en 2 niet relevant in de analyse van kansen voor innovatieve bedrijvigheid in de gebouwde omgeving.

Bovendien zijn de gevolgen van het afschaffen van de fossiele subsidies (Scenario 3) voor de gebouwde omgeving zeer beperkt. Zo zijn de effecten van het minder degressief maken van de hogere schijven in de energiebelasting op aardgas en elektriciteit voor huishoudens en de dienstensector marginaal, omdat het overgrote deel van de belasting op aardgas en elektriciteit voor de gebouwde omgeving in de laagste schijf wordt geheven (voor aardgas zelfs 95%).

De financiële impact van het afschaffen van de teruggaafregeling energiebelasting instellingen kan voor bepaalde organisaties groot zijn (CE Delft, 2023d), maar deze geraakte groep vormt slechts een zeer beperkt deel van de totale gebouwde omgeving.

Het afschaffen van de belastingvermindering energiebelasting zal de energiebelasting voor huishoudens en diensten weliswaar met ruim € 500 op jaarbasis doen toenemen; maar omdat deze subsidie niet verbonden is aan het verbruik van aardgas of elektriciteit, zal het weinig invloed hebben op mogelijke bedrijvigheid in de gebouwde omgeving. Mogelijkerwijs kan een energierekening die hoger uitvalt door het afschaffen van de belastingvermindering, huishoudens wel bewuster maken van hun energieverbruik. Dit effect is echter moeilijk te kwantificeren.

B.3 Circulaire strategieën

Vraagvermindering

Doordat het verminderen van de degressieve tariefstructuren in de energiebelasting en het afschaffen van de belastingvermindering energiebelasting, diensten of bedrijven bijna niet beïnvloeden of niet gebonden zijn aan energieverbruik wordt er geen grote vraagvermindering naar fossiele brandstoffen als gevolg van het afschaffen van de fossiele subsidies in de gebouwde omgeving verwacht.

Instellingen die gebruik kunnen maken van de teruggaafregeling naar aanleiding van de energiecrisis hebben vaak al diverse energiebesparende maatregelen genomen (CE Delft, 2023d). Hierdoor wordt er slechts zeer beperkte additionele vraagvermindering verwacht als de teruggaafregeling wordt afgeschaft.

Substitutie

Er bestaan potentieel veel substitutiemogelijkheden voor aardgas in de gebouwde omgeving. In plaats van het gebruiken van aardgas voor het koken en het voldoen aan de warmtevraag kunnen huishoudens en bedrijven overstappen op:

- **Elektrificatie:** (hybride) warmtepompen, e-boilers, straalkachels of elektrische fornuizen.
- **Biomassa:** Hout- en pelletkachels.
- **Wko-installaties:** Warmte koude-installaties die zomerwarmte en winterkoelte opslaan om respectievelijk te verwarmen in de winter en te koelen in de zomer.
- **Aqua-thermie:** Een verzamelterm voor het verwarmen en koelen met de warmte en koude uit oppervlakte-, afval- en drinkwater.
- **Biogas:** Wordt bijgemengd op het landelijke net, nog niet beïnvloed door fiscale maatregelen, want wordt op dezelfde manier belast als aardgas.
- **Warmtenetten:** Vereisen collectief handelen. Het inprijzen van de klimaatkosten verhoogt de kostprijs van de (rest)warmte uit niet-duurzame warmtenetbronnen zoals elektriciteitscentrales en wkk's. Door deze kostprijsstijgingen wordt de (rest)warmte uit niet-fossiele warmtenetbronnen, zoals datacentra, zonne-energie, geothermie, aqua-thermie en kernenergie, financieel aantrekkelijker.

De verscheidene substitutiemogelijkheden nemen niet weg dat er slechts voor een beperkte groep non-profit instellingen een financiële prikkel ontstaat om naar een alternatieve energiebron voor aardgas te wisselen. Bij enkele van deze instellingen, met name multifunctionele centra zoals dorps- en buurthuizen, kan substitutie naar bijvoorbeeld een warmtepomp financieel interessant zijn door de kenmerken en de hoge bezettingsgraad van de gebruikte gebouwen. Echter geldt voor de meeste instellingen dat het overstappen naar een andere warmtebron door de lage bezettingsgraad van de gebruikte gebouwen en lange terugverdientijd van de benodigde investeringen financieel onaantrekkelijk blijft (CE Delft, 2023d). Daarom zal het afschaffen van de fossiele subsidies naar verwachting geen grote gevolgen hebben voor het stroom- of aardgasverbruik van de gebouwde omgeving.

B.4 Nieuwe verdienmodellen en bedrijven

Doordat het afschaffen van de fossiele subsidies weinig financiële prikkels voor huishoudens en diensten teweeg brengt, wordt er weinig nieuwe bedrijvigheid in de gebouwde omgeving als gevolg van deze afschaffingen verwacht.

Mogelijk kan er beperkt nieuwe bedrijvigheid ontstaan vanuit duurzaamheidsadviseurs die zich specialiseren in het verduurzamen van utiliteiten (zoals kerken of scoutinggebouwen) van instellingen die nu gebruik maken van de teruggaafregeling van de energiebelasting.

B.5 Impact op de sector

- De klimaatschade wordt door de energiebelasting op aardgas en elektriciteit in de gebouwde omgeving voor het overgrote deel al ingeprijsd (Scenario 1 en 2).
- Het afschaffen van de fossiele subsidies (Scenario 3) leidt voor het overgrote deel van de huishoudens en diensten niet tot een hogere energiebelasting óf is niet verbonden aan aardgas- of elektriciteitsverbruik.
- Doordat er geen financiële prikkels ontstaan door het afschaffen van de fossiele subsidies vindt er naar verwachting geen vraagvermindering naar fossiele brandstoffen of substitutie van aardgas door andere energiedragers plaats.
- Instellingen die momenteel gebruik maken van de teruggaafregeling energiebelasting en door het afschaffen van deze subsidie twee keer zo veel energiebelasting gaan betalen hebben vaak al enkele besparings- of verduurzamingsmaatregelen genomen. Voor de meeste instellingen blijft het niet aantrekkelijk na het afschaffen van deze teruggaafregeling vanwege de lange terugverdientijd van benodigde investeringen en de lage bezettingsgraad van de gebruikte gebouwen. Hierdoor valt ook van dit smaldeel van de gebouwde omgeving slechts beperkt vraagvermindering of substitutie van aardgas te verwachten.

C Sectoranalyse glastuinbouw

C.1 Beprijzing klimaatschade en afschaffen fossiele subsidies

Tabel 8 licht vier fossiele subsidies toe die voor de glastuinbouwsector van belang zijn. Daarnaast worden de financiële gevolgen voor de glastuinbouwsector beschreven die uit de uitgevoerde impactstudies van Berenschot, Trinomics en CE Delft naar voren komen.

Tabel 8 - Relevante fossiele subsidies voor de glastuinbouw

Relevante subsidie(s)	Beraamd bedrag	Toelichting
Afschaffen verlaagd tarief in de energiebelasting voor glastuinbouw (afbouwpad 2025-2030)	€ 171 mln.	De verlaagde tarieven voor aardgas (in schijven 1 en 2) voor verwarming ter bevordering van het groeiproces van tuinbouwproducten worden afgeschaft waarna het aardgasverbruik volgens de reguliere EB-tarieven zal worden belast.
Beperken inputvrijstelling aardgas in de energiebelasting (gericht op wkk's, ingroeipad 2025-2030)	€ 159 mln.	De vrijstelling op aardgas wordt beperkt tot enkel het deel van elektriciteit dat wordt geleverd aan het net en de EB-uitzondering voor elektriciteitsverbruik in de eigen kas wordt afgeschaft.
Degressieve tariefstructuur energiebelasting aardgas	€ 2.387 mln.	In de energiebelasting op aardgas wordt een degressieve tariefstructuur gehanteerd waarbij grootgebruikers gemiddeld minder belasting per m ³ aardgas betalen.
Inputvrijstelling aardgas elektriciteitsopwekking	Benchmark 1: gehele inputvrijstelling € 491 mln. Benchmark 2: vrijstelling gerelateerd aan gas gebruik voor warmte, eigen gebruik en omzettingsverlies: € 159 mln.	Het aardgasverbruik dat wordt ingezet in een installatie waarmee elektriciteit wordt opgewekt (zoals wkk's) is vrijgesteld van energiebelasting, mits de omzettingsefficiëntie naar elektriciteit van deze installatie meer dan 30% is.

C.2 Prijs effecten in de energie- en grondstofketen

De glastuinbouwsector wordt gekenmerkt door een vraag naar zowel warmte, elektriciteit en CO₂. Een groot deel van de glastuinbouwsector (met een aanzienlijke warmtevraag) voorziet in al deze drie energiebehoeften door middel van een op aardgasgestookte warmtekrachtkoppeling-installatie (wkk). De door de wkk opgewekte elektriciteit wordt door veel tuinders naast eigen gebruik ook verkocht aan het net (CE Delft, 2021c). Het afschaffen van de fossiele subsidies zal voornamelijk impact hebben op deze manier van bedrijfsvoering, omdat er verschillende subsidie(s) het gebruik van wkk's stimuleren.

De uitgevoerde impactstudies hebben de effecten van het afschaffen van deze vrijstellingen en daar bovenop het minder degressief maken van de tarievenstructuur van de energiebelasting voor aardgas onderzocht. Alle studies concluderen dat de elektriciteit-, warmte- en CO₂-kosten voor glastuinbouwers die van een wkk gebruik maken, zullen oplopen indien deze fossiele subsidies worden afgeschaft. Zo zal bijvoorbeeld de afschaffing van het verlaagde energiebelasting tarief in de glastuinbouw leiden tot 45% toename van energiekosten en 9% toename van bedrijfskosten (Trinomics & BlueTerra, 2023).

Indien enkel de inputvrijstelling van aardgas voor de elektriciteitsopwekking wordt afgeschaft zonder de degressiviteit in de tariefstructuur van de energiebelasting voor aardgas te veranderen, wordt de glastuinbouwsector, waar relatief kleine wkk's gebruikt worden, harder geraakt dan andere sectoren die grotere wkk's gebruiken als grootschalige stadsverwarmingcentrales of de industrie. Dit komt omdat een relatief groot gedeelte van het gasverbruik bij kleinere wkk's in de eerste, hoger belaste, schijven valt. Dit leidt tot een verslechtering van concurrentiepositie van de glastuinbouw tegenover deze grotere centrales, waardoor levering van elektriciteit aan het net niet meer rendabel wordt (Berenschot, 2023).

Kleinere tuinbouwbedrijven (zonder wkk's) maken vooral gebruik van gasketels om hun kassen te verwarmen (CE Delft, 2021c). Deze tuinders zullen voornamelijk last ondervinden door de hogere energielasten als het gevolg van het afschaffen van de verlaagde tarieven in de eerste twee schalen van de energiebelasting op aardgas.

Koolstoflekkage

Het risico op koolstoflekkage speelt indien alleen Nederland de klimaatschade gaat inprijzen. Wanneer tuinders hun hogere kosten niet kunnen doorrekenen aan de afnemers, kunnen ze ervoor kiezen om hun productie te staken. Deze productie zou zich vervolgens kunnen verplaatsen naar andere landen.

Berenschot (2023) raamt de daling van de productiewaarde in de glastuinbouwsector op 9% als gevolg van het beperken van de inputvrijstelling van wkk's en het afschaffen van het verlaagd tarief voor de glastuinbouw. Indien ook de andere fossiele subsidies afgeschaft worden, zal dit percentage nog hoger liggen. Of deze productieafname kan worden gekwalificeerd als koolstoflekkage, hangt onder andere af van het klimaatbeleid in concurrerende landen.

Afhankelijk van het klimaatbeleid in Duitsland, zou een deel van de glastuinbouwsector zich naar dit land kunnen verplaatsen. In Duitsland is de glastuinbouwsector weliswaar kleiner dan in Nederland, maar voor veel teeltsoorten zoals tomaten en komkommers zijn er wel in opkomst (Ministerie van LNV, 2020). De concurrentiepositie van Duitse glastuinbouwers wordt verder verstevigd omdat er in Duitsland lagere energiebelastingtarieven op aardgas gelden.

Nederlandse tuinbouwbedrijven concurreren internationaal ook met onverwarmde productiesystemen (zoals in Zuid-Spanje, Noord- en Oost-Afrika en Zuid-Amerika). Het inprijzen van de klimaatschade (op nationaal of Europees niveau) zou ertoe kunnen leiden dat de productie van sommige teeltsoorten kunnen zich verplaatst naar de delen van de wereld waar de warmtevoorziening (en daarmee de externe energievraag) een kleinere rol speelt. Een voorbeeld hiervan is de recente continentale verhuizing van de sierteelt van veel planten en bloemen, met name rozen naar Kenia en Ethiopië. Ondanks dat de uitstoot van broeikasgassen van het transport van deze agrarische producten zal toenemen, kan het netto klimaateffect van deze productieverhuizing positief uitvallen. Dit komt omdat de broeikasgasemissies die vrijkomen bij het produceren van de benodigde warmte met een wkk, een veel groter onderdeel zijn van de totale life-cycle emissies van agrarische glastuinbouwproducten dan de emissies die uitgestoten worden bij het transport van deze goederen.

Het risico op verhuizing van de productie is beperkter als de complete klimaatschade op Europees niveau wordt ingeprijsd (Scenario 2). Echter blijft, ook dan, het risico bestaan dat

een deel van de sector zich naar andere continenten verhuist, met name door de lagere arbeidskosten en lagere externe energiebehoeften.

C.3 Circulaire strategieën

Vraagvermindering

Vraagvermindering naar fossiele brandstoffen in de glastuinbouwsector kan op twee manieren gebeuren:

1. Door het reduceren van het energieverbruik van bestaande kassen.
2. Het investeren in verschillende energiezuinigere innovatieve kassen; kan het verbruik van fossiele brandstoffen in de glastuinbouwsector afnemen.

Door de afschaffing van de vrijstelling van energiebelasting op het verbruik van aardgas bij elektriciteitsproductie en het verminderen van de degressiviteit in de aardgas belasting-tarieven zal de levering van elektriciteit voor de relatief kleine tuinder-wkk-installaties door de hoge opwekkosten niet meer rendabel worden (Berenschot, 2023). Omdat de prijs van het produceren van elektriciteit nu nog vaker hoger dan de marktprijs van elektriciteit komt te liggen; zullen tuinder-wkk-installaties naar verwachting enkel worden ingezet als warmtebron en niet meer met als primaire doelstelling om van hoge prijzen op de elektriciteitsmarkt te profiteren.

De besparingsmaatregelen in de bestaande kassen en de energiezuinigere kassen worden juist beide financieel aantrekkelijker door het afschaffen van de fossiele subsidies. Uit een eerdere studie van (2021c) blijkt dat de glastuinbouwsector wel 30% van zijn huidige warmtevraag van 80 PJ kan besparen door het nemen van besparende maatregelen, zoals bijvoorbeeld:

- een tweede energiescherm;
- extra isolatie;
- selectief verwarmen;
- luchtbehandelingssystemen;
- verticale ventilatoren;
- diffuus glas met een antireflectiecoating;
- led-belichting;
- belichten met gelijkspanningsinstallatie.

Naast deze technische maatregelen voor bestaande kassen, kunnen (beginnende) tuinders (voor hun uitbreiding) ook kiezen voor innovatieve kasconcepten, die lagere externe warmte- en elektriciteitsbehoeften hebben zoals daglichtkassen, winterlichtkassen en 2SaveEnergyKassen.

In daglichtkassen wordt zonlicht door middel van lenzen en zonnecollectoren omgezet in warm water om op een later tijdstip te worden gebruikt als warmtebron (Kas als Energiebron, 2018). Daarnaast zijn er voor bepaalde teeltsoorten winterlichtkassen beschikbaar die energie besparen omdat ze meer licht toelaten dan reguliere kassen (Janse & Balk, 2019). 2SaveEnergykassen maken gebruik van een innovatief kasdek met onder meer een dubbele antireflectiecoating en een ventileerbare spouw om energie te besparen (2SaveEnergy, 2023).

Substitutie

In een vorige studie van CE Delft (2021c) is er onderzocht welke duurzame warmtebronnen kansrijk zijn om aardgasgestookte wkk's en gasketels in de glastuinbouw in 2040 volledig te kunnen vervangen. De glastuinbouwsector heeft meerdere alternatieven voor duurzame warmte (CE Delft, 2021c):

- geothermie;
- restwarmte;
- kaswarmte;
- aquathermie (TEO, TEA);
- biobrandstoffen;
- waterstof.

In dit duurzame eindbeeld van de warmtevoorziening van 2040 bedraagt de totale warmtevraag 44 PJ. In dit scenario wordt het meeste potentieel verwacht bij de geothermie (23 PJ) en restwarmte (10 PJ). Daarnaast is er ook een rol weggelegd voor biobrandstoffen (8 PJ) en aquathermie (3 PJ). Vanwege een hogere betalingsbereidheid voor waterstof in andere sectoren, wordt de rol van waterstof in de toekomstige warmtevoorziening van de glastuinbouw als zeer beperkt ingeschat.

Een belangrijke kanttekening om te plaatsen bij de substitutiemogelijkheden is dat de beschikbare alternatieven per glastuinbouwsector sterk kunnen verschillen. Zo ligt bijvoorbeeld het economisch potentieel van geothermie veel hoger voor glastuinbouwers in het Westland dan voor glastuinbouwers rondom Venlo (ThermoGIS, 2023).

Decarbonisatie brandstoffen

Als alternatief voor het afvangen en gedeeltelijk gebruiken van het CO₂ dat vrijkomt bij het verbranden van aardgas in de eigen wkk-installaties en gasketels, kan de glastuinbouw koolstofdioxide afnemen van andere sectoren en zo bijdragen de (verdere) ontwikkeling van CCU-netwerken. Indien de sector haar wkk's en gasketels uitfaseert zal de vraag naar externe CO₂ toenemen.

Door deze verhoogde vraag wordt het financieel aantrekkelijker voor bestaande CCU-netwerken, zoals bijvoorbeeld het OCAP-netwerk, dat CO₂ afkomstig uit de industrie in Pernis levert aan ca. 600 glastuinbouwers (OCAP, 2023), om zich uit te breiden. Daarnaast biedt de verhoogde vraag ook perspectief voor de realisatie van CCU-netwerken in andere glastuingebieden als in Aalsmeer en Venlo.

Een tweede, meer innovatieve, optie die financieel aantrekkelijker wordt is om de CO₂ uit een wkk of ketel te vervangen door Direct Air Capture (DAC). DAC is een verzamelnaam voor verschillende technologieën waarmee CO₂ direct uit de buitenlucht kan worden afgevangen. Deze CO₂ kan vervolgens gedoseerd de kassen in worden geleid (WUR, 2022).

C.4 Nieuwe verdienmodellen en bedrijven

De verwachting is dat de omschakeling naar nieuwe kasconcepten in combinatie met energiebesparing (nieuwe teelttechnieken) en hernieuwbare energie (zoals bio-energie, zonlicht en geothermie) een sterke stimulans oplevert. Dit wordt samengebracht onder het innovatieprogramma 'Kas als Energiebron'. Dit geldt voor de omschakeling van bijvoorbeeld de belichte teelt (zoals tomaten) naar full led en gaat tevens gepaard met veranderingen in teelttechnieken en klimaatbeheersing. Positieve economische effecten treden op voor nieuwe orders voor kassenbouwers en de koploperbedrijven die deze innovatieve kasconcepten reeds toegepast hebben. Zij kunnen hun marktaandeel verder uitbouwen.

Een nieuw verdienmodel in de glastuinbouw ligt in het vergaand verduurzamen van de bedrijfsvorming door middel van het nemen van isolatiemaatregelen, het overstappen op duurzamere warmtebronnen en eventueel CO₂ extern in te kopen in plaats van zelf op te wekken. Ammerlaan The Green Innovator is een voorbeeld van een glastuinbouw bedrijf dat succesvol haar bedrijfsvoering heeft omgegooid en nu volledig CO₂-neutraal tropische groene planten kweekt. In 2010 is het bedrijf, als één van de koplopers van de sector, begonnen met het verwarmen van de kassen met aardwarmte en levert nu zelfs warmte aan 24 andere tuinbouwbedrijven, een school, een zwembad, een sportcentrum en 543 woningen in Pijnacker (Ammerlaan, 2023).

De innovatieve kassenbouw is een tweede nieuw verdienmodel dat een financiële prikkel krijgt door het afbouwen en afschaffen van de fossiele subsidies. Voor (startende) glastuinbouwers wordt het met de duurdere energiekosten financieel aantrekkelijker om in nieuwe kassen, zoals die van het 2SaveEnergy consortium, te investeren die tot wel 50% van het energieverbruik kunnen besparen (CE Delft, 2021c).

Daarnaast bestaan er ook nieuwe verdienmodellen op het gebied van de biologische (sier) teelt. Deze deelsector heeft een veel lager energieverbruik dan reguliere glastuinbouw door middel van de inzet van onder andere koude kassen, tunnelkassen of verwarmingsbuizen die alleen vorst tegengaan. Ondanks de hogere kostprijs van biologische sierteelt die per plant nog steeds vier tot vijf keer zo hoog is als de reguliere sierteelt, laten snelgroeiende bedrijven als Sprinklr, een distributeur van biologische planten, zien dat hier in Nederland een (koplopers)markt voor is.

Bovendien verwachten we dat ook de markt voor externe CO₂-levering vanuit andere sectoren zoals AVI's en leveranciers van zeer zuivere CO₂ een sterke economische impuls zullen krijgen. Een duurzame glastuinbouw is een belangrijke klant van deze externe CO₂.

Tenslotte zien we kans voor nieuwe bedrijven als het Nederlandse Carbyon, het Noorse GreenCap of het Zwitserse Climeworks die door middel van nieuwe DAC-technologieën een alternatief willen bieden voor het afvangen van de CO₂ die vrijkomt bij het verbranden van fossiele brandstoffen door de koolstofdioxide rechtstreeks uit de omgevingslucht te winnen. De kosten van DAC-technologieën zijn momenteel nog niet concurrerend met de bestaande alternatieven (Nieuwe Oogst, 2022), maar worden door het beprijzen van de klimaatkosten wel financieel aantrekkelijker.

C.5 Impact op de sector

- Een groot deel van de glastuinbouwsector voorziet in haar warmte-, CO₂- en elektriciteitsvraag door middel van aardgasgestookte wkk's.
- In alle drie de scenario's zullen hogere energielasten en het dalen van de opbrengsten van elektriciteitsverkoop aan het net ervoor zorgen dat deze bedrijfsvoering niet meer rendabel zal zijn.
- Zonder aanpassingen in de bedrijfsvoering dreigt er een groter risico op koolstoflekkage van een gedeelte van de glastuinbouw naar Duitsland waar de energielasten lager zijn (in Scenario 1). Daarnaast blijft het risico in alle scenario's bestaan dat de productie van sommige producten verhuist naar landen waar de vraag naar externe warmte minder of niet noodzakelijk is en de arbeidskosten significant lager zijn.

- Er bestaan veel mogelijkheden voor de glastuinbouwsector om de huidige bedrijfsvoering te verduurzamen. Glastuinbouwers kunnen isolatiemaatregelen in hun bestaande kassen treffen om hun warmtevraag en daarmee hun aardgasverbruik te verlagen. Daarnaast kan er bij uitbreiding of vervanging van bestaande kassen gekozen worden voor innovatieve kasconcepten die tot wel 50% minder energie verbruiken dan reguliere kassen en deze combineren met hernieuwbare energie.
- Een alternatieve manier om te verduurzamen is om over te stappen op biologische teelt en/of op het kweken van producten die ook kunnen groeien in koude of tunnelkassen.
- Positieve economische effecten zijn te verwachten in de groei van deze kasconcepten, zowel bij de bouw als de toepassing. Tevens kunnen koploperbedrijven die al overgeschakeld zijn, een groter marktaandeel verwerven.

D Sectoranalyse transport

In deze bijlage zal ingezoomd worden op de impact van de afschaffing van fossiele subsidies binnen de transportsector op de innovatieve, circulaire bedrijvigheid in Nederland. Binnen deze bijlage zal er onderscheid gemaakt worden in personen- en goederenvervoer.

In de sectoranalyse kijken we naar verschillende casestudies (zeevaart, binnenvaart, luchtvaart en wegverkeer) om inzicht te krijgen in de mogelijke effecten van het afschaffen van de fossiele subsidies op de transportsector. Deze sectoren zijn uitgekozen omdat we enerzijds bij deze sectoren de grootste effecten verwachten. Anderzijds ondervangen we met deze casestudies een groot deel van de transportsector, en krijgen we inzicht in de verschillende effecten die kunnen optreden.

Naast het afschaffen van de fossiele subsidies heeft de rijksoverheid nog een ander handelingsperspectief voor het beprijzen van de klimaatschade. Zo kan de overheid ervoor kiezen om de klimaatschade van de transportsector te beprijzen door een prijs te rekenen per ton CO₂-uitstoot.

De mate waarin de klimaatschade reeds is ingeprijsd verschilt sterk per transportmodaliteit. In de zeevaart en de binnenvaart worden er bijvoorbeeld bijna geen heffingen of belastingen toegepast.¹⁶ Ook bij de internationale luchtvaart is het aantal heffingen/belastingen beperkt (CE Delft, 2023c). Gelijktijdig worden er wel veel belastingen geheven bij het wegverkeer (voertuigbelastingen, brandstofaccijns). De belastingen voor het wegverkeer zijn niet specifiek bedoeld om de klimaatkosten te internaliseren, maar hebben vooral als doel het genereren van belastinginkomsten. De belastingen voor het wegverkeer zijn dus niet één-op-één toe te rekenen aan het internaliseren van de klimaatschade.

In de sectoranalyse van de transportsector kijken we niet naar de effecten van het invoeren van een prijs per ton CO₂-uitstoot. De verschillen in het huidige beprijzingsniveau van de klimaatschade per transportmodaliteit en de onduidelijkheid over de mate waarin de klimaatschade momenteel is ingeprijsd bij de transportmodaliteiten zorgen voor te veel onzekerheid. Het is daarom lastig om te bepalen welke CO₂-heffing nodig zou zijn om een beprijzingsniveau van € 130 per ton CO₂ te bereiken.¹⁷

De verwachte effecten van een extra CO₂-heffing lijken voor een groot deel overeen te komen met het afschaffen van de fossiele subsidies. De fossiele vrijstellingen richten zich met name op sectoren waar het huidige beprijzingsniveau van de klimaatschade zeer laag ligt (zeevaart, binnenvaart, internationale luchtvaart). Met het afschaffen van de fossiele vrijstellingen zal ook het beprijzingsniveau van de klimaatschade voor deze transportmodaliteiten toenemen. Door de effecten van het afschaffen van de fossiele subsidies in kaart te brengen krijgen we dus ook een beter beeld van de mogelijke effecten van een CO₂-heffing. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de invoering van een CO₂-heffing (op nationale schaal) voor deze sectoren vanwege internationale verdragen juridisch zeer lastig en op dit moment vaak zelfs onmogelijk is.

¹⁶ Zeevaart wordt vanaf 1 januari 2024 belast onder het EU-ETS. Hiermee worden de broeikasgasemissie van de zeevaart in en tussen EU havens en 50% van de emissies van en naar Europese havens geprijsd. Dit zal het beprijzingsniveau van de klimaatschade voor de zeevaart wijzigen.

¹⁷ Het beprijzingsniveau van € 130 wordt voorgesteld in het handboek milieuprijzen van CE Delft en gehanteerd in deze studie CE Delft (2023e). Het beprijzingsniveau van € 130 wordt voorgesteld in het handboek milieuprijzen van CE Delft en gehanteerd in deze studie ibid..

In Tabel 9 staan de meest relevante fossiele subsidies voor de transportsector beschreven. Hierbij is zowel gekeken naar goederen- en personenvervoer. De bedragen in de tabel komen voort uit Bijlage 25 van de Miljoenennota (Rijksoverheid, 2023). In de volgende paragraaf zoomen we eerst in op de implicaties van het afschaffen van de fossiele subsidies voor goederenvervoer.

Tabel 9 - Relevante fossiele subsidies voor de transportsector: goederenvervoer en personenvervoer

Relevante subsidie(s)	Beraamd bedrag	Toelichting
1. Lager accijnstarief voor diesel, dan voor benzine. 2. Lager accijnstarief voor LPG, dan voor benzine.	Benchmark 1: Tarief benzine € 2.013 mln. Benchmark 2: Tarief benzine inclusief hogere MRB-diesel: € 1.281 mln. Benchmark 1: Tarief benzine € 276 mln. Benchmark 2: Tarief benzine inclusief hogere MRB-CNG/LPG: € 245 mln.	Er geldt een lager accijnstarief voor diesel (t.o.v. benzine). De prijs voor diesel zal stijgen door het afschaffen van de fossiele subsidies. De volgende accijnstarieven per liter brandstof zullen gelden vanaf 01-01-2024 (excl. btw): Diesel: € 0,63 (+21,1%) (Revnext, 2023) ¹⁸ Voor dieselloertuigen geldt echter ook een hoger MRB/BPM. Een deel van de lagere accijns wordt dus opgevangen door hogere MRB/BPM. Dit geldt vooral voor personen-auto's. De verwachte effecten zijn daarom per saldo beperkt voor personenvervoer. ¹⁹
3. Vrijstelling gebruiken van kerosine in het internationale luchtverkeer.	€ 2.182 mln.	Het gebruik van kerosine binnen de internationale luchtvaart is op dit moment vrijgesteld van accijns (Ministerie van Financiën, 2023b). Hierdoor zullen de brandstofkosten van de luchtvaart toenemen. Dit heeft invloed op de kosten voor zowel het goederen- als personenvervoer via de lucht.
4. Btw-vrijstelling kerosine	€ 553 mln.	Het gebruik van kerosine is op dit moment vrijgesteld van de btw. De prijs van kerosine zal toenemen, wat dus ook zal zorgen voor hogere kosten in het goederen- en personenvervoer via de lucht.

¹⁸ Stijging t.o.v. 01-07-2023.

¹⁹ Het is nog niet duidelijk of dit ook geldt voor vrachtwagens. Vrachtwagens rijden momenteel vrijwel uitsluitend op diesel, en dienen dus meer accijns te betalen. Daarnaast wordt er een vrachtwagenheffing ingevoerd in 2026, wat zorgt voor extra kosten. Gelijktijdig wordt de MRB verlaagd naar het Europees minimum voor vrachtwagens en het BZM (belasting zware motorrijtuigen) afgeschaft. Revnext (2023)' stelt dat door de herziene vrachtwagenheffing het aandeel zero-emission voertuigen stijgt naar circa 15% in het vrachtautopark en het aandeel diesel daalt naar circa 85% van het vrachtautopark. Hieruit kan worden opgemaakt dat het bepalen van het vrachtwagens een grote impact kan hebben op de verduurzamingscase van vrachtwagens.

Relevante subsidie(s)	Beraamd bedrag	Toelichting
5. Vrijstelling gebruiken van stookolie (met name zeevaart)	€ 429 mln.	Het gebruik van stookolie binnen de zeevaart is op dit moment vrijgesteld van accijns (Ministerie van Financiën, 2023b). Stookolie wordt momenteel vooral gebruikt bij de zeevaart. De accijnsvrijstelling op bunkerbrandstoffen is hoofdzakelijk gebaseerd op de vrijstelling vanwege wederuitvoer, en is dus bestemd voor gebruik of verbruik buiten Nederland/EU. De afbouw van de vrijstelling zal leiden tot een sterke afname in vraag naar stookolie en bijna volledige verdwijning van de vraag naar gasolie (CE Delft, 2023b)
6. Vrijstelling gebruik van diesel (met name binnenvaart en werktuigen op schepen/pontons)	Binnenvaart: € 162 mln. Internationale marine: € 1.583 mln.	Het gebruik van diesel in met name de binnenvaart en werktuigen op schepen is op dit moment volledig vrijgesteld van accijns (Ministerie van Financiën, 2023b). Afbouw fossiele brandstoffen vrijstelling kan leiden tot een verhoging van de bunker/gasolieprijz van 54% voor de binnenvaart-sector (CE Delft, 2023b).
7. Btw-vrijstelling internationaal personenvervoer (schepen en luchtvaartuigen)	Luchtvaart: € 872 mln. Scheepvaart: € 44 mln.	In de huidige situatie geldt er een btw-vrijstelling op internationaal personenvervoer, gezien de locatie leidend is in de belastbaarheid van vervoer (Ministerie van Financiën, 2023b).
8. Verlaagd tarief in de MRB voor bestelauto ondernemers	€ 935 mln.	Momenteel betalen ondernemers een verlaagd tarief in MRB voor bestelauto's. Dit tarief zal in 2025 verhoogd worden met 15% en in 2026 met 6,96% (Ministerie van Financiën, 2023a). Het tarief zal gelden voor bestelauto's en heeft dus met name invloed op de kostprijs van het goederenvervoer.
9. Vrijstelling in de BPM voor bestelauto ondernemers	€ 1.089 mln.	Ondernemers zijn op dit moment vrijgesteld van BPM voor bestelauto's. Echter zal deze vrijstelling per 31-12-2024 vervallen en zal de CO₂-uitstoot leidend zijn voor de hoogte van de BPM (Ministerie van Financiën, 2023a). Bovenop het vaste tarief komt een variabel tarief dat afhankelijk is van de CO₂-uitstoot van de bestelauto. Dit tarief heeft vooral invloed op de kosten van het goederenvervoer, want het betreft bestelauto's.

Relevante subsidie(s)	Beraamd bedrag	Toelichting
10. Overige regelingen voor verschillende doelgroepen in de MRB (vroegst: 01-01-2026)	€ 516 mln.	Er zijn verschillende overige regelingen met betrekking tot de MRB: gewichtscorrectie rolstoelinstallatie, brandstof toeslag nihil of verlaagd voor LNG, CNG en LPG G3, kwarttarief kampeerauto, half tarief kampeerauto, gematigd tarief rijdende winkel, nihiltarief ov-autobussen op LPG of aardgas, kwarttarief kermis- en circusvoertuigen, kwarttarief paardenvoer, teruggaaf bedrijfsvoertuigenpark vrachtauto' en verlaagd tarief bestelauto gehandicapten. (Ministerie van Financiën, 2023b) Bij het afschaffen van deze regelingen dient er motorrijtuigenbelasting betaald te worden over meer voertuigen. Dit zorgt ervoor dat autobezit duurder wordt. Een deel van deze regelingen wordt versoberd of afgeschaft.²⁰

Goederenvervoer

Bij het goederenvervoer worden meerdere transportmodaliteiten toegepast. Het overgrote deel van het goederenvervoer vindt plaats over het land en water. Denk bijvoorbeeld aan goederentransport met vrachtwagens, vrachttreinen, en vrachtschepen. Een klein deel van het goederenvervoer vindt plaats via luchtverkeer. In de casestudie voor goederenvervoer richten we ons op de impact van het afschaffen van de fossiele subsidies op de scheepsvaart (zowel zeevaart als binnenvaart), omdat we daar de grootste effecten verwachten van het afschaffen van de fossiele subsidies.

D.1 Zeevaart en binnenvaart

In deze impactanalyse voor goederenvervoer wordt gekeken naar de impact van het afschaffen van fossiele subsidies op zeevaart en binnenvaart.

D.1.1 Afschaffen fossiele subsidies

Momenteel bestaat er een accijnsvrijstelling voor het gebruik van stookolie en diesel bij de zeevaart. Dit heeft impact op zowel de binnenvaart als de zeevaart. De accijnsvrijstelling op bunkerbrandstoffen voor de zeevaart is hoofdzakelijk gebaseerd op de vrijstelling vanwege wederuitvoer, en is dus bestemd voor gebruik of verbruik buiten Nederland/EU.

Het leveren van brandstof aan schepen wordt bunkeren genoemd. De vrijstelling geldt voor de bunkermarkt. Op de bunkermarkt worden hoofdzakelijk twee soorten brandstoffen verhandeld: residuale brandstof oftewel stookolie en destillaat brandstof in de vorm van diesel of gasolie. Daarnaast is er een klein aanbod van LNG en methanol (Port of Rotterdam, 2023). We zoomen eerst in op de prijseffecten voor de binnenvaart.

²⁰ Voor meer informatie over deze versoberingen zie: [Belastingplan 2024](#) | [Kamerstuk](#) | [Rijksoverheid.nl](#)

Bijna alle binnenvaartschepen varen op gasolie (CBS, 2023a), alleen een klein aantal schepen vaart op LNG (Nationaal LNG Platform, 2023) of waterstof (Van Dijk, 2023) of beschikt over een batterij-elektrische aandrijving (zie bijvoorbeeld Zero Emission Services BV (2023))

De fiscale vrijstelling voor het bunkerbrandstofgebruik is met name relevant voor het gebruik van gasolie door de binnenvaartschepen. De voorgestelde heffing op het bunkerbrandstofgebruik van de binnenvaart, bij afschaffing van vrijstelling, is € 57,18 per 100 liter halfzware olie of gasolie in 2023 (CE Delft, 2023b). De prijs van gasolie bedroeg € 106,4 per 100 liter gasolie in 2023. De afschaffing van de fossiele vrijstelling voor het bunkerbrandstofgebruik zou dus resulteren in een verhoging van de bunkerprijs met ongeveer 50% (CE Delft, 2023b).

De impact lijkt dus significant. De kostenstijging is vooral relevant voor binnenvaartschepen die relatief veel vaaruren maken, door actief te zijn in het internationale transport en/of volcontinu te varen. Deze binnenvaartschepen kennen een grotere (absolute) kostenstijging dan de schepen op de binnenlandse markt.²¹

Naast binnenvaart bestaat er ook veel zeevaart in Nederland. Het opheffen van de accijns-vrijstelling resulteert in een kostprijsverhoging van € 41,31 per 1.000 liter voor stookolie en € 571,75 per 1.000 liter gasolie. Dit zorgt bij de zeescheepvaart voor een kostprijsverhoging van respectievelijk 7 en 50% voor stookolie en gasolie (CE Delft, 2023b).

D.1.2 Prijs effecten in de energie- en grondstofketen

De prijseffecten voor de binnenvaart en de zeevaart zijn significant. Op dit moment is de haven van Rotterdam de grootste bunkerhaven in Europa, met de laagste bunkerprijzen wereldwijd. Uit een eerder analyse van CE Delft blijkt dat Rotterdam een van de duurste havens ter wereld zou worden wanneer energiebelastingen aan de bunkerprijzen worden toegevoegd (CE Delft, 2021b). Zoals eerder benoemd, zou de afschaffing van de vrijstelling leiden tot een kostprijsverhoging met 7% voor stookolie en 50% voor gasolie. Dit heeft een grote impact op de brandstofkosten van de zee- en binnenvaart.

Een kwart van de afzet op de Nederlandse bunkermarkt is afkomstig van internationale schepen, veelal varende onder een Belgische of Duitse vlag, die in het grensoverschrijdend vervoer actief zijn. De verwachting is dat deze schepen als eerste zullen overstappen op het bunkeren in hun thuisland, zodra het prijsvoordeel dat Nederlandse bunkerstations kunnen bieden komt te vervallen als gevolg van het afschaffen van de fossiele subsidies (Panteia, 2021).

Koolstoflekkage

De verwachting is dat de kostprijsverhoging een significante impact heeft op bunkermarkt in Nederland. De prijsverhoging op de bunkermarkt zal bij de binnenvaart worden ontweken door in buurlanden te bunkeren en/of uit te wijken naar andere transportmodaliteiten voor het vervoer van goederen. Dit leidt (op de lange termijn) tot het afbouwen van de Nederlandse bunkerindustrie en verlaagd de invloed die Nederland kan uitoefenen op de verduurzaming van de brandstoffen.

Bijna alle zeevaartschepen zijn actief in het grensoverschrijdend goederenvervoer, en kunnen daardoor eenvoudig in het buitenland bunkeren. Deze uitwijkmogelijkheid geldt niet alleen voor de zeevaart, maar ook voor de binnenvaart. 80% van de Nederlandse

²¹ [Hogere kosten voor de binnenvaart in 2021](#)[Hogere kosten voor de binnenvaart in 2021](#)

binnenvaartschepen is actief in het internationale vervoer (Panteia, 2021). Deze schepen zullen dus verschillende uitwijkmogelijkheden hebben. Hiermee lijkt het risico op weglek-effecten groot.

Een andere mogelijkheid is om de fiscale vrijstelling Europees af te schaffen. Uitwijkmogelijkheden om in andere landen te bunkeren zijn dan beperkter. Dit is met name relevant voor binnenvaartschepen. Binnenvaartschepen zijn vooral actief in Europa (CBS, 2023a), en zullen dan ook in andere Europese landen een hoger tarief moeten betalen voor bunkerbrandstofgebruik.

Bij de zeevaart biedt het Europees afschaffen van de fossiele vrijstelling voor het bunker-brandstofgebruik geen volledige oplossing, want deze schepen varen vaak naar meerdere bestemmingen (ook buiten Europa) en kunnen op deze bestemmingen bunkeren. Daarnaast is de bunkercapaciteit van de meeste zeeschepen omvangrijk. Een groot containerschip kan bijvoorbeeld voldoende brandstof innemen in één haven om van Azië naar Europa te varen en weer terug. De zeevaart heeft daardoor dus meer uitwijkmogelijkheden. Het Europees afschaffen van de fiscale vrijstelling lijkt dus voornamelijk effectief te zijn bij de binnenvaart.

Vanaf 1 januari 2024 valt de zeevaart onder het EU-ETS. Hiermee worden de broeikasgas-emissie van de zeevaart in en tussen EU havens en 50% van de emissies van en naar Europese havens beprijsd. Door het beprijzen van de emissies (in plaats van de brandstof) zal dit niet leiden tot het ontwijken van de Europese bunkerhavens. De brandstoffen worden immers niet extra belast.

D.1.3 Circulaire strategieën

Vraagvermindering

Een overstap van fossiele brandstoffen naar duurzame alternatieven is een cruciale stap voor het verduurzamen van de zee- en binnenvaart. Het behalen van klimaatdoelen (2030) is kostbaar en op korte termijn technisch zeer uitdagend. Daarnaast is het aanbod van hernieuwbare brandstoffen (zeker op de korte termijn) beperkt. Er zal concurrentie ontstaan tussen verschillende transportmodaliteiten voor deze hernieuwbare brandstoffen, maar ook tussen verschillende sectoren.

Vanwege de krapte aan de aanbodkant van hernieuwbare brandstoffen, zal de zee- en binnenvaart (deels) afhankelijk blijven van het verbeteren van de energie-efficiëntie voor het minderen van hun huidige brandstofgebruik. De beperking van de brandstofvraag kan worden gerealiseerd door watertransport efficiënter in te richten (bijvoorbeeld hogere beladingsgraden, efficiëntere routes en het reduceren van snelheid) of de vraag naar verplaatsingen te verminderen.²² Daarnaast hebben de zeevaartbedrijven ook de mogelijkheid om (een deel van) de kosten door te berekenen aan de klanten. Het aandeel van de transportkosten is immers vaak maar klein in de eindprijs van consumentengoederen.

De totale vraagvermindering is naar verwachting groter bij de binnenvaart. De binnenvaart heeft minder uitwijkmogelijkheden. Daarnaast is de binnenvaart prijsgevoeliger dan de zeevaart, vanwege de hogere concurrentiedruk op de binnenvaart (ook vanuit andere transportmodaliteiten). De studies in het overzicht van PBL en CE Delft tonen verschillende

²² Het ligt niet in de lijn der verwachting dat het aantal verre reizen sterk wordt verminderd binnen de zee- en binnenvaart, vanwege de mogelijkheden om in het buitenland te bunkeren.

elasticiteiten, met een bereik van -0,3 tot -2,6 voor de binnenvaart en 0,0 tot -1,7 voor de zeevaart (CE Delft & PBL, 2010).

Vanwege de grote bandbreedtes is het lastig om een betrouwbare uitspraak te doen over de verwachte vraagvermindering. De prijsgevoeligheden van het goederenvervoer per schip zijn slechts beperkt onderzocht.²³ Hier is nader onderzoek nodig.

Reductieopties scheepvaart

Het afschaffen van de fossiele subsidies zorgt mogelijk voor een extra incentive om te verduurzamen voor de scheepvaart. Zoals hiervoor besproken is de verwachting dat het effect beperkt is door de vele uitwijkmogelijkheden.

De incentive om te verduurzamen is groter voor de binnenvaart dan de zeevaart, omdat een substantieel deel van de vervoerstromen van de binnenvaart plaatsvinden in het binnenland (38% van het totale goederenvervoer voor de binnenvaart). Bij de zeevaart zijn bijna alle vervoerstromen (99,6% van het totale goederenvervoer) grensoverschrijdend (CE Delft, 2023b). De zeevaart kan hierdoor eenvoudiger in het buitenland bunkeren, en daarmee lijkt het incentive om te verduurzamen dus kleiner voor de zeevaart.

Er bestaan verschillende circulaire en innovatieve strategieën voor het transporteren van goederen via water. Deze lijken dus met name relevant voor de binnenvaart. Hieronder worden (op hoofdlijnen) benoemd welke technische opties er bestaan voor de scheepvaart:

- bijmengen van biobrandstoffen in bestaande schepen²⁴;
- nieuwe, efficiëntere verbrandingsmotoren;
- ombouwen van bestaande verbrandingsmotoren;
- elektrificeren van binnenvaartschepen (elektrische motoren en toepassing van brandstofcellen);
- onderhoud en refurbishment van scheepsmateriaal;
- productie van nieuwe schepen die varen op basis van duurzamere brandstoffen;
- productie van geoptimaliseerde schepen (lichter, betere materialen, etc.).

Decarbonisatie

De binnenvaartschepen hebben verschillende opties voor het decarbonisatie. Het reductie-potentieel verschilt sterk per decarbonisatieoptie. In vergelijking met andere transport-modaliteiten zijn binnenvaartschepen al relatief energie-efficiënt (CE Delft, 2023b).

Er bestaan innovatieve opties om de energie-efficiëntie van binnenvaartschepen nog verder te verbeteren. Deze worden door de afbouw van de fossiele subsidies voordeliger, omdat meer brandstofkosten uitgespaard kunnen worden.

Een andere mogelijkheid om de additionele kosten (van het afschaffen van de fossiele subsidies) te ontwijken voor het transport van goederen is een shift naar andere transport-modaliteiten. In de analyse van CE Delft (CE Delft, 2023b) is onderzocht wat de impact is van het afschaffen van de fossiele subsidies op een mogelijke shift naar andere transport-modaliteiten. Bij Nederlands beleid neemt het volume getransporteerde goederen van de binnenvaart af met 2 miljoen ton (-0,5%), terwijl het volume getransporteerde goederen toeneemt met 0,4 miljoen ton voor het spoorvervoer (+0,83%) en 1,75 miljoen ton voor het wegvervoer (+0,18%).

²³ [Sitearchief - Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat](#)

²⁴ [Boskalis stapt in biobrandstof voor schepen | Maritiem Nederland](#)

Bij Europees beleid vindt er een grotere shift plaats (CE Delft, 2023b). Het volume getransporteerde goederen neemt af met 4,74 miljoen ton (1,47%), terwijl dit met 1,04 miljoen ton toeneemt voor het spoorvervoer (+2,15%) en 3,06 miljoen ton voor het wegvervoer (+0,32%). Binnenvaartvervoer is energie-efficiënter dan wegvervoer, maar het vervoer via het spoor is nog wel efficiënter (CE Delft, 2023b). Netto gezien lijkt het aantal emissies juist toe te nemen door de shift van binnenvaart naar spoor- en wegvervoer.

D.1.4 Nieuwe verdienenmodellen en bedrijven

Bij de binnenvaart ontstaat er mogelijk nog wel een extra stimulans voor het verbeteren van de energie-efficiëntie en het decarboniseren van bestaande processen, omdat een deel van de binnenvaartschepen actief is op binnenlandse wateren (20% van de totale binnenvaartschepen; (Panteia, 2021)). Daarnaast zijn veel van de bestemmingen van de binnenvaart Europees gesitueerd (CBS, 2023a). De uitwijkmogelijkheden voor de binnenvaart zijn daarom bij het Europees afschaffen van de fossiele subsidies voor het bunkerbrandstofgebruik beperkt. De te verwachten effecten voor de binnenvaart worden hierna besproken.

Energie-efficiëntie (operationele maatregelen)

Er zijn verschillende operationele maatregelen denkbaar om de energie-efficiëntie van binnenvaartschepen te verbeteren. Denk bijvoorbeeld aan het hanteren van hogere bezettingsgraden en het plannen van efficiëntere routes. Dit zijn veelal maatregelen die niet kostenintensief zijn en behoren tot de operationele processen van de binnenvaart, en daarom eenvoudig genomen kunnen worden. Vanwege die reden zijn veel van deze maatregelen reeds genomen, waardoor de mogelijkheden voor verdere optimalisatie beperkt worden. Bovendien maakt de binnenvaart gebruik van rivieren, en zijn daarom de optimalisatiemogelijkheden voor het plannen van routes beperkt.

De transportbedrijven kunnen ook energie besparen door langzamer te gaan varen. Dit wordt onder sommige marktomstandigheden al gedaan. Het verhogen van de brandstofkosten zorgt ervoor dat transportbedrijven mogelijk in meer situaties langzamer gaan varen. Het effect is waarschijnlijk beperkt, omdat veel afnemers hun producten op korte termijn willen ontvangen (de afnemers zijn soms ook bereid om hiervoor een meerprijs te betalen).

Het reduceren van de snelheid van de binnenvaartschepen is eenvoudig in te regelen in de bedrijfsprocessen van de binnenvaartbedrijven. De kansen voor nieuwe verdienenmodellen zijn daarom beperkt. Nieuwe verdienenmodellen zijn nog wel denkbaar bij het analyseren van marktomstandigheden, waarbij onderzocht wordt wanneer het rendabel is om langzamer te gaan varen.

Daarnaast zijn er operationele maatregelen denkbaar, waarbij wordt ingezet op het optimaliseren van het scheepsmateriaal of het schip. Denk bijvoorbeeld aan het coaten van de romp, het reduceren van het gewicht van scheepsmaterialen, onderhoud en refurbishment van de scheepsschroef. Het percentage van schepen die deze maatregelen gaan implementeren wordt geschat tussen de 66,5 en 100% voor 2030 (CE Delft et al., 2020).²⁵ Binnenvaartschepen kiezen mogelijk, door het afschaffen van de fossiele subsidies, ervoor om deze maatregelen (eerder) te nemen.

²⁵ In het onderzoek van CE Delft wordt dit percentage ook wel de penetratiegraad van een technologie genoemd. De penetratiegraad verschilt per technologie. De penetratiegraad is onderzocht voor alle scheepstypes en groottes. Een overzicht van de verwachte penetratiegraad per techniek is vindbaar via: [Fourth IMO GHG Study 2020 - Full report and annexes.pdf](#)

Decarbonisatie (technische maatregelen)

Voor het decarboniseren van de scheepvaart kan er gebruikt worden gemaakt van verschillende brandstoffen: LNG, waterstof, ammoniak, methanol en ethanol. De businesscase van deze brandstoffen is aan veel onzekerheid onderhevig. Tevens is er nog geen keuze gemaakt welke brandstof er ingezet gaan worden bij de decarbonisatie van de scheepvaart.

Daarnaast zijn veel van de hernieuwbare brandstoffen beperkt beschikbaar. Zo is de verwachting dat er te weinig biobrandstoffen beschikbaar zijn om de transportsector te voorzien in haar brandstofvraag, daarom zal de scheepvaart gedeeltelijk afhankelijk blijven van andere brandstoffen zoals groene ammoniak, waterstof en methaan (Florentinus et al., 2012).

De onrendabele top van de hernieuwbare brandstoffen is op dit moment nog groot. De kosten voor de inzet van bio-methanol en bio-methaan zijn (op basis van een total cost of ownership-analyse) twee keer zo hoog (Florentinus et al., 2012). De grootschalige inzet van biobrandstoffen ligt daarom op korte termijn niet voor de hand.

Een analyse van de brandstofkosten laat verder zien dat de brandstofkosten van hernieuwbare brandstoffen substantieel hoger zijn dan conventionele brandstoffen. De brandstofkosten voor het gebruik van zware stookolie wordt bijvoorbeeld geschat op 375 USD per ton in 2030, terwijl de brandstofkosten voor het gebruik van hernieuwbare brandstoffen hoger liggen (CE Delft et al., 2020):

- methanol: 400 USD/ton;
- LNG: 590 USD/ton;
- ammoniak: 660 USD/ton;
- ethanol: 670 USD/ton;
- waterstof: 3.300 USD/ton.

Het (zwaarder) belasten van het bunkerbrandstofgebruik verkleint de onrendabele top voor de inzet van hernieuwbare brandstoffen. In de analyse van CE Delft (CE Delft, 2023b) is een kostprijsverhoging berekend van 7% voor stookolie en 50% voor gasolie ten gevolge van het afschaffen van fossiele vrijstelling voor het bunkerbrandstofgebruik. Binnenvaartschepen kiezen mogelijk, door de gestegen kosten voor het gebruik van fossiele brandstoffen, voor de inzet van hernieuwbare brandstoffen. Een toename in het gebruik van brandstoffen valt (op korte termijn) vooral te verwachten bij de inzet van methanol en LNG. De onrendabele top van methanol en LNG is namelijk het kleinst.

Het gebruik van brandstoffen resulteert niet alleen in kansen voor nieuwe verdienmodellen bij de productie van de brandstoffen, maar ook bij de productie van verbrandingsmotoren of het ombouwen van bestaande verbrandingsmotoren. Momenteel bestaan er nog niet voor alle brandstoffen een verbrandingsmotor. Tevens is de markt voor alternatieve verbrandingsmotoren nog klein, vanwege de beperkte inzet van hernieuwbare brandstoffen binnen de scheepvaartsector. Ook hier kunnen nieuwe verdienmodellen ontstaan.

Door het afschaffen van de fossiele vrijstelling voor het bunkerbrandstofgebruik kiezen mogelijk meer binnenvaartschepen voor elektrificatie. Deze elektrificatiemogelijkheid is voornamelijk relevant voor binnenvaartschepen die actief zijn op binnenlandse wateren, omdat hier de afstanden kleiner zijn. Voor de internationale binnenvaartschepen zijn de afstanden vaak te groot om deze te bevaren met elektrische motoren.

Een elektrische motor van binnenvaartschepen kan worden aangedreven met een batterij of brandstofcellen (afgeleid van bijvoorbeeld methanol, ethanol, waterstof) (Badwal et al., 2015)). Tot op heden is het bereik van de batterij te beperkt om grote afstanden te

bevaren. Daarnaast zijn de kosten voor het inzetten van brandstofcellen op dit moment nog zeer hoog. Het afschaffen van de fossiele subsidies helpt bij het verder ontwikkelen en opschalen van deze technieken.

D.1.5 Impact op de sector

De impact van het afschaffen van de fossiele subsidies op het verduurzamen van de Nederlandse scheepvaartsector lijkt beperkt, en concentreert zich met name op de binnenvaart.

Voor de binnenvaart zijn er bij het Europees afschaffen van de fossiele subsidies kostprijsverhogingen te verwachten. Dit zorgt ervoor dat binnenvaartschepen op zoek gaan naar extra verduurzamingsmaatregelen. Denk bijvoorbeeld aan het optimaliseren van operationele processen, het refurbishen van materiaal, het reduceren van de vaarsnelheid, elektrificatie van binnenvaartschepen of de implementatie van hernieuwbare brandstoffen en verbrandingsmotoren.

De verwachte effecten zijn kleiner wanneer de fossiele subsidies alleen in Nederland worden afgeschaft. Een deel van de binnenvaartschepen kan dan namelijk in buurlanden bunkeren, om zodoende de belasting op het bunkerbrandstofgebruik te ontwijken.

Het lijkt effectiever om de broeikasgasemissies Europees te beprijzen, zoals vanaf 1 januari 2024, gebeurd onder het EU-ETS. Daarnaast kan een mondiale beprijzing (bijvoorbeeld in de vorm van een levy op de emissies) een effectieve prikkel geven, omdat ontwijking dan niet mogelijk is. Dit heeft naar verwachting een grotere impact op nieuwe verdienmodellen rondom het verduurzamen van de scheepvaartsector.

Personenvervoer

Bij het personenvervoer worden meerdere transportmodaliteiten toegepast. Het overgrote deel van het personen vindt plaats middels lucht- en wegverkeer. In de volgende paragrafen gaan we dieper in op de implicaties van het afschaffen van de fossiele subsidies op het lucht- en wegverkeer.

D.2 Luchtvaart

In deze impactanalyse voor goederenvervoer wordt gekeken naar de impact van het afschaffen fossiele subsidies op luchtvaart.

D.2.1 Afschaffen fossiele subsidies

In een quickscan van CE Delft is onderzocht wat het effect zou zijn van het afschaffen van de brandstofvrijstelling van kerosinegebruik in het internationale luchtverkeer (CE Delft, 2023b). De belastingvrijstelling voor het brandstoffenverbruik van de luchtvaart vermindert enerzijds de prikkel om te investeren in duurzame technologieën. Daarnaast heeft de luchtvaartsector een kostenvoordeel ten opzichte van andere transportmodaliteiten, waardoor het aantrekkelijker wordt om te vliegen.

Wanneer de maatregel alleen geldt voor Europese bestemmingen, dan vindt er geen effect plaats op intercontinentale vluchten en beperkt effect voor transferreizigers. Hoe de effecten op de luchtvaart binnen de EU zullen uitvallen hangt sterk af van de capaciteit van de luchthavens. Er kan zelfs een prikkel ontstaan om verder te vliegen wat leidt tot extra

uitstoot, omdat het prijsverschil afneemt tussen Europese en intercontinentale bestemmingen.

Als de vraag naar luchtvaart de beschikbare capaciteit overstijgt ontstaat er een knellende situatie. In dergelijke omstandigheden zullen luchtvaartmaatschappijen hun ticketprijzen verhogen totdat er een evenwicht is tussen vraag en beschikbare capaciteit. Deze stijging in ticketprijzen leidt tot extra kosten voor de passagiers, en meeropbrengsten voor de luchtvaartmaatschappijen, zogenoemde schaarstewinsten.

In dit geval zal als eerste-orde-effect een hogere brandstofbelasting zorgen voor het (gedeeltelijk) afkomen van de schaarstewinsten en pas daarna leiden tot hogere ticketprijzen voor de consumenten. Echter, dit is afhankelijk van de strategische beslissingen van luchtvaartmaatschappijen. Indien de markt het toelaat zullen zij proberen de extra kosten door te belasten en passagiers.

Als we uitgaan van hoge schaarstewinsten, dan zullen de extra kosten voor het brandstofgebruik de meeropbrengsten (uit de knellende situatie) voor de luchtvaartmaatschappij verlagen, terwijl dit voor extra belastinginkomsten zorgt bij de overheid. Hierdoor vindt er feitelijk een overdracht plaats van schaarstewinsten van luchtvaartmaatschappijen naar belastinginkomsten voor de overheid.

Zolang de extra kosten van luchtvaartbrandstoffen kleiner zijn dan de meeropbrengsten, dan zal er geen effect op het totaal aantal vluchten plaatsvinden. Indien de extra kosten hoger zijn dan de schaarstewinsten, dan worden deze eerst voor alle segmenten afgeroomd en leidt het daarnaast een beperktere ticketprijsverhoging tot een daling van de vraag in de segmenten waarin de verhoging van toepassing is.

Indien de vraag kleiner is dan de beschikbare capaciteit, dan zorgt een verhoging van de brandstofkosten voor hogere ticketprijzen en een vraagreductie. Ook in dit geval is de mate waarin luchtvaartmaatschappijen de extra kosten doorberekenen afhankelijk van hun prijsmodel. Echter, er is minder speelruimte dan in deze situatie met schaarste.

Of de vraag in Nederland hoger (en hoeveel hoger) is dan de beschikbare capaciteit is met name afhankelijk van de capaciteit van Schiphol. De luchthaven doorloopt momenteel de zogenoemde Balanced Approach en aan het einde van deze procedure zou naar verwachting de capaciteit voor de komende tijd vastgesteld worden.²⁶ Voor een aantal regionale luchthavens zoals Maastricht en Groningen is voldoende capaciteit beschikbaar, terwijl de luchthavens van Eindhoven en Rotterdam waarschijnlijk meer vraag zouden kunnen accommoderen dan capaciteit beschikbaar is.

D.2.2 Prijs effecten in de energie- en grondstofketen

In de doorrekening van CE Delft (2023b) is berekend wat de impact is van het belasten van het kerosinegebruik in het internationale luchtverkeer. De studie is uitgegaan van hoge socio-economische groei (wlo-hoogscenario) en een lage capaciteit voor Schiphol (440.000 vluchten per jaar). Hierdoor is de capaciteit in het zichtjaar van de studie (2030) sterk knellend. Indien de socio-economische groei lager zou zijn of indien de capaciteit op Schiphol minder sterk gereduceerd wordt, is de situatie in 2030 minder knellend en treden andere effecten op dan berekend in het rapport. Dat geldt met name voor de wisselwerkingen tussen verschillende passagierssegmenten (vertrekkende en transfer). In de studie is verder aangenomen dat 100% van de meerkosten worden doorberekend in de ticket- en vrachtprijzen. Dit is dus een bovenschatting van de kosteffecten bij een knel-

²⁶ [Notificatiedocument Balanced Approach procedure Schiphol | Rapport | Rijksoverheid.nl](#)

lende luchthavencapaciteit, want mogelijk absorberen de luchtvaartmaatschappijen (een deel van) de extra kosten.

Het is nog onduidelijk hoe het afschaffen van de belastingvrijstelling precies wordt geoperationaliseerd. Een wereldwijde invoering lijkt onwaarschijnlijk gezien de huidige geopolitieke houding ten aanzien van het wijzigen van luchtvaartverdragen om tot wereldwijde belasting te komen voor het kerosineverbruik van luchtvaartmaatschappijen. In deze sectoranalyse richten we ons daarom alleen op de prijs- en vraageffecten van nationaal en Europees beleid.

In de impactanalyse van CE Delft (2023b) is verondersteld dat een accijns van 49,392 eurocent per liter brandstof wordt ingevoerd. Het tarief is identiek voor fossiele brandstoffen en niet-fossiele brandstoffen. De gemiddelde prijsstijging van vliegtickets, door het belasten van het kerosinegebruik, is in kaart gebracht voor 2030. De prijsstijging voor een vliegticket fluctueert sterk in het scenario waar de belastingvrijstelling alleen in Nederland wordt afgeschaft (ongeveer 4%), ten opzichte van het scenario waar de belastingvrijstelling Europees wordt afgeschaft (ongeveer 10%). Deze verwachte prijsstijging geldt alleen voor tickets naar Europese bestemmingen.

Daarnaast stijgen de kosten voor retourtickets tussen Nederland en andere EU-landen minder hard bij de nationale invoering, omdat de belasting alleen betaald moet worden voor de kerosine die gebruikt wordt voor de in Nederland vertrekkende vluchten en niet voor de aankomende vluchten, omdat deze in andere EU-landen vertrekken. Hierdoor is slechts één keer belasting verschuldigd, terwijl dit bij Europees beleid twee keer zou zijn.²⁷

Koolstoflekkage

Op dit moment zijn de kerosineprijzen in Nederland laag ten opzichte van veel andere Europese landen. Dit zal door het (nationale) opheffen van de vrijstelling van de kerosinebelasting omslaan. Vliegtuigmaatschappijen kiezen dan mogelijk voor 'inbound tankering'. Dit betekent dat er op buitenlandse luchthavens, waar nog wel een vrijstelling geldt en dus de kerosineprijs lager is, meer brandstof wordt getankt.

De brandstoftanks van vliegtuigen hebben capaciteitsbeperkingen, waardoor de maximale potentie voor inbound tankering 25% is (PBL et al., 2021).²⁸ RefuelEU Aviation, onderdeel van het Fit-for-55-pakket, bevat een anti-tankeringclausule. Volgens deze clausule zijn luchtvaartmaatschappijen verplicht om jaarlijks minstens 90% van hun benodigde brandstof op de betreffende luchthaven te tanken. Hierdoor wordt het risico op tankering verkleind tot maximaal 10%. Dit vermindert de omvang van mogelijke weglekeffecten binnen Europa. Bij het invoeren van een belasting op het kerosineverbruik neemt het totaal aantal passagiers reizend via Nederland af met ongeveer 2,1% in 2030 (CE Delft, 2023b). Dit geldt voor beide varianten (de belasting op nationaal en Europees niveau). Het belasten van kerosinegebruik zorgt voor hogere brandstofkosten en ticketprijzen, waardoor passagiers er mogelijk voor kiezen om vanaf of via een andere luchthaven te vliegen (of ervoor kiezen om niet te vliegen).

²⁷ We lichten dit toe aan de hand van de voorbeeldreis van Amsterdam naar Barcelona. Bij een nationale opheffing van de vrijstelling moet alleen accijns betaald worden voor de vlucht van Amsterdam naar Barcelona, bij een Europese vlucht ook voor de terugvlucht vanuit Barcelona.

²⁸ 25% van het brandstofgebruik van vluchten die vertrekken vanaf Nederlandse luchthavens kan ook gebunkerd worden op andere (buitenlandse) luchthavens.

De afname in het aantal passagiers is vooral relevant voor OD-passagiers. Deze OD-passagiers vliegen direct naar hun bestemming (vaak binnen Europa) en ervaren de grootste prijsstijging. Transferpassagiers vliegen vaak intercontinentaal, en ervaren, omdat een deel van hun reis buiten de belastingvoet valt, een relatief lage kostenstijging. De verwachting is daarom dat het aantal OD-reizigers zal afnemen (4,8% NL-variant; 5,2% EU-variant) en het aantal transferreizigers zal toenemen (3,5% NL-variant; 5% EU-variant) in 2030.

Ook zal de invoering van een accijns op kerosine ertoe leiden dat het aantal vluchten met een intercontinentale bestemming stijgt (toename van ongeveer 2 tot 3% voor OD-reizigers en 6 tot 8% voor transferreizigers). Op dit moment is er een schaarste aan landingsrechten. Door de kostprijsverhoging van EU-vluchten zullen meer slots worden ingevuld met intercontinentale vluchten. Dit is aantrekkelijk omdat de accijnsvrijstelling nog wel bestaat voor intercontinentale bestemmingen, maar niet voor nationale (of Europese) bestemmingen.

D.2.3 Circulaire strategieën

Vraagvermindering

De luchtvaartsector is relatief inelastisch. Dit houdt in dat een prijsstijging slechts beperkt doorwerkt in de vraag naar luchtvervoer. In 2010 hebben PBL en CE Delft geschat dat de prijselasticiteit voor de vraag naar personenvervoer in de luchtvaart ongeveer -0,8 was. Deze schatting betreft het aantal passagiers, niet het aantal passagierskilometers. Over het algemeen wordt verwacht dat de prijsgevoeligheid van het aantal passagiers kleiner is dan die van het aantal kilometers, omdat mensen hun reisbestemming kunnen aanpassen bij prijsverhogingen (CE Delft & PBL, 2010).

Daarnaast blijkt dat de prijsgevoeligheid lager is voor langeafstandsvluchten en zakelijk vliegverkeer. Ook is zakelijk vliegverkeer minder prijsgevoelig dan recreatief vliegverkeer. Voor recreatief verkeer zijn prijselasticiteiten geschat op -1,0 voor lange afstanden (-0,5 tot -1,7), oplopend tot -1,5 voor kortere afstanden (-0,9 tot -1,7). Voor zakelijk vliegverkeer zijn prijselasticiteiten geschat op ongeveer -0,3 voor langeafstandsvluchten (-0,2 tot -0,5) en -0,7 voor korte- en middellangeafstandsvluchten (-0,6 tot -0,8).

Deze resultaten komen overeen met de Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (wlo), waarbij zakelijk verkeer ook inelastischer wordt ingeschat dan niet-zakelijk verkeer (CPB & PBL, 2016). In het wlo zijn elasticiteiten opgenomen, namelijk -0,5 voor zakelijk verkeer en -1,0 voor niet-zakelijk verkeer, die daarmee overeenstemmen (CPB & PBL, 2016).

Hieruit kan worden geconcludeerd dat de vraagvermindering naar zakelijk vluchtreizen (en langeafstandsvluchten) slechts beperkt zal zijn, terwijl de vraagafname voor niet-zakelijk vluchtreizen substantiëler is. In 2019 maakten 24,3 miljoen passagiers gebruik van Nederlandse luchthavens voor zakenreizen, zowel voor aankomst als vertrek. Dit zakelijke segment vertegenwoordigt 30% van het totale aantal passagiers. Het overgrote deel (70%) reist dus niet-zakelijk (KiM, 2021).

Reductieopties luchtvaart

Het afschaffen van de fossiele subsidies zorgt voor een extra incentive om verduurzamingsmaatregelen door te voeren bij de luchtvaartsector. De extra kosten van het afschaffen van de fossiele subsidies kunnen afgewend worden door brandstof te besparen bij de luchtvaart-

maatschappijen. De meeste winst is te behalen met het verbeteren van energie-efficiëntie en decarbonisatie. Hieronder worden op hoofdlijnen benoemd welke technische opties er bestaan voor de luchtvaartsector:

- bijmengen van bio- of synthetische brandstoffen (SAF) in luchtvaart;
- elektrische of waterstofvliegtuigen (voor korte afstanden);
- onderhoud en refurbishment van vliegtuigonderdelen;
- productie van geoptimaliseerde vliegtuigen (lichter, betere materialen, etc.).

Decarbonisatie

Bij de luchtvaartsector bestaan er meerdere mogelijkheden om het fossiele brandstof-verbruik te verminderen. Denk bijvoorbeeld aan het verbeteren van de energie-efficiëntie en het decarboniseren van bestaande processen. De maatregelen zijn onder te verdelen in operationele en technische maatregelen (reeds besproken bij de circulaire strategieën).

De operationele maatregelen richten zich op het verhogen van de bezettingsgraden van vliegtuigen en het optimaliseren van bestaande processen. Denk bijvoorbeeld aan directere vliegroutes (Single European Sky), het optimaliseren van de inzet van kleinere en grotere vliegtuigen, efficiëntere start- en landingsprocedures en elektrisch taxiën. Dat zijn vaak zaken die luchtvaartmaatschappijen beperkt kunnen beïnvloeden. De rol voor luchthavens en luchtverkeersleidingen is hier groter.

D.2.4 Nieuwe verdienmodellen en bedrijven

Op dit moment zijn een deel van de alternatieven (vliegtuigen op elektriciteit en groene waterstof) nog niet beschikbaar. Deze hebben een laag TRL-level, en bevinden zich nog niet in een concrete ontwerpfase.

De vliegtuigen die op dit moment worden ontworpen hebben daarom nog een verbrandings-motor op basis van fossiele brandstof (deze kan fossiele kerosine of een blend van kerosine en SAF (max 50% toegelaten) verbranden. Dit houdt in dat de luchtvaartsector in 2030 er niet zo maar voor kan kiezen om groene waterstof te integreren en/of te elektrificeren. Dat vereist de integratie van nieuwe vliegtuigen, die nog ontwikkeld moeten worden.

Daarnaast zijn de accu's voor elektrische vliegtuigen relatief zwaar. NLR voorziet daarom in de toekomst, zelfs met de meest ambitieuze voorspellingen, geen accu's die een groot vliegtuig over een lange afstand in de lucht kunnen houden.²⁹ Een soortgelijke beperking wordt gesignaleerd voor waterstof. De opslag van waterstof in een vliegtuig is een uitdaging: waterstof in vloeibare vorm vraagt om grotere opslagtanks (voor het volume), een erg lage temperatuur en in het geval van gas moet de tank bestand zijn tegen een zeer hoge druk. Waterstof en elektrische vliegtuigen lijken daarom vooral interessant voor korte- en middellangevluchtafstanden. Dit is echter een ontwikkeling voor de lange termijn, want de waterstof en elektrische vliegtuigen zijn allerm minst commercieel beschikbaar.

De luchtvaartsector zal daarom voor decarbonisatie (op de korte termijn) afhankelijk blijven van bio- en synthetische brandstoffen. Het aanbod van bio- en synthetische brandstoffen is nog zeer beperkt. De luchtvaartsector concurreert met andere sectoren om de beschikbaarheid van deze brandstoffen. Momenteel zijn de bio- en synthetische brandstoffen nog duurder dan haar fossiele tegenhanger.

²⁹ [Technologische ontwikkelingen - Royal Netherlands Aerospace Centre \(nlr.nl\)](https://www.nlr.nl/en/technology/developments)

Een techno-economische-analyse van alternatieve brandstoffen en motoren binnen de luchtvaartsector stelt dat bio- en synthetische brandstoffen op dit moment nog 50 tot 170 USD per GJ duurder zijn dan het fossiele alternatief (Dahal et al., 2021). De directe operationele kosten voor biokerosine (5,0-9,2 USD/passagier/km), LNG (4,2-5,5 USD/passagier/km), elektromethaan (5,6-16,7 USD/passagier/km), elektrokerosine (9,2-23,7 USD/passagier/km), hernieuwbare en fossiele vloeibare waterstof (respectievelijk 8,1-23,9 en 5,9-10,1 USD/passagier/km) zijn hoger dan die voor conventionele kerosine (3,9-4,8 USD/passagier/km) en vloeibaar aardgas (4,2-5,2 USD/passagier/km).

Onderdeel van deze kosteninschatting zijn de CAPEX-kosten voor de aankoop van een nieuw toestel. Dit is voornamelijk relevant voor waterstof en elektrische vliegtuigen, want hiervoor is een ander vliegtuigontwerp nodig. Een groene waterstof vliegtuig is gemiddeld 2,5 keer duurder dan conventionele vliegtuigen in 2035. De brandstofkosten voor groene waterstof zijn ook 2,5 tot 3,6 hoger dan de huidige brandstoffen (Martin et al., 2023). Zowel de brandstof- als investeringskosten lijken dus significant hoger te liggen dan bij een conventioneel vliegtuig. De verwachting is dat de onrendabele top niet alleen overbrugt kan worden door het afschaffen van fossiele subsidies. De grootste (positieve) effecten zijn op de korte termijn te verwachten voor biokerosine en LNG, omdat deze brandstoffen de laagste meerkosten hebben.

ReFuelEU Aviation, onderdeel van het 'Fit for 55-pakket', verplicht dat er in 2050 70% SAF moet worden gebruikt, waarvan de helft ingevuld dient te worden met biobrandstoffen en de andere helft met synthetische brandstoffen. Op de (middel)lange termijn zal er dus vooral worden ingezet op het gebruik bio- en synthetische brandstoffen.

In de praktijk worden biobrandstoffen momenteel (vooral) gewonnen uit gebruikte koololie. Mogelijk wordt het, door het afschaffen van de fossiele subsidies, in meer gevallen rendabel om biobrandstoffen te produceren voor de luchtvaart. Denk bijvoorbeeld aan het benutten van reststromen uit bos- en landbouw. Dit biedt verschillende kansen voor bedrijfsmodellen rondom biobrandstoffen, zowel bij de inzamel- als conversiekant.

De verwachting is dat het afschaffen van de fossiele vrijstelling niet de gehele onrendabele top van de biobrandstoffen gaat overbruggen. De inzet en opschaling van biobrandstoffen wordt op dit moment vooral gestimuleerd door de bijmengverplichting. Het afschaffen van de fossiele vrijstellingen voor het kerosinegebruik heeft voornamelijk een ondersteunende rol bij het opschalen van biobrandstoffen.

Naast de productie en integratie van nieuwe en duurzame brandstoffen kan de luchtvaartsector ook kijken naar andere oplossingen. Door de hogere brandstofkosten worden ook deze maatregelen interessanter voor de luchtvaartsector³⁰:

- **Lichtere constructieonderdelen:** Bijvoorbeeld vervaardigd uit composiet, waardoor minder brandstof nodig is;
- **Aerodynamische verbeteringen:** Door toepassingen zoals laminaire en ultraslanke vleugels;
- **Geoptimaliseerde voortstuwing:** Denk bijvoorbeeld aan motoren met nog grote omloopverhoudingen, grenslaagname en gedistribueerde voortstuwing;
- **Elektrisch taxiën op het vliegveld:** Waardoor bovendien de lokale uitstoot op het vliegveld reduceert;
- **Nieuwe vliegtuigconfiguraties:** Door andere voortstuwingstechnieken hoeft een vliegtuig niet meer te bestaan uit een aparte romp en vleugels.

Op deze innovatieve maatregelen wordt voortdurend ingezet door de luchtvaartsector. Er bestaat immers al een prikkel om te innoveren en te concurreren ten opzichte van andere luchtvaartmaatschappijen. Door het afschaffen van de fossiele subsidies ontstaat er

³⁰ [Technologische ontwikkelingen - Royal Netherlands Aerospace Centre \(nlr.nl\)](https://www.rnd.nl/onderzoek-en-ontwikkeling/technologische-ontwikkelingen)

een grotere incentive om op zoek te gaan innovaties rondom het materiaal en ontwerp van een vliegtuig.

D.2.5 Impact op de sector

Bij het afschaffen van de fossiele subsidies op bunkerbrandstoffen in Nederland lijken er wegleffecten plaats te vinden. Passagiers vliegen mogelijk via of vanaf een buitenlandse luchthaven, waar deze fossiele vrijstellingen nog wel van kracht zijn. Dit beperkt dus de kansen voor nieuwe verdienmodellen.

Gelijktijdig zal de impact bij het afschaffen van de fossiele subsidies op bunkerbrandstoffen in Europa groter zijn. De businesscase voor verduurzamingsmaatregelen (zoals de inzet van bio- en synthetische brandstoffen, maar ook de technische maatregelen ter verbetering van de energie-efficiëntie) zal dan sterker verbeteren dan bij een afschaffing van de accijnsvrijstelling op nationaal niveau.

Veel van de duurzame brandstoffen zijn nog zeer onrendabel of hebben een laag TRL-level (zie het voorbeeld van elektrische en waterstofvliegtuigen). Hier zijn op korte termijn nog geen grote effecten te verwachten in de opschaling. Voor kosten-efficiëntere alternatieven, zoals bio- en synfuels, lijken de perspectieven beter. Door het afschaffen van de accijnsvrijstelling wordt het mogelijk in meer situaties rendabel om deze innovatieve brandstoffen in te zetten.

Ook worden er, door het afschaffen van de fossiele vrijstellingen, mogelijk meer innovaties ingezet om de energie-efficiëntie van vliegtuigen te verbeteren. Denk bijvoorbeeld aan het verbeteren van het ontwerp en materieel van vliegtuigen.

D.3 Personenvervoer op de weg

Momenteel worden wegvoertuigen voornamelijk belast door drie verschillende belastingen: de motorrijtuigenbelasting (MRB), de belasting van personenauto's en motorrijwielen (BPM), en de accijnzen voor het brandstofverbruik.³¹

Uit de analyse van Revnext (Revnext, 2023) volgt dat dieselloertuigen zowel in de MRB als in de BPM een hoger tarief betalen. Per liter brandstof betalen dieselloertuigen juist een lager accijnstarief. Een analyse van de verhoudingen tussen deze belastingcomponenten is vooral voor personenauto's relevant, omdat daar bewust kan worden gekozen tussen benzine- en dieselloertuigen.

De impactanalyse (Revnext, 2023) laat zien dat, zelfs bij kleinere subgroepen van dieselloertuigen in combinatie met een kenmerkende gemiddelde gebruiksomvang, er geen significant belastingvoordeel is ten opzichte van benzinevoertuigen. Als we kijken naar hoeveel kilometers Nederlandse auto's gemiddeld per jaar rijden, ongeveer 14.000 km (vóór de coronapandemie), dan lijkt het erop dat de belasting op dieselauto's hoger is dan op benzineauto's.³²

³¹ Er bestaan meerdere fossiele vrijstellingen denk bijvoorbeeld aan de onbelaste reiskostenvergoeding, bijtelling, vrachtwagenheffing, EB voor het elektrische voertuigen, en andere indirecte belastingen zoals assurantiebelastingen. In onze analyse richten we ons echter op de omvangrijkste fossiele subsidies.

³² Bij een hoge jaarkilometrage ligt de gemiddelde belastingdruk voor dieselloertuigen naar verwachting wel hoger dan benzinevoertuigen Revnext. (2023). Bij een hoge jaarkilometrage ligt de gemiddelde belastingdruk voor dieselloertuigen naar verwachting wel hoger dan benzinevoertuigen *ibid*.

De lagere accijns voor diesel wordt dus gecompenseerd door hogere BPM en MRB en is dus feitelijk geen fiscale subsidie. Verder bestaan er MRB-kortingen/vrijstellingen over voor een aantal zeer specifieke voertuig-categorieën, zoals ambulances. Maar dat gaat over een beperkt aantal voertuigen, waardoor het effect beperkt is. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het afschaffen van de fossiele subsidies maar in beperkte mate effect heeft op de verduurzamingscase van het wegvervoer. Daarom zal er niet verder worden in gegaan op de impact van het afschaffen van fossiele vrijstellingen voor wegvervoer.

In het belastingstelsel wordt tevens gestuurd op het verduurzamen van wegvoertuigen. Zo is het BPM-tarief afgestemd op de CO₂-normuitstoot van een voertuig. Zero-emissievoertuigen hoeven op dit moment bijvoorbeeld geen BPM te betalen en voor PHEV's geldt een aangepaste tariefstructuur.³³ Tevens worden er geen accijnzen geheven op het elektrisch opladen van elektrisch auto's. Daarnaast wordt het EU-ETS op korte termijn ingevoerd voor het wegvoer. De stimulans om over te gaan duurzame alternatieven (ten opzichte van diesel- of benzinevoertuigen) lijkt dus eerder voort te komen uit deze fiscale vrijstellingen, dan het afschaffen van de fossiele subsidies.

³³ Deze uitzonderingen zijn tijdelijk en stoppen vooralsnog per 2026 (Revnext, 2023).

E Sectoranalyse elektriciteitsproductie

In deze bijlage wordt de impact op de innovatieve, circulaire bedrijvigheid in elektriciteitssector als gevolg van de afschaffing van fossiele subsidies geanalyseerd.

E.1 Beprijzing klimaatschade en afschaffen fossiele subsidies

Tabel 9 toont drie relevante fossiele subsidies die voor elektriciteitsproductie van belang zijn en de gevolgen die de afschaffing van deze subsidies op de elektriciteitsmarktprijs hebben.

Tabel 10 - Relevante fossiele subsidies voor de elektriciteitssector

Relevante subsidie(s)	Beraamd bedrag	Toelichting
Vrijstelling gebruik van kolen voor elektriciteitsopwekking	Variant 1: Gehele inputvrijstelling: € 79 mln. Variant 2: Vrijstelling gerelateerd aan gasgebruik voor warmte, eigen gebruik en omzettingsverlies: € 42 mln.	Het gebruik van kolen in elektriciteitscentrales is vrijgesteld van energiebelasting, mits het elektrisch rendement van de centrale hoger dan 30% is.
Inputvrijstelling aardgas elektriciteitsopwekking	Benchmark 1: Gehele inputvrijstelling € 491 mln. Benchmark 2: Vrijstelling gerelateerd aan gas gebruik voor warmte, eigen gebruik en omzettingsverlies: € 159 mln.	Het gebruik van aardgas in installaties waarmee elektriciteit wordt opgewekt (zoals aardgascentrales of wkk's) is vrijgesteld van energiebelasting, mits het elektrisch rendement van deze installatie hoger dan 30% is.
Degressieve tariefstructuur energiebelasting aardgas	€ 2.387 mln.	In de energiebelasting op aardgas wordt een degressieve tariefstructuur gehanteerd waarbij grootgebruikers gemiddeld minder belasting per m ³ aardgas betalen.

E.2 Prijseffecten in de energie- en grondstofketen

De marginale kosten voor de elektriciteitsproductie van zowel gas- en kolencentrales zullen naar aanleiding van de inputvrijstelling van aardgas en kolen voor elektriciteitsopwekking in 2025 met 11% stijgen naar respectievelijk 86 en 56 €/MWh (Berenschot, 2023). Dit zal de marktprijs van elektriciteit verhogen op de momenten dat de marginale kosten van gas- of kolencentrales prijsbepalend zijn. Ook de prijs van elektriciteit geproduceerd door wkk-installaties met een elektrisch rendement van meer dan 30% zal toenemen. Omdat het aantal vollasturen dat deze centrales draaien beperkt is, zal de elektriciteitsprijs voor de consument slechts zeer beperkt stijgen. Op jaarbasis zal de elektriciteitsrekening naar verwachting met circa € 32 stijgen (Berenschot, 2023).

Omdat, volgens het huidige kabinetsbeleid, de kolencentrales vanaf 2030 zullen sluiten, zal de marktprijs voor elektriciteit op termijn niet meer door deze centrales beïnvloed worden. Daarnaast zal door de toename van de opgestelde duurzame opwekcapaciteit het aantal uren met lage marginale kosten toenemen en het aantal vollasturen van kolen- en gascentrales afnemen waardoor de elektriciteitsprijs in de komende jaren verder zal dalen.

Bij de berekeningen die aan de eerdergenoemde prijsstijgingen ten grondslag liggen, is uitgegaan van de energiebelastingentarieven uit het belastingplan 2023. In dit belastingplan is de tarievenstructuur van de energiebelasting op aardgas nog zeer degressief. Mocht deze degressiviteit van de tariefstructuur verminderd worden (conform de huidige planning uit de Miljoenennota, ons Scenario 3), zo aangepast dat ook in de hogere tarief-schalen de hele klimaatschade van aardgasverbruik wordt ingeprijsd (conform onze Scenario's 1 en 2) of zelfs helemaal afgeschaft; zullen de marginale kosten voor de elektriciteitsproductie van gascentrales, en daarmee de marktprijs van elektriciteit tijdens de vollasturen van wkk's of gascentrales, verder toenemen (CE Delft, 2023a).

Koolstoflekkage

Elektriciteitsproductie is geografisch gebonden door de benodigde infrastructuur die elektriciteitsvraag en -aanbod met elkaar te verbinden en het elektriciteitsverlies dat bij elektriciteitstransport optreedt. Toch kan er door de interconnectiviteit die het Nederlandse net met haar buurlanden heeft wel koolstoflekkage naar verbonden regionale elektriciteitsnetten plaatsvinden.

Indien alleen Nederland de klimaatschade van elektriciteitsproductie inprijsd, zullen de CO₂-emissies van de elektriciteitssector in Nederland dalen. In Scenario 1 zullen de CO₂-emissies in landen waarmee Nederland een Interconnectiecapaciteit (Duitsland, België, Groot-Brittannië en Noorwegen) heeft toenemen. Elektriciteitsproducenten die in deze landen gevestigd zijn, kunnen door de prijsverschillen tussen de verschillende biedingszones extra elektriciteit gaan produceren om van de verhoogde elektriciteitsprijs op het Nederlandse net te profiteren.

Uit welk land er elektriciteit geïmporteerd wordt, is bepalend voor de vraag of er sprake is van netto koolstoflekkage. Elektriciteitsproductie in Noorwegen is schoner dan de productie in Nederland, terwijl de productie in Duitsland juist vervuilender is. Omdat er historisch gezien de meeste elektriciteit uit Duitsland is geïmporteerd en de Interconnectiecapaciteit met dit land het grootst is, zal naar verwachting de netto CO₂-uitstoot door elektriciteitsimport toenemen (Berenschot, 2023).

Indien de landen waaruit Nederland elektriciteit importeert de klimaatschade van elektriciteitsproductie volledig zouden beprijzen (Scenario 2), wordt er naar verwachting minder elektriciteit geïmporteerd uit Duitsland. In Duitsland zal de gemiddelde elektriciteitsprijs bijvoorbeeld relatief meer stijgen omdat het land afgelopen jaar voor 25% van zijn elektriciteit met steen- of bruinkoolcentrales en voor 11% van gascentrales afhankelijk was, terwijl bijvoorbeeld Noorwegen het overgrote deel van zijn elektriciteit met waterkrachtcentrales opwekt (Electricity Maps, 2023). Doordat de interconnectiecapaciteit met Noorwegen echter kleiner is dan de interconnectiecapaciteit met Duitsland, is het onduidelijk wat het effect op de netto CO₂-uitstoot zou zijn.

E.3 Circulaire strategieën

Vraagvermindering

Door de beperkte prijsstijging van elektriciteit (voor consumenten ca. € 32 op jaarbasis (Berenschot, 2023) en de lage prijselasticiteit van elektriciteit, wordt er op de korte termijn geen vraagvermindering naar elektriciteit verwacht.

Door forse elektrificatie in bijna alle eindverbruikssectoren zal de vraag naar elektriciteit op de lange termijn alleen maar verder toenemen. Netbeheer Nederland (2023) verwacht bijvoorbeeld een toename van 180 tot 250% in het landelijke elektriciteitsgebruik in 2050 ten opzichte van 2019.

Substitutie

Er zijn verschillende alternatieven voor kolen- en gascentrales, waaronder:

- windenergie op land en zee;
- zonne-energie;
- biomassa-centrales;
- kerncentrales;
- flexopties zoals batterijen en waterstof;
- Interconnectiecapaciteit met omliggende landen verhogen.

In de volgende paragraaf zal de invloed van het afschaffen van de fossiele subsidies op de businesscases van deze alternatieven besproken worden.

Decarbonisatie brandstoffen

Het inzetten van CCS(U)-technologie in combinatie met regelbare lage-koolstof gasgestookte centrales kan bijdragen aan het verder decarboniseren van de elektriciteitssector en de leveringszekerheid van elektriciteit garanderen in periodes met een beperkte wind- en zonne-energieproductie. Zeker in scenario's waarin energieopslag of vraagsturingsmaatregelen niet van de grond komen biedt CCS een uitkomst om de emissiefactor van elektriciteitsystemen verder te doen dalen (Heuberger et al., 2016).

Dergelijke opties zullen echter in Scenario 3 (afschaffen van subsidies) geen impact hebben op het verdienmodel van stroomproducenten, aangezien de inputvrijstelling geen onderscheid maakt tussen gasverbruik in elektriciteitscentrales die wel of niet gebruik maken van CCS. In Scenario's 1 en 2 (inprijzen van klimaatschade) hebben deze wel een effect, aangezien de CO₂-emissiefactor van elektriciteit dat geproduceerd wordt in een centrale die CCS toepast lager ligt dan in centrales zonder CCS-installaties.

E.4 Nieuwe verdienmodellen en bedrijven

Productie door zon en wind

In de elektriciteitsmarkt wordt de prijs van elektriciteit bepaald door de marginale kosten van de elektriciteitsbron die de laatste eenheid elektriciteit produceert om in de vraag naar elektriciteit te voorzien (het 'merit-order-effect'). Door dit effect heeft het afschaffen van de fossiele subsidies prijsverhogende effecten voor elektriciteitsproducenten in de hele sector. Dankzij een verhoogde spread, het verschil tussen de hoogste en laagste elektriciteitsprijzen op één dag, stijgen de opbrengsten van duurzaam opgewekte elektriciteit, dat tegen lage marginale kosten geproduceerd wordt.

Er kleven ook nadelen aan hogere marginale kosten van gasgestookte centrales voor zonne- en windenergieproducenten. Omdat de opwekcapaciteit van gascentrales makkelijk regelbaar is, worden ze veel ingezet op de onbalansmarkt. Op het moment dat een duurzame elektriciteitsproducent zijn elektriciteitsproductie op de day-aheadmarkt verkeerd inschat, bijvoorbeeld omdat de windsnelheid lager uitvalt dan voorspeld is, moet deze producent de lasten voor het oplossen van de onbalans op het elektriciteitsnet dragen. Een verhoogde energiebelasting op aardgas kan op deze manier ook negatief doorwerken in de verdienmodellen van zonne- en windenergie.

Naar verwachting zullen deze hogere onbalanskosten, die alleen bij foute inschattingen opspelen, niet opwegen tegen de hogere opbrengsten die altijd behaald worden wanneer gascentrales de marginale kosten van het elektriciteitsystemen bepalen. De businesscase voor zon- en windenergie verbetert dus naar verwachting in alle drie de scenario's.

Kernenergie

Kernenergiecentrales kunnen ook profiteren van de verhoogde spread die optreedt op de elektriciteitsmarkt als gevolg van het afschaffen van de fossiele subsidies. Uranium en thorium behoren tot de CO₂-arme brandstoffen (in een ketenbenadering inclusief winning en transport), en zullen ook bij afschaffing van de inputbelastingen nog steeds onbelast blijven volgens de wet op Milieugrondslag.

Bedacht moet worden dat de realisatietijd van een kerncentrale ca. vijftien jaar bedraagt. Na deze periode zal de samenstelling van de Nederlandse energiemix een compleet andere samenstelling hebben die veel meer uit zon en wind, en minder uit gascentrales zal bestaan. Hierdoor is het onwaarschijnlijk dat potentiële investeerders in kernenergie deze tijdelijke toename in de marktprijs van elektriciteit mee zullen nemen in hun investeringsbeslissingen.

Grootschalige batterijen en demand management

Met het huidige fiscale beleid is het in de komende jaren niet rendabel om grootschalige batterijen in te zetten op de day-ahead-elektriciteitsmarkt vanwege een te klein verschil tussen de gemiddelde prijs van het op- en ontladen van de batterijen (CE Delft, 2022a).

Het inprijzen van de klimaatschade of het afschaffen van de fossiele subsidies zal de marktprijs van elektriciteit, en daarmee de gemiddelde ontladingsprijs van batterijen, wel verhogen op de momenten dat de marginale kosten van wkk's, kolen- of gascentrales prijsbepalend zijn, maar omdat het aantal vollasturen dat deze centrales draaien beperkt is, zal de gemiddelde ontladingsprijs voor grootschalige batterijen naar verwachting niet voldoende stijgen om inzet van grootschalige batterijen op deze markt winstgevend te maken.

Voor grootschalige grid-batterijen is de businesscase door inzet op de verschillende balansmarkten (FCR, aFRR, onbalansmarkt en congestiemarkt) nu al positief (CE Delft, 2022a). Omdat deze markten vooral worden beïnvloed door het geheel aan opgesteld elektrisch vermogen, zal het enkele jaren duren voordat de gevolgen van het afschaffen van fossiele subsidies op deze markten merkbaar wordt. Na deze periode zal de samenstelling van de Nederlandse energiemix een compleet andere samenstelling hebben die veel meer uit zon en wind, en minder uit gascentrales zal bestaan. Hierdoor is het onwaarschijnlijk dat potentiële investeerders in grootschalige batterijen deze ontwikkelingen zullen meenemen in hun investeringsbeslissingen.

Naast nieuwe flexibele productiecapaciteit kan ook vraagmanagement, door bijvoorbeeld het tijdelijk afsluiten van een industrieel complex op piekbelastingmomenten, financieel aantrekkelijker worden. Omdat de mogelijkheid tot en snelheid sterk verschilt per productieproces, doen wij hier geen generieke uitspraken over.

E.5 Impact op de sector

- Zowel het inprijzen van de klimaatschade (Scenario's 1 en 2) als het afschaffen van de huidige fossiele subsidies (Scenario 3) zullen de productiekosten van elektriciteit opgewekt uit wkk's, kolencentrales of gascentrales doen stijgen.
- De marktprijs van elektriciteit stijgt hierdoor op de momenten dat wkk's, kolencentrales en elektriciteitscentrales de marginale kosten van elektriciteit op de markt bepalen.
- Indien alleen Nederland de klimaatschade inprijst (Scenario 1) of haar fossiele subsidies afschaft (Scenario 3), verslechtert de concurrentiepositie van Nederlandse elektriciteitsproducenten.
- Er zal koolstoflekage plaatsvinden naar landen waarmee Nederland een interconnectiecapaciteit heeft. Nederlandse elektriciteitscentrales zullen minder vollasturen gaan draaien en elektriciteitsproducenten in de met Nederland verbonden landen zullen meer elektriciteit naar Nederland gaan exporteren. Omdat Duitsland, het land waarmee Nederland de grootste interconnectiecapaciteit heeft, een hogere emissiefactor voor elektriciteitsproductie heeft, zal er netto meer CO₂ worden uitgestoten.
- Indien klimaatschade in heel Europa wordt ingeprijsd (Scenario 2), zal er relatief meer elektriciteit uit landen met een lagere emissiefactor voor elektriciteit dan Nederland (België, het Verenigd Koninkrijk en Noorwegen) worden geïmporteerd.
- In alle scenario's verbeteren de businesscases van windenergie en zonne-energie.
- Door de lange realisatietijd van kerncentrales heeft het inprijzen van klimaatschade of het afschaffen van de fossiele subsidies geen significante impact op de businesscase van kernenergie.
- In alle scenario's is de toename van de gemiddelde ontladingsprijs onvoldoende om de businesscase van het inzetten van grootschalige batterijen op de day-aheadmarkt sluitend te maken.

F Sectoranalyse industrie

In deze bijlage wordt de impact op de innovatieve, circulaire bedrijvigheid bij de Nederlandse industrie als gevolg van de afschaffing van fossiele subsidies geanalyseerd. Hiervoor wordt een onderscheid gemaakt tussen verschillende productketens en wordt gekeken naar de productketens met de grootste milieu-impact. Dit zijn kunststoffen, staal, bouwmaterialen en kunstmest. Als eerst wordt een generiek overzicht gegeven van de fossiele subsidies en de klimaatschade voor de industrie als geheel. Vervolgens gaan we dieper in op de impacts per productketen.

Tabel 10 geeft een overzicht van de relevante fossiele subsidies voor de industrie. Naast het afschaffen van de fossiele subsidies heeft de rijksoverheid nog een ander handelingsperspectief voor het beprijzen van de milieuprijzen. Zo kan de overheid ervoor kiezen om de klimaatschade te beprijzen door een prijs te rekenen per ton CO₂-uitstoot.

In deze sectoranalyse van de industrie rekenen we met de volledige € 130 per ton CO₂-uitstoot, omdat een zeer klein deel van de klimaatschade is ingeprijsd bij de industrie. Zo krijgt de industrie gratis ETS-rechten, dispensatierechten voor de CO₂-heffing en valt veel van het energie- en aardgasverbruik in de hogere schijven (waardoor ze een lager EB-tarief betalen). Verder bestaan er nog EB-vrijstellingen voor specifieke deelsectoren, zoals de EB-vrijstelling voor de metallurgische en mineralogische industrie. De industrie betaalt op dit moment dus een beperkte vergoeding voor hun klimaatschade.

Naar mate de tijd vordert zal het huidige beprijzingsniveau verder toenemen voor de industrie. Het aantal (gratis) rechten in het EU-ETS zal worden afgebouwd, waardoor de prijs van een emissierecht zal toenemen. Ook het aantal dispensatierechten voor de CO₂-heffing zal worden afgebouwd. Het beprijzingsniveau van het energieverbruik zal dus toenemen in de toekomst. In deze sectoranalyse kijken we, net als de impactanalyses van de fossiele subsidie, naar 2025 (Trinomics & BlueTerra, 2023) en 2030 (Berenschot, 2023). Het EU-ETS en de CO₂-heffing richten zich met name op het verbruik van energie en de uitstoot van broeikasgassen (bijvoorbeeld bij het afbranden van fossiele producten in AVIS). Door het afschaffen van de fossiele subsidies zal ook het grondstoffenverbruik sterker worden belast.

Tabel 11 - Relevante fossiele subsidies voor de industrie

Relevante subsidie(s)	Beraamd bedrag bijlage 25	Toelichting
Energiebelastingvrijstelling voor metallurgische en mineralogisch procedés per 2025	€ 123 mln. (uitgaande van tarief in 2023)	Voor aardgas in mineralogische en metallurgische processen en elektriciteit in metallurgische processen gelden vrijstellingen van de energiebelasting. Het gaat bijvoorbeeld om het verwarmen van ovens voor keramische processen of het smelten van staal.

Relevante subsidie(s)	Beraamd bedrag bijlage 25	Toelichting
Vrijstelling voor elektriciteit gebruikt voor chemische reductie en elektrolytische procedés	€ 12 mln. (uitgaande van tarief in 2023)	Elektriciteit die wordt gebruikt voor chemische reductie of voor elektrolytische en metallurgische procedés is vrijgesteld voor de energiebelasting. Als metallurgisch procedés wordt aangemerkt: het vervaardigen, smeden, persen, stampen, walsen, harden en de warmtebehandeling van metaal.
Vrijstelling in de kolenbelasting voor duaal en non-energetisch verbruik per 2028	€ 71 mln.	Non-energetisch en duaal gebruik van kolen zijn vrijgesteld in de kolenbelasting. Het overgrote deel van het vrijgestelde kolengebruik valt onder de cokes-, ijzer- en staalindustrie.
Degressieve tariefstructuur energiebelasting aardgas	€ 2.387 mln.	In de energiebelasting wordt een degressieve tariefstructuur gehanteerd (met als doel een gelijk speelveld ten opzichte van het buitenland). De afbouw van de degressiviteit heeft voornamelijk impact op de grootverbruikers van aardgas en elektriciteit.
Degressieve tariefstructuur energiebelasting elektriciteit	Benchmark 1: Tarief 1e schijf: € 6.633 mln. Benchmark 2: Tarief afslag voor aandeel hernieuwbaar elektriciteit van 46%: € 3.582 mln.	In de energiebelasting wordt een degressieve tariefstructuur gehanteerd (met als doel een gelijk speelveld ten opzichte van het buitenland). De afbouw van de degressiviteit heeft voornamelijk impact op de grootverbruikers van aardgas en elektriciteit.
Raffinaderijvrijstelling - energiebelasting (artikel 51 Wet belastingen op milieugrondslag).	€ 74 mln.	Voor raffinaderijen geldt een uitzondering voor de restgassen die ontstaan op de productielocatie zelf
Vrijstelling voor restgassen die op eigen inrichting zijn ontstaan en daar weer worden ingezet (artikel 59)	De energie-inhoud van de restgassen die ontstaan in raffinaderijen, bij gebruik van kolen in de staalproductie en in stoomkrakers zijn in de andere posten in dit overzicht reeds meegenomen.	In de energiebelasting is een nihiltarief opgenomen voor restgassen die zijn ontstaan op de inrichting waar ze worden verbruikt. Het gaat dan bijvoorbeeld om restgassen uit een productieproces die voor ondervuring worden gebruikt. De facto is dit verbruik daarmee van heffing vrijgesteld.
Raffinaderijvrijstelling - accijns	€ 26 mln.	Niet-energetisch gebruik van minerale oliën, bijvoorbeeld het gebruik van aardgas als grondstof voor de productie van waterstof, valt niet onder de accijns. Accijns is alleen verschuldigd bij minerale oliën die worden gebruikt als motorbrandstof of verwarmingsbrandstof (energetische verbruik van accijnsgoederen, bijvoorbeeld de inzet van benzine in auto's). ³⁴

³⁴ Ruwe olie wordt niet gebruikt als motorbrandstof of verwarmingsbrandstof, maar wordt eerst verwerkt in een raffinaderij tot bruikbare producten. Ruwe olie valt daarmee niet onder de reikwijdte van accijns.

Relevante subsidie(s)	Beraamd bedrag bijlage 25	Toelichting
Vrijstelling voor non-energetisch verbruik van aardgas	€ 85 mln.	In de energiebelasting geldt een vrijstelling voor het non-energetische verbruik van aardgas. Het gaat hierbij onder andere om de productie van (grijze) waterstof uit aardgas. De waterstof wordt vervolgens hoofdzakelijk ingezet t.b.v. industriële processen zoals de productie van kunstmest.
Niet heffen van accijns op non-energetisch verbruik minerale oliën (waaronder nafta)	€ 14 mld.	Op basis van de ETD is accijns op minerale oliën alleen verschuldigd als die minerale oliën worden gebruikt als motor- of verwarmingsbrandstof. Het verbruik van minerale oliën als grondstof (non-energetisch) is daarom niet belast met accijns. Denk bijvoorbeeld aan de toepassing in verf of het verbruik van nafta.
Gratis verstrekte rechten in kader van EU-ETS (EU-beleid)*	€ 3.553 mln.	Om te voorkomen dat bedrijven die op de wereldmarkt concurreren investeringen naar buiten Europa verplaatsen (koolstoflekkage), krijgen bepaalde sectoren gratis emissierechten toegedeeld. Er zijn drie categorieën sectoren die gratis rechten ontvangen. – voor sectoren waar geen risico op koolstoflekkage is vastgesteld, loopt het aantal gratis emissierechten af tot nul in 2030; – voor sectoren waar wel een risico op koolstoflekkage is vastgesteld, maar CBAM bescherming biedt tegen koolstoflekkage, loopt het aantal gratis emissierechten af tot nul in 2034; – voor de overige sectoren (risico op koolstoflekkage, geen bescherming via CBAM) worden gratis emissierechten verstrekt tot en met 2040.

F.1 Kunststoffen

Binnen de kunststofketen worden twee ketenstappen met name hard geraakt door het beprijsen van de klimaatschade en het afschaffen van de fossiele subsidies: de raffinaderijen en stoomkrakers. De financiële impacts worden eerst afzonderlijk besproken per case, vervolgens gaan we dieper in op de impacts op de circulaire en innovatie verdienmodellen.

F.1.1 Beprijzing klimaatschade en afschaffen fossiele subsidies

Raffinage

Momenteel zijn er zes raffinaderijen in Nederland: Shell Pernis, BP, ExxonMobil, Zeeland Refinery, VPR energy en Gunvor.³⁵ In deze raffinaderijen wordt ruwe aardolie verwerkt tot verschillende eindproducten. Raffinaderijen produceren brandstoffen (zoals diesel, kerosine en benzine), maar ook grondstoffen zoals nafta.

³⁵ Gunvor raffineert zelf geen ruwe olie, maar koopt verwerkte aardolieproducten in voor de productie van brandstoffen.

De raffinagesector maakt gebruik van verschillende vrijstellingen (Kalavasta, 2023):

- Aardolie als input wordt niet belast onder de wet op de accijns. De accijns wordt geheven op eindproducten zoals diesel, kerosine, benzine, nafta en LPG. Over een deel van deze aardolieproducten wordt door de koper accijns betaald tegen verschillende tarieven.
- Het non-energetisch gebruik van aardgas is vrijgesteld van de energiebelasting. In de raffinagesector worden gassen op twee manieren non-energetisch gebruikt:
 1. Waterstof wordt gebruikt als grondstof om onzuiverheden uit koolstof te verwijderen. Een groot deel van deze waterstof komt als bijproduct vrij bij de raffinage van aardolie en valt daarom niet onder de energiebelasting.
 2. Waterstof wordt geproduceerd (15 PJ) en ingekocht (5 PJ). Als de vrijstelling van energiebelasting op het non-energetisch gebruik van gassen komt te vervallen, zou er alléén energiebelasting geheven worden op het ingekochte deel waterstof. Daarnaast zal er energiebelasting worden geheven op de ingekochte aardgas voor de productie van waterstof.
- Het energetisch gebruik van aardgas en elektriciteit wordt belast onder de energiebelasting. Een groot deel van het aardgas- en elektriciteitsgebruik valt in de derde en vierde schijf van de EB, en kent vanwege de degressiviteit een lager tarief.
- Restgassen die zijn ontstaan worden niet belast onder de energiebelasting. De restgassen worden voornamelijk gebruikt om de raffinaderijen warm te houden.
- De verbranding van petroleum coke is niet belast onder de wet accijns. Ook uit het verbranden van petroleum coke wordt warmte gewonnen.
- De Scope-1-emissies op de productielocaties van de raffinaderijen worden belast onder het ETS. Voor deze emissies krijgt de raffinagesector gratis rechten. Dit geldt ook als een vrijstelling (Kalavasta, 2023).
- De raffinagesector maakt daarnaast gebruik van wkk om te voorzien in de continu-warmte van het industriële proces. De geproduceerde elektriciteit wordt zowel gebruikt voor de eigen proces, alsmede geleverd aan externen. Momenteel is het aardgas voor het opwekken van elektriciteit in een wkk vrijgesteld. Daarnaast is ook het verbruik van de opgewekte elektriciteit uit de wkk vrijgesteld (Trinomics & BlueTerra, 2023).

Impact afschaffen van fossiele subsidies voor de raffinaderijen

De impacts van het afschaffen van een deel van de fossiele subsidies zijn in kaart gebracht door impactanalyses. De resultaten van de impactanalyses worden hieronder uiteengezet.

De impact van het afschaffen van de vrijstelling voor het non-energetisch verbruik van gassen lijkt beperkt. Als EB moet worden betaald over de ingekochte H₂, dan zou dit in 2030 leiden tot € 6 miljoen aan extra EB-lasten voor de gehele sector. De raffinaderijen betalen maximaal € 38 miljoen aan extra EB-lasten voor de ingekochte aardgas voor de productie van waterstof (Kalavasta, 2023).

Energiebelasting kan ook worden geheven op het gebruik van aardgas, wat als gas is ontstaan op de productielocaties van raffinaderijen. Momenteel is het gebruik van restgassen op eigenproductielocaties nog vrijgesteld van de energiebelasting. Een heffing op deze gassen zou in 2030 kunnen resulteren in € 200 miljoen aan extra EB-lasten voor de raffinaderijen. Wanneer er ook gekeken wordt naar het staand beleid (ETS, CO₂-heffing, huidige EB-structuur) dan zouden de lasten € 1 miljard bedragen (Kalavasta, 2023).

De vrijstelling voor het aardgasverbruik in de wkk en de opgewekte elektriciteit uit de wkk-centrale zorgt voor additionele kosten bij de raffinagesector: ongeveer € 5 miljoen. Dit is een stijging van 0,8% van de energiekosten. De wkk-vrijstelling heeft dus een relatief kleine impact ten opzichte van het afschaffen van de andere fossiele subsidies (Trinomics & BlueTerra, 2023).

Stoomkrakers

In stoomkrakers worden koolwaterstofketen afgebroken tot kortere ketens voor de productie van meerdere chemische producten. Stoomkraken is een vorm van thermisch kraken waarbij de reacties plaatsvinden bij zeer hoge temperatuur (rond 850°C). Tijdens dit proces ontstaan veel kleine onverzadigde alkenen (zoals etheen, propen en 1,3-butadien). Deze stoffen vormen essentiële grondstoffen voor den polymeerindustrie.

Gedurende het kraken wordt er een deel brandstoffen (15% van alle producten) geproduceerd. Daarnaast komt methaan als rest gasvrij, wat op dit moment wordt ingezet als brandstof voor het stoomkraakproces. De grondstoffen voor de stoomkrakers zijn voornamelijk nafta, aangevuld met LPG en aardgascondensaat. Deze grondstoffen worden door de raffinaderijen geproduceerd uit ruwe aardolie.

Directe emissies komen met name voort uit het energetisch gebruik van aardgas en restgassen. De meeste emissies komen vrij bij het verbranden van producten. Momenteel kennen de stoomkrakers verschillende fossiele subsidies:

- Het aardgas- en elektriciteitsverbruik wordt belast onder de degressieve energiebelasting. Een substantieel deel van het aardgas- en elektriciteitsverbruik valt in de derde of vierde schijf en kent hierdoor een lager EB-tarief.
- Restgassen die in dezelfde inrichting ontstaan zijn vrijgesteld van energiebelasting.
- De Scope 1-emissies die worden veroorzaakt op de eigen productiesite zijn belast onder het ETS en de CO₂-heffing. Hiervoor ontvangen de stoomkrakers gratis ETS-rechten.
- De non-energetische input van stoomkraakbedrijven is niet belast. Dit betreft het non-energetisch gebruik van minerale oliën.

Impact afschaffen fossiele subsidies stoomkrakers

Een deel van de impacts van het afschaffen van de fossiele subsidies zijn in kaart gebracht door impactanalyses. De resultaten van de impactanalyses worden hieronder uiteengezet voor de stoomkrakers.

In de impactanalyse van Kalavasta zijn de effecten van een heffing op het gebruik van minerale oliën bij stoomkrakers onderzocht. Het grootste gebruik van minerale oliën betreft het gebruik van nafta in bedrijven met stoomkrakers ter vervaardiging van moleculen. Minerale olie die als grondstof wordt ingezet, wordt momenteel niet belast onder de wet op accijns. De wet op accijns belast namelijk eindproducten en geen grondstoffen.

De kosten van deze maatregel zijn sterk tariefafhankelijk. Bij de minst ambitieuze variant gaat het om additionele kosten van € 200 miljoen, terwijl bij de meest ambitieuze variant de kosten € 14 miljard per jaar bedragen voor de stoomkrakers (Kalavasta, 2023). Dit bedrag (€ 14 miljard) wordt ook genoemd in de Miljoenennota (Rijksoverheid, 2023).

Ook het belasten van het gebruik van gassen die ontstaan op de productielocatie van stoomkrakers zorgt voor extra kosten. De kosten voor deze maatregel bedragen € 200 miljoen per jaar voor de stoomkrakers. Daarnaast bedragen de kosten voor het ETS en de CO₂-heffing respectievelijk € 100 en 150 miljoen per jaar.

Een substantieel deel van de lasten komen, net als bij de raffinaderijen, voort uit het afschaffen van de degressiviteit in het EB-tarief. Het voornaamste aardgas- en energieverbruik van de stoomkrakers valt in de hogere schijven van de energiebelasting. Het afschaffen van de degressiviteit zal daarom resulteren in hoger EB-tarief en extra lasten met zich meebrengen voor de stoomkrakers.

F.1.2 Prijs effecten in de energie- en grondstofketen

De prijseffecten in de energie- en grondstofketen van kunststof lijken substantieel. Twee belangrijke schakels in de kunststofketen worden fors geraakt door het afschaffen van de fossiele subsidies en het beprijzen van de klimaatschade.

Voor de kunststoffen en de halffabricaten heeft dit verstrekkende gevolgen. In Broeren et al. (2014) wordt 80% van de kosten van de belangrijkste eindproducten van stoomkrakers toebedeeld aan procesenergie en feedstockenergie (energieverbruik van feedstock materialen zoals nafta). Hieruit blijkt dat de energiekosten een groot deel vertegenwoordigen van de totale kostprijs van nafta, ethyleen en propyleen (Broeren et al., 2014). Door het beprijzen van de klimaatschade en het afbouwen van de fossiele subsidies nemen de energie- en feedstockkosten voor de raffinaderijen en stoomkrakers sterk toe.

Bij een deel van de consumentenproducten zal weinig gemerkt worden van de prijsstijgingen, omdat kunststoffen veelal worden ingezet voor verpakkingen en andere kleinere applicaties. Dit is vaak een onderdeel van een groter geheel, zijnde het consumentenproduct. Bij producten die volledig uit kunststof bestaan zullen de verwachte weglekeffecten groter zijn.

De prijseffecten zijn vooral groot aan het begin van de keten bij halffabricaten (zoals nafta en ethyleen). Aan het begin van de kunststofketen lijkt dus de grootste verduurzamingsprijsprikkel te ontstaan. Aan het eind van de keten bij de consumentenproducten is deze prijsprikkel minder substantieel.

De overheid kan er ook voor kiezen om niet alle fossiele subsidies (volledig) af te schaffen. Zo heeft de overheid de optie om een deel van de fossiele subsidies af te schaffen, dan zijn de prijseffecten in de energie- en grondstofketen minder omvangrijk.

Koolstoflekage

Gezien de meerkosten die neerslaan bij de raffinagesector, en de beperkte bescherming door CBAM lijkt de kans op weglekeffecten substantieel (Kalavasta, 2023). Trinomics komt tot dezelfde conclusie. De raffinagesector bedient een markt met een hoge handelsintensiteit (>30%) met EU en non-EU landen. Daarmee lijkt de gevoeligheid voor prijsveranderingen vanuit nationaal beleid (Scenario's 1 en 3) substantieel. Mochten er meerdere fossiele subsidies worden afgeschaft, dan zijn er grote weglekeffecten te verwachten (te bezien aan de hoogtes van de fossiele subsidies).

De aardoliesector kent een armingtonelasticiteit van -1.67 (Trinomics & BlueTerra, 2023).³⁶ Mogelijke kostprijsstijging hebben daardoor een significante kans op weglekeffecten. Dit kan deels worden verklaard door het type product. Bij de raffinaderijen worden met name grondstoffen en intermediaire goederen geproduceerd. Dit zijn vaak homogene producten. Homogene goederen kunnen elkaar eenvoudig vervangen, wat de concurrentie tussen markten versterkt. De samenhang met buitenlandse markten is daarom relevant voor de analyse van de impacts van het afschaffen van fossiele subsidies op de innovatieve en circulaire bedrijfsmodellen.

³⁶ De armingtonelasticiteit benadert de substitutiemogelijkheid tussen binnenlandse en buitenlandse goederen. Een hoge armingtonelasticiteit (>1) geeft aan dat het gaat om een elastische vraag naar het binnenlandse goed, waarbij het binnenlandse goed eenvoudig kan worden vervangen voor het buitenlandse goed. Er is dus sprake van een hoge mate van internationale concurrentie, wat duidt op potentieel hoge weglekeffecten.

Hetzelfde geldt voor de stoomkrakers. De stoomkrakers maken homogene producten zoals plasticmonomeren. Deze kunnen zonder beperking verhandeld worden, wat de (internationale) concurrentie vergroot. Gelijktijdig vallen minerale oliën (voorlopig) nog niet onder het CBAM wat de bescherming belemmert. Bij het beprijzen van zowel de stoomkrakers als raffinaderijen vallen substantiële wegleffecten te verwachten. Ook omdat de mogelijkheid om kosten door te leggen in de keten beperkt is, vanwege de beperkte betalingsbereidheid voor 'groene' kunststoffen.

F.1.3 Circulaire strategieën

Vraagvermindering

De binnenlandse vraagelasticiteit van kunststoffen is laag (-0,5). Dit veronderstelt dus dat de totale vraag naar kunststoffen binnen Nederland inelastisch is (Trinomics & BlueTerra, 2023). De impact op de totale vraag naar kunststoffen lijkt hiermee beperkt. Dit lijkt een aannemelijk scenario, omdat betaalbare alternatieven die dezelfde functie als kunststoffen kunnen vervullen niet op grote schaal beschikbaar zijn. Nederland is dus op dit moment nog sterk afhankelijk van kunststoffen, en deze vervullen een belangrijke nutsfunctie. Denk bijvoorbeeld aan kunststofapplicaties in de gezondheidszorg en kunststofverpakkingen die de houdbaarheid van voedsel vergroten.

Substitutie

Er bestaan verschillende substitutieopties voor fossiele kunststoffen. Hieronder wordt een lijst gegeven met mogelijke opties. Hierbij is vooral gekeken naar substitutiemogelijkheden voor de case van plasticverpakkingen. Een deel van de substitutiemogelijkheden zijn breder toepasbaar (dus ook voor andere plastictoepassingen):

- mechanisch recycling;
- chemische recycling (solvent-based purification, pyrolyse, vergassing);
- bioplastics uit PLA/bio-ethanol/bio-etheen³⁷;
- biodegradable plastics (PHA);
- methanol-to-olefins;
- ethanol-to-olefins;
- papier of kartonnenverpakkingen.

Daarnaast zorgt de beprijzing ook voor een prijsprikkel voor betere afvalsortering en inzameling. Hierdoor kunnen mogelijk nieuwe afvalstromen worden aangewend voor plastic recycling.

De substitutiemogelijkheden bestaan zowel uit conventionele technieken (zoals mechanische recycling, het sorteren van afval en papieren en kartonnen fabrieken), die reeds op grote schaal beschikbaar zijn. Daarnaast bestaan er ook technieken die nog verder ontwikkeld c.q. opgeschaald moeten worden. Denk bijvoorbeeld aan chemische recycling en bioplastics.

³⁷ Bij de productie van bio-/synthetische nafta kan op de lange termijn ook gebruikt worden gemaakt van elektrisch kraakproces.

Decarbonisatie

Ook bestaan er verschillende decarbonisatiestrategieën voor de kunststoffensector. Een deel van het stoomkraakproces kan worden geëlektrificeerd middels een elektrische kraker (TNO & PBL, 2021). Dit geldt ook voor raffinageproces, waar gebruikt kan worden gemaakt van elektrische hoogovens of boilers (TNO & PBL, 2020). Groene en blauwe waterstof kan ook worden gebruikt als feedstock in de processen van de raffinaderijen. Hetzelfde geldt voor pyrolyse olie, wat bijgemengd kan worden binnen het huidige proces.

In beide processen kan de CO₂ worden afgevangen en gebruikt middels CCS en CCU. Tot slot kunnen groene waterstof, blauwe waterstof, en biobrandstoffen worden gebruikt om de fabrieken energetisch aan te drijven.

F.1.4 Nieuwe verdienmodellen en bedrijven

Het beprijzen van klimaatschade helpt nieuwe en duurzame verdienmodellen verder te ontwikkelen. De impact op de nieuwe verdienmodellen bij de kunststoffensector bij binnenlandsbeleid (Scenario's 1 en 3) lijkt beperkt. Het gaat om een internationale markt met homogene producten, waar sterk wordt geconcentreerd. Bij het beprijzen van klimaat-schade en het afbouwen van fossiele subsidies liggen dus eerder weglekeffecten voor de hand.

De verwachte effecten van de maatregelen bij internationaal beleid staan hierna beschreven per bedrijfsmodel.

Mechanische recycling en afvalsorteerfabrieken

Op dit moment kunnen sommige vormen van mechanische recycling al concurreren met verschillende soorten virgin plastics. De kostprijs van maalgoed (laagwaardig recyclaat) was bijvoorbeeld (onder specifieke marktomstandigheden) zelfs al lager dan de kostprijs van virgin plastic. Laagwaardig recyclaat, in de vorm van maalgoed, wordt moment al optimaal verwaard. Hier is dus naar verwachting een beperkte klimaatwinst te boeken. De toepassingsopties voor laagwaardig recyclaat zijn echter beperkt, want kwaliteitseisen zijn vaak substantieel.

De prijs van kunststoffen wordt sterk bepaald door economische ontwikkelingen. Op dit moment zijn de fossiele virgin prijzen laag, en kan mechanische recycling moeilijk concurreren. Eerder nam de prijs voor fossiele aardolie door de Oekraïne oorlog sterk toe. Gedurende deze prijsstijging kon mechanische recycling wel concurreren met virgin plastics.

Voor de productie van veel plastictoepassingen zal daarom ook hoogwaardig recyclaat nodig zijn. Hoogwaardig mechanisch recyclaat vraagt een zuiver afvalstroom (en dus ook een adequaat afvalinzamelingssysteem), zodat het kan voldoen aan de hoge kwaliteitseisen. Dit heeft implicaties voor de kostprijs van hoogwaardig recyclaat. De kostprijs van recyclaat is hoger dan virgin plastic (ordegrootte van € 500 per ton plastic korrels) en daarom is het gebruik nog relatief beperkt. Door de kostprijs van virgin plastic te verhogen zal de bereidheid om hoogwaardig recyclaat in te zetten toenemen. Dit kan ter vervanging dienen van een deel van de virgin plastics.

Wel is de beschikbaarheid van (zuivere) afvalstromen voor mechanisch recycling beperkt. De beschikbaarheid van plastic afval kan echter vergroot worden door het afval uit het buitenland te importeren en te investeren in afvalinzamel- en sorteerfabrieken. Nieuwe initiatieven worden mogelijk rendabel door een hogere prijs. Het verwaarden van extra afvalstromen wordt soms nog niet gedaan vanuit economisch oogpunt. EPS-recycling, het recyclen van piepschuim, heeft bijvoorbeeld een onrendabele top van € -250 tot 290 per ton CO₂. Een CO₂-heffing zou dus kunnen helpen bij verruimen van het marktaandeel, door enerzijds bestaande recycling op te schalen en anderzijds nieuwe afvalstromen te behandelen.

De potentie voor het recyclen van nieuwe afvalstromen lijkt vooral relevant voor de elektronica, de automotive sector, huishoudelijke apparatuur, bouwsector en landbouw. Een deel van deze plasticstromen wordt nog niet optimaal ingezameld en verwaard. Hier bestaan dus kansen voor het verruimen van het marktaandeel (CE Delft, 2022b).

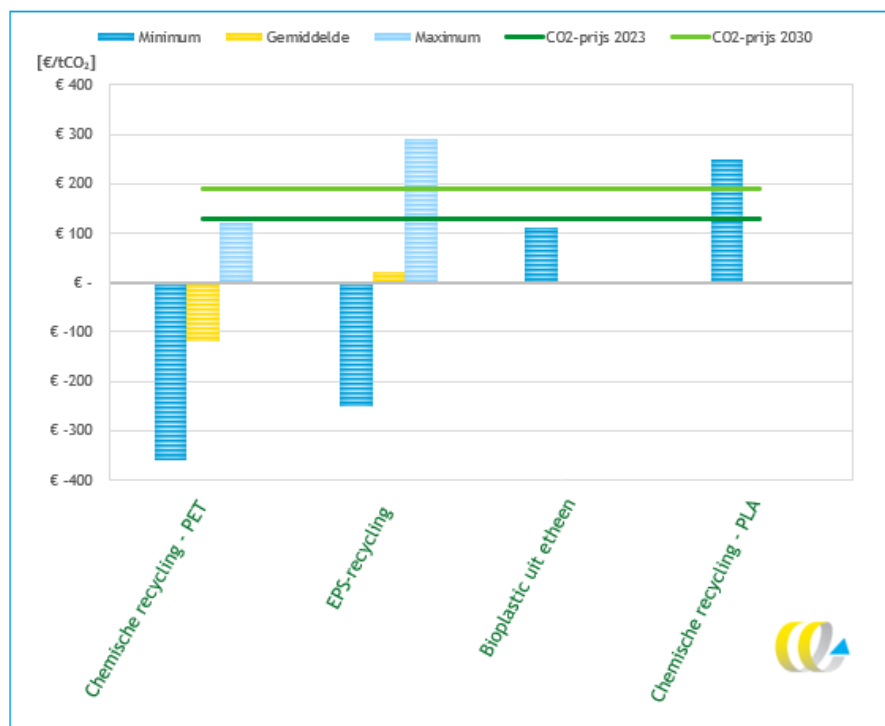
Bioplastics en chemische recycling

Bio-kunststoffen en chemisch recyclaat kunnen op dit moment nog niet concurreren met virgin kunststoffen. De meerkosten zijn substantieel (ordegrootte van € 2.000 per ton plasticorrels). Op dit moment is het marktaandeel van bioplastics en chemisch recyclaat beperkt, vanwege de hoge meerkosten en de beperkte betalingsbereidheid voor 'groene kunststoffen'. Het verhogen van de kostprijs helpt het marktaandeel van bioplastics en chemisch recyclaat te vergroten.

In het Green Chemistry Accelerator-programma (Platform Groene Chemie) zien we veelbelovende gamechangers voor vergroening van de chemie: DOPS (syngas uit gemengde reststromen), Senbis (bio-degradable plastic toepassingen), Nature's Principles (melkzuurproductie uit suikerbieten), ReSolved Technologies (solvent-based recycling) en Recell (cellulose uit gemengde afvalstromen). Deze initiatieven bevinden zich nog in verschillende ontwikkelfase (TRL 5-7) waarmee een kostprijsvoorspelling of experience-curve nog niet beschikbaar is, maar zullen ook zeker voordeel hebben van een stijgende beprijzing in de komende jaren. Op langere termijn in de concurrentiepositie en op kortere termijn zal de investeringsbereidheid makkelijker te vinden zijn bij betere toekomstperspectief.

In een eerdere studie van CE Delft is de onrendabele top van circulaire technieken onderzocht (CE Delft, 2020). Hieruit blijkt dat de onrendabele top bij pet-productie uit depolymerisatie (chemische recycling) maximaal € 120 per ton CO₂ is en voor etheen uit ethanol (bioplastics) minimaal € 110 per ton CO₂. Dit verschilt sterk per type techniek. Zo is de onrendabele top van PLA-plastics (bioplastics) minimaal € 250 per ton CO₂. Deze technieken staan afgebeeld in Figuur 5.

Figuur 6 - Rentabiliteit van bio plastics en chemische recycling gericht op transitie van (hernieuwbare) grondstoffen in verhouding tot de externe kosten van CO₂



Met een CO₂-heffing van € 130 per ton CO₂ lijken sommige vormen van chemisch recyclaat en bioplastics te kunnen concurreren met virgin plastic. Voor andere vormen van chemisch recyclaat en bioplastics kan de onrendabele top nog niet worden overbrugd. Het beprijzen van de klimaatschade verbetert echter wel de businesscase van deze nu nog onrendabele technieken.

De prijzen voor chemisch recyclaat en biobased plastics zijn zeer volatiel. Daarnaast is mechanisch recyclaat al concurrrender. Eerst zullen dus mogelijkheden verkend worden om het marktaandeel van mechanisch recyclaat te verruimen, alvorens het marktaandeel van chemisch recyclaat en biobased plastics toeneemt. Om de duurzaamheidsdoelen in 2030 (30% duurzame kunststoffen) te halen zijn echter alle vormen van duurzame kunststoffen (zoals chemisch recyclaat en bioplastics) nodig.

Het beprijzen van klimaatschade en afbouwen van fossiele subsidies heeft een ondersteunde functie bij het opschalen van de technieken, wat kan resulteren in leer- en schaalvoordelen. Dit heeft een dempende werking op de kostprijs van bioplastics en chemisch recyclaat en helpt dus de markt op gang te brengen. Daarnaast biedt het ook investeringszekerheid.

Momenteel bestaat er al veel beleid voor duurzame kunststoffen. Denk bijvoorbeeld aan het UPV voor kunststoffen en de (nationale) kunststofnorm. Het afschaffen van de fossiele subsidies biedt een aanvullend incentive om de kunststofketen verder te verduurzamen middels

Elektrische krakers en hoogovens

De stoomkraker kan haar kraakproces energetisch laten aandrijven door elektriciteit in plaats van fossiele gassen. Voor de elektrische kraker lijkt met name de EB-vrijstelling voor de inzet van restgassen belangrijk. Restgassen, in de vorm van methaan, worden momenteel ingezet voor de aandrijving van het stoomkraakproces. Wanneer hier belasting over betaald dient te worden zal het aantrekkelijker worden om het stoomkraakproces met elektriciteit aan te drijven. Daarnaast zorgt dit ook voor een CO₂-reductie, wat de EU-ETS lasten verlaagt voor de stoomkraakfabrieken. Hiermee lijkt de businesscase voor elektrisch kraken te verbeteren.

Momenteel bestaan er echter ook EB-vrijstellingen voor elektriciteitsverbruik, zoals het degressieve tariefstelsel. Dit geldt echter voor zowel het aardgasverbruik als het elektriciteitsverbruik. De verwachting is daarom niet dat dit veel effect heeft op de businesscase van elektrisch kraken. Per GJ wordt elektriciteit nog wel zwaarder belast. Dit werkt het elektrificeren van de fossiele bedrijfsprocessen mogelijk tegen.³⁸

Groengas en waterstof met CCU/CCS

De impact op groengas en waterstof lijkt in eerste instantie beperkt vanuit het afbouwen van de fossiele subsidies. Groengas en waterstof worden op eenzelfde manier belast als aardgasverbruik. De verwachte impact van het afbouwen van fossiele subsidies lijkt daarom beperkt. Wel zorgt de integratie van groengas en waterstof voor een lagere CO₂-uitstoot, wat gezien het EU-ETS en de binnenlandse CO₂-heffing voordelig is voor de Nederlandse industrie. Het EU-ETS en de binnenlandse CO₂-heffing voor de industrie lijken dus met name de drijvende kracht te zijn achter de businesscase van groengas en waterstof (bezien vanuit de fossiele subsidies).

De beschikbaarheid van groengas en waterstof is op dit moment nog beperkt, daarnaast is er ook veel vraag vanuit de transportkant. De onrendabele top van groengas en waterstof laat zich daardoor lastig voorspellen. Op basis van eerste inzichten in de onrendabele top van groengas (gemiddeld ongeveer € 100 per ton CO₂) en waterstof (gemiddeld ongeveer € 1.000 per ton CO₂) uit het OT-model lijkt de inzet van groengas eerder voor de hand te liggen. Met flankerend beleid beogen overheden echter om het gebruik van groene waterstof te stimuleren. Daarnaast lijkt dit een van de weinige decarbonisatieopties voor de Nederlandse industrie, samen met CCU/CCS (gemiddeld € 50 tot 100 per ton CO₂).

Hiermee lijkt de groeiende inzet groengas en waterstof, bij internationaal beleid, tot de mogelijkheden te behoren. Echter omdat CCU en CCS al beter kan concurreren, ligt het voor de hand dat de industrie eerst inzet op deze optie.

F.1.5 Impact op de sector

Scenario 1: Klimaatschade wordt toegerekend door Nederlands beleid

De impact op de sector bij het beprijzen klimaatschade en/of afbouwen van de fossiele subsidie verbetert de relatieve concurrentiepositie van circulaire en innovatieve verdienmodellen ten opzichte van virgin plastics. Een (significant) groter marktaandeel voor deze circulaire en innovatieve verdienmodellen ligt echter niet voor de hand. Het gaat immers om een internationale markt. De circulaire en innovatieve producten concurreren

daarom ook met buitenlandse fossiele kunststoffen. Deze relatieve concurrentiepositie ten opzichte van het buitenland verandert niet en verslechtert mogelijk zelfs, want het afbouwen van fossiele subsidies kan een negatieve impact hebben op de kostprijs van de circulaire en innovatieve verdienmodellen (denk bijvoorbeeld aan het afschaffen van degressiviteit in de EB voor mechanische recyclers).

De kleine bedrijven, binnen de chemische en mechanische recyclingketen, profiteren minder sterk van de degressieve EB-tarieven ten opzichte van de binnenlandse industrie. De relatieve concurrentie ten opzichte van de binnenlandse industrie verbetert dus wel door het afschaffen van de fossiele subsidies, en biedt mogelijk nieuwe kansen voor bedrijvigheid. De verwachting is echter dat de effecten beperkt zijn, vanwege het internationale karakter van de kunststofmarkt.

Scenario 2: Klimaatschade wordt toegerekend door Europees beleid

Indien de klimaatschade in de EU wordt ingeprijsd zijn er grotere milieueffecten te verwachten. De impact lijkt vooral groot te zijn op reeds concurrerende circulaire technieken, zoals mechanische recycling. Daarnaast zijn er ook nieuwe verdienmodellen die kunnen gaan concurreren met fossiele plastics. Denk bijvoorbeeld aan het recyclen van nieuwe afvalstromen, chemisch recycling en bioplastics. Ook de economische haalbaarheid om groengas en groene waterstof (RFNBO's) in te zetten verbetert. Het ligt echter voor de hand dat de industrie eerst kiest voor CCU en CCS, vanwege de lagere kosten ten opzichte van groengas en waterstof. Deze laatste technieken bieden wel op middellange termijn soelaas als reductietechnieken, maar vragen uiteindelijk meer fossiele energie.

F.2 Staal: Metallurgische industrie

Bij de metallurgische industrie kijken we specifiek naar de rol van staal. Bij de productie van staal valt nog veel milieuwinst te behalen. Daarnaast toont de winning van staal veel gelijkenissen met andere metalen die uit ijzererts (ijzeroxide of bauxiet) worden gewonnen. Denk bijvoorbeeld aan aluminium en ijzer. In Nederland bestaat er één staalproducent: Tata Steel.

Tata Steel gebruikt steenkool en poederkolen om ijzererts om te zetten in staal. Het proces begint met het omzetten van steenkool in cokes, wat een energie-intensieve stap is. De cokes en poederkolen hebben twee belangrijke functies in de hoogoven: ze dienen als brandstof voor verwarming en als reductiemiddel om ijzererts/ijzeroxide om te zetten in ruwijzer.

Bij het verwerken van kolen in de hoogoven ontstaan procesgassen. De samenstelling van deze gassen varieert per fabriek, maar ze bevatten altijd koolstofatomen. Tijdens de verbranding van deze procesgassen komt koolstofdioxide (CO₂) vrij. Tata Steel gebruikt het grootste deel van deze procesgassen intern voor het verwarmen van verschillende processen en voor het opwekken van elektriciteit. Het overschot aan procesgassen gaat naar een elektriciteitscentrale van Vattenfall, waar de vrijgekomen energie wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken, die vervolgens weer door Tata Steel wordt gebruikt (en daar belast wordt).

De staalproductie kent verschillende vrijstellingen (Kalavasta, 2023):

- Een groot deel van het elektriciteits- en aardgasverbruik is vrijgesteld, vanwege de vrijstelling van de energiebelasting op metallurgisch procedés. Als metallurgisch procedés wordt aangemerkt: het vervaardigen, smeden, persen, stampen, walsen, harden en de warmtebehandeling van metaal. Momenteel is 90% van het aardgasverbruik en 60% van het elektrisch verbruik aangemerkt als metallurgisch procedé en daarom vrijgesteld van de energiebelasting (Belastingdienst, 2021).
- Het kolenverbruik van Tata Steel wordt momenteel niet belast onder de kolenbelasting, vanwege de vrijstelling voor het duale gebruik van kolen.
- Zowel de uitstoot op de eigen productielocatie, alsmede de Vattenfall-centrales ten aanzien van de staalproductie wordt belast onder het ETS en de CO₂-heffing. Hiervoor ontvangt de staalproducent dispensatierechten.
- Tata Steel is een grootverbruiker van elektriciteit en aardgas. Hiermee profiteert Tata Steel van het degressieve tariefstelsel binnen de EB.

F.2.1 Beprijzing klimaatschade en afschaffen fossiele subsidies

Een deel van de impacts van het afschaffen van de fossiele subsidies zijn in kaart gebracht door impactanalyses. De resultaten van de impactanalyses worden hieronder uiteengezet voor de stoomkrakers.

Kalavasta heeft in een impactanalyse onderzocht wat de impacts zijn van het volledig belasten van het volledige elektriciteit- en aardgasverbruik van Tata Steel. Daarbij is ook onderzocht wat de impact is van het belasten van het duale gebruik van kolen onder de kolenbelasting. Tenslotte is gekeken naar de impact van het heffen van energiebelasting op de restgassen.

Het afschaffen van de vrijstelling in de kolenbelasting voor duaal gebruik resulteert in meerkosten van € 70 tot 290 miljoen voor Tata Steel. Het heffen van energiebelasting op restgassen zorgt voor € 140 miljoen aan extra lasten voor de Tata Steel. De grootste lasten zijn de ETS-rechten, omdat er veel CO₂ wordt uitgestoten binnen het proces van Tata Steel. In totaal bedragen de extra heffingen dus meer dan € 1 miljard. Hierbij kan een deel worden doorberekend aan de klanten vanwege CBAM.

Trinomics heeft ook een berekening gemaakt van de impact van het vrijstellen van de energiebelasting voor het metallurgische proces. Bij de continuering van het huidige proces nemen de lasten toe met € 61 miljoen. Dit houdt in dat de energiekosten met 9% stijgen in 2025, en de totale bedrijfskosten met 1%. Ook voor de staalindustrie geldt dat het afschaffen van de degressiviteit verregaande gevolgen kan hebben voor bedrijfskosten.

F.2.2 Prijseffecten in de energie- en grondstofketen

De prijseffecten in de energie- en grondstofketen zijn significant. De staalindustrie kent meerdere vrijstellingen: metallurgische vrijstelling, gratis rechten in het ETS-systeem en de EB-vrijstelling voor het duale gebruik van kolen. Trinomics heeft berekend dat de bedrijfskosten met 1% toenemen door het vrijstellen van de energiebelasting voor het metallurgische proces. Wanneer wordt gekeken naar het totale bedrag van alle vrijstellingen die zijn berekend door Kalavasta, dan komt dit neer op ongeveer € 1,4 miljard. Dit komt overeen met een toename van de bedrijfskosten van 22,3%. Dit lijkt dus een significante impact te hebben op de kostprijs van Nederlands staal.

Koolstoflekkage

De mogelijke weglekeffecten lijken significant voor Tata Steel. Het afschaffen van de fossiele vrijstellingen wordt nu mogelijk alleen ingevoerd in Nederland. Slechts een klein deel van de afzetmarkt van Tata Steel bevindt zich in Nederland. Dit kan dus tot verschuiving leiden binnen Europa voor het marktaandeel van staal. De hoogte van 'green premiums' zijn nog onbekend voor staal. Het is dus nog onbekend of de hogere kosten doorberekend kunnen worden (Kalavasta, 2023).

Daarnaast zal Tata Steel een deel van haar afzet buiten Europa kunnen verliezen na het afschaffen van de gratis rechten binnen het EU-ETS. Dit heeft een substantiële impact op Tata Steel, gezien het grote aandeel van export. Staal wordt verhandeld op een wereldwijde en competitieve markt en kent daardoor een hoge armingtonelasticiteit van -1,98 (Trinomics & BlueTerra, 2023).

Staal valt onder het CBAM. Import van goederen buiten Europa dienen aan dezelfde emissie-eisen te voldoen als Europese goederen, anderzijds dienen zij een betaling te doen die overeenkomt met de koolstofkosten van Europese producenten. Dit kan gezien worden als een CO₂-heffing voor geïmporteerde goederen. Hierdoor wordt er een gelijk speelveld gecreëerd met staal buiten Europa. Bij een adequate invoering van het CBAM-mechanisme lijken er vooral koolstoflekkages te verwachten binnen Europa.

Bij Scenario's 1 en 3 lijken weglekeffecten zeer reëel, wat het verduurzamingsperspectief van de staalindustrie verslechterd. Bij Europese beprijzing (Scenario 2) lijkt het verduurzamingsperspectief significant beter, doordat een groter deel van de kosten doorbelast kunnen worden in de keten.

F.2.3 Circulaire strategieën

Vraagvermindering

De binnenlandse vraagelasticiteit van staal is laag (-0,81). Dit veronderstelt dus dat de totale vraag naar staal binnen Nederland inelastisch is (Trinomics & BlueTerra, 2023). De impact op de totale vraag lijkt hiermee beperkt. Dit lijkt een aannemelijk scenario, omdat betaalbare alternatieven die dezelfde functie als staal kunnen vervullen niet op grote schaal beschikbaar zijn. Voor sommige applicaties lijkt staal zelf nog geen werkbaar alternatief te hebben. Nederland is dus op dit moment nog afhankelijk van staal.

De binnenlandse vraag naar staal is minder elastisch dan kunststof. Ter illustratie, een prijsverandering van 1% resulteert in een vraagverandering voor staal van -0,81%, terwijl dit voor kunststoffen -0,5% is. De vraagverandering is dus wel aanwezig, maar relatief beperkt.

Substitutie

Er bestaan verschillende substitutieopties voor fossiel staal. De substitutieopties kunnen opgedeeld worden in drie hoofdcategorieën: recyclen van staal, houtbouw en bio-composiet. Hierna staat een lijst met mogelijke opties. Hierbij hebben we gekeken naar substitutiemogelijkheden voor de applicaties van staal in de automotive, verpakkingindustrie en bouwsector, omdat het gebruik van staal hier het grootste is.

- recyclen van staal in Oxystaaloven of de Electric Furnace;
- gelamineerd hout;

- kruislaaghout;
- vezel versterkte kunststoffen;
- kenaf-composiet;
- koolstofvezelcomposiet;
- glasvezel;
- vlasvezel;
- hennepcomposiet (alleen voor niet-structurele componenten).

Het recyclen van staal en houtbouw zijn over het algemeen al op grote schaal beschikbaar en toepasbaar. Bio-composieten en vezel-versterkte kunststoffen zijn nog volop in ontwikkeling en kennen een lager TRL.

Decarbonisatie

Ook voor het decarboniseren van staalfabrieken bestaan er verschillende opties. Hieronder staat een lijst met de verschillende decarbonisatiemogelijkheden voor de Nederlandse staalfabrieken:

- electric Furnace (Elektrolytische Reductie);
- vlamboogoven;
- direct Reduction Plant;
- groengas en groene waterstof;
- CCU/CCS;
- Biokolen.

Deze handelingsperspectieven kunnen ook gecombineerd worden. Door bijvoorbeeld een Direct Reduction Plant te combineren met groene waterstof (als energetische aandrijving). Daarnaast kan de staalfabriek er ook voor kiezen om haar CO₂ af te vangen of de grondstoffen te vergoeden door middel van biokolen en/of biomassa.

F.2.4 Nieuwe verdienmodellen en bedrijven

Het beprijzen van klimaatschade helpt nieuwe en duurzame verdienmodellen verder te ontwikkelen. De impact op de nieuwe verdienmodellen bij de staalsector bij binnenlands beleid (Scenario's 1 en 3) lijkt beperkt. Het gaat om een internationale markt met homogene producten, waar sterk wordt geconcentreerd. Bij het beprijzen van klimaatschade en het afbouwen van fossiele subsidies liggen dus eerder weglekeffecten voor de hand.

De verwachte effecten van de maatregelen bij internationaal beleid staan hierna beschreven per bedrijfsmodel.

Recyclen van staal

Gelet op het volume is staal reeds het meest gerecyclede metaal, en er bestaat een functionerende keten voor het recyclen van staal. Momenteel komt ongeveer 40% van het geproduceerde staal voort uit gerecycled materiaal. Dit duidt op een reeds concurrerende businesscase van het recyclen van staal ten opzichte van fossiel staal (Björkman & Samuelsson, 2014).

Gelijktijdig staat er nog steeds veel vraag naar fossiel staal. Dit kan verklaard worden door de groeiende vraag naar staal. Er komt te weinig schroot vrij om de toenemende mondiale vraag naar staal te voorzien. Daarom zal staal ook deels afhankelijk zijn van de decarbonisatie van de bestaande staalindustrie en circulaire alternatieven.

Het recyclen van staal vereist tot wel tien keer minder energie dan de fossiel productie van staal uit virgin ijzererts (Harvey, 2021). Bezien vanuit het scenario, waarin het energie-verbruik sterker wordt belast door het beprijzen van klimaatschade of het afschaffen van fossiele subsidies, zal dit resulteren in een betere concurrentieposities voor het recyclen van staal. Dit zal mogelijk resulteren in nieuwe stromen van staalschroot die worden gerecycled.

Houtbouw

Ter vervanging van stalencomposities in de bouw kan gebruikt gemaakt worden van verschillende soorten hout. Denk bijvoorbeeld aan kruislaaghout en gelamineerd hout. Kruislaaghout kan nu al concurreren met andere constructies. Zo kan het zelfs een kostenreductie van 21,7% opleveren ten opzichte van andere alternatieven (Mallo & Espinoza, 2016). Een generieke analyse van biobased en circulair bouwen stelt dat, op basis van de lange termijn, de investeringsrentabiliteit van circulair en biobased bouwen hoger is dan traditioneel bouwen (0 tot 4% toename). Dit komt met name door de hoge CO₂-kosten van traditioneel bouwen (Alba Concepts, 2023).

Het beprijzen van klimaatschade en/of afschaffen van fossiele subsidies verbetert de businesscase van houtbouw. De productie van staal is energie-intensiever dan houtbouw. Daarnaast is staal zwaarder, waardoor speciaal transport en andere energie-intensieve machines nodig zijn. Dit is geen vereiste voor houtbouw, wat bijvoorbeeld ook middels conceptueel bouwen en/of prefabricage kan worden samengesteld. Zowel het productie- en plaatsingsproces van staal is energie-intensiever. Uitgaande van een hogere beprijzing van het energieverbruik zal dit resulteren in hoger verbruik van houtbouw (zoals kruislaaghout).

Voor houtbouw gelden ook andere beperkingen die moeten worden overkomen, voordat het grootschalig kan worden ingezet. Zo is de bouwsector conservatief, en is het gebruik van nieuw materieel (zoals kruislaaghout en gelamineerd hout) beperkt. Daarnaast is de binnenlandse oogstrijmte om hout te winnen beperkt. Nederland is daarom afhankelijk van het buitenland voor de aanlevering van hout. De bouw van alle huizen in Nederland ligt daarom niet voor de hand op korte termijn. Wel valt een toename in het aandeel te verwachten.

Bio-composieten

Bio-composieten bestaan in verschillende vormen en kunnen voor verschillende toepassingen worden gebruikt. Bekende voorbeelden van een bio-composiet zijn glasvezel, koolstofvezel en vlasvezel. Deze voorbeelden kunnen goed worden toegepast in de automotivesector ter vervanging van staal. Bio-composiet heeft als voordeel dat het licht is en kan voldoen aan hoge kwaliteitseisen.

Uit een kostenanalyse van glas en vlasvezel blijkt dat een versterkt carrosserie van vlasvezel voor een auto goedkoper is dan staal (bij een productievolume van 105.000 stuks). Koolstofvezel en vlasvezel zijn vooral competitief bij lagere productievolume's, vanwege de hoge variabele kosten en lage constante kosten. Een belangrijke beperking van bio-composiet zijn de hoge variabele kosten. Deze komen met name voort uit de hoge materiaalkosten van bio-composiet (Sarfray et al., 2021).

Door het beprijzen van de klimaatschade en/of afschaffen van fossiele subsidies worden ook de materiaalkosten van staal duurder. Dit verbetert dus de concurrentiepositie van bio-composiet. Mogelijk wordt het dan ook rendabel om bij hogere productievolume's bio-composiet in te zetten.

Elektrificatie van staalfabriek

Omdat er niet genoeg hoogwaardig staalschroot beschikbaar is voor recycling ligt het voor de hand dat er ook nog nieuw staal geproduceerd gaat worden. Het omzetten van ijzererts in staal gebeurt nu vooral op basis van steenkolen en andere fossiele energetische bronnen zoals aardgas. Een van de handelingsperspectieven om de fossiele staal te verduurzamen is elektrificatie van de productieprocessen. Door bijvoorbeeld een electric furnace of een direct reduction plant in te zetten.

Momenteel gaat er veel klimaatschade gepaard met het gebruik van kolen door de staal-industrie. Dit brengt hoge ETS-kosten met zich mee. Gelijktijdig richten veel van de fossiele subsidies zich op het kool- en aardgasverbruik van de staalindustrie. Door deze fossiele subsidies af te schaffen en/of de klimaatschade te beprijzen zal de kostprijs van fossiel staal toenemen. Hierdoor wordt het aantrekkelijker voor de staalindustrie om haar productieproces te elektrificeren.³⁹

Decarbonisatie van staalfabriek

Het decarboniseren van de staalfabriek wordt vooral beïnvloedt door het beprijzen van de klimaatschade en het EU-ETS. Groengas en waterstof worden op dit moment op dezelfde manier belast als aardgas. Vanuit het afschaffen van de EB-vrijstellingen komt er dus geen sterke incentive om groengas of waterstof te gebruiken.

Deze incentive komt wel vanuit het beprijzen van de klimaatschade en het EU-ETS. Het productieproces van Tata Steel is momenteel zeer koolstofintensief, wat veel milieu-schade en ETS-kosten met zich meebrengt. Dit zal de kosten voor het gebruik van kolen (en aardgas) vergroten, waardoor het aantrekkelijker wordt om gebruik te maken van biokolen, groengas en waterstof. Een sluitende businesscase, bij een CO₂-prijs van € 130 per ton, kan wel behaald worden voor groengas. Bij groene waterstof lijkt de onrendabele top te groot.

F.2.5 Impact op de sector

Scenario 1: Klimaatschade wordt toegerekend door Nederlands beleid

De impact op de sector bij het beprijzen klimaatschade en/of afbouwen van de fossiele subsidie verbetert de relatieve concurrentiepositie van circulaire en innovatieve verdienmodellen ten opzichte van virgin staal. In tegenstelling tot de kunststoffen, valt voor de duurzame alternatieven van staal wel een groter marktaandeel te verwachten.

De meeste kosten komen namelijk voort uit het EU-ETS. De restricties uit het EU-ETS gelden voor alle Europese staalproducenten. Daarnaast geldt het CBAM voor de staalindustrie, waardoor Europese staalproducenten ook beschermd worden voor concurrentie uit non-EU landen. Gelijktijdig verbetert de relatieve concurrentiepositie van de circulaire en biobased verdienmodellen significant, omdat veel van de klimaatschade nog niet is ingeprijsd. Een deel van de circulaire en biobased verdienmodellen kunnen momenteel al concurreren met fossiel staal. Dit biedt mogelijk dus nieuwe kansen voor circulaire en biobased verdienmodellen.

³⁹ Wel wordt elektriciteit per GJ zwaarder belast dan aardgas. Dit werkt het elektrificeren van de fossiele bedrijfsprocessen mogelijk tegen.

Gezien de bescherming vanuit het EU-ETS en CBAM valt te verwachten dat het marktaandeel van circulaire en biobased verdienmodellen stijgt. Verder ligt het in de lijn der verwachting dat er meer wordt ingezet op decarbonisatie en elektrificatie. Wel zijn de effecten kleiner ten opzichte van Scenario 2, want het nationaal inprijzen van de klimaat-schade (en/of afschaffen van de fossiele subsidies) zorgt voor additionele kosten die alleen van kracht zijn op Nederlandse staalproducenten. Hierdoor neemt de kostprijs van fossiel staal toe en zullen er ook weglekeffecten optreden. Bij het nationaal beprijzen ontstaat de prikkel om meer staal in te kopen uit andere buurlanden (zoals Luxemburg en Duitsland).

Scenario 2: Klimaatschade wordt toegerekend door Europees beleid

Indien de klimaatschade in de EU wordt ingeprijsd dan zijn er grotere milieueffecten te verwachten. Het CBAM beschermt de staalindustrie tegen concurrentie buiten de EU, terwijl de klimaatschade wordt toegerekend door Europees beleid. In een dergelijke situatie zullen de kosten van staal sterk toenemen. Gezien de alternatieven die reeds concurrerend zijn, zoals recycling, houtbouw, bio-composiet, is de verwachting dat het marktaandeel van deze technieken zal toenemen. Gelijktijdig zal het inzetten van decarbonisatieopties ook aantrekkelijker worden, vanwege het hogere beprijzingsniveau voor de klimaatschade (en het EU-ETS).

F.3 Bouwmaterialen: Mineralogische industrie

Om de impact van het afschaffen van de fossiele subsidies inzichtelijk te maken voor bouwmaterialen is er (onder andere) gekeken naar case van keramiek. Binnen het productieproces van keramiek worden er verschillende producten geproduceerd. Denk bijvoorbeeld aan bakstenen en dakpannen. De productieprocessen van keramiek kent veel overeenkomsten met de productieprocessen van andere bouwmaterialen (denk bijvoorbeeld aan asfalt, steenwol en glaswol). Al deze productieprocessen kennen een grote warmtevraag.

De grondstoffen voor de keramische industrie doorlopen verschillende fases, waarbij ze worden vervormd, gedroogd en verhit om te komen tot het eindproduct. Bij veel van deze fases is er energie nodig ter aandrijving van de productieprocessen. Met name het vervormen en verhitten van de grondstoffen vraagt veel energie. Op dit moment maakt de keramische industrie vooral gebruik van aardgas om te voorzien in haar warmtevraag. Het drogingsproces wordt voor een groot deel aangedreven met restwarmte. Bij bakstenen en dakpannen wordt er 2,31 GJ per ton product verbruikt aan aardgas, terwijl dit 0,25 GJ per ton product is voor elektriciteit (PBL, 2020a).

Een hoog aardgasverbruik is kenmerkend voor de bouwmaterialensector. Momenteel kent de bouwmaterialensector een EB-vrijstelling vanuit het mineralogische procedés voor haar aardgasvraag. Als mineralogisch procedés wordt aangemerkt de vervaardiging van (Belastingdienst, 2021):

- glas en glaswerk;
- keramische producten;
- cement, kalk of gips;
- kalkzandsteen of cellenbeton;
- steenwol.

F.3.1 Beprijzing klimaatschade en afschaffen fossiele subsidies

Trinomics heeft in impactanalyse onderzocht wat de gevolgen zijn van het afschaffen van de vrijstelling voor de mineralogisch procedés. Hierbij is specifiek gekeken naar de impact op de bouwmaterialensector. Bij de voortzetting van het huidige proces ondervindt de bouwmaterialensector een lastenstijging van € 73 miljoen. Hiermee stijgen de energiekosten met 9%.

Daarnaast valt ook een deel van de keramische industrie onder het EU-ETS. Bedrijven vallen onder het EU-ETS als er meer dan 75 ton keramische producten per dag worden geproduceerd.⁴⁰ Momenteel ontvangen bedrijven gratis ETS-rechten. Wanneer deze gratis ETS-rechten worden afgebouwd, zullen ook de kosten stijgen voor de keramische industrie. Deze kosten zijn nu nog onbekend. Hetzelfde geldt voor het afschaffen van de degressiviteit binnen de energiebelasting. Wat ook (financiële) gevolgen zal hebben voor de bouwmaterialensector.

F.3.2 Prijseffecten in de energie- en grondstofketen

De prijseffecten in de bouwmaterialensector lijken beperkt. Het beprijzen van de klimaatschade en het afschaffen van de fossiele subsidies hebben vooral een impact op de energiekosten binnen de bouwmaterialensector. Trinomics heeft berekend dat de kosten voor het afschaffen van de vrijstelling van de mineralogische procedés zorgt voor een stijging van de energiekosten met 9% voor bouwmaterialensector in 2025.

De EB-vrijstelling zorgt voor een beperkte toename van de totale bedrijfskosten, omdat energiekosten maar een klein aandeel vertegenwoordigen binnen de totale bedrijfskosten van de bouwmaterialensector. De totale bedrijfskosten stijgen slechts met 0,9% door het afschaffen van mineralogisch procedés. Er zijn ook andere bedrijfskosten, die zich relateren aan het afschaffen van de fossiele subsidies, dus de impact op de bedrijfskosten zal groter zijn. Maar lijkt bijvoorbeeld significant lager ten opzichte van de staalsector.

De stijging van de energiekosten lijkt voor sommige bouwmaterialen wel voelbaar. Dit ligt met name aan de energie-intensiteit van de bouwmaterialen. Met name materialen, zoals beton, glas en baksteen zijn relatief energie-intensief (en worden in Nederland gemaakt). Deze materialen zullen een kostprijsverhoging ondergaan. Ook wordt verwacht dat het EU-ETS de prijs van energie-intensieve bouwmaterialen met tientallen procenten zou kunnen doen laten stijgen.⁴¹ De impact op de sector lijkt dus sterk te verschillen per type product.

Koolstoflekkage

Het doorberekenen van de kosten in de bouwmaterialenketen is lastig vanwege de concurrentie uit andere EU-landen. De bouwmaterialenmarkt heeft een internationaal karakter. De glassector vertoont een aanzienlijke handelsintensiteit, zowel binnen de EU als met niet-EU-landen. Gezien de hoge handels- en energie-intensiteit van de glassector is het huidige risico op weglekken relatief hoog (Trinomics & BlueTerra, 2023). De toename van kosten als gevolg van het stopzetten van fossiele subsidies en het beprijzen van klimaatschade verhoogt dit reeds bestaande risico.

⁴⁰ [Deelnamecriteria EU ETS | Nederlandse Emissieautoriteit](#)

⁴¹ [Bouwkosten nemen toe in 2022 door duurdere materialen en loonkosten \(consultancy.nl\)](#)

De mate waarin er weglek plaatsvindt zal verschillen per type sector. Bakstenen worden bijvoorbeeld verhandeld op een relatief lokale markt, vanwege de hoge vervoerskosten (CE Delft, 2021a). Daarnaast beperkt de handel in keramische producten (zoals bakstenen) zich tot EU-landen in tegenstelling tot de glassector. De weglekeffecten lijken dus minder significant voor specifieke productcategorie, dit stimuleert het verduurzamingsperspectief (circulair, biobased en decarbonisatie) voor deze categorieën.

Bij Scenario's 1 en 3 lijken weglekeffecten aanwezig, maar de mate waarin de weglekeffecten plaatsvinden verschilt sterk per type product. Voor sommige producten (steenfabrieken) is het weglekrisico beperkter en zijn er betere handelingsperspectieven voor verduurzaming, terwijl dit bij andere productgroepen (glasfabrieken) minder het geval is.⁴²

Bij Europese beprijzing (Scenario 2) lijkt het verduurzamingsperspectief voor alle productgroepen te verbeteren. Wel bestaat er dan nog weglekrisico naar buiten Europa, omdat een groot deel van de mineralogische industrie niet onder het CBAM valt.

F.3.3 Circulaire strategieën

Vraagvermindering

De binnenlandse vraagelasticiteit van bouwmaterialen zijn laag (-0,2). Dit veronderstelt dus dat de totale vraag naar bouwmaterialen binnen Nederland inelastisch is (Trinomics & BlueTerra, 2023). De impact op de totale vraag lijkt hiermee beperkt. Dit lijkt een aannemelijk scenario, omdat bouwmaterialen ten alle tijden nodig zijn voor de bouw van huizen. Dit is geen luxe product, maar een essentieel goed.

Substitutie

Er bestaan verschillende substitutieopties voor fossiele bouwmaterialen. De substitutieopties kunnen worden opgedeeld in twee hoofdcategorieën: recyclen, en biobased bouwen. Hieronder staat een lijst met mogelijke substitutieopties:

- lichtere klinkers (energie-efficiëntie);
- gerecyclede klinkers;
- kurk;
- vlasvezel;
- hennepbeton;
- riet;
- bamboe;
- hout;
- mycelium.

De substitutieopties richten zich met name op (bak)stenen, omdat hier de weglekeffecten minder significant zijn en het verduurzamingsperspectief groter is. Veel van de substitutietechnieken voor stenen bevinden zich nog in de opstartfase. Houtbouw en het recyclen van klinkers ter vervanging van bouwmaterialen is al relatief ver ontwikkeld, terwijl het gebruik van meer complexe materialen (zoals kurk, bamboe, mycelium, lichtere klinkers) nog als

⁴² Bakstenen worden (ook) in verschillende landen in West-Europa geproduceerd. Er kan dus ook weglek ontstaan richting deze West-Europese landen voor de Nederlandse bakstenensector. De weglekeffecten zijn naar verwachting kleiner dan voor de glassector, want de hoge transportkosten binnen de bakstenensector dienen als markt-barrière voor andere West-Europese baksteenproducenten.

een noviteit worden gezien in de bouwsector. Deze materialen dienen nog verder ontwikkeld c.q. opgeschaald te worden.

Decarbonisatie brandstoffen

Ook voor het decarboniseren van de bouwmaterialensector bestaan er verschillende opties. Deze richten zich met name op het elektrificeren van de warmtevraag en het decarboniseren van het productieproces. Hieronder staat een lijst met de verschillende decarbonisatiemogelijkheden, die reeds (of bijna) commercieel beschikbaar zijn (PBL, 2020a):

- groengas;
- elektrische keramiekoven;
- warmtepomp;
- keramiekoven op groene waterstof;
- geothermie;
- CCU/CCS.

Het beprijzen van de klimaatschade overbruggt niet (in veel gevallen) de complete onrendabele top van technieken met een laag TRL-niveau. Denk bijvoorbeeld aan groene waterstof, wat zich nog bevindt in de opschalingsfase en (beperkt) commercieel beschikbaar is. De meerjarige beprijzing van klimaatschade heeft veel invloed op het ontwikkelpad van deze relatief nieuwe technieken. Een meerjarig beprijzingspad verbetert de business-case van deze innovatieve technieken en helpt deze technieken verder op te schalen (en door te ontwikkelen).

F.3.4 Nieuwe verdienmodellen en bedrijven

Het beprijzen van klimaatschade helpt nieuwe en duurzame verdienmodellen verder te ontwikkelen. De impact op de nieuwe verdienmodellen bij de staalsector bij binnenlands-beleid (Scenario's 1 en 3) lijkt voor sommige bouwmaterialen beperkt, terwijl deze bij andere bouwmaterialen wel aanwezig zijn. Bij het Europees beprijzen van de klimaatschade (Scenario 2) lijkt het verduurzamingsperspectief voor alle bouwmaterialen te verbeteren. De implicaties van het beprijzen van de klimaatschade en het afbouwen van fossiele subsidies worden hierna besproken voor de nieuwe verdienmodellen.

Recyclen van bouwmaterialen (met conceptueel bouwen)

Momenteel komt het meeste afval vrij bij de sloop/nieuwbouw van huizen, maar is ook goed voor ruim de helft van het gebruik van alle gerecyclede materialen. Bijna 38% van de gebruikte materialen in de bouwsector was gerecycled. De bouw gebruikte vooral minerale afvalstoffen, zoals puin, voor de aanleg van wegen (CBS, 2019).

Bij de inzet van gerecycled materiaal is niet alleen de gebruikte hoeveelheid van belang, maar ook de hoogwaardigheid van het gerecyclede materiaal. Zo kan een gebouw worden gesloopt, en het puin worden gebruikt voor de aanleg van wegen. Maar de slooponderdelen van een gebouw kunnen ook worden gebruikt om een nieuw gebouw te maken. Recyclen in de bouwsector lijkt al kosteneffectief gezien de hoge mate waarin bouwmaterialen gerecycled worden. Wel vindt er veel downcycling plaats.

Onderzoek laat zien dat closed-looprecycling en het hergebruik van bouw materiaal ook lonend kan zijn vanuit een bedrijfseconomische optiek. Een literatuurstudie stelt dat recycling en hergebruik van bouw materiaal aan het einde van de levensduur van gebouwen vanuit economisch perspectief rendabel kan zijn (Ghisselini et al., 2018). Zo is het hergebruik van beton en lichte bakstenen al kosteneffectief in veel gevallen.

Daarbij dient vermeld te worden dat de kosteneffectiviteit van recycling en hergebruik van bouw materiaal sterk kan verschillen per locatie en case. De economische haalbaarheid van recycling en hergebruik hangt af van verschillende factoren, zoals het type materiaal, bouwelementen, transportafstanden, economische en politieke context (Kralj & Markic, 2008).

Door de kostprijs van fossiele bouwmaterialen te vergroten wordt de economische haalbaarheid van het recyclen en het hergebruiken van bouw materiaal in meer gevallen lonend. Dit verhoogt naar alle waarschijnlijkheid de inzet van (hoogwaardige) recycling en hergebruik in de bouwsector. Zaken zoals conceptueel bouwen worden dan ook lonender, en kunnen het recycling en hergebruik verder stimuleren (door de recyclebaarheid van bouwmaterialen te vergroten en de kosten laag te houden).

Biobased bouwen

De bouwsector zal deels afhankelijk blijven van fossiele en biobasedmaterialen. Met recycling en hergebruik kan niet voorzien worden in de materiaalvraag van de woningbouwsector. Ook met hergebruik kan de doelstelling niet gerealiseerd worden: hergebruik kan slechts voorzien in 20% van de materiaalvraag van de woningbouwsector. Daarbij kan circulair en biobased bouwen het grondstoffenverbruik van woningbouwsector verlagen met 11,7%. Er lijkt dus een belangrijke rol weggelegd voor circulair en biobased bouwen (Ministerie van BZK, 2023).

Een studie van Copper8 stelt dat een CO₂-prijs veel invloed zal hebben op de bouwsector binnen Nederland. Een groot deel van de CO₂-uitstoot van de bouw is het gevolg van de productie van bouwmaterialen. Het verduurzamen van de industrie is daarom belangrijk. Het rekenen met een CO₂-prijs van € 130 per ton zorgt voor maatschappelijke baten van € 630 miljoen (Copper8, 2023).

Uit onderzoek van Alba Concepts (Alba Concepts, 2023) blijkt dat de investering in circulair en biobased bouwen ten opzichte van traditioneel bouwen tussen de 3 en 9% hoger ligt in de huidige economie. Ondanks dat circulair en biobased bouwen een hogere investering vereisen, zou deze strategie leiden tot een 0-4% hogere investeringsrentabiliteit dan traditioneel bouwen op de lange termijn. Dit heeft voornamelijk te maken met de beprijzing van CO₂, die bij circulair bouwen 19 tot 31% lager ligt dan bij traditioneel bouwen (Alba Concepts, 2023).

Het afbouwen van fossiele subsidies zal de concurrentiepositie van deze circulaire en biobased bouwmaterialen verbeteren, door de broeikasgasemissies van de bouwsector zwaarder te belasten. In het onderzoek van Trinomics is berekend dat de bedrijfskosten van de bouwsector met 1% stijgen door het afschaffen van de mineralogische procedés. Dit zou de investeringsrentabiliteit voor circulair en biobased bouwen verder verhogen. Hiermee lijkt dus op korte termijn al een sluitende businesscase te ontstaan voor circulair en biobased bouwen.

In de nationale aanpak biobased bouwen wordt de potentie van biobased en circulair bouwen onderkend. 9% wordt als een realistisch percentage genoemd voor de invulling van de totale materiaalvraag van nieuwbouwwoning met biobased bouwmaterialen (en 30% voor utiliteitsbouw en isolatie). Een toename in het gebruik van biobased bouwmaterialen wordt dus ook door de overheid gezien als een realistische optie.

Decarbonisatie warmtevraag

Om te voorzien in de warmtevraag bij het productieproces van bouwmaterialen kan er gebruik gemaakt worden van verschillende technieken, denk bijvoorbeeld aan groengas, waterstof en een elektrische warmtepomp. Dit is van belang, omdat een deel van de bouwmaterialen geproduceerd zal worden door de industrie. De verwachting bestaat dat de materiaalvraag niet voorzien kan worden met gerecyclede en biobased materialen. Het gebruik van groen waterstof en groengas wordt slechts beperkt gestimuleerd door het afschaffen van de fossiele subsidies. Deze worden namelijk op dezelfde manier belast als aardgas. Wel wordt het gebruik van groengas en waterstof gestimuleerd vanuit EU-ETS en de binnenlandse CO₂-heffing. De processen binnen de mineralogische industrie zijn warmte-intensief en kennen daardoor een hoge CO₂-intensiteit. Het incentive lijkt vanuit het EU-ETS dus substantieel (Copper8, 2023). Het grootste decarbonisatiepotentieel wordt op dit moment toegedicht aan groengas (Trinomics & BlueTerra, 2023). De onrendabele top van groene waterstof is tot nu toe nog te groot.

Een andere manier om de warmtevraag van de industrie te verduurzamen zijn elektrische warmtepompen. In Europa lijkt er al een sluitende businesscase te bestaan voor warmtepompen. Deze analyse richt zich echter op warmtepompen met een capaciteit tot 200 graden (Marina et al., 2021). In het meest gunstige geval lijken zelfs temperaturen van 280 graden (economisch) haalbaar (Zühlsdorf et al., 2019). De warmtevraag van de mineralogische industrie is voor veel processtappen hoger. Warmtepompen zijn daarom niet toepasbaar bij alle processtappen binnen de mineralogische industrie. Het beprijzen van klimaat-schade en/of het afschaffen van fossiele subsidies helpt een sluitende businesscase te behalen voor hogere temperatuur warmtepompen, waardoor een groter deel van de warmtevraag van de mineralogische industrie kan worden verduurzaamd.

F.3.5 Impact op de sector

Scenario 1: Klimaatschade wordt toegerekend door Nederlands beleid

Veel van de bouwmaterialen worden verhandeld op een internationale markt. De kans op weglekeffecten bij het beprijzen van de klimaatschade binnen Nederland lijkt reëel, vanwege de hoge handelsintensiteit met het buitenland. Daarnaast valt alleen de cement-industrie onder het CBAM, en lijken dus ook weglekeffecten naar non-EU landen tot de mogelijkheden te behoren.

Door de beprijzing van de klimaatschade lijken traditionele bouwmaterialen duurder te worden. De woningbouwsector opteert hierdoor mogelijk voor andere producten. Biobased en gerecyclede bouwmaterialen kunnen in sommige gevallen al concurreren met traditionele bouwmaterialen. Door het beprijzen van fossiel verbetert de relatieve concurrentiepositie van biobased en gerecyclede bouwmaterialen ten opzichte traditionele bouwmaterialen uit Nederland. Dit geldt echter ook voor buitenlandse traditionele bouwmaterialen.

Het aandeel biobased en gerecyclede bouwmaterialen kan dus toenemen, maar ook volledig weglekken naar het buitenland. De positieve impact bij het inprijzen van klimaatschade op circulaire en innovatieve verdienmodellen lijkt dus beperkt, wanneer dit alleen in Nederland gebeurt.

Scenario 2: Klimaatschade wordt toegerekend door Europees beleid

Het Europees beprijzen van de klimaatschade lijkt meer effect te hebben, dan verbetert alleen de concurrentiepositie van circulaire verdienmodellen (in Europa). Op dit moment kunnen verschillende circulaire en biobased bouwmaterialen (op basis van een lange-termijninvesteringshorizon en het sterker beprijzen van de broeikasgasemissies) al concurreren met traditionele bouwmaterialen. Het ligt dus in de lijn der verwachting dat bestaande circulaire initiatieven worden opgeschaald: downcycling van bouwafval, goedkope biobased bouwmaterialen, lage-temperatuur warmtepompen (tot 280 graden).

Gelijktijdig kan het additioneel beprijzen van de klimaatschade ervoor zorgen dat ook nieuwe verdienmodellen worden ontwikkeld. Denk bijvoorbeeld aan closed-loop en/of hoogwaardige recycling van bouwmaterialen, waarbij meer waarde van het bouw materiaal geconserveerd wordt. Daarnaast kan er gekeken worden naar de applicatie van nieuwe biomaterialen in de bouw, die op dit moment nog niet kunnen concurreren. Tot slot, ontstaan er mogelijk nieuwe initiatieven voor het ontwikkelen van hoge-temperatuur warmtepompen en het gebruik van groengas ter decarbonisatie van de keramische industrie.

F.4 Kunstmest: Basischemie

De productie van ammoniak is het meest energie-intensieve proces in de meststoffen-industrie. Ammoniak wordt geproduceerd met behulp van het Haber-Bosch-proces, waarin ammoniak wordt gesynthetiseerd uit waterstof en stikstof met behulp van een ijzeren katalysator. De stikstof is verkregen uit de omgevingslucht. Het waterstof wordt geproduceerd uit aardgas met behulp van een SMR.

De productie van ammoniak is het meest energie-intensieve proces in de meststoffen-industrie. Ammoniak wordt (bijna uitsluitend) geproduceerd in grootschalige fabrieken met behulp van het Haber-Bosch-proces. In Nederland verbruiken de ammoniakfabrieken gemiddeld 31 GJ per ton ammoniak.

Het gezuiverde ammoniakgas wordt omgezet in vloeibare ammoniak, wat vervolgens wordt gebruikt om verschillende soorten kunstmest te produceren. Aan ammoniak kunnen andere voedingsstoffen worden toegevoegd, zoals stikstof, fosfor en kalium, om de uiteindelijke samenstelling van de kunstmest te optimaliseren.

Naast ammoniak handelen de kunstmestfabrikanten ook in ureum. Hiervoor is CO₂ nodig die vrijkomt bij de SMR. Bovendien wordt een overschot aan CO₂ doorverkocht aan de tuinbouw en frisdrankindustrie. De kunstmestindustrie produceert en verkoopt dus verschillende producten, zoals ammoniak, ammonium nitraat, ureum, CO₂ en melamine (PBL & TNO, 2019).

De productieprocessen van de kunstmestfabrikanten zijn zeer energie-intensief. Zo wordt bijvoorbeeld aardgas als grondstof verbruikt. Het beprijzen van de klimaatschade en het afschaffen van de fossiele subsidies lijken daarmee een significante impact te hebben op de kunstmestindustrie.⁴³

⁴³ Melamine is geen kunstmest maar een grondstof in de chemie.

F.4.1 Beprijzing klimaatschade en afschaffen fossiele subsidies

De ammoniakfabrieken zijn op verschillende manieren vrijgesteld van fiscale heffingen. Zo ontvangen de ammoniakfabrieken dispensatierechten voor het EU-ETS en de binnenlandse CO₂-heffing voor de industrie. Daarnaast vallen de ammoniakfabrieken onder het degressieve energiebelastingstelsel, en betalen ze als grootafnemer van elektriciteit en aardgas een lager tarief.

Daarnaast geldt er voor de ammoniakfabrieken nog een belangrijke vrijstelling. Dit is de vrijstelling van de non-energetische input voor de energiebelasting. Aardgas wordt als grondstof gebruikt om waterstof te maken. Dit wordt beschouwd als non-energetisch aardgasverbruik. Daarmee verbruikt de kunstmestsector het grootste volume non-energetisch aardgas in Nederland (ongeveer 60 PJ).

Het belasten van non-energetisch verbruik van aardgas zal bij het huidige proces leiden tot € 140 miljoen aan extra kosten voor de ammoniakfabrieken. Daarbij komt nog dat de CO₂-uitstoot in het huidige proces resulteert in € 385 miljoen aan EU-ETS lasten. De binnenlandse CO₂-heffing zorgt voor € 165 miljoen aan extra lasten voor de kunstmestfabrikanten (Kalavasta, 2023). De huidige lasten van de CO₂-heffing voor de kunstmestfabrikanten zijn nihil.

F.4.2 Prijseffecten in de energie- en grondstofketen

Kunstmest wordt momenteel gemaakt middels het Haber-Bosch-proces. Het Haber-Bosch-proces is momenteel een van de grootste energieverbruikers ter wereld, verantwoordelijk voor 1,2% van de wereldwijde CO₂-uitstoot (Smith et al., 2019). Veel van het aardgasverbruik voor de productie van grijze waterstof was vrijgesteld van belastingen, evenals de CO₂-emissies en de klimaatschade van het Haber-Bosch-proces die hiermee gepaard gaan. De prijseffecten binnen de energie- en grondstofketen voor de kunstmestproductie zijn significant, wanneer deze factoren wel worden belast. Ter illustratie, de hogere aardgasprijzen (in combinatie met hogere arbeidskosten) hebben de prijzen van kunstmest doen laten toenemen met 75% in 2022 volgens het LTO.⁴⁴

Koolstoflekkage

Momenteel worden de energiekosten als leidend gezien voor de keuze van de productie-route van kunstmest (Yüzbasioğlu et al., 2021). Hieruit kan worden opgemaakt dat de kunstmestfabrikanten de energiekosten zien als een essentiële factor voor het behoud van hun verdienmodel. Eerder is door de hogere aardgasprijzen gekozen voor import van ammoniak uit het buitenland, omdat dit goedkoper was. Dit indiceert dat het risico op weglekeffecten reëel is voor de kunstmestindustrie.

Dit komt ook terug in de speelveldtoets van 2023. Hieruit blijkt dat de kunstmestsector haar klimaatkosten niet kan doorberekenen aan haar klanten. Yara heeft als één van de grootaanbieders op de kunstmestmarkt een relatief klein marktaandeel. De kunstmestmarkt is verdeeld onder veel aanbieders, wat duidt op een hoge mate van concurrentie.

De verkoopprijzen worden bepaald op een internationale markt, daardoor is het niet aanvaardbaar dat de additionele kosten doorberekend kunnen worden in de keten (Strategy&, 2023).

⁴⁴ [Boeren slaan alarm om combinatie van hogere prijzen \(businessinsider.nl\)](https://www.businessinsider.nl/nieuws/boeren-slaan-alarm-om-combinatie-van-hogere-prijzen)

Bij additionele klimaatkosten uit binnenlands klimaatbeleid (Scenario's 1 en 3) zal dus een deel van de markt weglekken naar het buitenland. De kunstmestindustrie valt wel onder het CBAM. Het verschil in klimaatkosten uit klimaatbeleid wordt dus gecorrigeerd ten opzichte van non-EU landen. De weglekeffecten bij Europese beprijzing lijken dus minder zeer beperkt aanwezig bij Scenario 2. Dit vergroot het verduurzamingsperspectief voor de kunstmestindustrie.

F.4.3 Circulaire strategieën

Vraagvermindering

De landbouwsector maakt nu nog veel gebruik van kunstmest. De voedsel- en landbouwmarkt is relatief inelastisch (-0,2), want het betreft een essentieel goed (Trinomics & BlueTerra, 2023). Momenteel zijn er nog geen betaalbare alternatieven die de functie van kunstmest kan vervullen. Daarnaast vragen veel van de alternatieven (biologische landbouw) een grootschalige omschakeling ten opzicht van de status quo (intensieve landbouw). Dit bemoeilijkt het afschalen van de binnenlandse vraag naar kunstmest.

Kunstmest-alternatieven

Er bestaan verschillende alternatieven voor het gebruik van fossiele kunstmest. Een van de mogelijkheden is om biologische alternatieven zoals compost, digestaat en dierlijke meststoffen in te kopen. Anderzijds is het ook mogelijk voor de boerderijen om deze grondstoffen zelf te produceren middels biologische landbouw.

- biologische landbouw;
- compost;
- precisielandbouw;
- vermicompost;
- digestaat;
- dierlijke meststoffen;
- nieuwe meststoffen uit reststromen (bijvoorbeeld rioolwater);
- gewasrotaties met vlinderbloemigen;
- groenbemesters.

Veel van de alternatieven die hier genoemd staan zijn al verder ontwikkeld en kennen een hoger TRL-level. Het gaat immers om technieken die al eeuwen worden toegepast, zoals composteren. Wel wordt er voortdurend gezocht naar nieuwe manieren om het bemestingsproces te optimaliseren. Deze nieuwe, en mogelijk disruptieve, technieken zijn vaak nog in ontwikkeling en kennen een laag TRL-level. Dit lijkt zich vooral te richten op het verduurzamen en verder optimaliseren van bestaand processen.

Kunstmest kan, vanwege haar specifieke producteigenschappen, niet één-op-één worden vervangen door andere circulaire en biobased alternatieven. Dit vergt, en is vaak onderdeel van, een bredere landbouwtransitie. Denk bijvoorbeeld aan de implementatie van kringloop, biologische, of extensieve landbouw.

Decarbonisatie

Naast het zoeken van duurzame alternatieven kan de kunstmestindustrie ook op zoek gaan naar decarbonisatiestrategieën voor de productie van kunstmest. De meest realistische optie voor het vergroenen van het productieproces is de inzet van groene of blauwe waterstof c.q. ammoniak. Hierbij kunnen de kunstmestfabrieken er ook voor kiezen om groene of blauwe ammoniak te importeren uit het buitenland, omdat de energie-opwek daar mogelijk goedkoper is. Een andere optie is het vergassen van biomassa.

- groene of blauwe ammoniak;
- groene of blauwe waterstof;
- vergassing van biomassa of afval (voor waterstof/CO₂);
- CCU of CCS.

F.4.4 Nieuwe verdienmodellen en bedrijven

Biologische landbouw

Momenteel wordt 4% van landbouwareaal ingezet voor biologische landbouw. Dit betreft 19.500 hectare akkerbouw en 56.600 hectare melkveehouderij. De rijksoverheid probeert dit aandeel te verruimen naar 30% van het landbouwareaal (Ministerie van LNV, 2022).

De biologische akkerbouw gebruikt geen kunstmest (en bestrijdingsmiddelen) en heeft daarom (over het algemeen) een lagere CO₂-emissie. Daar staat tegenover dat de bio-akkerbouw meer brandstof verbruikt voor mechanische onkruidbestrijding. De gewas-opbrengsten kunnen tot 36% lager zijn in bio-akkerbouw. Daarom zijn de emissies van bio-akkerbouwers per hectare lager dan traditionele akkerbouwers, maar per kilo product kunnen ze hoger zijn.

De biologische melkveehouderij heeft een lagere veebezetting per hectare, gebruikt minder krachtvoer en gebruikt geen kunstmest en chemische bestrijdingsmiddelen. Dit resulteert in een lager energiegebruik van de bio-melkboer. Volgens cijfers uit het Bedrijfs Informatie Netwerk (BIN) is de uitstoot van broeikasgassen in de biologische melkveehouderij 33,3% lager per hectare en ongeveer gelijk per kilo melk ten opzichte van het gangbare melkveebedrijf (WUR, 2023).

Bij het beprijzen van de klimaatschade wordt de biologische melkveehouderij en veehouderij dus niet per se goedkoper en sommige gevallen zelfs duurder ten opzichte van conventionele landbouw (CE Delft, 2023f). Het afschaffen van de fossiele subsidies heeft wellicht wel een positieve impact. Dit lijkt vooral de biologische veehouderij te bevoordelen, vanwege het lagere energieverbruik. Bij akkerbouw is dit minder van toepassing. Zij gebruiken zelfs meer brandstof dan traditionele akkerbouwers.

Het is daarnaast nog onzeker of het afschaffen van de fossiele subsidies ook zorgt voor een extra prikkel bij het toepassen van kringlooplandbouw. Enerzijds worden door het hoger belasten van het energieverbruik (en kunstmest) voedingstoffen die in Nederland zijn geproduceerd duurder. Er ontstaat daardoor mogelijk een prikkel om voedingstoffen in het buitenland te kopen. Dit benadeelt kringlooplandbouw, wat gebruik probeert te maken van lokale meststoffen. De hogere kosten voor het kunstmest zorgt er wel voor dat er een prikkel ontstaat om zuiniger om te gaan met deze meststoffen. Dit sluit wel aan op de principes van kringlooplandbouw.

Biologische kunstmestalternatieven

Momenteel kunnen biologische kunstmestalternatieven al concurreren met andere afval-verwerkingstechnologieën onder verschillende economische omstandigheden. Veel van de biomassa wordt gebruikt voor de winning van biobrandstoffen en biogas, omdat dit een bekendere techniek is en meer rendabel is dan composteren (Lim et al., 2016). De inzet van digestaat, als restproduct van het vergisten van biomassa, ligt daarom meer voor de hand. Daarnaast kunnen ook alternatieve meststoffen worden gewonnen uit rioolwater. De inzet van deze mestalternatieven vergt wel een bredere landbouwtransitie op systeemniveau, waar kringlopen meer gesloten dienen te worden.

De concurrentiepositie van compost en andere organische meststoffen lijkt te verbeteren. Groengas en biobrandstoffen worden namelijk ook belast onder het EB-systeem, terwijl het gebruik van biomassa voor de productie van compost is vrijgesteld. Door fiscale vrijstellingen af te schaffen zullen groengas en biobrandstoffen duurder worden. Dit geldt niet voor composttechnieken. Dit lijkt dus een positieve impact te hebben op het aandeel van compost. Stikstofkunstmest is echter niet direct uitwisselbaar met compost, en vergt een grotere landbouwtransitie. Dit geldt naar verwachting ook voor andere organische meststoffen (bijvoorbeeld het winnen van meststoffen uit rioolwater; (Visser et al., 2016)).

Decarbonisatiestrategieën

De kunstmestfabrikanten hebben verschillende handelingsperspectieven om hun productieproces te decarboniseren. De belangrijkste opties die de kunstmestfabrikanten op dit moment hebben is het importeren van groene of blauwe ammoniak, het integreren van groene waterstof uit de backbone en het toepassen van CCS/CCU.

Het importeren van blauwe ammoniak lijkt op dit moment vanuit economisch perspectief al realiseerbaar. Blauwe ammoniak hoeft niet veel duurder te zijn dan groene waterstof. Het voegt immers maar één stap toe aan het bestaande proces, namelijk het afvangen van CO₂ middels CCS of CCU.⁴⁵ Het afvangen van CO₂ heeft een onrendabele top van € 50 tot 100 per ton CO₂ en lijkt dus haalbaar bij het beprijzen van de milieuschade (€ 130 per ton CO₂). Yara investeert nu al in CO₂-afvang in Sluiskil, om het vervolgens op te slaan in Noorwegen. Deze optie wordt dus al toegepast.⁴⁶

Een andere optie is het integreren van groene waterstof. Dit is op dit moment nog niet haalbaar, want de backbone is niet gereed. De verwachting is dat deze backbone in 2027 gereed is voor de kustclusters. Dan kan dus groene waterstof worden ingenomen.

Groene waterstof lijkt in het meest gunstige geval een onrendabele top te kennen van € 4,5 per kilogram waterstof ten opzichte van grijze waterstof in 2030. Het kan op dit moment dus nog niet concurreren met grijze waterstof, en kent een onrendabele top van ongeveer € 700 per ton CO₂. Het belasten van de klimaatschade (alsmede het EU-ETS) belast grijze waterstof sterker dan groene waterstof. Hierdoor verbetert dus de concurrentiepositie van groene waterstof. Echter lijkt de inzet van groene waterstof op korte termijn dus nog niet rendabel (CE Delft & TNO, 2023).

⁴⁵ [\(Groene\) ammoniak heeft potentie als drager van waterstof - VNCI](#)

⁴⁶ [Yara invests in CCS in Sluiskil and signs binding CO2 transport and storage agreement with Northern Lights - the world's first cross-border CCS-agreement in operation | Yara International](#)

Op dit moment zal, vanuit bedrijfseconomische optiek, blauwe ammoniakroute de voorkeur krijgen bij het reduceren van broeikasgassen van de ammoniakproductie op korte termijn. Technologische ontwikkelingen, schaalvoordelen, lagere duurzame energieprijzen en procesverbeteringen zullen de kostprijs van groene ammoniak c.q. waterstof ten goede komen. In de toekomst wordt groene waterstof wellicht ook concurrerend. Hierbij kan het additioneel beprijzen van klimaatschade helpen (Yüzbasioğlu et al., 2021).

F.4.5 Impact op de sector

Scenario 1: Klimaatschade wordt toegerekend door Nederlands beleid

Door het afschaffen van fossiele subsidies en het beprijzen van de klimaatschade worden vooral initiatieven die al kunnen concurreren positief beïnvloedt. Kunstmest wordt verhandeld op een internationale markt. De circulaire en biobased alternatieven concurreren daarom ook met kunstmest uit het buitenland. Voor de circulaire en biobased alternatieven die nog niet kunnen concurreren met (buitenlandse) kunstmest lijken de impacts beperkt. Denk bijvoorbeeld aan biologische landbouw, wat nu nog relatief duur is.

Wel valt te verwachten dat er meer wordt ingezet op het afvangen van CO₂ en/of het importeren van ammoniak. Dit wordt ook vanuit het EU-ETS gestimuleerd, en dit levert daarom een relatieve concurrentieverbetering op ten opzichte van Europese kunstmest. Tevens valt de mestindustrie onder het CBAM, en lijken weglekeffecten naar non-Europese landen beperkt.

Scenario 2: Klimaatschade wordt toegerekend door Europees beleid

Bij het Europees beprijzen van de klimaatschade vallen grotere effecten te verwachten. Hierbij verbetert namelijk de relatieve concurrentiepositie van circulaire en biobased verdienmodellen ten opzichte van alle kunstmestfabrikanten.

De impact op biologische landbouw lijkt beperkt, omdat de broeikasgassen per eindproduct van biologische landbouw hetzelfde zijn als traditionele landbouw. Wel is biologische veehouderij minder energie-intensief, en zorgt dit vanuit het afschaffen van de fossiele subsidies (ofwel het hoger belasten van het energieverbruik) voor een stimulans.

De concurrentiepositie van biologische of organische kunstmestalternatieven lijkt wel te verbeteren. De productie van het biologische of organische mestalternatieven worden immers niet belast onder de energiebelasting, terwijl dit voor vergisting of andere alternatieven wel geldt. Tot slot, lijkt het gebruik van blauwe ammoniak en waterstof gestimuleerd te worden. Hetzelfde geldt voor groene ammoniak en waterstof. Dit komt met name door de CO₂-reductie van deze technieken, wat resulteert in een lagere beprijzing van de klimaatschade en ETS-lasten.