



Klimaatwinst met voetafdrukbeleid voor de Nederlandse industrie?

Quickscan energie-intensieve industrie
met analyse van productievoetafdruk-
en locatiebeleid



CE Delft

Committed to the Environment

Klimaatwinst met voetafdrukbeleid voor de Nederlandse industrie?

Quickscan energie-intensieve industrie met analyse van productievoetafdruk- en locatiebeleid

Dit rapport is geschreven door:

Sanne Nusselder

Martijn Broeren

Geert Bergsma

Delft, CE Delft, 12 juni 2018

Publicatienummer: 18.2P21.068

Betonindustrie / Staalindustrie / Chemische industrie / Productieprocessen / Emissies / Reductie / Locatie / Beleid / Analyse
VT: Voetafdruk

Oprachtgever: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

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

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Geert Bergsma (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 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	4
1	Introductie	11
2	Methodiek	15
	2.1 Theoretisch kader: locatie- en voetafdrukprincipe	15
	2.2 Vraagstelling	17
	2.3 Aanpak	18
3	Motivatie voetafdrukbeleid	20
	3.1 Tekortkomingen locatiebeleid	20
	3.2 Potentieel klimaatvoordeel voetafdrukbeleid	20
	3.3 Kosteneffectiviteit en flexibiliteit voetafdrukbeleid	22
	3.4 Overige voordelen voetafdrukbeleid	23
4	Verkenning doelstellingen en beleid	24
	4.1 Nederlandse doelstellingen en beleid	24
	4.2 Internationale doelstellingen en -beleid	26
	4.3 Conclusies doelstellingen en locatie- versus voetafdrukbeleid	29
5	Analyse chemie, staal- en betonsector	32
	5.1 Chemie	32
	5.2 IJzer- en staalindustrie	39
	5.3 Betonindustrie	42
	5.4 Conclusies	47
6	Kansrijke technieken	48
	6.1 Chemie	48
	6.2 IJzer- en staalindustrie	55
	6.3 Betonindustrie	56
	6.4 Samenvattend	57
7	Beleidsopties	59
	7.1 Knelpunten voor kansrijke technieken	59
	7.2 Beleidskader	61
	7.3 Voetafdrukbeleidsopties voor geïdentificeerde knelpunten	64
	7.4 Aandachtspunten: weglekken van klimaatvoordelen en freeriders	68
8	Conclusies en aanbevelingen	73
	8.1 Huidig beleid	73
	8.2 Kansrijke technieken voor CO ₂ -emissiereductie in de energie-intensieve industrie	74
	8.3 Voetafdrukbeleid als aanvulling op locatiebeleid	75



	8.4 Aanbevelingen	78
9	Referenties	81
A	Overzicht beleidsinstrumenten	84



Samenvatting

In deze studie is vanuit concrete kansrijke opties voor de energie-intensieve industrie gekeken naar de beleidsvraag of klimaatbeleid op basis van het productievoetafdrukprincipe de moeite waard is. Hierbij wordt rekening gehouden met de mogelijkheid dat de Nederlandse maatschappij betaalt voor CO₂-emissiereductie in het buitenland (weglek van klimaatvoordeel). Hoofdconclusie is dat dergelijke weglekeffecten vanuit Nederland in sommige gevallen kunnen voorkomen maar dat er ook creatieve manieren zijn om daar (met name in EU-verband) hier goed mee om te gaan.

Huidig beleid gericht op CO₂-emissiereductie is met name locatiebeleid

Om gestelde klimaatdoelstellingen te halen voeren Nederland en haar handelspartners beleid gericht op klimaatmissies binnen het eigen grondgebied. Er wordt nog weinig productievoetafdrukbeleid gevoerd, terwijl dit wel beter aansluit bij de manier van werken van de energie-intensieve industrie. De energie-intensieve industrie bestaat immers uit globale spelers met mondiale productieketens.

Potentiële voordelen van nationaal klimaatbeleid op basis van productievoetafdrukken

Op voetafdruk gebaseerd klimaatbeleid biedt in potentie een aantal belangrijke voordelen:

- **Keuzevrijheid bedrijven:** Generiek voetafdruk gericht beleid geeft bedrijven vrijheid waar in de keten, zowel binnen als buiten Nederland, de emissiereductie toe te passen.
- **Kosteneffectiviteit:** De klimaatmaatregelen worden daar in de keten genomen waar de kosten relatief het laagst zijn. Als elk land alleen binnen zijn eigen landsgrenzen zoekt naar klimaatoplossingen kan dit suboptimale uitkomsten hebben voor het klimaat.
- **Gelijk speelveld industrie:** Het sturen op de productievoetafdruk van een product of dienst maakt dat er een gelijk speelveld ontstaat tussen bedrijven die in Nederland produceren en import uit het buitenland op klimaatimpact. Zo zijn de regels voor energiezuinigheid van auto's gelijk voor auto's geproduceerd in de EU of geïmporteerd uit China. De regels en het beleid voor het staal gebruikt in diezelfde auto's (ETS in Europa en nationaal buitenlands beleid) zijn echter wel verschillend. Dit leidt tot kostenverschillen in auto's op de Europese markt.
- **Toekomstbestendigheid Nederlandse industrie:** Als de productievoetafdruk van bedrijven verlaagd wordt, kan dit de toekomstbestendigheid van de Nederlandse industrie vergroten. Nederlandse bedrijven zouden minder kwetsbaar zijn voor (onverwacht) nieuw of strenger klimaatbeleid zoals oplopende CO₂-prijzen. Daarnaast kan voetafdrukbeleid in de hele keten innovaties stimuleren. Als bedrijven en producten in toenemende mate worden beoordeeld op hun voetafdruk, dan kan een sterke uitgangspositie qua CO₂-efficiëntie een aanjager zijn voor investeringen in de Nederlandse industrie en vraag naar haar producten.

Broeikasgasemissies energie-intensieve industrie

Het aandeel van de industrie in de totale Nederlandse CO₂-emissies is ongeveer 35% van de totale broeikasgasemissies binnen het Nederlands grondgebied. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar directe emissie van de industrie (scope 1-emissies) maar ook naar de elektriciteit die de industrie gebruikt (scope 2-emissies). De voetafdruk van de Nederlandse industrie ligt hoger dan de emissies die plaatsvinden binnen Nederland. Dit komt omdat ook de grondstofwinning (bijv. aardolie, ertsen) en het einde van de levensduur toegerekend worden aan de Nederlandse industrie als het productievoetafdrukprincipe gehanteerd wordt.



Kansrijke technieken voor CO₂-emissiereductie

Voor energie-intensieve sectoren in Nederland bestaan verschillende kansrijke technieken die mondiaal tot een grote CO₂-emissiereductie kunnen leiden. In dit rapport is een aantal van deze technieken bekeken. Het gaat hierbij om:

- chemische recycling van moeilijk te recyclen PET-kunststof dat nu verbrand wordt;
- biobased HDPE-productie op basis van suikerriet (Brazilië) of suikerbiet (Nederland) ter vervanging van productie van conventioneel HDPE;
- Hisarna als uitbreiding of vervanging van het hoogovenproces in de staalindustrie bij Tata Steel in IJmuiden;
- Solidia als alternatieve productietechniek voor cement in de betonindustrie voor de vervanging van conventionele beton in niet-constructieve betonproducten.

Het mondiale CO₂-emissiereductiepotentieel van deze opties ligt gezamenlijk op ongeveer 3,5 Mton CO₂-eq./jaar. Deze technieken zijn daarmee substantieel en kunnen goed als voorbeeld voor deze analyse dienen maar dekken zeker niet alle mogelijke opties. Er zijn uiteraard nog meer kansrijke technieken, zoals bijv. genoemd in de roadmap van de chemiesector, waarvoor in deze studie geen CO₂-emissiereductiepotentieel bepaald is.

Voetafdrukbeleid als aanvulling op locatiebeleid

Er geldt een aantal voorwaarden voor beleidsopties die overwogen kunnen worden om knelpunten voor kansrijke technieken weg te nemen:

- **Kosteneffectief:** De beleidsopties dienen bij te dragen aan een kosteneffectieve transitie naar een klimaatvriendelijke energie-intensieve Nederlandse industrie. De kosteneffectiviteit van een beleidsoptie verbetert óf door een toename in CO₂-emissiereductie van de optie óf door een vermindering van de kosten van de beleidsopties.
- **Behoud concurrentiepositie:** De beleidsopties behouden of verbeteren zoveel mogelijk de concurrentiepositie van de Nederlandse industrie. Dit om te voorkomen dat productie naar het buitenland verdwijnt en de CO₂-voetafdruk als het ware weglekt.
- **Haalbaar:** Het is aannemelijk dat de beleidsopties op de korte of middellange termijn te implementeren zijn.

Deze voorwaarden gelden zowel voor klimaatbeleid op basis van het locatieprincipe als op basis van het voetafdrukprincipe.

Aandachtspunten voor klimaatbeleid

Als klimaatbeleid voldoet aan bovenstaande voorwaarden dan zijn er nog een aantal aandachtspunten die meegenomen dienen te worden in de keuze voor bepaald beleid. Het gaat hierbij om aspecten die ertoe leiden dat beleidsopties, die wel kosteneffectief zijn, niet volledig aansluiten bij het principe 'de vervuiler betaalt':

- **Weglek van klimaatvoordelen van beleid:** een CO₂-emissiereductie in het buitenland door uitgaven van de Nederlandse overheid aan klimaatbeleid. Hierbij betaalt een handelspartner van Nederland niet voor de emissiereductie die plaatsvindt binnen de eigen landsgrenzen.
- **Freeriders:** Bedrijven maken gebruik van een publiek goed, CO₂-emissiereductie door uitgaven van de Nederlandse overheid, zonder (evenredig) bij te dragen aan de kosten. Hierbij betalen bedrijven niet (evenredig) voor het verminderen van hun eigen CO₂-emissies.

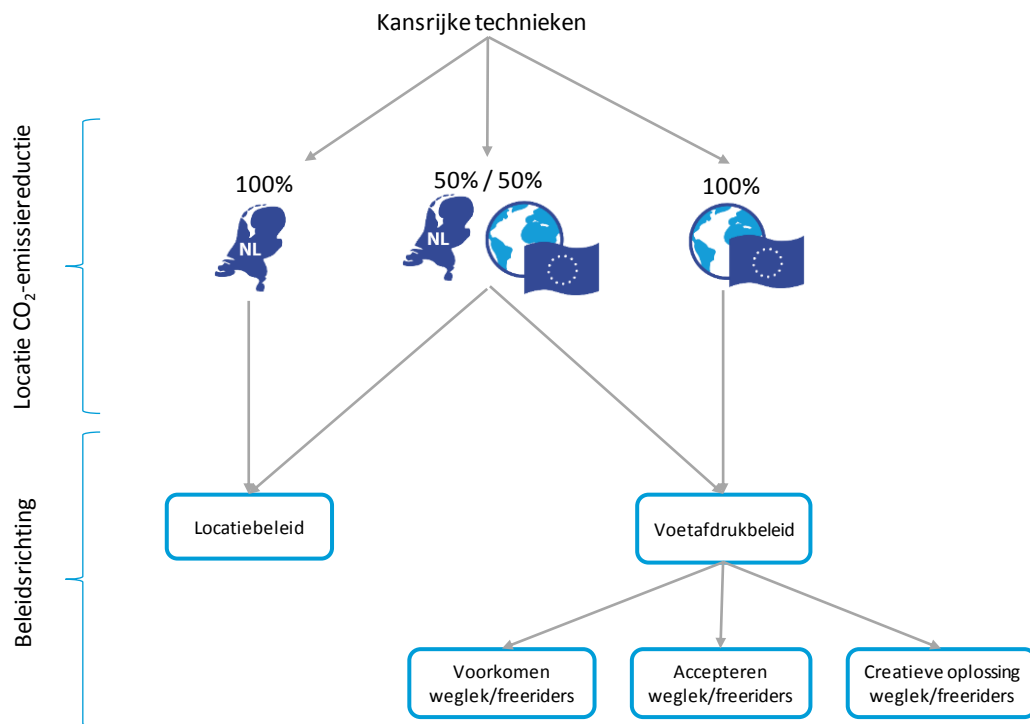
Beleidsrichting per situatie

De locatie waar de CO₂-emissiereductie plaatsvindt verschilt per techniek. De technieken kunnen opgedeeld worden in:

- technieken waarbij 100% van de emissiereductie in Nederland plaatsvindt;
- technieken waarbij 100% buiten de emissiereductie buiten Nederland plaatsvindt;
- technieken waarbij de emissiereductie deels in Nederland plaatsvindt en deels in het buitenland.

Voor elke situatie zijn specifieke beleidsrichtingen interessant, zoals weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 – Illustratie beleidskader



Aanvullend locatiebeleid óf aanpassen huidige locatiebeleid: CO₂-emissiereductie in Nederland

Voor een groot gedeelte van de broeikasgasemissies voert Nederland al beleid op basis van het locatieprincipe. Als CO₂-emissiereductie in Nederland plaatsvindt, of dit nou gedeeltelijk of voor 100% zo is, is het huidige klimaatbeleid op basis van het locatieprincipe geschikt. Bij knelpunten bij implementatie van technieken die tot een relatief grote CO₂-emissiereductie in Nederland leiden is aanvullend locatiebeleid of het aanpassen van het huidige locatiebeleid afdoende. Er is geen voetafdrukbeleid nodig.

Productievoetafdrukbeleid: CO₂-emissiereductie in het buitenland

Als er mogelijk wél CO₂-emissiereductie plaatsvindt buiten Nederland door implementatie van een techniek, dan kan een deel van de knelpunten mogelijk weggenomen worden door voetafdrukbeleid als aanvulling op het huidige locatiebeleid. Hierbij zal ook een keuze gemaakt moeten worden voor het omgaan met het weglekken van klimaatvoordelen naar het buitenland en met freeriders.

Voetafdrukbeleidsopties: mogelijke beleidsinstrumenten

Om de kansrijke technieken succesvol te implementeren zijn voetafdrukbeleidsopties geïnventariseerd. Hieruit is een short list aan opties geselecteerd op basis van de drie hierboven besproken voorwaarden: kosteneffectiviteit, behoud concurrentiepositie, en haalbaarheid. Daarnaast sluiten de beleidsopties zoveel mogelijk aan bij de al bekende beleidsopties op basis van het locatieprincipe (die hier verder niet besproken worden).

De geselecteerde voetafdrukbeleidsopties zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 – Geselecteerde voetafdrukbeleidsopties voor het wegnemen van knelpunten voor de kansrijke technieken

Voetafdrukbeleidsopties	Sprake van weglek van klimaatvoordeel?	Sprake van freeriders?
Subsidiëren bedrijven met lage productie-voetafdrukken, eventueel in de vorm van gunstige vormen van financiering	Ja, als CO ₂ -emissiereductie buiten Nederland plaatsvindt.	Ja bedrijven die toch al zouden investeren.
Duurzaam inkopen overheid		
Subsidie betaald uit nieuwe CO ₂ -voetafdruk-heffing	Nee, want de Nederlandse overheid heeft hier geen kosten aan.	Nee, want de Nederlandse overheid heeft hier geen kosten aan.
CO ₂ -voetafdruklabel voor producten		
Combinatie heffing en normering op basis van CO ₂ -voetafdruk producten		
Afvalfondsvergoeding innovatieve recycle-technieken verpakkingen		
Europees Carbon Footprint Directive		
Europese importheffing op basis van CO ₂ -voetafdruk en toepassing in klimaatbeleid		

Omgaan met weglekken van klimaatvoordelen en freeriders

Er zijn drie mogelijkheden om om te gaan met freeriders en weglek:

1. Het **voorkomen van weglek van klimaatvoordeel/freeriders** door ervoor te zorgen de Nederlandse overheid geen kosten maakt voor CO₂-emissiereductie.
2. **Accepteren** dat Nederlands belastinggeld leidt tot CO₂-emissiereductie in het buitenland en dat de vervuiler niet altijd diegene is die betaalt voor CO₂-emissiereductie.
3. Een **creatieve oplossing** bedenken voor deze ongewenste weglek van CO₂-emissiereductie-voordeel en freeriders.

Voorkom weglek van belastinggeld: kies voor normering, heffing of informatie-verstrekking

De keuze voor deze beleidsopties of andere beleidsopties op het gebied van normering van eindproducten, heffingen en informatieverstrekking voorkomen dat Nederlands belastinggeld gebruikt wordt om CO₂-emissiereductie in het buitenland te bewerkstelligen en voorkomt dus ook freeriders op basis van dit belastinggeld.

Accepteren

Bij de politieke keuze om knelpunten voor kansrijke technieken weg te nemen spelen naast de mogelijkheid op CO₂-emissiereductie in Nederland ook nog andere aspecten een rol zoals de bijdrage aan de Nederlandse economie en motivatie voor een mondiaal efficiënt klimaatbeleid. Deze aspecten kunnen afdoende zijn om het (deels) weglekken van klimaatvoordelen en freeriders te accepteren. Dit zou bijvoorbeeld ingestoken kunnen worden als onderdeel van het buitenlandse handel en ontwikkelingssamenwerkingsbeleid.

Creatief omgaan met deels weglekken klimaatvoordelen

Er is een aantal manieren om creatief om te gaan met het stimuleren van kansrijke technieken die relatief veel emissiereductie geven in het buitenland door aanpassingen te maken aan de administratie van CO₂-emissies, zoals:

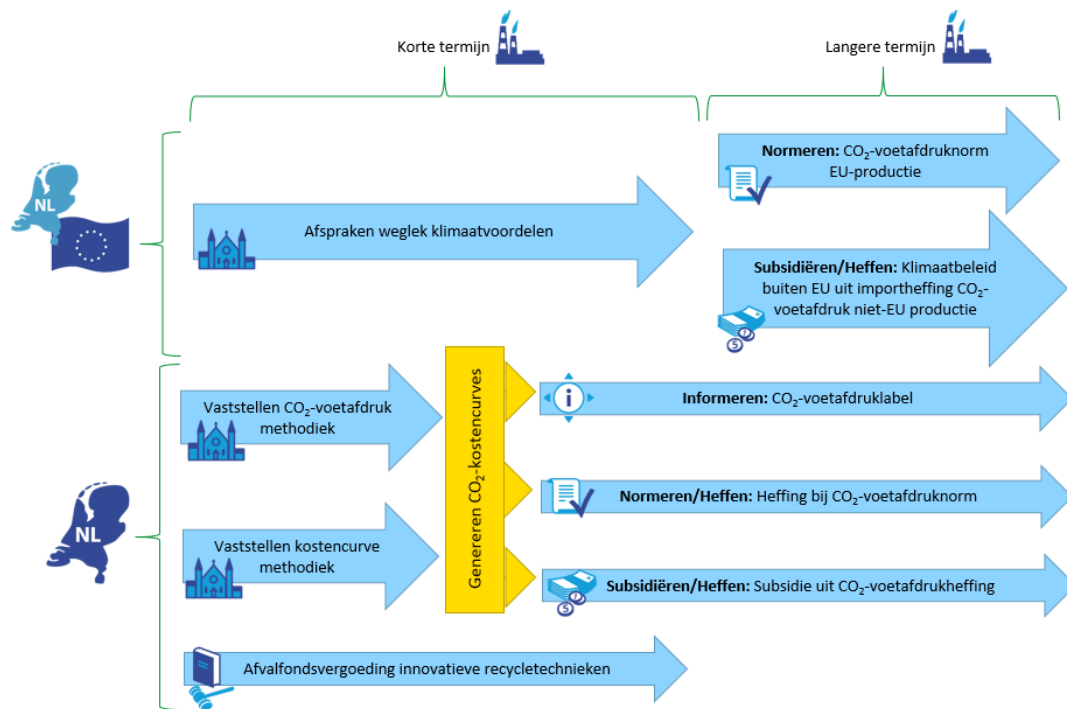
- De nationale doelstelling van 49% broeikasemissiereductie wordt behaald binnen het Nederlandse grondgebied maar de overige 6% (naar 55% broeikasgasemissiereductie bij ambitieus EU-beleid) wordt ingevuld op basis van mondiale broeikasgasemissiereductie van de industrie.
- Europese afspraken over voetafdrukbeleid in de gehele EU.
- Bilaterale afspraken met Europese landen waar klimaatweglekeffecten door beleid in landen bijgehouden worden, waarbij er gestreefd wordt naar een netto evenwicht tussen landen of afspraken over emissiereductie door beleid van land A in land B dat mee mag tellen in de klimaatdoelstellingen van land A.

Aanbevelingen

Productievoetafdrukbeleid als aanvulling

Productievoetafdrukbeleid kan een interessante aanvulling zijn op klimaatbeleid dat uitgaat van emissie op een locatie (Nederlands grondgebied). Voetafdrukgericht beleid sluit over het algemeen goed aan bij het principe 'de vervuiler betaalt'. Met name combinaties van subsidies gericht op een lagere voetafdruk van de industrie die gefinancierd worden uit een heffing op basis van de CO₂-voetafdruk over de productketen (bijvoorbeeld zoals de SDE+-regeling), en normering op productievoetafdruk zijn interessant als beleids optie. Deze opties kunnen mits goed ontworpen minder freerider-effecten hebben dan subsidies gericht op productielocaties in Nederland.

Figuur 2 – Tijdslijn productievoetafdrukbeleid energie-intensieve industrie



Voorkom nadelen productievoetafdrukbeleid met consumptievoetafdrukbeleid(aspecten)

Bij het zuiver voeren van productievoetafdrukbeleid zou alleen beleid gevoerd worden op de CO₂-voetafdruk van de in Nederlands geproduceerde producten. Dit levert een concurrentienadeel op voor de Nederlandse industrie omdat buitenlandse producten waarvoor geen productievoetafdrukbeleid gevoerd mogelijk goedkoper op de Nederlandse markt kunnen worden afgezet. In de voorgestelde beleidsopties is rekening gehouden met het concurrentieaspect, de beleidsopties kennen daarom vaak ook een consumptievoetafdrukaspect. Neem bijvoorbeeld het CO₂-voetafdruklabel voor producten.

Het is aan te bevelen om deels consumptievoetafdrukbeleid te voeren of consumptievoetafdrukaspecten te integreren in productievoetafdrukbeleid om een gelijk speelveld te creëren. Hiernaast biedt consumptievoetafdrukbeleid nog de volgende twee extra voordelen bovenop de voordelen van productievoetafdrukbeleid:

1. **De vervuiler betaalt:** Consumptievoetafdrukbeleid kan vormgeven aan het principe 'de vervuiler betaalt'. De beleidsdruk en kosten worden immers in de productketen neergelegd waardoor de kosten belanden bij de partij die geniet van de voordelen van consumptie.
2. **Informatiefunctie:** Sturen en monitoren op de voetafdruk van producten maakt het voor eindconsumenten mogelijk de duurzaamheid in de keten mee te nemen in aankoopbeslissingen. Daarnaast kan het ervoor zorgen dat bedrijven meer inzicht krijgen in productieketens en de mogelijkheden om optimalisaties door te voeren. Ook overheden hebben voor maatschappelijk verantwoord inkopen voetafdrukgegevens nodig.

Gestandaardiseerde methodes voetafdrukken, kosteneffectiviteitsanalyses en verdienvermogen

Beleid gebaseerd op voetafdrukken vereist dat voor een groot aantal producten de voetafdruk bepaald wordt. Dit kan erg bewerkelijk zijn. Het is daarom van belang om te focussen op die producten/technieken/sectoren waar het meest kosteneffectief klimaatwinst behaald kan worden (bijv. door kostencurves te gebruiken, zie hieronder). Als er beleid gevoerd gaat worden gebaseerd op voetafdrukken is het bovendien van belang dat de gebruikte methode om die voetafdruk te bepalen zoveel mogelijk gestandaardiseerd wordt. Dit zorgt voor eerlijke vergelijkingen tussen producten en kan ook tijd besparen. Voor het bepalen van de klimaatimpact van producten ligt het hierbij voor de hand om aan te sluiten bij de Product Environmental Footprint-methode die in de EU ontwikkeld wordt.

Kostencurves van CO₂-reductiemogelijkheden voor maatregelen worden in verschillende sectoren nu op verschillende manieren berekend. Uniforme berekenmethoden zouden behulpzaam kunnen zijn bij het selecteren van de meest interessante maatregelen. Binnen de energiesector is in het kader van de eerdere MEP, SDE en SDE+ een systematiek opgebouwd met een duidelijke methodiek en checks en balances door overheid en bedrijven. Binnen de industrie (zoals gezien bij de chemie en de beton-industrie) worden nu ook kostencurves berekend en gepresenteerd, maar de methodiek daarvoor is nog minder uitgekristalliseerd. Ook zijn de checks and balances (nog) minder sterk.

Om de invloed van technieken op het potentiële verdienvermogen in de toekomst in te schatten is helemaal geen sector overstijgende methodiek beschikbaar. Naast een uniforme kosteneffectiviteitsberekening maakt ook een methodiek om het potentiële verdienvermogen rond technieken te schatten het mogelijk een weloverwogen keuze te maken voor stimulering van bepaalde technieken.

Afspraken in Europees kader over weglek klimaatvoordelen

Verschillende vormen van voetafdrukbeleid hebben als effect dat een deel van de klimaatreductie in het buitenland plaatsvindt. Die reductie mag nu nog niet meegeteld worden in klimaatboekhouding van Nederland. Een groot deel van deze weglek van klimaatvoordelen is richting andere EU-landen. Naast weglek van klimaatvoordelen is er ook sprake van toestroom van klimaatvoordelen als andere (EU-)landen ook voetafdrukbeleid gaan voeren. We bevelen aan om in EU-kader afspraken te maken over het beter meenemen van deze weglek- en toestroomeffecten. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van het bijhouden van de toestroom- en weglekeffecten en het uitruilen/wegstrepen daarvan. Een andere optie is om voetafdrukbeleid op elkaar af te stemmen.

1 Introductie

Het kabinet-Rutte III heeft in haar regeerakkoord ambitieuze doelen gesteld voor het reduceren van broeikasgasemissies. In 2030 moeten de broeikasgasemissies binnen het Nederlands grondgebied met 49% gereduceerd zijn ten opzichte van 1990. Het kabinet zet zich daarnaast in voor een Europa-brede doelstelling van 55% broeikasgasemissiereductie in 2030. Het ministerie van EZK heeft CE Delft gevraagd om in het kader van deze doelstellingen, en de ambities voor een meer circulaire economie, mee te denken over kansrijke technieken en beleidsopties voor het realiseren van een lagere voetafdruk van de Nederlandse energie-intensieve industrie.

Technieken kunnen kansrijk zijn door een groot emissiereductiepotentieel tegen beperkte kosten of omdat zij ecologische kansen combineren met economische kansen. Beleid kan succesvolle implementatie van kansrijke technieken stimuleren. Het bedrijfsleven denkt (steeds vaker) aan broeikasgasemissiereducties in de keten en overheden bekijken klimaatbeleid vanuit een bepaalde locatie, in dit geval het Nederlands grondgebied. Het ministerie van EZK is geïnteresseerd in voetafdrukbeleids-opties die aansluiten bij het bestaande locatiegerichte klimaatbeleid.

Klimaatimpact van de Nederlandse energie-intensieve industrie

De energie-intensieve industrie bestaat uit industrieën waar in het primaire productieproces significante hoeveelheden energiedragers gebruikt worden. Het gebruiken van energiedragers voor energetische doeleinden (en dus niet als grondstof) leidt tot de emissie van broeikasgassen zoals CO₂. De productie van veel basismaterialen zoals staal, kunststoffen, papier en cement is relatief energie-intensief, en is wereldwijd verantwoordelijk voor een groot aandeel van de broeikasgasemissies.

De Nederlandse industrie als geheel was met haar directe uitstoot in 2015 verantwoordelijk voor ongeveer 25% van de broeikasgasemissies die plaatsvinden op Nederlands grondgebied. Het gaat hierbij alleen om de directe emissies van de verschillende industrieën. Dit betekent dat alleen de emissies binnen het Nederlands grondgebied meegenomen worden die uitgestoten worden bij de industriële installaties. Andere emissies die ook in Nederland plaatsvinden (bijv. emissies bij de productie van elektriciteit die gebruikt wordt in de industrie) maken hier dus geen onderdeel van uit. Als de indirecte emissies in de elektriciteitssector in Nederland wel meegenomen worden is het aandeel van de industrie in de totale Nederlandse broeikasgasemissies ongeveer 35% van de totale Nederlandse emissies (scope 2 CO₂-emissies).¹

Broeikasgasemissie scopes

Het denken in voetafdrukken komt voort uit levenscyclusanalyse (LCA), een methode om de milieueffecten van producten of diensten in kaart te brengen door de hele levenscyclus te bestuderen (NEN, 2006). Bij bedrijven wordt in LCA's vaak een onderscheid gemaakt tussen drie verschillende 'scopes' (WRI and WBCSD, 2018):

- Scope 1: Directe broeikasgasemissies (bij Nederlandse productie vinden deze emissies in Nederland plaats).
- Scope 2: Indirecte broeikasgasemissies van ingekochte elektriciteit, warmte, koeling, etc., bovenop de emissies uit Scope 1 (bij Nederlandse productie vindt het overgrote gedeelte van deze emissies in Nederland plaats).

¹ De Nederlandse industrie gebruikt ongeveer 30% van het Nederlandse elektriciteitsgebruik. Dit komt neer op 35 miljard kWh elektriciteit. Met een CO₂-kengetal van 0,53 kg CO₂-eq. per kWh komt de emissie neer op ongeveer 19 Mton CO₂-eq. De directe emissie is zoals weergegeven in Tabel 1 ongeveer 47 Mton CO₂-eq. De totale Nederlandse broeikasgasemissies liggen op 190 Mton CO₂-eq. $(47+19) / 190 = 35\%$.



- Scope 3: Broeikasgasemissies van zowel ingekochte producten als het gebruik van geproduceerde producten door klanten, als ook de afvalverwerking, bovenop de emissies uit Scope 2 (emissies in Nederland en/of in het buitenland).

Tabel 2 geeft een overzicht van de Nederlandse industriële sectoren met een groot aandeel in de totale Nederlandse energieconsumptie en de broeikasgasemissies per sector. Hierbij is te zien dat de 'chemie en farmaceutische industrie' in Nederland het meeste energie verbruikte in 2015 en dat deze ook de hoogste directe emissies kent. Ook de aardolie-industrie heeft een relatief grote bijdrage aan de broeikasgasemissies. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de raffinage van aardolie. De derde sector qua klimaatimpact is de basismetaalsector.

Tabel 2 – Energieconsumptie (excl. niet-energetisch gebruik) en directe klimaatimpact van Nederlandse industrie in 2015

	Finaal energieverbruik					Klimaatimpact (Scope 1) Mton CO ₂ -eq.
	Totaal	Aardolie	Aardgas	Hernieuwbaar	Overig	
Voedings-, genotmiddelen-industrie	87	0	45	1	41	4,9
Papier- en grafische industrie	24	0	7	2	16	1,0
Aardolie-industrie	137	93	14	0	30	10,7
Chemische en farmaceutische industrie	285	106	62	N.B.	117	19,5
Bouwmaterialenindustrie	26	1	18	1	6	1,8
Basismetaalindustrie	51	0	12	0	39	6,7
Metaalproductenindustrie	11	0	5	0	6	0,5
Overige industriële sectoren	37	0	17	1	18	2,2
Totaal	659	200	181	4	273	47,3

Bronnen: (CBS, 2017a), (CBS, 2017d). Toelichting: Scope 1 omvat alleen directe emissies van de industrie, en niet de emissie gepaard met bijv. elektriciteitsgebruik en afvalverbranding (zie ook de Box 'Broeikasgasemissie scopes').

Het uitsluiten van afvalverbranding verklaart hoogstwaarschijnlijk de afwijking ten opzichte van de meest recente PBL-cijfers, die de emissies voor de industrie vaststellen op 55 Mton CO₂-eq. maar hierbij afvalverbranding wel meerekenen (PBL, 2018a).

75% van de directe emissies in de energie-intensieve industrie (ETS-emissies) vindt plaats bij 12 bedrijven. Dit is bijna 40% van de totale broeikasgasemissies van Nederland. Het gaat hierbij om de industriële bedrijven: Shell, Yara Sluiskil, Tata Steel, ESSO Raffinaderij, Dow Benelux, Chemelot, BP Raffinaderij² en de energieproducenten RWE, Nuon, Uniper, Essent en ENGIE.

Beleid emissiebepaling: Locatie- vs. voetafdrukprincipe

Broeikasgasemissies (CO₂-eq.-emissies) kunnen grofweg op twee manieren worden geadmistreerd: via het locatieprincipe of via het voetafdrukprincipe. Bij het eerste principe wordt gekeken naar of de emissies die plaatsvinden op Nederlands grondgebied en bij het tweede principe wordt gekeken naar welke economische activiteiten (productie of consumptie) plaatsvinden in Nederland en welke emissies daar in de hele keten mee gemoeid zijn (ongeacht of deze in Nederland of daarbuiten plaatsvinden).

² Gebaseerd op de emissiecijfers gerapporteerd door de NEA over 2016.



Internationale afspraken tussen overheden zoals bijv. het Parijsakkoord zijn gebaseerd op de locatie waar emissies plaatsvinden. Om Europese afspraken over broeikasgasemissiereductie te halen is het voor de Nederlandse overheid dus goed als de industrie haar emissies in Nederland verlaagt. Bedrijven hanteren echter vaak het voetafdrukprincipe. Hierbij wordt in de hele productieketen gekeken waar op kosteneffectieve wijze emissiereductiemaatregelen getroffen kunnen worden om de voetafdruk van producten te verlagen. De Nederlandse industrie zou daarom graag zien dat (een deel van) het Nederlandse klimaatbeleid het voetafdrukprincipe ondersteunt (zie bijvoorbeeld (Tata Steel Europe, 2018)).

Bedrijven die productvoetafdrukken gebruiken

Voorbeelden van bedrijven die de voetafdruk van hun producten centraal stellen zijn DSM en AkzoNobel. DSM heeft een Eco+ programma, waaronder een groot deel van haar producten vallen. Deze producten hebben allemaal een substantieel lagere voetafdruk per hoeveelheid werkzame stof ten opzichte van vergelijkbare producten van concurrenten. AkzoNobel heeft een vergelijkbaar Eco-premium programma. Door te kiezen voor deze Eco+ of Eco-premium producten wordt wereldwijd de broeikasgasemissies beperkt. Wel is het mogelijk dat de klimaatemissie van AkzoNobel of DSM in Nederland toeneemt.

Vraagstelling

Voor de Nederlandse overheid speelt de vraag of kosten die voor eventueel voetafdrukbeleid gemaakt worden wel verantwoord kunnen worden. Voetafdrukbeleid kan immers (deels) leiden tot CO₂-reducties in het buitenland, die niet meegeteld mogen worden in de administratie van locatiegerichte doelen zoals het Parijsakkoord. Broeikasgasemissiereductie gefinancierd door de Nederlandse overheid lekt dan mogelijk weg naar het buitenland, waardoor andere landen hun klimaatdoelstelling gemakkelijker behalen. Desondanks zijn er verschillende redenen denkbaar waarom voetafdrukbeleid als aanvulling op locatiebeleid te verantwoorden is, zoals de grotere potentiële emissiereducties, kostenefficiëntie, en de aansluiting op andere beleidsprincipes (zie ook Hoofdstuk 3).

De hoofdvragen van dit onderzoek luiden:

1. Wat zijn kansrijke opties voor de Nederlandse energie-intensieve industrie om te komen tot een reductie in CO₂-emissies met het oog op kosteneffectiviteit? En in hoeverre zullen deze reducties in Nederland plaatsvinden?
2. Welke (mix van) beleidsinstrumenten gebaseerd op de productievoetafdruk zijn een verstandige aanvulling op het bestaande locatiegerichte CO₂-beleid? Zijn er hierbij kansen om aan te sluiten bij belangrijke handelspartners?

In deze verkennende studie ligt de focus op het klimaatteffect van voetafdrukbeleid. Aspecten die hier mee samenhangen zoals het streven naar minder afhankelijkheid van energie uit het buitenland zijn ook van belangrijke maar worden niet meegenomen in de analyse.

Concreet voorbeeld verschuiving klimaatvoordeel: Dow gebruikt restgas ArcelorMittal (Nederland/België)

Een praktijkvoorbeeld voor het verschuiven van emissies en emissievoordelen tussen landen is het voorgestelde gebruik van restgas uit de staalfabriek van ArcelorMittal in België door Dow in Terneuzen. Het hoogovengas van ArcelorMittal kan over de grens naar Dow getransporteerd worden. Daar kan Dow het combineren met waterstof tot syngas, waarmee kunststof geproduceerd kan worden zonder dat er aardolie nodig is. Als dit project (nu in testfase) succesvol blijkt en geïmplementeerd wordt stoot ArcelorMittal aanzienlijk minder CO₂ uit in België, terwijl de uitstoot van Dow in Nederland niet verandert (maar het bedrijf wel minder afhankelijk wordt van aardolie).



Dit is een voorbeeld van een wederzijds voordelige samenwerking waarbij slechts één partij een CO₂-emissiereductie bewerkstelligt. Omdat Dow de emissiereductie in België mogelijk maakt, lijkt het voor de hand te liggen dat Dow en dus ook Nederland ook een deel van dit klimaatvoordeel naar zich toe zou mogen rekenen.

Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 beschrijven we de principes achter de locatie- en voetafdrukprincipes, worden de hoofdvragen verduidelijkt en wordt de gebruikte aanpak van het onderzoek toegelicht. Uit deze methodiek volgt de indeling van de rest van het rapport:

- Hoofdstuk 3 licht de motivatie voor het inzetten van voetafdrukbeleid verder toe.
- Hoofdstuk 4 geeft een introductie van klimaat- en gerelateerd beleid in Nederland en belangrijke Nederlandse handelspartners.
- Hoofdstuk 5 beschrijft van drie Nederlandse energie-intensieve sectoren de klimaatimpact bekeken vanuit zowel het voetafdruk- als het locatieprincipe en mogelijke verduurzamingsopties voor de sectoren.
- In Hoofdstuk 6 worden een aantal kansrijke technieken die kunnen leiden tot verduurzaming van de drie sectoren besproken.
- In Hoofdstuk 7 worden beleidsopties die kunnen bijdragen aan de implementatie van een aantal kansrijke technieken besproken en een beleidskader voor productievoetafdrukbeleid als aanvulling op locatiebeleid geschetst.
- In Hoofdstuk 8 trekken we conclusies uit de voorafgaande hoofdstukken.



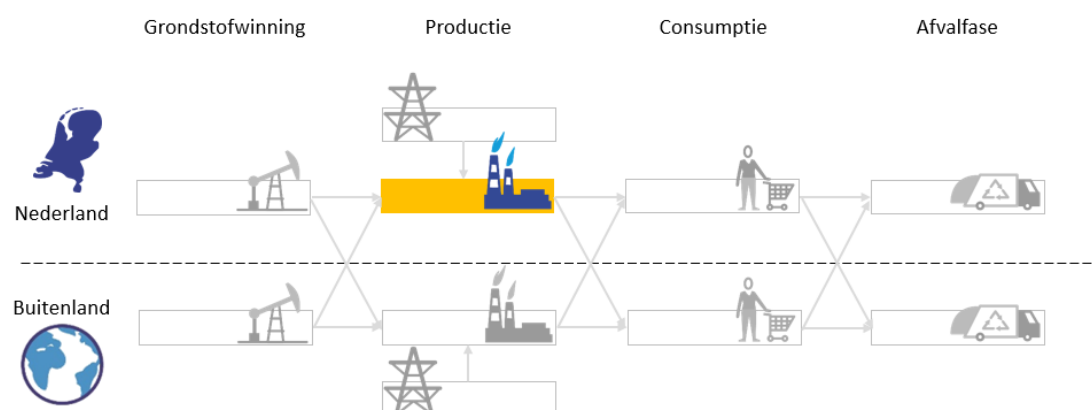
2 Methodiek

In dit hoofdstuk beschrijven we de methodiek voor deze rapportage. In Paragraaf 2.1 komen de verschillende principes voor het bepalen van broeikasgasemissies aan bod (het theoretisch kader), in Paragraaf 2.2 wordt de vraagstelling zoals weergegeven in Hoofdstuk 1 verder uitgediept en in Paragraaf 2.3 beschrijven we de gekozen aanpak voor het beantwoorden van de vragen.

2.1 Theoretisch kader: locatie- en voetafdrukprincipe

Het **locatieprincipe** toegepast voor één Nederlandse industrie wordt vereenvoudigd weergegeven in Figuur 3³. Alleen de CO₂-emissies⁴ die plaatsvinden binnen de industriële sector in Nederland worden meegeteld. De import van grondstoffen of halffabricaten heeft volgens het locatieprincipe geen gevolgen voor de Nederlandse emissies; de emissies die horen bij hun productie hebben immers in een ander land plaatsgevonden. Anderzijds heeft ook de export van producten geen gevolgen voor de Nederlandse CO₂-emissies; ook als in opdracht van een Duits bedrijf een product in Nederland gemaakt wordt dan tellen de emissies mee voor het Nederlandse totaal. Tot slot worden alle emissies die binnen Nederland plaatsvinden zoals grondstofwinning of afvalverwerking toegerekend aan de desbetreffende sectoren; deze horen dus niet bij de industriële sector (zie Figuur 3).

Figuur 3 – Locatieprincipe (Scope 1-emissies)

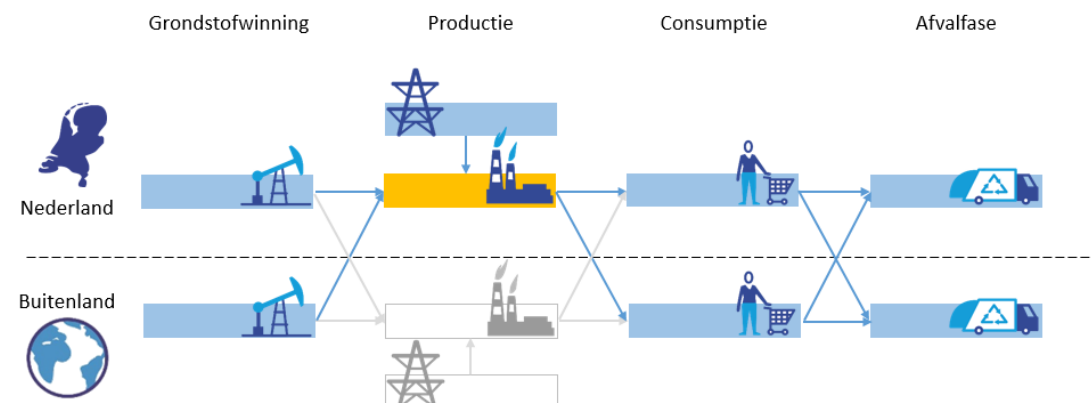


Bij het voetafdrukprincipe wordt over de hele levenscyclus van een product, van grondstofwinning tot en met de afvalfase, gekeken naar de bijbehorende CO₂-emissies, ongeacht in welk land deze plaatsvinden. Dit kan op twee manieren. Bij een **productievoetafdruk** ligt de focus op een hoeveelheid productie in Nederland (of in een sector/bedrijf). Over de hele keten worden de emissies van eerdere productiestappen (grondstofwinning, transport, omzetting, etc.) en uiteindelijke afvalverwerkingsprocessen toegerekend aan deze productie. De productievoetafdruk geeft daarmee inzicht in de emissies die over de hele keten gepaard gaan met de Nederlandse productie en in welke landen deze plaatsvinden. Dit principe is geïllustreerd in Figuur 4 voor één Nederlandse industrie.

³ In werkelijkheid kan de hier weergegeven productiestap uit veel verschillende processen en bedrijven bestaan.

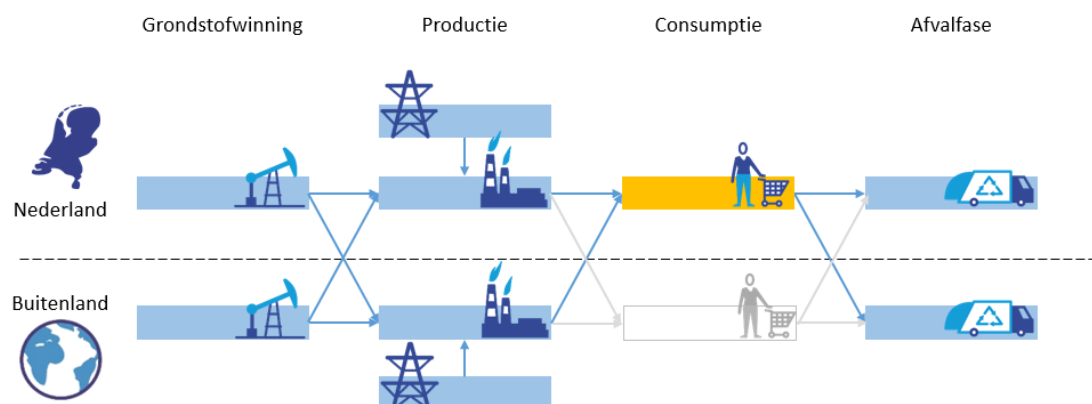
⁴ In dit rapport wordt met de term CO₂-emissies de totale klimaatimpact van een product of activiteit bedoeld, waarbij ook de invloed van andere broeikasgassen dan CO₂ meegenomen is. Het gaat hierbij dus om CO₂-equivalenten.

Figuur 4 – Productievoetafdrukprincipe



Daarnaast is het mogelijk om een **consumptievoetafdruk** te bepalen. Hierbij is de partij (burger, bedrijf of overheid) die producten consumeert verantwoordelijk voor alle emissies waarmee die consumptie mogelijk gemaakt wordt. Volgens dit perspectief is Nederland dus niet verantwoordelijk voor emissies die plaatsvinden in Nederland bij de productie van goederen die geëxporteerd worden, aangezien hun finale consumptie plaatsvindt in een ander land. Vice versa tellen emissies in het buitenland wel mee als ze plaatsvinden bij productieprocessen die uiteindelijk tot Nederlandse consumptie leiden. Dit is geïllustreerd in Figuur 5.

Figuur 5 – Consumptievoetafdrukprincipe



Gekozen benadering: productievoetafdrukprincipe

In deze studie kijken we als we spreken over het voetafdrukprincipe specifiek naar de productievoetafdruk. Dit is immers hoe de energie-intensieve industrie kijkt naar haar impact op het milieu. Het hanteren van het consumptievoetafdrukprincipe is ook interessant en kan leiden tot beleidsopties waarbij het verminderen van consumptie van bepaalde producten centraal staat. Dit betekent echter niet direct dat klimaatimpact van de Nederlandse productie verminderd wordt. Deze beleidsopties vallen daarom niet binnen de scope van deze studie.

2.2 Vraagstelling

In dit verkennende onderzoek kijken we naar de volgende twee hoofdvragen:

1. Wat zijn kansrijke opties voor de Nederlandse energie-intensieve industrie om te komen tot een reductie in CO₂-emissies met het oog op kosteneffectiviteit? En in hoeverre zullen deze reducties in Nederland plaatsvinden?
2. Welke (mix van) beleidsinstrumenten gebaseerd op de productievoetafdruk zijn een verstandige aanvulling op het bestaande locatiegerichte CO₂-beleid? Zijn er hierbij kansen om aan te sluiten bij belangrijke handelspartners?

De volgende deelvragen worden hiervoor gebruikt:

1. Wat zijn voorbeelden van kansrijke nieuwe emissie reducerende productiemethoden in energie-intensieve industriesectoren zoals beton, chemie en staal die als case gebruikt kunnen worden om het voetafdrukbeleid te toetsen?
2. Wat zijn voor deze kansrijke opties de klimaatvoordelen en welk deel van de voordelen komt in het buitenland terecht?
3. Welke nationale beleidsopties en -instrumenten passen gezien de voorgaande verzamelde informatie bij de kansrijke opties, rekening houdend met CO₂-reductiepotentieel, verdienvermogen, en het weglekken van CO₂-reductie, productie en/of subsidie naar het buitenland? Denk hierbij aan belastingen, subsidies, innovatiestimulering, regelgeving. Met de nadruk op Nederlands beleid maar ook internationale opties mogen aan bod komen.
4. Hoe verhouden de Nederlandse doelstellingen voor circulaire economie (50% minder primair grondstofgebruik in 2030) en doelen voor lagere voetafdruk in de industrie zich tot doelen in het buitenland en tot andere doelen in het klimaatbeleid (Parijs, EU ETS, etc.)?

Voorbeeld botsing voetafdruk- en locatieprincipes: papierrecycling

Een klassiek voorbeeld waarbij het voetafdrukprincipe en het locatieprincipe botsen is papierrecycling in Nederland. Veel nieuw primair papier wordt in Nederland ingevoerd uit Zweden, waar dit papier met een aanzienlijke hoeveelheid energie is geproduceerd. Als energiebron wordt hiervoor echter een houtfractie verbrand die niet voor papierproductie geschikt is, wat zorgt voor biogene CO₂-emissies.

In Nederland kan papier na gebruik met een lagere energievraag worden gerecycled. De energievoorziening in Nederland is echter voornamelijk fossiel en gebaseerd op kolen en gas. Papierrecycling in Nederland leidt zo tot extra energiegebruik in Nederland en een energiebesparing in Zweden (als minder primair papier geproduceerd wordt). Dit zorgt voor een hogere CO₂-emissie in Nederland (meer fossiele CO₂ uit kolen en gas), terwijl in Zweden geen emissies bespaard worden omdat bio-energie als klimaatneutraal gezien wordt.

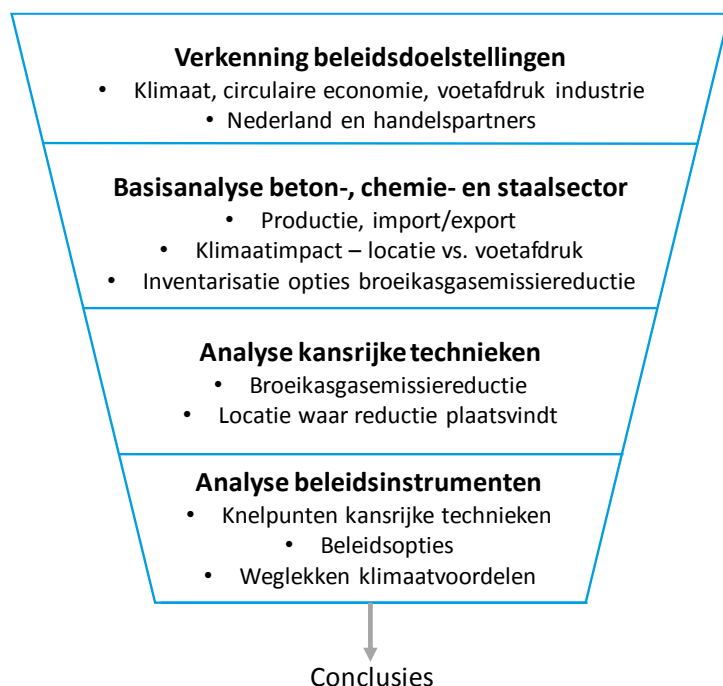
Deze situatie wordt nog verwarrender als ook meegerekend wordt dat het verbranden van oud papier in een afvalverbrandingsinstallatie als CO₂-neutraal wordt gerekend en een energieopbrengst heeft. Het locatieprincipe kan in dit geval leiden tot een stop van papierrecycling in Nederland, import van primair papier uit Zweden en veel verbranding van oud papier in Nederland. Mondiaal gezien is deze situatie echter niet wenselijk, omdat papierrecycling in Nederland ervoor zorgt dat CO₂ langer wordt vastgehouden in de keten en Zweden meer biomassa overhoudt die voor andere toepassingen ingezet kan worden.



2.3 Aanpak

De analyse kan in vier fasen ingedeeld worden, zoals weergegeven in Figuur 6. In de eerste fase wordt een overzicht van nationale en internationaal relevante beleidsdoelstellingen rondom klimaatverandering vastgesteld. In de daaropvolgende fasen is het doel om stapsgewijs te komen tot een selectie van kansrijke technologische opties voor CO₂-emissiereductie in sectoren die substantieel bij kunnen dragen aan een reductie van de Nederlandse broeikasgasemissies. In de laatste fase worden de mogelijkheden van voetafdrukbeleid op de Nederlandse (en internationale) emissies vervolgens aan de hand van deze selectie geïllustreerd. De fasen worden hieronder verder toegelicht.

Figuur 6 – Overzicht projectfasen



1. Verkenning beleid en beleidsdoelstellingen

In de verkenning van beleidsdoelstellingen wordt een beknopt overzicht opgesteld van doelstellingen op het gebied van klimaat, circulaire economie en de voetafdruk van de Nederlandse industrie. We kijken hierbij naar Nederlands beleid en het beleid van de belangrijkste handelspartners. Deze verkenning dient ertoe de Nederlandse doelstellingen en beleid in perspectief te plaatsen en te inventariseren welke principes gehanteerd worden voor beleid; het locatie- of voetafdrukprincipe.

2. Analyse beton-, chemie- en staalsector

In de tweede fase worden drie industriële sectoren bekeken: beton, staal en de chemie. Dit zijn industrieën die energie-intensieve producten maken (GJ/ton product), een substantieel aandeel hebben in het totale industriële (proces)energiegebruik van Nederland, en een aanzienlijke bijdrage leveren aan de totale (directe) CO₂-emissies van Nederland.

Per sector wordt op basis van de literatuur een overzicht opgesteld van:

- productie in Nederland, import en export van producten;
- klimaatimpact in Nederland (locatieprincipe) en door de hele keten (productievoetafdrukprincipe);

- technisch haalbare CO₂-reductiemogelijkheden (verduurzamingsopties).

De klimaatimpact op basis van het voetafdrukprincipe wordt bepaald op basis van kengetallen uit de literatuur. Er wordt gepoogd de hele levenscyclus zoals weergegeven in Figuur 4 mee te nemen, maar verwacht wordt dat met name de eerste twee stappen (grondstofwinning en productie) goed in kaart te brengen zijn. Om de klimaatimpact op basis van het locatieprincipe (Scope 1) te bepalen wordt gekeken welke van de levenscyclusstappen plaatsvinden in Nederland, en worden alleen deze meegenomen.

Bij het bepalen van de beschikbare technieken voor CO₂-reductie ligt de focus op de productie van halffabricaten en eindproducten in Nederland. Andere levensfasen van producten, zoals grondstofwinning, toepassing en afdanking zijn voor dit project minder relevant, aangezien deze verder van de energie-intensieve industrie afstaan. Wel wordt in het kader van de circulaire economie gekeken naar het vervangen van primaire productie door middel van recycling. Verder wordt gekeken naar technieken die reeds beschikbaar zijn of dat naar verwachting op korte termijn worden.

3. Analyse kansrijke technieken

Op basis van de resultaten van de voorgaande fase wordt voor de sectoren een beperkt aantal technieken geselecteerd. Voor deze technieken wordt geëvalueerd wat hun totale CO₂-reductiepotentieel is, waar mogelijk rekening houdend met technische beperkingen (bijv. techniek is alleen toepasbaar op specifieke processen) of marktomstandigheden (bijv. aanbod recyclebaar materiaal is beperkt). Ook wordt bekeken waar deze CO₂-reducties plaatsvinden (in Nederland of in het buitenland).

4. Analyse beleidsinstrumenten

Veel kansrijke technieken worden niet vanzelf geïmplementeerd. Overheidsbeleid zou hierbij kunnen helpen. In dit onderdeel evalueren we voor een aantal kansrijke technieken de knelpunten en hoe verschillende vormen van beleid deze knelpunten kunnen oplossen. Hierbij wordt rekening gehouden met het mogelijk weglekken van klimaatvoordelen naar het buitenland en met freeriders en hoe hier mee omgegaan kan worden.

Terminologie: Weglek van klimaatvoordelen

In dit rapport wordt de term 'weglek' of 'weglek van klimaatvoordelen van beleid' gebruikt. We definiëren dit als *een CO₂-emissiereductie in het buitenland door uitgaven van de Nederlandse overheid aan klimaatbeleid*.

Tijdens het project is overwogen hiervoor een andere term te gebruiken om de volgende redenen:

1. Weglek kan negatief en subjectief overkomen.
2. Er is naast weglek ook toestroom of toevloed van klimaatvoordelen door voetafdrukbeleid in het buitenland.
3. De term verwarring kan oproepen met de term 'Carbon Leakage' die juist gaat over het verschuiven van emissies (niet emissievoordelen).

We hebben de term 'verschuiving van klimaatvoordelen van beleid' overwogen maar elke keer dat we deze term zouden gebruiken zou er extra toelichting nodig zijn over welke kant de verschuiving op zou gaan. Verschuiving geeft immers geen richting aan. Dit zou het rapport minder duidelijk maken.

3 Motivatie voetafdrukbeleid

In dit hoofdstuk wordt de motivatie voor het onderzoeken en inzetten van voetafdrukbeleid als aanvulling op locatiebeleid toegelicht. We bespreken eerst tekortkomingen van locatiebeleid (Paragraaf 3.1) en bekijken daarna de maximale klimaatpotentie van voetafdrukbeleid (Paragraaf 3.2), kosteneffectiviteit (Paragraaf 3.3) en overige voordelen (Paragraaf 3.4).

3.1 Tekortkomingen locatiebeleid

Als alle landen hetzelfde locatiegerichte klimaatbeleid zouden voeren, dan zou in de hele keten (grondstofextractie, productie, gebruik en afvalverwerking) de beleidsdruk vergelijkbaar zijn. In deze situatie zou voetafdrukbeleid niet nodig zijn, aangezien mondiaal vergelijkbaar locatiebeleid dezelfde impact heeft. In de praktijk zijn er echter verschillen tussen het gevoerde locatiebeleid. Voor productketens die over verschillende landen verspreid zijn betekent dit dat de beleidsdruk per productiestap in de keten kan verschillen. Dit zorgt ervoor dat elk proces in de keten geoptimaliseerd wordt voor het beleid van het betreffende land, maar dat er verschillen zijn tussen stappen in de keten.

Als nationaal klimaatbeleid (gebaseerd op het locatieprincipe) sterk uiteenloopt tussen landen, kunnen er in internationale productieketens dus situaties ontstaan die (mondiaal gezien) niet het meest kostenefficiënt zijn (zie box). In voetafdrukbeleid kunnen dit soort problemen worden weggenomen, doordat over nationale grenzen heen wordt gekeken.

Verschillen in locatiebeleid leiden tot minder kostenefficiënte productieketens: twee voorbeelden

Sommige soorten voedsel worden verpakt in meerlaagse kunststofverpakkingen. Deze kunnen in Azië geproduceerd zijn waarbij veel additieven toegevoegd zijn en energie uit kolengestookte energiecentrales gebruikt is. Als deze in Europa op de markt wordt gezet met relatief strenge normen en doelen voor recycling van deze verpakking leidt dat tot relatief hoge kosten voor recycling omdat het recyclen van meerlaagse kunststof met additieven lastig is. Waarschijnlijk is het aanpassen van de verpakkingen in Azië en het klimaatvriendelijk produceren van de verpakkingen (groene stroom i.p.v. kolenstroom) kosteneffectiever dan het investeren in betere recycling van dit type kunststofverpakkingen in Europa.

Een ander voorbeeld is de Duitse auto-industrie. Beleidsmatig is er veel druk op deze industrie om broeikasgasemissies van auto's te verlagen met name op het gebied van zuinigheid in gebruik. Daarnaast stimuleert de overheid het gebruik van biobrandstoffen. De optie om CO₂-vriendelijk staal af te nemen (bijvoorbeeld gemaakt het met Hisarna-proces uit IJmuiden) behoort nu niet tot de beleidsopties die mee mogen tellen voor voertuigklimaatbeleid. Klimaatvriendelijk staal wordt daarom niet gestimuleerd vanuit het beleid voor de auto-industrie en moet het hebben van het locatiebeleid van de Nederlandse overheid.

3.2 Potentieel klimaatvoordeel voetafdrukbeleid

De Nederlandse industrie is sterk verweven met andere landen. De keuzes die Nederlandse bedrijven maken, bijv. over de inkoop van grondstoffen en halffabricaten, hebben dan ook niet alleen in Nederland invloed op de broeikasgasemissies, maar via hun import ook op emissies in het buitenland.

Volgens het CBS bedroegen de totale emissies in Nederland zelf in 2016 ongeveer 232 Mton CO₂-eq., en werd er voor ca. 192 Mton CO₂-eq. aan goederen geïmporteerd (CBS, 2018a). Deze import bestaat deels uit producten die direct door Nederlandse consumenten gebruikt kunnen worden, maar ook

deels uit inputs voor de Nederlandse industrie (die op haar beurt ook weer producten met een bijbehorende klimaatimpact exporteert, wat relevant is voor de consumptievoetafdruk; zie box).

Nederlandse consumptievoetafdruk vergeleken met Nederlandse emissies volgens locatieprincipe

Het consumptieperspectief sluit minder goed aan bij de focus van het huidige onderzoek (Nederlandse energie-intensieve industrie), maar kan bijvoorbeeld gebruikt worden om de Nederlandse CO₂-emissies (locatieprincipe) te vergelijken met de voetafdruk van de Nederlandse consumptie. Zo heeft het CBS recent berekend dat de klimaatimpact van de directe broeikasgasemissies in Nederland (locatieprincipe) in 2016 ca. 232 Mton CO₂-eq. bedroeg, terwijl de consumptievoetafdruk 239 Mton CO₂-eq. bedroeg (CBS, 2018a)⁵. Het verschil van 7 Mton CO₂-eq. wordt verklaard doordat handel is meegenomen in de consumptievoetafdruk; de Nederlandse import van goederen vertegenwoordigde een klimaatimpact van 182 Mton CO₂-eq., terwijl de export 176 Mton CO₂-eq. bedroeg. Indien alleen naar CO₂ gekeken wordt en andere broeikasgassen buiten beschouwing gelaten worden is het beeld omgekeerd. De emissies volgens locatieprincipe bedroegen in 2016 dan 205 Mton CO₂, terwijl de voetafdruk 194 Mton CO₂ bedroeg (CBS, 2018a). Deze cijfers laten zien dat de emissies voor Nederlandse consumptie dus ongeveer voor de helft in Nederland plaatsvinden en voor de helft buiten Nederland.

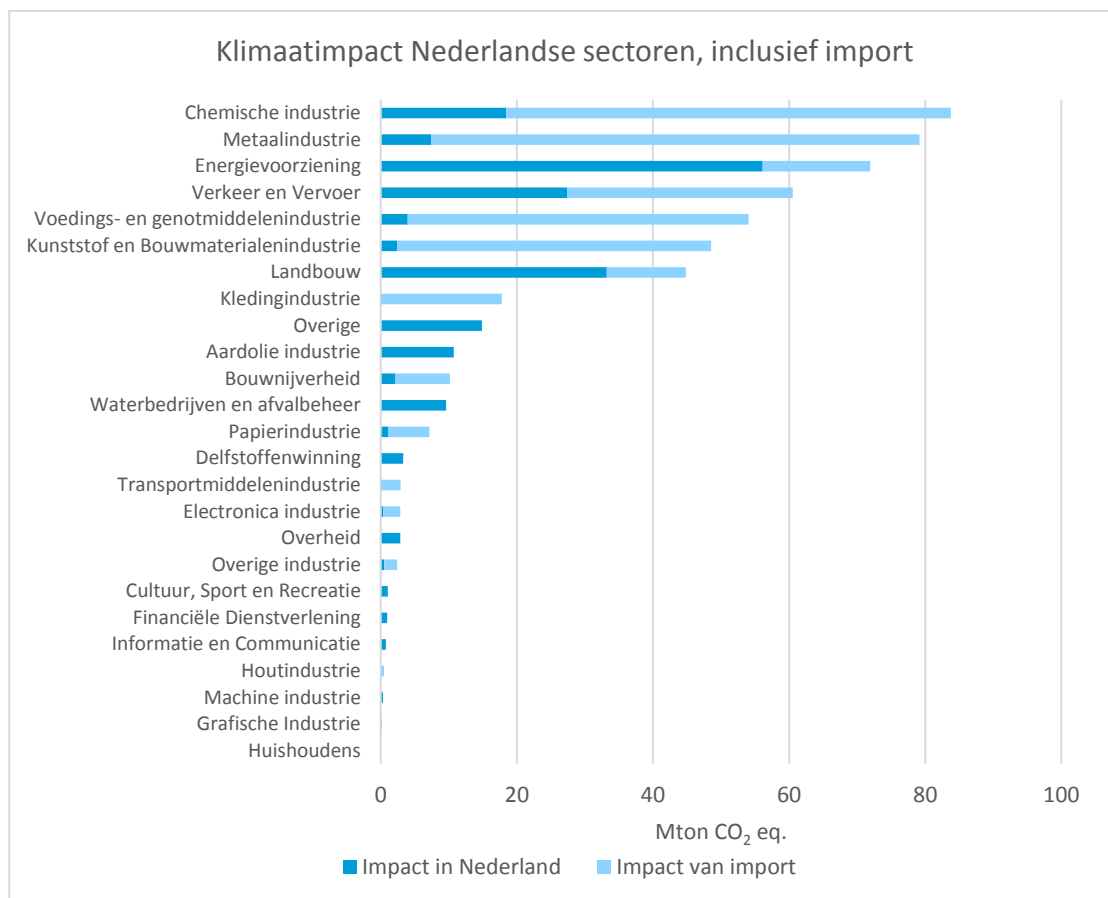
Het beeld dat een groot deel van de klimaatimpact van Nederland en haar industrie in het buitenland plaatsvindt wordt bevestigd door een eerdere analyse van CE Delft; zie Figuur 7. In deze (wat verouderde) studie wordt de klimaatimpact in 2014 in Nederland zelf op 200 Mton CO₂-eq. geschat, terwijl de klimaatimpact van geïmporteerde goederen (op basis van data voor 2007) op 330 Mton CO₂-eq. wordt geschat. In sectoren zoals de chemie, metaalindustrie en kunststoffenindustrie vindt veel klimaatimpact plaats in het buitenland. Ook bij deze analyse geldt dat deze geïmporteerde goederen niet allemaal als input dienen voor de Nederlandse industrie.

Deze analyses tonen aan dat Nederlands voetafdrukbeleid een zeer groot potentieel heeft. Het is aannemelijk dat ongeveer de helft van de klimaatimpact van de Nederlandse industriële productie in de voorketen in het buitenland plaatsvindt. Met voetafdrukbeleid wordt deze gehele klimaatimpact meegenomen, terwijl locatiebeleid slechts de helft van de emissies 'afdekt'. Door op zowel de nationale emissies (locatieprincipe) als voetafdrukemissies te sturen wordt het bereik van Nederlands beleid verdubbeld.

⁵ Bij het bepalen van de consumptievoetafdruk is gebruik gemaakt van een *input-output* analyse, een alomvattende maar minder nauwkeurige methode dan de LCA-benadering die in de rest van dit rapport gehanteerd wordt. Zie ook (PBL, 2018b) en (CBS, 2018a).



Figuur 7 – Klimaatimpact van Nederlandse economische sectoren naar locatie



Toelichting: De aardolie industrie kent geen impact van import omdat deze toegerekend wordt aan de laatst gebruikende industrie. Dus bijvoorbeeld aan de Verkeer en Vervoer sector.

Bron: (CE Delft, 2014)

3.3 Kosteneffectiviteit en flexibiliteit voetafdrukbeleid

Omdat de productketens van de Nederlandse industrie zich voor een aanzienlijk deel in het buitenland bevindt (zie vorige paragraaf), biedt het productievoetafdrukperspectief bedrijven meer mogelijkheden om hun klimaatimpact te reduceren. Ze kunnen immers ook in hun aanleverketen kijken naar emissiereductieopties, aangezien het voor het klimaat niet uitmaakt waar broeikasgasemissies gereduceerd worden. Als deze buitenlandse opties goedkoper zijn dan reductiemogelijkheden in Nederland, dan zorgt de implementatie ervan voor de meest kosteneffectieve oplossing voor het klimaatprobleem. Vanuit deze optiek is klimaatbeleid gebaseerd op productievoetafdrukken (mondiaal gezien) efficiënter.

Daarnaast kan voetafdrukbeleid het mogelijk maken om vanuit de geleverde diensten aan eindconsumenten te redeneren. Door te sturen op het verduurzamen van de dienst/het product voor de eindconsument wordt bedrijven een maximale hoeveelheid vrijheidsgraden geboden, waardoor de meest efficiënte optie voor verduurzaming gekozen kan worden. Dit sluit aan bij de theorie van 'product as a service'. De vraag naar licht in een kantoorruimte kan bijvoorbeeld niet alleen ingevuld worden met duurzaam geproduceerde lampen (zoals in het locatieperspectief), maar ook met energiezuinige lampen, lampen op duurzame energie, ramen, lichtkoepels, etc. Sturen op de

voetafdruk geeft hier meer vrijheidsgraden dan sturen op de emissies van de lampenfabriek en de energiecentrale.

3.4 Overige voordelen voetafdrukbeleid

Naast het grotere bereik van voetafdrukbeleid en de grotere vrijheid die het bedrijven biedt, zijn er andere voordelen denkbaar, die ook deels aansluiten bij algemenere beleidsprincipes:

- **Gelijk speelveld industrie:** Het sturen op voetafdruk een product of dienst maakt dat er een gelijk speelveld ontstaat tussen bedrijven die in Nederland produceren en import uit het buitenland op klimaatimpact. Zo zijn de regels voor energiezuinigheid van auto's gelijk voor auto's geproduceerd in de EU of geïmporteerd uit China. De regels en het beleid voor het staal gebruikt in diezelfde auto's (ETS in Europa en nationaal buitenlands beleid) zijn echter wel verschillend. Dit leidt tot kostenverschillen in auto's op de Europese markt.
- **Toekomstbestendigheid Nederlandse industrie:** Als de productievoetafdruk van bedrijven verlaagd wordt, kan dit de toekomstbestendigheid van de Nederlandse industrie vergroten. Nederlandse bedrijven zouden minder kwetsbaar zijn voor (onverwacht) nieuw of strenger klimaatbeleid zoals oplopende CO₂-prijzen. Daarnaast kan voetafdrukbeleid in de hele keten innovaties stimuleren. Als bedrijven en producten in toenemende mate worden beoordeeld op hun voetafdruk, dan kan een sterke uitgangspositie qua CO₂-efficiëntie een aanjager zijn voor investeringen in de Nederlandse industrie en vraag naar haar producten.

4 Verkenning doelstellingen en beleid

Omdat de spanning tussen locatiebeleid en voetafdrukbeleid vooral speelt bij beleidsverschillen tussen landen bespreken we het klimaatbeleid in een aantal belangrijke landen die belangrijk zijn voor Nederland: Nederland zelf en een aantal belangrijke handelspartners.

In dit hoofdstuk beschrijven we de doelstellingen en het beleid dat (kan) leiden tot een reductie in broeikasgasemissies. Naast doelstellingen en beleid die zich direct richten op het verminderen van de klimaatimpact wordt ook gekeken naar beleid op het gebied van de circulaire economie, omdat dit ook gevolgen kan hebben voor de (energie-intensieve) industrie en vaak onderbouwd wordt met klimaatdoelstellingen.

In Paragraaf 4.1 kijken we naar Nederlandse doelstellingen en beleid, in Paragraaf 4.2 naar belangrijk internationale doelstellingen en beleid en in Paragraaf 4.3 categoriseren plaatsen we de Nederlandse doelstellingen en beleid in perspectief en beschrijven we de verschillende soorten beleid op basis van het locatie- en voetafdrukprincipe.

4.1 Nederlandse doelstellingen en beleid

Het kabinet-Rutte III heeft in haar regeerakkoord ambitieuze doelen gesteld voor het reduceren van broeikasgasemissies. In 2030 moeten de broeikasgasemissies binnen het Nederlands grondgebied met 49% gereduceerd zijn ten opzichte van 1990. Het kabinet zet zich daarnaast in voor een Europa-brede doelstelling van 55% broeikasgasemissiereductie in 2030. Als zo'n afspraak bij de volgende onderhandelingen in 2019 niet mogelijk is dan streeft Nederland ernaar om met andere ambitieuze landen binnen de Europese Unie extra afspraken te maken. Het Nederlands klimaatbeleid is erop gericht om broeikasgasemissiereductie te bewerkstelligen zonder dat de concurrentiepositie van Nederlandse bedrijven in het geding komt.

Het regeerakkoord bevat ook een indicatieve inschatting van de emissiereductie die behaald kan worden met verschillende maatregelen. Het overzicht is weergegeven in Tabel 3. Van de totale broeikasgasemissiereductie komt bijna 40% voort uit reductie in de industrie.

Tabel 3 – Overzicht maatregelen voor het behalen van 49% broeikasgasemissiereductie in 2030 ten opzichte van 1990

Maatregel	Reductie in 2030	Domein
Recycling	1 Mton	Industrie
Procesefficiency	3 Mton	Industrie
CCS industrie	18 Mton	Industrie
Zuiniger banden, Europese normen, elektrische auto's	1,5 Mton	Transport
Biobrandstoffen en maatregelen steden	2 Mton	Transport
Optimalisatie energiegebruik kantoren	3 Mton	Gebouwde omgeving
Isolatie woningen, warmtenetten en warmtepompen	2 Mton	Gebouwde omgeving
Zuiniger nieuwbouw	2 Mton	Gebouwde omgeving
Zuiniger verlichting	1 Mton	Elektriciteit
Sluiten kolencentrales (2030)	12 Mton	Elektriciteit
CCS AEC's	2 Mton	Elektriciteit
Extra wind op zee	4 Mton	Elektriciteit
Extra zonne-energie	1 Mton	Elektriciteit
Slimmer landgebruik	1,5 Mton	Landgebruik en landbouw



Maatregel	Reductie in 2030	Domein
Minder methaanuitstoot	1 Mton	Landgebruik en landbouw
Kas als energiebron	1 Mton	Landgebruik en landbouw
Totaal	56 Mton	

Bron: Gebaseerd op regeerakkoord 2017 (Rijksoverheid, 2017).

Recent heeft het PBL bekeken de kabinetsdoelstelling om 49% CO₂-emissiereductie te behalen in 2030 verder ingevuld kan worden (PBL, 2018a). Per economische sector worden de technologische opties voor emissiereductie in kaart gebracht. Voor de industrie komt hieruit naar voren dat de emissies *maximaal* met 43 Mton CO₂-eq./jaar verlaagd zouden kunnen worden (bij inzet elektrificatie, recycling, procesefficiency, CCS en biomassaketels). Op basis van onder andere de kosteneffectiviteit van alle technologische opties worden vervolgens 'maatregelpakketten' gepresenteerd waarin elke economische sector een specifieke bijdrage levert om de kabinetsdoelstelling te halen. Hieruit komt naar voren dat de CO₂-emissies van de industrie met ca. 14 tot 20 Mton CO₂-eq./jaar verlaagd moeten worden; alleen de energiesector krijgt (in de meeste pakketten) een hogere emissiereductie toebedeeld.

Verskillende vormen van beleid (zowel bestaand als nieuw) worden tijdens de huidige kabinetsperiode gebruikt om de klimaatdoelstellingen te bereiken. Zo is er het **Energieakkoord**, waarbij afspraken zijn gemaakt over onder andere het aandeel hernieuwbare energie in 2020 en energiebesparingsmaatregelen. Dit akkoord richt zich op het verminderen van CO₂-emissies die plaatsvinden op het Nederlands grondgebied in de industrie (door energiegebruik) en andere sectoren (bijv. energie, mobiliteit, gebouwde omgeving).

De Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE) regeling in combinatie met de opslag duurzame energie (ODE) op de energieprijzen richt zich op het stimuleren van duurzame energie om de broeikasgasemissies op Nederlands grondgebied te verminderen. Het regeerakkoord heeft aangekondigd de SDE-regeling te verbreden naar CO₂-emissiereductie, waarschijnlijk per 1 januari 2019.

Beprijzing CO₂-emissies in de energiesector met een minimumprijs oplopend van 18 €/ton CO₂-eq. in 2020 tot 43 €/ton CO₂-eq. in 2030.

Niet direct gerelateerd aan klimaatbeleid is het beleid op **duurzaam inkopen**. Dit beleid leidt wel degelijk tot het reduceren van klimaatimpact zowel in Nederland als in het buitenland door het stimuleren van inkoop van duurzamere producten.

Daarnaast heeft het Nederlandse kabinet in 2016 het **Rijksbrede programma Circulaire Economie** opgezet. Hierin wordt de ambitie uitgesproken om te komen tot een reductie in het gebruik van primaire grondstoffen van 50% in 2030 (I&M/EZ, 2016). Dit is ook een kans om de Nederlandse CO₂-uitstoot te verlagen; in het regeerakkoord van het kabinet-Rutte III wordt het Rijksbrede programma dan ook expliciet gekoppeld aan de klimaatopgave. In het regeerakkoord is 1 Mton ingeboekt voor recycling (zie Tabel 3), een onderdeel van de circulaire economie. Voor Nederland heeft het PBL recent een monitoringssysteem voor de circulaire economie voorgesteld (PBL, 2018b).

Het hier besproken overzicht van de verschillende instrumenten die ingezet worden rondom CO₂-emissiereductie is niet uitputtend. Andere voorbeelden die gericht zijn op of raken aan CO₂-emissiereductie zijn de energieheffing, de afvalstoffenheffing, en de MIA/Vamil-subsidieregeling (die naast energie-efficiëntie ook bedoeld is om de circulaire economie te stimuleren⁶).

⁶ Zie: www.rvo.nl/subsidies-regelingen/mia-en-vamil/milieulijst-miavamil/branches-en-themas/circulaire-economie

Uitzondering op huidige klimaatbeleid op basis van locatieprincipe: CO₂ uit biomassa

Op dit moment wordt voor de verbranding van biomassa een uitzondering gemaakt op het locatieprincipe. De verbranding van biomassa die geïmporteerd is uit het buitenland leidt fysiek tot een opname van CO₂ in het buitenland en een emissie van (biogene) CO₂ in Nederland. Volgens de IPCC-methodiek is echter afgesproken dat de eindgebruiker van biomassa deze opname naar zich toe mag rekenen waardoor verbranding van buitenlandse biomassa en de bijbehorende uitstoot van biogene CO₂ allebei niet meetellen in de klimaatadministratie. Bij uitbreiding van bosgebied in de bosbouw mag wel weer een deel van de opname toegerekend worden (LULUCF).

4.2 Internationale doelstellingen en beleid

Internationale doelstellingen

In het 'Parijsakkoord' dat eind 2015 is ondertekend hebben 196 landen de intentie uitgesproken om de gemiddelde globale temperatuurstijging te beperken tot 2°C, en liefst tot 1,5°C (UNFCCC, 2018). Voorafgaand aan de onderhandelingen in Parijs hebben de meeste landen nationale emissiereductie-doelstellingen voor de emissies binnen hun grondgebied (locatieprincipe) ingediend (zogenoemde *Nationally Determined Contributions*; NDCs). Deze NDCs bieden inzicht in de ambities van verschillende landen. De doelstellingen per land/regio zijn weergegeven in Tabel 4. Onder de tabel gaan we verder in op de precieze plannen en beleid.

Tabel 4 – Klimaatdoelstellingen en klimaatbeleid voor verschillende regio's

Land/regio	Broeikasgasemissiedoelstellingen			
	2020	2025	2030	2050
China (1)	-	-	Emissiepiek	-
Verenigde Staten (1)	-17%	-26 tot -28%	-	-
EU28 (2)	-20%		-40%	-80 tot -95%
- Duitsland			-55%	-80 tot -95%
- Verenigd Koninkrijk			- 57%	-80%
- Nederland			-49%/-55%	
- België	-20%		-40%	-80 tot -95%

(1) Doelstellingen ten opzichte van emissies in 2005.

(2) Doelstellingen ten opzichte van emissies in 1990.

4.2.1 De Europese Unie (EU)

De 28 lidstaten van de Europese Unie waren verantwoordelijk voor 10,4% van de mondiale CO₂-uitstoot in 2010 (PBL, 2017b). Voor 2020 geldt binnen de EU een wettelijk bindende doelstelling van 20% emissiereductie ten opzichte van 1990 (European Commission, 2018a). De andere twee belangrijke doelstellingen binnen het klimaatbeleid zijn 20% duurzame energiegebruik en 20% toename in energie-efficiëntie in 2020. Voor de onderhandelingen in Parijs heeft de EU28 een doelstelling van 40% CO₂-emissiereductie in 2030 geponeerd, opnieuw gemeten ten opzichte van 1990 (EU, 2015). Dit in combinatie met een aanscherping van de duurzame energie en energie-efficiëntie doelstellingen naar van 20 naar 27% (European Commission, 2018b).

Belangrijke instrumenten die hiervoor ingezet worden zijn nationale emissiereductiedoelstellingen voor niet-ETS-sectoren en doelstellingen voor het gebruik van duurzame energie per lidstaat binnen de *Renewable Energy Directive*.



Naast dit beleid gebaseerd op locatieprincipe is er ook beleid dat zich meer richt op het voetafdruk-principe of op CO₂-emissies binnen de gehele EU en niet specifiek op een lidstaat. Het gaat hierbij onder andere over:

- EU ETS, het Europese emissiehandel systeem voor de energie- en industriesectoren waarbij een emissieplafond is gesteld. Dit beleid wordt niet gedifferentieerd per lidstaat, maar richt zich op efficiënte emissiereductie in de Europese Unie.
- Voor de meeste sectoren die niet onder ETS vallen worden via de *Effort Sharing Decision* (ESD) bindende CO₂-emissiereductiedoelstellingen bepaald, die lidstaten met eigen beleid mogen invullen. Ook binnen de ESD bestaat de mogelijkheid om te handelen in emissierechten.
- EU Ecodesign richtlijn, een minimumstandaard voor energie-efficiëntie voor toelating op de Europese markt van verschillende elektrische- en elektronische apparaten.
- Green Public Procurement criteria: Gunningscriteria en minimumeisen voor duurzaam inkopen van producten en diensten. Sommige van deze standaarden zijn verplicht om mee te nemen in overheidsaanbestedingen in lidstaten, en andere zijn vrijwillig.
- De Fuel Quality Directive, wetgeving waarin vastgelegd is dat de broeikasgasintensiteit van transportbrandstoffen minimaal 6% omlaag moet in 2020. Hierbij wordt naar de hele levenscyclus gekeken, waarbij dus ook emissies die plaatsvinden bij extractie, verwerking en distributie van transportbrandstoffen worden meegenomen.
- Daarnaast wordt er ook op EU-niveau gestreefd naar een meer circulaire economie (EC, 2015), bijvoorbeeld door strenger te worden op het storten van (met name recycleerbaar) afval. Daarnaast wordt per land de grondstoffenefficiëntie gemonitord⁷. Dit is niet direct klimaatbeleid maar kan wel gevolgen hebben voor de Europese broeikasgasemissies.

Tot slot zijn er Europees ontwikkelde methodologieën die nog niet in beleid toegepast worden maar dit mogelijk wel zullen worden. Het gaat hier bijvoorbeeld om de Product Environmental Footprint (PEF) methodologie en de Organisational Environmental Footprint (OEF) methodologie, waarmee op een uniforme manier de voetafdruk van een product of organisatie bepaald kan worden.

Uitzondering op huidige klimaatbeleid op basis van locatieprincipe per land: het Europese Emissions Trading System (ETS)

Het Europese ETS voor de grotere industrie maakt het mogelijk dat bedrijven over landsgrenzen handelen en schuiven met emissies van broeikasgassen. Hierbij gaat het alleen om emissies die plaats hebben gevonden bij een industrie. In beginsel wordt in het EU ETS dus het locatieprincipe gebruikt; bedrijven zijn verantwoordelijk voor hun klimaatimpact volgens Scope 1. Door het handelen in emissies toe te staan wordt de fysieke realiteit echter losgekoppeld van de boekhouding van emissies. Het ETS is niet gebaseerd op het voetafdrukprincipe, maar een uitbreiding op een zuiver locatiegebaseerd systeem waarbij naar heel Europa gekeken wordt in plaats van naar een lidstaat.

Aanvullend beleid

Binnen de EU voeren landen hun eigen klimaatbeleid, waarvan een deel een vertaling is van Europees beleid naar nationaal beleid. Soms reikt het beleid verder dan de EU-brede aanpak.

De regering van **Duitsland** heeft eind 2016 het *Klimaschutzplan 2050* gepresenteerd (BMUB, 2016). Uitgangspunt hierin is een emissiereductie van 80 tot 95% in 2050 ten opzichte van 1990. Voor 2030 wordt een interim doel van 55% reductie gesteld, waarbij iedere economische sector specifieke emissiereductiedoelen heeft. Voor de industrie gaat het hierbij om een reductie van ongeveer 50% in 2030 ten opzichte van 1990. Er wordt onder andere een R&D-programma voorgesteld om te komen tot klimaatneutrale productie, waarbij ook CCU expliciet onderzocht zal worden. In het

⁷ Zie: www.ec.europa.eu/environment/ecoap/indicators/index_en



Klimaschutzplan wordt geen budget voor deze plannen genoemd. Naast klimaatbeleid voert Duitsland ook beleid op grondstoffen efficiëntie. Hierbij wordt ingezet op het verminderen van het grondstoffengebruik per eenheid BNP.

Het **Verenigd Koninkrijk** heeft in 2008 de *Climate Change Act* aangenomen (UK Government, 2008), waarin de doelstelling is geformuleerd om in 2050 een 80% reductie in broeikasgasemissies ten opzichte van 1990 te realiseren. De wet legt vast dat voor periodes van vijf jaar een wettelijk bindend emissiedoelwit (*carbon budget*) opgesteld moet worden, vergezeld van (beleids)voorstellen om dit doelwit te halen. In 2017 zijn zulke plannen gepresenteerd voor de vierde en vijfde carbon budgets (periode 2023-2032) in de *Clean Growth Strategy* (BEIS, 2017). In deze Clean Growth Strategy wordt naast Europese thema's veel aandacht besteed aan toepassing van CCU en CCS, maar er wordt nog geen overheidsbudget voor bereiken van de doelen genoemd.

België voert geen extra beleid bovenop het EU-brede klimaatbeleid.

4.2.2 China

China had in 2010 een aandeel van 21,9% in de wereldwijde emissies van broeikasgassen (PBL, 2017b). In 2009 sprak China het doel uit om in 2020 de 'koolstofintensiteit' (uitstoot van broeikasgassen per eenheid BNP) te verlagen met 40 tot 45% ten opzichte van 2005 (Government of China, 2015). Voorafgaand aan de onderhandelingen in Parijs is hieraan de doelstelling toegevoegd om in 2030 de koolstofintensiteit met 60 tot 65% verlaagd te hebben ten opzichte van 2005 (Government of China, 2015). Tevens geeft China de intentie aan om uiterlijk in 2030 haar CO₂-emissies te laten pieken.

Net als de Europese Unie heeft China doelen voor het aandeel duurzame energie. Zo wil het land dat in 2030, 20% van alle primair energiegebruik een hernieuwbare bron heeft. Ook heeft China doelstellingen voor welk aandeel van de energie er maximaal uit niet-hernieuwbare bronnen mag komen, zoals bijvoorbeeld maximaal 58% energie op basis van steenkool in 2020. Dit is een type beleid dat niet gevoerd wordt in Europa.

China is ook bezig met het opzetten van een emissiehandelsysteem. Het systeem is in pilot getest in de gebieden in China waar de meeste broeikasgasemissies plaatsvinden; Shanghai, Beijing, Guangdong provincie, Tianjin, Shenzhen, Chongqing en Hubei provincie. Het plan was om in 2017 een nationaal emissiehandelsysteem in werking te stellen. De start voor het systeem is inderdaad gemaakt maar het is nog niet geïmplementeerd. Naar verwachting start het systeem in 2018 met de energie-sector (ICIS, 2017).

Ander interessant beleid dat in China gevoerd is, was het TOP1000-programma voor de meest energie-intensieve bedrijven (tot 2010). In dit programma werd door de Chinese overheid een doel opgesteld voor energiereductie en moesten alle bedrijven in de TOP1000 meewerken aan energiereductie. De bedrijven moesten energiemanagementsystemen opzetten en reductiedoelstellingen voor energiegebruik vaststellen. Bij het niet halen van de doelstellingen werden sancties opgelegd aan zowel bedrijven als aan de regio's waar de bedrijven zich bevonden.

4.2.3 De Verenigde Staten

De Verenigde Staten waren verantwoordelijk voor 12,9% van de globale broeikasgasemissies in 2010 (PBL, 2017b). In de NDC van de VS spreekt men de verwachting uit om in 2020 te komen tot een reductie van 17%, en de doelstelling om in 2025 een reductie van 26 á 28% te realiseren, beide ten opzichte van 2005 (Government of the USA, 2015).



Het is onduidelijk of de doelstellingen nog van kracht zijn omdat de regering-Trump heeft aangegeven zich te willen terugtrekken uit het Parijsakkoord. Een groot aantal Amerikaanse staten en steden heeft uitgesproken om zich wel te willen blijven houden aan de afspraken. Onder de vorige regering-Obama is een aantal soorten beleid uitgezet waarvan nu onduidelijk is of en in welke mate dit beleid toegepast zal worden. Hieronder volgt een korte introductie op het uitgezette beleid.

De twee belangrijkste pijlers van het onder Obama uitgezette beleid in de VS waren het *Clean Power Plan* en het *Climate Action Plan* (The White House, 2013). Het meest belangrijke beleid uit deze plannen was:

- CO₂-standaarden voor energieproductie, vrachtwagens, lichte bedrijfswagens, overheidsgebouwen, apparaten en de olie- en gasindustrie;
- doel voor 20% toename energie-efficiëntie gebouwen;
- bijmengverplichting biobrandstoffen voor toepassing in transport;
- borgstelling voor 8 miljard \$ leningen voor ontwikkeling innovatieve technologie;
- doelstelling voor geïnstalleerde duurzaam vermogen op sociale woningbouw.

De Verenigde Staten kennen geen nationaal emissiehandelssysteem maar sommige individuele staten, of combinaties van staten, hebben wel ETS-systemen. Zo kent Californië een ETS dat zich richt op zowel de industrie als energiesector.

4.3 Conclusies doelstellingen en locatie- versus voetafdrukbeleid

Ambitieuze doelstellingen CO₂-emissiereductie op Nederlands grondgebied

Nederland heeft in vergelijking met de Europese doelstelling van 40% CO₂-emissiereductie in 2030 (ten opzichte van 1990) een ambitieuze doelstelling van 49-55%. Deze doelstelling sluit aan bij de verdeling van CO₂-emissiereductie naar individuele EU-landen voor de niet-ETS-sectoren, waarbij Nederland ook een hogere CO₂-emissiereductie toebedeeld heeft gekregen dan het EU-gemiddelde (36% ten opzichte van 30% in 2005). Hiermee zijn de Nederlandse nationale doelstellingen vergelijkbaar met die van Duitsland en het Verenigd Koninkrijk.

Ambitieuze doelstellingen grondstofgebruik (circulaire economie) op Nederlands grondgebied

De doelstelling die door Nederland gesteld is op het gebied van Circulaire Economie is ambitieus en concreet in verhouding met doelstellingen van andere landen. Duitsland heeft bijvoorbeeld ook een doelstelling voor grondstofgebruik maar dit is een relatieve doelstelling (gekoppeld aan het BBP) in plaats van een absolute doelstelling zoals deze door Nederland gesteld is.

Bij de doelstelling van 50% grondstoffenreductie in 2030 is overigens nog niet ingevuld of deze reductie geldt voor de consumptie of de productie van grondstoffen (PBL, 2018b). In het eerste geval kan het ingedeeld worden onder consumptievoetafdrukbeleid en in het tweede geval onder het productievoetafdrukbeleid.



Huidig beleid dat bijdraagt aan CO₂-emissiereductie is met name locatiebeleid

Zowel Nederland als haar handelspartners voeren beleid op het gebied van klimaat. Ook het industriebeleid en beleid op het gebied van circulaire economie kan tot een reductie of toename van broeikasgasemissies leiden. In onderstaande figuur wordt een overzicht gegeven van relevant beleid. We delen de soorten beleid in naar het gehanteerde principe: locatie- of voetafdrukbeleid (zowel consumptie als productie) en of het om Nederlands of internationaal beleid gaat.

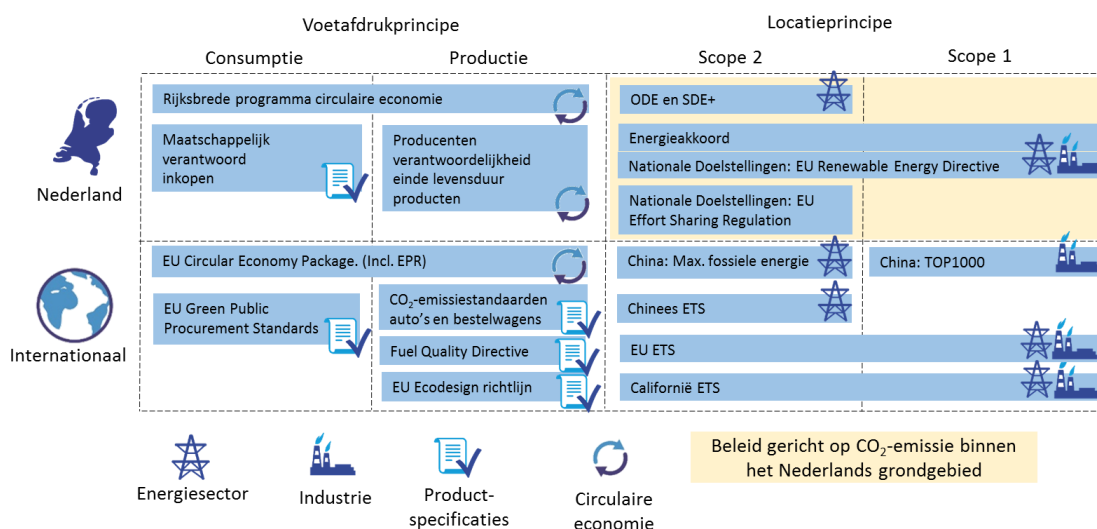
Grote verschillen met belangrijke handelspartners VS en China

Met belangrijke handelspartners als de VS en China zijn er grote verschillen qua klimaatbeleid. Deze verschillen kunnen nog verder gaan toenemen zeker nu de VS zich uit het klimaatakkoord heeft teruggetrokken. Voor productketens die zich uitstrekken over Nederland en deze handelspartners betekent die een duidelijk verschillende beleidsdruk op verschillende stappen in de keten met automatisch een minder kosteneffectieve aansturing van deze ketens dan bij een afgestemd beleid. Voetafdrukbeleid dat alle emissies in de hele keten gelijk behandelt leidt in deze ketens voor kosteneffectief klimaatbeleid.

Verschillen tussen EU-landen minder groot, daar speelt vooral toerekening

De verschillen in klimaatbeleid tussen Europese landen zijn minder groot dan die op mondiale schaal. Locatiebeleid drukt daarmee meer evenwichtig op alle stappen in Europese productketens dan mondiaal. Wel is het zo dat er ook in Europa verschillen in beleid zijn bijvoorbeeld tussen productie van materialen en het beleid voor afvalverwerking (dit laatste is traditioneel strenger, zo zijn de emissie-eisen voor afvalverbranding strenger dan die voor een kolencentrale of een staalfabriek). Ook leidt de aanwezigheid van een productiefaciliteit in het ene land en de verwerkende industrie in het buurland tot een onbalans in de mogelijkheden en kosten voor het locatiebeleid. Dit is op te lossen met meer voetafdrukbeleid (hele keten onder zelfde beleid) maar ook met bepaalde soorten locatiebeleid op een grotere schaal dan Nederland zoals emissiehandel zoals in het EU ETS.

Figuur 8 – Overzicht locatie- en voetafdrukbeleid



Uit Figuur 8 blijkt dat om de gestelde doelstellingen te halen Nederlands en internationaal beleid zich met name richten op klimaatemissies binnen het eigen grondgebied. Er wordt nog weinig productievoetafdrukbeleid gevoerd, terwijl dit wel beter aansluit bij de manier van werken van de energie-intensieve industrie.

Bestaand productievoetafdrukbeleid richt zich met name op één levensfase van een product

Het productievoetafdrukbeleid dat wel gevoerd wordt bestaat uit onder andere:

- EU Ecodesign richtlijn;
- CO₂-emissiestandaarden voor personenauto's en bestelwagens;
- producentenverantwoordelijkheid einde levensduur producten.

Hieruit blijkt dat als er voetafdrukbeleid gevoerd wordt, dit niet gevoerd wordt over de hele keten, maar het zich richt op één levensfase zoals energiegebruik in de gebruiksfase (EU Ecodesign directive, CO₂-emissiestandaarden voor personenauto's en bestelwagens) of het einde van de levensduur van een product (Extended Producer Responsibility, EPR).

5 Analyse chemie, staal- en betonsector

In dit hoofdstuk kijken we naar drie sectoren: de chemie, de ijzer- en staalindustrie en de betonindustrie. Per sector geven we een beschrijving van de sector (productie, import, export), bespreken we de klimaatimpact van de sector op basis van het productievoetafdruk- en locatieprincipe en geven een introductie op de verduurzamingsopties per sector.

5.1 Chemie

5.1.1 Beschrijving Nederlandse chemiesector

De chemiesector is de industriële sector met het hoogste energiegebruik in Nederland (zie Tabel 2). De chemische industrie is onder andere energie-intensief omdat ze energiedragers niet alleen gebruikt om processen uit te kunnen voeren (procesenergie zoals stoom, elektriciteit), maar ook als grondstof gebruikt. In de chemische en farmaceutische industrie werkten gezamenlijk in 2016 ongeveer 56.000 mensen (CBS, 2017c), en de sector was met een productiewaarde van € 42,8 miljard (CBS, 2017b) goed voor 6% van het nationaal bbp.

In Nederland bestaat het niet-energetisch gebruik met name uit petroleumdestillaten (bijv. productie van organische basischemicaliën) en aardgas (bijv. productie van ammoniak voor kunstmestindustrie). Het niet-energetisch gebruik van brandstoffen leidt tot CO₂-emissies wanneer chemische producten (bijv. kunststoffen) na gebruik verbrand worden. Voor Nederland geldt dat ongeveer 70% van de kunststoffen die in verwerkte afvalstromen terecht komen verbrand wordt (met terugwinning van energie) (PlasticsEurope, 2016). In beginsel gebeurt dit alleen met kunststoffen die nog niet economisch rendabel gerecycled kunnen worden. Verpakkingen van kunststof worden bijvoorbeeld vaker gerecycled.

Productie van chemische producten in Nederland

De chemische industrie maakt veel verschillende producten in sterk verweven productieprocessen. De sector is onder andere gekoppeld aan de Nederlandse raffinaderijen (die zelf niet tot de chemische sector gerekend worden). De petroleumdestillaten (bijv. nafta) uit raffinaderijen worden in stoomkrakers omgezet tot basischemicaliën. Naast aardolie worden aardgas, atmosferisch stikstof, mineralen en biotisch materiaal als grondstof gebruikt voor de productie van basischemicaliën. Deze worden vervolgens verder omgezet tot allerlei chemische producten die in andere industrie-sectoren gebruikt of verder verwerkt worden, zoals kunststoffen, kunstmest, smeermiddelen, additieven, etc.

In Tabel 5 is per chemisch product de Nederlandse productiecapaciteit weergegeven. Er is met name veel capaciteit voor de productie van petrochemische platformmoleculen zoals ethyleen, propyleen en aromaten. Ook valt de productiecapaciteit van stikstofhoudende chemicaliën (salpeterzuur, ammoniak) op, die toegepast kunnen worden voor de productie van kunstmest.



Tabel 5 – Productiecapaciteit van chemische producten met de hoogste Nederlandse productievolumes in 2011

#	Product	Capaciteit (Mton/jaar)	#	Product	Capaciteit (Mton/jaar)
1	Ethyleen	3,8	15	Chloor	0,8
2	Styreen	2,7	16	Zwavel	0,6
3	Ethylbenzeen	2,6	17	Vinylchloride	0,6
4	Propyleen	2,5	18	Tolueen	0,6
5	Benzeen	2,4	19	MDI	0,6
6	Salpeterzuur	2,4	20	Methanol	0,5
7	Ammoniak	2,2	21	Paraxyleen	0,5
8	Natriumhydroxide	2,2	22	Ethyleenoxide	0,5
9	Xyleen	1,5	23	Butadieen	0,4
10	Ethanol	1,2	24	Bisfenol A	0,4
11	Formaldehyde	1,0	25	Natriumcarbonaat	0,3
12	Propyleenoxide	1,0	26	Ethyleenglycol	0,3
13	MTBE	0,9	27	Carbon black	0,2
14	Zwavelzuur	0,8			

Bron: (CE Delft, 2012).

Import en export van chemicaliën en grondstoffen voor de chemie

De belangrijkste energiedragers die de chemische sector in Nederland gebruikt zijn geïmporteerde aardolie en afgeleiden (Tabel 2). Daarnaast importeerde de sector voor € 48 miljard aan chemische producten in 2015 (CBS, 2018b). Dit zijn overwegend organische chemicaliën (€ 13 miljard) en medicinale en farmaceutische producten (€ 14 miljard). Ongeveer 70% van de invoer kwam uit EU-landen (CBS, 2018b).

Van de in Nederland geproduceerde chemische producten werd in 2015 zo'n 80% geëxporteerd (VNCI, 2016). De totale export bedroeg ongeveer € 74 miljard (CBS, 2018b), en bestond vooral uit organische chemicaliën (€ 15 miljard), medicinale en farmaceutische producten (€ 21 miljard) en kunststoffen in primaire vormen (€ 14 miljard). Voor deze laatste twee categorieën heeft Nederland het grootste overschot op de handelsbalans, met respectievelijk € 7,8 miljard en € 8,5 miljard.

Ongeveer 80% van de export ging naar Europese landen (VNCI, 2016). Duitsland (20% van totale export), België (13%), het Verenigd Koninkrijk (9%) en Frankrijk (9%) waren de belangrijkste exportbestemmingen.

5.1.2 Klimaatimpact chemie

De directe broeikasgasemissies van de chemische sector (oftewel emissies volgens het **locatie-principe**; scope 1) bedroegen rond de 19,5 Mton CO₂-eq. in 2015⁸. Het gaat hierbij om emissies uit de verbranding van fossiele energiedragers en zogenoemde procesemissies die bij reacties vrijkomen (met name N₂O). Drie sub-sectoren dragen met name veel bij aan dit totaal, namelijk de productie van petrochemische basischemicaliën (30%), kunstmest (20%) en kunststoffen in primaire vorm (34%)⁹. Deze directe emissies uit de chemie vallen onder het ETS.

⁸ Analyse CE Delft op basis van emissiedata voor CO₂, CH₄ en N₂O uit (Emissieregistratie, 2017) voor SBI 20 (Vervaardiging van chemische producten) en 21 (Vervaardiging van farmaceutische grondstoffen en producten).

⁹ Het betreft hier respectievelijk de SBI codes 2014, 2015 en 2016.



In bovenstaande inschatting van directe broeikasgasemissies wordt de klimaatimpact van het produceren van elders geproduceerde grondstoffen/halffabricaten en elektriciteit/warmte niet meegenomen, net als emissies van eventuele verbranding in de afvalfase. Gezien de complexiteit van de sector zijn deze emissies lastig te bepalen. Voor 2005 werden de emissies bij elektriciteitsproductie geschat op 40% van de directe emissies en die van verbranding op 166% (ECN, 2012), waarbij aangenomen werd dat al het niet-energetische verbruik van brandstoffen tot CO₂-emissies leidt. De emissies behorend bij geïmporteerde grondstoffen/halffabricaten konden ook in de meest recente routekaart voor de Nederlandse chemie niet bepaald worden (Stork, et al., 2018). Het wordt daarom hier niet mogelijk geacht om de volledige **productievoetafdruk** van de Nederlandse chemiesector exact te bepalen. Een eerste indicatie wordt gegeven door de voetafdruk van de Nederlandse productie van kunststoffen, die recent als ca. 36 Mton CO₂-eq. bepaald is (PBL, 2018b). Deze waarde is echter met een andere afbakening en methode bepaald dan in dit rapport gehanteerd worden¹⁰, maar laat wel zien dat de productievoetafdruk hoger is dan die op basis van het locatieprincipe.

In Hoofdstuk 6 worden twee productcases voor de chemie uitgewerkt die de verschillen (en complexiteit) tussen emissiebepaling op basis van locatie- of voetafdrukprincipe verder illustreren.

5.1.3 Verduurzamingsopties chemie

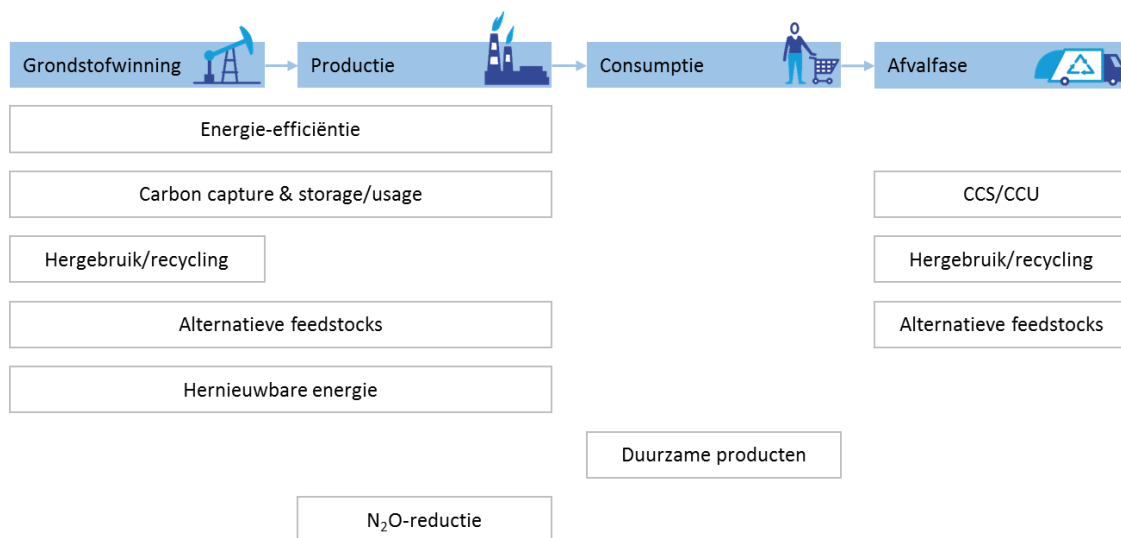
Het grote aantal chemische producten en productieprocessen betekent dat er veel specifieke mogelijkheden tot emissiereductie zijn, wat het lastig maakt een uitputtend overzicht op te stellen. Zowel de Europese branchevereniging CEFIC als de VNCI hebben verschillende 'routekaarten' laten ontwikkelen om te onderzoeken hoe bepaalde reductiedoelstellingen behaald kunnen worden (Ecofys, 2013) (Krebbekx, et al., 2012) (Stork, et al., 2018). In de meest recente routekaart voor Nederland zijn in samenspraak met de chemische industrie zelf (economisch) interessante opties geselecteerd om in 2050 tot een broeikasgasemissiereductie van 80 tot 95% te komen. Hierbij wordt het voetafdrukprincipe gehanteerd; er wordt dus voorbij de grenzen van de chemische sector gekeken naar emissiereducties.

Gezien de complexiteit van de sector onderzoeken de twee Nederlandse routekaarten op een hoog aggregatieniveau verschillende 'oplossingsrichtingen' die in de keten toegepast kunnen worden. In Figuur 9 wordt geschetst waar in de keten de oplossingsrichtingen (voornamelijk) de CO₂-emissies beïnvloeden. Deze opties worden hieronder kort toegelicht, waarbij vooral gebruik is gemaakt van de nieuwste routekaart voor Nederland, die zicht richt op de periode tot 2050 (Stork, et al., 2018). Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de geschatte emissiereductiekosten.

¹⁰ In het genoemde cijfer wordt naast de basischemie ook de rubber- en kunststoffensector meegenomen (waarin kunststoffen in primaire vormen omgevormd worden tot bruikbare producten), die vaak niet tot de chemische industrie zelf gerekend worden. Verder maakt het PBL-rapport gebruik van een *input/output*analyse, die afwijkt van de LCA-benadering die in de rest van dit rapport gehanteerd wordt (PBL, 2018b).



Figuur 9 – Klimaat effecten van emissiereductieopties in de chemieketen



Overzicht emissiereductieopties

Energie-efficiëntie

Dit verwijst naar de verzameling technieken die de energieconsumptie per eenheid output reduceren. Hieronder vallen maatregelen die energieverstopping in processen reduceren en het leveren van rest-warmte aan andere sectoren. Ook het inzetten op elektrificatie-opties zoals gebruik van *mechanical vapour recompression* (MVR) en warmtepompen wordt hieronder geschaard. Energie-efficiëntie kan in alle productiestappen die energie gebruiken toegepast worden en leidt tot besparingen in de sector zelf (bijv. reductie in aardgas door efficiënter gebruik van warmte) of in de energiesector (bijv. vermindering elektriciteitsgebruik per eenheid product).

Hernieuwbare energie

Het gebruik van elektriciteit en warmte (procesenergie) uit hernieuwbare bronnen, in plaats van de fossiele bronnen die nu voornamelijk gebruikt worden. De elektriciteitsconsumptie van de chemische sector kan met name verduurzaamd worden door hernieuwbare elektriciteit in te kopen bij de energiesector. Deze optie heeft geen effect op de directe emissies van de chemie. Voor warmte kan elektrificatie een optie zijn, door elektrische of hybride boilers te gebruiken om aardgasketels te vervangen. Daarnaast kunnen biomassa, geothermische bronnen of biogas gebruikt worden. Deze optie zou de directe emissies van de chemie verlagen, en in de energiesector mogelijk verhogen.

Carbon capture and storage/utilization (CCS/CCU)

CCS refereert aan het afvangen van de CO₂ die vrijkomt bij verbrandingsprocessen en deze opslaan, bijv. in oude aardgasvelden. Bij CCU wordt ook CO₂ afgevangen, maar wordt deze gebruikt om chemische producten te maken (zie ook Alternatieve feedstocks). Het afvangen kan met verschillende technieken. Bij *post-combustion capture* wordt CO₂ gescheiden van andere gassen na een verbrandingsproces. Bij *pre-combustion capture* wordt een brandstof eerst omgezet in een syngas dat rijk in CO₂ en waterstof is. Hier kan vervolgens de CO₂ uit afgevangen worden terwijl de waterstof als brandstof kan dienen. Een laatste optie is *oxy-fuel combustion*, waarbij een brandstof met pure

zuurstof (in plaats van lucht) verbrand wordt. Omdat er zo geen stikstof in de verbrandingsgassen terecht komt, kan de CO₂ van waterdamp gescheiden worden door middel van condensatie.

CCS en CCU kunnen toegepast worden bij processen in de chemische sector zelf, maar ook bij afvalverbranding of elektriciteitsproductie. Omdat CCU ervoor zorgt dat koolstof een 'extra rondje' in de economie maakt, beïnvloedt dit ook de grondstofwinning (Figuur 9).

Alternatieve feedstocks

Het inzetten van niet-fossiele feedstocks die met weinig klimaatimpact geproduceerd zijn. Hierbij is met name te denken aan biomassa (biologisch materiaal dat CO₂ uit de atmosfeer opgenomen heeft) om *biobased* producten te maken, maar ook het gebruik van waterstof gecombineerd met (afgevangen) CO₂ of CO.

Bij de inzet van biomassa wordt in de routekaart bijvoorbeeld gekeken naar de inzet van glycerine (bijproduct van biodieselproductie) voor de productie van aromaten (benzeen, toluen, xyleen) en het gebruik van pyrolyse om 'bio-nafta' te maken, die weer gebruikt kan worden voor de productie van (afgeleiden van) ethyleen en propyleen. Ook kan door middel van vergassing syngas uit houtige biomassa geproduceerd worden, wat ingezet kan worden in de productie van methanol, ammoniak of andere chemische producten. Naast deze *drop-in* producten kan biomassa gebruikt worden om chemische structuren te produceren die nu niet (of nauwelijks) gebruikt worden. Hierbij kan bijvoorbeeld aan polymelkzuur (PLA; *polylactic acid*) of polyhydroxyalkanoaten (PHA's) gedacht worden, polyesters die niet petrochemisch geproduceerd worden. Zulke polymeren kunnen nieuwe functionaliteit beiden ten opzichte van bestaande (petrochemische) structuren.

Het gebruik van biomassa in plaats van fossiele brandstoffen als feedstock in de chemie heeft met name invloed op de grondstofwinning (biomassateelt in de landbouwsector in plaats van olie-extractie in de olie- en gasindustrie) en op daarop volgende verwerkingsstappen tot nuttige chemische producten (Figuur 9). Verder heeft deze optie invloed op de afvalfase, omdat CO₂ uit de verbranding van biobased producten als klimaatneutraal gezien wordt.

Waterstof kan als feedstock gebruikt worden voor de productie van bijvoorbeeld ammoniak. Daarnaast kan het gebruikt worden bij de productie van andere basischemicaliën zoals ethyleen, propyleen en aromaten. Elektrolyse kan gebruikt worden om waterstof te produceren, maar om tot een lagere voetafdruk te leiden moet hierbij gebruik gemaakt worden van hernieuwbare elektriciteit. Verder kan stoomreforming van aardgas, één van de huidige bronnen van waterstof, gecombineerd worden met CCS om de klimaatimpact te verlagen (zie ook CCS).

Sluiten van de materiaalketen

Het hergebruiken en recyclen van materialen en producten nadat deze zijn afgedankt. Hieronder valt met name mechanische en chemische recycling. Hergebruik van (onderdelen van) producten vermindert emissies omdat minder nieuwe producten geproduceerd hoeven te worden. Deze optie wordt niet meegenomen in de routekaart.

Mechanische en chemische recycling zijn met name relevant voor kunststof afvalstromen. Bij mechanische recycling worden polymeerketens intact gehouden, zoals bij het versnipperen en omsmelten van gebruikte producten. Hierbij kan een onderscheid gemaakt worden tussen *closed loop* recycling, waarbij de kwaliteit van het nieuwe product gelijk is aan die van het oorspronkelijke product (bijv. productie PET-flessen uit oude PET-flessen), en *open loop* recycling, waarbij een product van lagere kwaliteit geproduceerd wordt (bijv. productie regenpijpen uit oud plastic). Closed loop recycling vergt doorgaans aanvoermateriaal waarvan de samenstelling bekend en homogeen is (weinig vervuilingen).

Bij chemische recycling worden de polymeren in een kunststof afgebroken tot monomeren of andere basischemicaliën. Deze optie wordt soms als minder waardevol gezien, omdat de oorspronkelijke chemische structuren worden afgebroken. Een voordeel is echter dat chemische recycling beter kan omgaan met vervuilingen in de aanvoerstream. Voorbeelden van chemische recycling in de routekaart zijn solvolyse (afbraak onder invloed van een oplosmiddel), pyrolyse (verhitting zonder zuurstof waardoor een pyrolyseolie geproduceerd wordt), en vergassing op lage/hoge temperatuur (verhitting met zuurstof om bijv. syngas te produceren).

Duurzame producten

Verwijst naar de ontwikkeling van producten die in andere sectoren tot emissiereductie kunnen leiden. Chemische producten zoals hoogwaardige kunststoffen kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden om auto's lichter te maken om zo brandstof te besparen. De mogelijke bijdrage van duurzamere producten aan emissiereductie wordt niet gekwantificeerd in de nieuwste routekaart. Het is niet eenvoudig om te bepalen hoe groot zulke reducties zijn en in hoeverre ze toe te rekenen zijn aan de chemische sector.

N₂O-emissiereductie

N₂O is een sterk broeikasgas (298 keer sterker dan CO₂) dat onder andere vrijkomt bij de productie van voorlopers van kunstmest op basis van stikstof. Sinds 2005 (het beginpunt van de routekaarten) heeft de chemische industrie al veel verschillende maatregelen genomen om N₂O-emissies te reduceren, met name in de productie van salpeterzuur. De klimaatimpact van N₂O-emissies van de Nederlandse chemie is daarmee al gereduceerd van 6,7 Mton CO₂-eq. in 2005 tot 1,1 Mton CO₂-eq. in 2012 (Stork, et al., 2018). Deze optie wordt niet verder uitgediept in de routekaart.

Emissiereductiekosten van verduurzamingsopties in de chemie

Om verschillende paden tot 2050 te schetsen geeft de nieuwste routekaart ook een schatting van de kosten die verbonden zijn aan een aantal van de onderzochte emissiereductiemogelijkheden (Stork, et al., 2018). De resultaten zijn weergegeven in Figuur 10. De genoemde kosten zijn gebaseerd op een aantal aannames (voor chemische recycling wordt bijvoorbeeld uitgegaan van pyrolyse) en geven enkel de voorziene kosten voor energie, feedstocks en kapitaalgoederen weer; zaken zoals arbeidskosten, afvalinzamelingskosten, onderhoud en kosten voor hulpstoffen zijn dus niet meegenomen. Hoewel de emissiereductiekosten van specifieke investeringen dus zullen afhangen van onder andere het gekozen proces en ontwikkelingen in grondstofprijzen (zowel petrochemische brandstoffen als biomassa), geeft de figuur een eerste indicatie van welke technologieën op het moment het meest kostenefficiënt zijn.

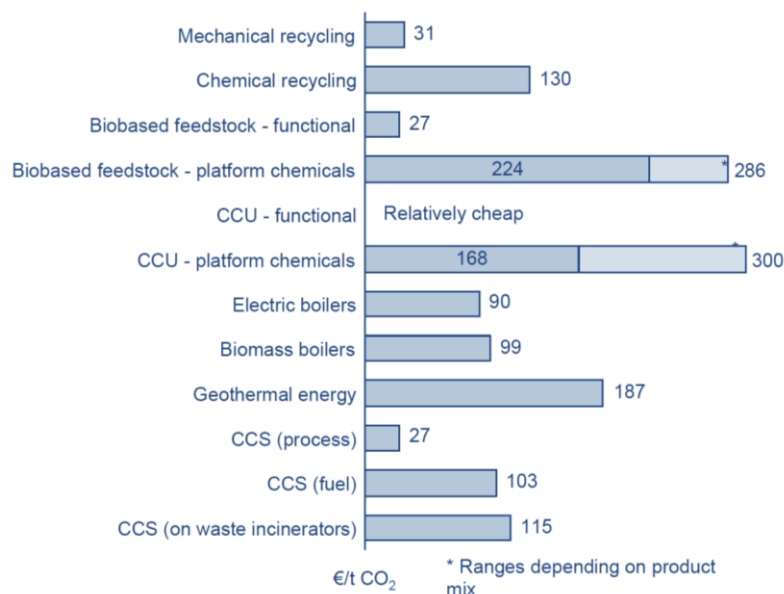
De routekaart werkt vervolgens een kostenefficiënt pad uit voor 95% emissiereductie in de chemie in 2050¹¹. Hierin wordt het meeste ingezet op het vervangen van fossiele brandstoffen (bijv. biomassa, elektrificatie), CCS, het sluiten van materiaalketens (recycling, hergebruik) en energie-efficiëntie. De geschatte investeringskosten bedragen ca. € 5 miljard tot 2030 en € 27 miljard tot 2050. Daarnaast zijn investeringen nodig (ca. € 25 miljard) in de energiesector (verduurzamen elektriciteitsvoorziening) en afvalverwerkingssector (CCS).

¹¹ We richten ons hier op het tweede 'Plausible combination pathway', waarin de emissiereductie sneller op gang komt.

Het systeem is in dit pathway geoptimaliseerd voor het hoogwaardig inzetten van energie en feedstocks, en er is rekening gehouden met beperkingen omtrent biomassabeschikbaarheid, afvalverwerkingsbeleid en CCS opslagcapaciteit.



Figuur 10 – Emissiereductiekosten van verschillende verduurzamingsopties in de chemie, €/ton CO₂



Bron: (Stork, et al., 2018).

Bovenstaande kosteneffectiviteitscijfers geven aan dat vooral mechanische recycling van kunststoffen, functionele biobased grondstoffen, en CO₂-afvang en -opslag (CCS) waarbij procesemissies worden afgevangen relatief goedkoop zijn (circa € 30/ton CO₂). Daarnaast zijn er nog vijf opties met kosten van rond de € 100/ton CO₂.

Kostencurves van CO₂-reductiemogelijkheden in een industriesector (zoals Figuur 10) kunnen erg behulpzaam zijn bij het selecteren van de meest interessante technieken om te stimuleren. Het is hierbij van belang dat een uniforme aanpak vastgesteld en toegepast wordt. Voor mechanische recycling zijn in de kosteneffectiviteitsberekening in Figuur 10 de kosten voor productenverantwoordelijkheid (Afvalfondsbijdrage) bijvoorbeeld niet meegenomen. Als deze kosten wel worden meegenomen dan vallen de kosten voor mechanische recycling aanzienlijk hoger uit, blijkt uit analyse van CE Delft en KIDV¹². Dit geeft aan dat er op het moment verschillende methodes gebruikt worden om de kosteneffectiviteit van maatregelen in de chemie te bepalen en er dus geen uniforme aanpak bestaat.

Binnen de energiesector is meer aandacht voor het harmoniseren van kosteneffectiviteitsberekeningen. In het kader van de eerdere MEP, SDE en SDE+ heeft de sector een systematiek opgebouwd met een duidelijke methodiek en checks en balances door overheid en bedrijven. Binnen de industrie (zie dit voorbeeld van de chemie en ook de betonindustrie in Paragraaf 5.3.3) worden nu wel kostencurves berekend en gepresenteerd, maar de methodiek daarvoor is nog minder uitgekristalliseerd. Ook zijn de checks and balances (nog) minder sterk. Om te voorkomen dat er uiteenlopende waardes over de kosteneffectiviteit van specifieke emissiereductietechnieken ontstaan is het goed als industriesectoren het voorbeeld van de energiesector kunnen volgen.

¹² Evaluatie raamovereenkomst verpakkingen, recycling van drankenkartons en kunststof. Nog niet gepubliceerd.

5.2 IJzer- en staalindustrie

De Nederlandse ijzer- en staalindustrie is verantwoordelijk voor ongeveer 95% van alle directe CO₂-emissies uit de basismetaalindustrie zoals weergegeven in Hoofdstuk 1. Dit komt neer op 6,3 Mton directe CO₂-emissie (Emissieregistratie, 2017). Van de ijzer- en staalproducenten is Tata Steel IJmuiden veruit de grootste producent. Naast Tata Steel was ook Nedstaal actief in Nederland tot 2017. Nedstaal produceerde electrostaal.

In de basismetaal industrie werkten gezamenlijk in 2016 ongeveer 20.000 mensen (CBS, 2017c), en de sector was met een productiewaarde van € 7,1 miljard (CBS, 2017b) goed voor 1% van het nationaal bbp in 2016.

5.2.1 Beschrijving ijzer- en staalindustrie

Tata Steel IJmuiden produceert ongeveer 7 Mton staal per jaar (Tata Steel, 2016). Dit is dus ook de totale staalproductie die plaatsvindt in Nederland. Voor deze productie werd in 2015 ongeveer 9 Mton aan ijzererts ingevoerd (PBL, 2017a). In Tabel 6 is te zien dat 5 Mton aan halffabricaten, zoals deze door Tata gemaakt worden geëxporteerd werden in 2015.

Dit betekent dat er ongeveer 2 Mton aan halffabricaat overblijft dat toegepast kan worden voor eigen gebruik in Nederland (7 Mton-5 Mton). Volgens World Steel gebruikte Nederland tussen 2010 en 2016 tussen de 3,5 en 4,1 Mton stalen eindproducten per jaar (World Steel Association, 2017). Dit komt overeen met de import van eindproducten zoals weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 – Import, Export en Saldo ijzerproducten in Nederland in 2015

IJzerproduct	Import	Export	Netto export
Halffabricaten	8.062 kton	13.094 kton	5.032 kton
Eindproducten	3.867 kton	3.925 kton	58 kton
Totaal	11.929 kton	17.019 kton	5.090 kton

Bron: Gebaseerd op (PBL, 2017a).

Het grootste gedeelte (meer dan 90%) van de export van ijzer halffabricaten (in waarde) ging in 2016 naar Duitsland, en de rest werd naar andere delen van Europa geëxporteerd (Simoes, 2018). 75% van de import van ijzer halffabricaten kwam in 2016 uit Brazilië, 11% uit Duitsland en 7% uit het Verenigd Koninkrijk. De overige import kwam voornamelijk uit Europa (Simoes, 2018).

5.2.2 Klimaatimpact staalindustrie

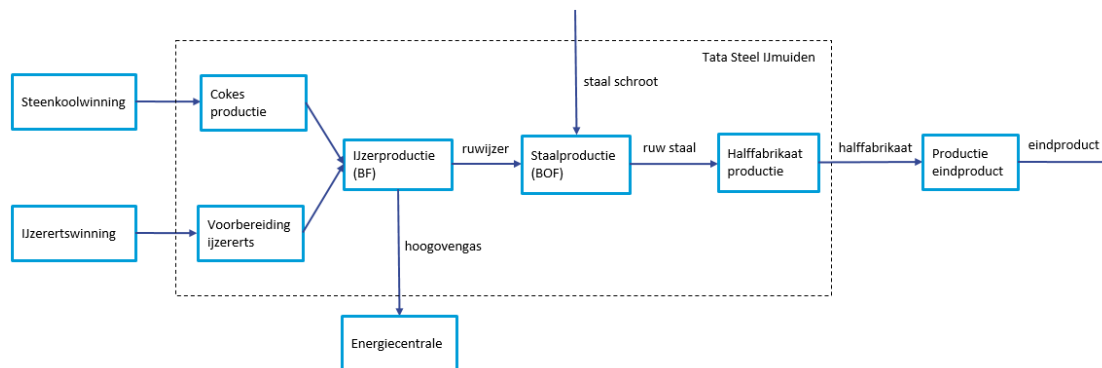
Tata Steel IJmuiden had in 2015 een totale directe emissie van 6,2 Mton CO₂ (Emissieregistratie, 2017). De totale CO₂-eq. emissies voor de productie van Tata Steel IJmuiden waren volgens het jaarverslag van Tata Steel IJmuiden bijna twee keer zo hoog; 12 Mton (Tata Steel, 2016), hierbij worden niet alleen de emissies meegenomen die vrijkomen bij Tata Steel IJmuiden maar ook de emissies die gemoeid zijn met elektriciteitsgebruik van de productielocatie. De totale CO₂-emissies bekeken vanuit het **locatieprincipe** (Scope 1) voor de Nederlandse staalindustrie waren dus ongeveer 6 Mton en voor scope 2 12 Mton in 2015.

In Figuur 11 het meest gebruikte staalproductie proces weergegeven, het BF-BOF-proces (blast furnace – basic oxygen furnace). Hierbij komt het grootste gedeelte van klimaatimpact van het stalen eindproduct voort uit emissies uit de productie van die plaatsvindt bij Tata Steel en andere grote staalproducenten (Scope 1- en Scope 2-emissies). Er komen echter ook broeikasgassen vrij bij de grondstofwinning, de productie van het eindproduct, gebruik van het eindproduct en het de



afvalverwerking van het eindproduct. Deze andere emissies zullen grotendeels niet in Nederland plaatsvinden.

Figuur 11 – Huidige staalproductieproces



Het meest voorkomende staalproductieproces (BF-BOF) leidt tot een totale klimaatimpact van ongeveer 2,3 kg CO₂-eq. per kg staal geproduceerd tot halffabrikaat. De verdeling van deze productie is weergegeven in Tabel 7. Omdat steenkoolwinning en ijzerertswinning plaatsvinden in het buitenland, is de Nederlandse emissie ongeveer 1,8 kg CO₂-eq. per kg staal.

Tabel 7 – Klimaatimpact per productiestap van 1 kg staal als geproduceerd tot halffabrikaat

Productiestap	Klimaatimpact kg CO ₂ -eq./kg staal
Steenkoolwinning	0,3 kg
Ijzerertswinning	0,2 kg
Cokes productie	0,3 kg
Voorbereiding ijzererts	0,3 kg
Ijzerproductie	0,3 kg (rest wordt geëmitteerd bij de energiecentrale)
Staalproductie	Wordt geëmitteerd bij de energiecentrale
Energiecentrale	0,7 kg
Halffabrikaatproductie	0,1 kg
Overige processen	0,1 kg
Totaal proces	2,3 kg

Toelichting: Eigen inschatting op basis van (Birat, 2009) en de Ecoinvent v3.3 database.

De klimaatimpact van de Nederlandse staalindustrie is dus, bekeken van uit een **productievoetafdrukprincipe**, ongeveer 20% hoger dan de klimaatimpact op basis van het locatieprincipe. De emissies liggen dan dus rond de 15 Mton per jaar.

5.2.3 Verduurzamingsopties staalindustrie

ULCOS: verduurzamingsopties geïdentificeerd door de Europese staalindustrie

ULCLOS (Ultra-low Carbon Dioxide Steelmaking) is een consortium bestaande uit 48 Europese bedrijven en organisaties die onderzoek doen naar staalproductie met een lage CO₂-voetafdruk. Het doel van het consortium is om de CO₂-emissies van de staalindustrie met 50% te verminderen. De verschillende manieren om de CO₂-emissies te reduceren geïdentificeerd door het consortium zijn:

- recyclen van koolstofmonoxide (CO) en waterstof (H₂) uit hoogovensgas;
- toepassen van CCS;
- gebruik van biomassa als CO₂-neutrale koolstofbron in plaats van cokes;
- gebruik van waterstof (H₂) als reductiemiddel in plaats van koolstofmonoxide (CO) uit cokes;
- gebruik van directe reductie van ijzer waarbij aardgas gebruikt wordt in plaats van cokes;
- gebruik van technieken waarbij elektriciteit als energiebron wordt toegepast in plaats van een hoogoven.

Het consortium heeft vier kansrijke technologische richtingen (combinaties van deze opties) geïdentificeerd waarmee de staalindustrie haar klimaatimpact kan verminderen. We lichten de vier opties hieronder kort toe.

ULCOS-BF gecombineerd met CCS

In deze technologische optie wordt het hoogovensgas afgevangen en de CO₂ gescheiden van het syngas (koolstofmonoxide en waterstof mengsel). Het syngas wordt opnieuw geïnjecteerd in de hoogoven waardoor minder kool nodig is voor de productie van staal. De afgevangen CO₂ kan worden opgeslagen (CCS) of mogelijk wordt toegepast als grondstof (CCU).

Hisarna gecombineerd met CCS

De Hisarna-technologie wordt ontwikkeld door TATA Steel in IJmuiden en combineert drie verschillende technologieën die er samen voor zorgen dat de cokes productie en ijzer voorbewerkingsstap vermeden kunnen worden. Alles gebeurt in een drukvat. Daarnaast kan deze technologie gecombineerd worden met andere reductiemiddelen zoals biomassa of waterstof en komt er geconcentreerd CO₂ uit de installatie die gemakkelijk afgevangen kan worden. De afgevangen CO₂ kan worden opgeslagen (CCS) of mogelijk wordt toegepast als grondstof (CCU).

ULCORED met CCS

ULCORED is een technologie waarbij ijzererts direct gereduceerd wordt tot ijzer, in plaats van in het traditionele proces waarbij een hoogoven (ijzerproductie) gebruikt wordt. Voor dit proces wordt hoge concentratie ijzererts gecombineerd met waterstof en koolstofmonoxide geproduceerd uit aardgas. Dit betekent dat de cokesproductie niet nodig is. Bij het proces komt (vrijwel) pure CO₂ vrij die makkelijk kan worden afgevangen. De afgevangen CO₂ kan worden opgeslagen (CCS) of mogelijk wordt toegepast als grondstof (CCU).

Electrolyse: ULCOWIN en ULCOLYSIS

Voor de productie van veel andere metalen gebeurt op basis elektriciteit en hierbij wordt geen steenkool gebruikt. Dit is bijvoorbeeld het geval bij aluminiumproductie en een deel van de koperproductie (SX-EW). Binnen het ULCOS-project zijn twee kansrijke technieken bepaald: ULCOWIN en ULCOLYSIS. Deze technieken vervangen compleet het BF-BOF-productieproces, en is dus een volledig alternatief. In het geval van deze technologie komt geen CO₂ vrij tijdens het proces, en hoeft dus ook geen CCS of CCU toegepast te worden.

Routekaart metallurgische industrie

De VNMI en AVNeG hebben in 2011 een routekaart voor de Nederlandse metallurgische industrie en gieterijen gepubliceerd, opgesteld met als doel het energiegebruik in 2030 van de industrie de halveren ten opzichte van 2005 (VNMI en AVNeG, 2011). Naast de besparingsmogelijkheden die al genoemd zijn vanuit ULCLOS worden er nog een aantal andere besparingsmogelijkheden genoemd die kunnen leiden tot CO₂-emissiereductie, met name in de keten van staalproducten. Het gaat hierbij om onder andere Procesoptimalisaties bij Tata Steel in bestaande processen (9,8 PJ/jaar) en logistiek optimalisatie (2,4 PJ per jaar waarvan 0,4 PJ in Nederland).

5.3 Betonindustrie

De Nederlandse bouwmaterialenindustrie, waar de betonindustrie een belangrijk aandeel in heeft, werkten gezamenlijk in 2016 ongeveer 21.000 mensen (CBS, 2017c), en de sector had een productie-waarde van € 5,5 miljard (CBS, 2017b) goed voor 0,7% van het nationaal bbp in 2016.

5.3.1 Beschrijving betonindustrie

Nederlandse betonproductie en betongebruik

De betonindustrie levert beton voor een aantal verschillende toepassingen, waarbij de belangrijkste de woningbouw en GWW (grond-, weg- en waterbouw) zijn. In Nederland werd in 2010 ongeveer 14 miljoen m³ beton toegepast met een totale massa van 33 Mton (CE Delft, 2016). Volgens het Nederlands cement en betoncentrum ligt de productie en het gebruik van beton in Nederland in de afgelopen 10 jaar gemiddeld rond de 13 miljoen m³ beton (Cement & Beton Centrum, 2018a). Dit is bij een gemiddeld gewicht van Nederlands beton van 2,363 ton/m³ (CE Delft, 2016) ongeveer 31 Mton beton. In Tabel 8 geven we beide hoeveelheden weer.

Tabel 8 – Statistiek betonproductie en –gebruik

	m ³ beton/jaar	Mton beton/jaar
Productie	13-14 miljoen m ³	31-33 Mton
Gebruik	13-14 miljoen m ³	31-33 Mton

Bron: Betonproductie en -gebruik: (CE Delft, 2016) en (Cement & Beton Centrum, 2018a).

Import en export van beton en grondstoffen voor betonproductie

Er zijn geen gegevens beschikbaar over de hoeveelheid geïmporteerd en geëxporteerd beton per jaar. Het valt echter te verwachten dat er weinig tot geen beton geïmporteerd en geëxporteerd wordt door het hoge gewicht van het materiaal. Wel worden de basisgrondstoffen waaruit beton geproduceerd wordt geïmporteerd.

De belangrijkste grondstoffen voor betonproductie zijn cement, rivierzand en riviergrind. Het grootste gedeelte van de CO₂-emissies van beton komt voort uit het cementgebruik, de impact van rivierzand en – grind vallen hierbij in het niet. We zoomen daarom verder in op de import en export van cement.

In Nederland wordt er grotendeels gebruik gemaakt van twee cementsoorten, dit zijn ook de voornaamste cementsoorten die in Nederland geproduceerd worden:

- CEM I, portlandcement. Dit cement bestaat voor minimaal 90% uit portlandcementklinker de rest bestaat uit toeslagmateriaal.



- CEM III, hoogovencement. Dit cement bestaat voor minimaal 20% uit portlandcementklinker, de rest zijn hoogovenslakken en toeslagmateriaal.

De milieu-impact van cement komt voort uit het aandeel portlandcementklinker in het cement. Portlandcement heeft dus een veel hogere CO₂-emissies per ton dan hoogovencement: portlandcement heeft een CO₂-voetafdruk van 0,8 ton CO₂ per ton cement en hoogovencement van 0,3 ton.

ENCI in Maastricht is de enige overblijvende producent van portlandcementklinker in Nederland. De productie wordt echter halverwege 2018/begin 2019 gestaakt. De overige cementproductie in Nederland vindt plaats op basis van hoogovenslakken en geïmporteerde cementklinker.

Onderstaande tabel laat zien hoeveel cement en portlandcementklinker er ongeveer gebruikt wordt per jaar voor de Nederlandse betonproductie. Het cementgebruik in Nederland was in 2016 ongeveer 4,100 Mton, hiervan wordt tussen de 85 en 95% toegepast in beton. De rest wordt met name gebruikt in metselspecie en dus niet direct in beton (Cement & Beton Centrum, 2018b). Tabel 9 geeft daarom een gebruik aan van 3,7 Mton.

Tabel 9 – Statistiek cement en portlandcementklinkergebruik voor betonproductie in Nederland

	Cement Mton/jaar	Portlandcementklinker Mton/jaar
Gebruik	3,7 Mton	2 Mton
Productie	Productiecapaciteit ~3 Mton ¹³	Productiecapaciteit 0,5 Mton productie gaat richting 0 in 2019 (ENCI, 2018)
Import	Minimaal 0,7 Mton	Minimaal 1,5 Mton
Export	Onbekend ¹⁴	Onbekend

Bron: Gebruik cement van gegevens (Cement & Beton Centrum, 2018a) en portlandcementklinker bepaald op basis van gegevens gebruikt voor (CE Delft, 2016).

Import van cement gebeurde in 2016 met name uit Duitsland (57% van de economische waarde) en België (27% van de economische waarde) (Simoes, 2018). De overige import kwam met name uit andere landen binnen de Europese Unie. Over de portlandcementklinker zijn geen import en exportgegevens bekend.

5.3.2 Klimaatimpact betonindustrie

De betonindustrie maakt onderdeel uit van de bouwmaterialenindustrie. De Nederlandse emissie-registratie publiceert geen aparte cijfers over de klimaatimpact van de productie van beton. Wel is bekend dat voor cementklinker gebruik, het meest vervuilende onderdeel van de productie van beton, ongeveer 250 kton directe CO₂-emissies hebben plaatsgevonden bij ENCI in Maastricht. De productie van cementklinker in Nederland wordt in 2019 gestaakt (ENCI, 2018), en de directe emissies van de betonindustrie in Nederland bekeken vanuit het **locatieprincipe** zullen daarom verder dalen en richting de nul gaan.

Op basis van gegevens zoals deze zijn gebruikt voor (CE Delft, 2016) kan een inschatting worden gemaakt dat de klimaatimpact van al het beton dat in Nederland geproduceerd (en dus ook geconsumeerd) wordt. De klimaatimpact op basis van het **voetafdrukprincipe** is ongeveer 2 Mton CO₂-eq. Hierbij is het toepassen en afbreken van betonconstructies buiten beschouwing gelaten. Dit is

¹³ 0,9 Mton ENCI Maastricht, 1,4 Mton ENCI IJmuiden en 0,6 Mton ENCI Rotterdam.

¹⁴ De hoeveelheid export van cement is onbekend, maar het is in waarde een factor 5 kleiner dan de import (OEC, 2018).

meer dan de directe klimaatimpact van de gehele bouwmaterialen industrie die ongeveer 1,8 Mton was in 2015 (zie Hoofdstuk 1) en een stuk meer dan de emissies volgens het locatieprincipe.

Er is dus een groot verschil tussen de klimaatimpact van de betonindustrie bekeken vanuit de twee verschillende principes. De klimaatimpact op basis van het locatieprincipe is veel lager dan die op basis van het voetafdrukprincipe, omdat een groot deel van de broeikasgasemissies buiten Nederland plaatsvindt. Dit maakt de betonindustrie een interessante industrie voor het bekijken van de mogelijkheden voor een CO₂-voetafdrukbeleid in Nederland.

5.3.3 Verduurzamingsopties betonindustrie

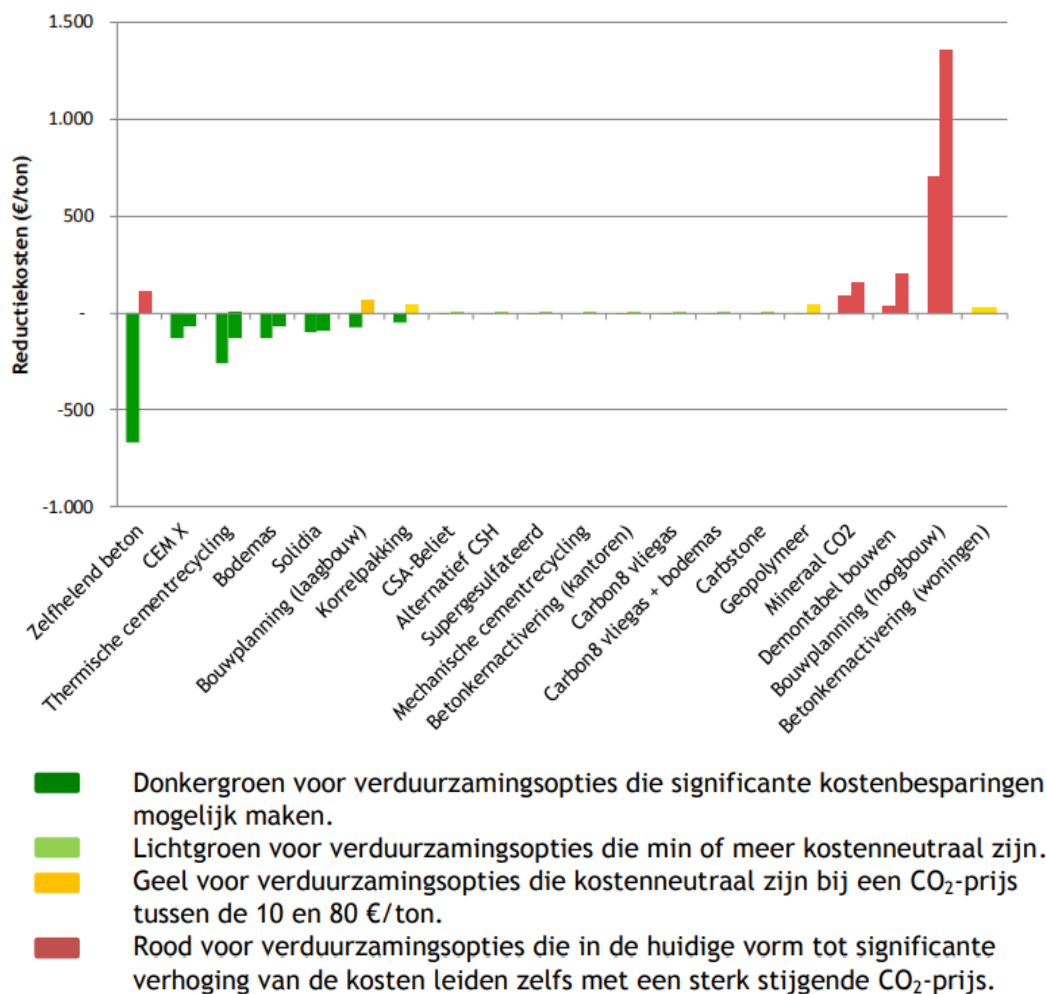
CE Delft heeft een aantal analyses uitgevoerd voor het MVO-netwerk beton ter ondersteuning van afspraken in de Green Deal beton. In de laatste analyse zijn 17 technieken bekeken die kunnen leiden tot een reductie van de klimaatimpact van de betonindustrie (CE Delft, 2016). De technieken zijn onderzocht voor hun emissiereductiepotentieel, reductiekosten per ton CO₂ gereduceerd, en het technology readiness level (TRL) van de techniek.

De reductiekosten is in de studie als volgt bepaald. Per techniek zijn de mogelijke CO₂-reducties gekwantificeerd (ton CO₂-eq./kg product) en de invloed op de productiekosten bepaald (OPEX/kg product). Door deze twee door elkaar te delen zijn de reductiekosten bepaald worden, zoals is weergegeven in onderstaande formule. Hierbij staat OPEX voor 'Operating Expenditures'.

$$\text{€ per ton CO}_2 \text{ - eq. gereduceerd} = \frac{\text{€ OPEX per kg product}}{\text{ton CO}_2 \text{ - eq. gereduceerd per kg product}}$$

In Figuur 12 zijn de reductiekosten in €/ton CO₂ aangeduid per bekeken techniek.

Figuur 12 – Reductiekosten uitgedrukt in €/ton CO₂



Bron: Figuur overgenomen uit (CE Delft, 2016).

Van de bekeken technieken zijn er acht die een reductiepotentieel hebben van meer dan 100 kton CO₂-eq. per jaar, zoals weergegeven in Tabel 10. Op basis van de tabel kan een selectie gemaakt worden van technieken die leiden tot een kostenbesparing of kostenneutraal zijn en daarnaast binnen afzienbare tijd kunnen worden ingezet (mogelijk TRL-niveau van 8 of 9). Dat sommige technieken economisch rendabel zijn wil echter niet zeggen dat alle bedrijven ze gelijk inzetten. Onbekendheid en gehechtheid aan bestaande werkwijzen zijn altijd ook een drempel voor rendabele innovaties.

Het gaat dan om: Solidia, mechanische cementrecycling en Carbstone. Deze technieken beschrijven we kort:

Tabel 10 – Technieken met een reductiepotentieel van meer dan 100 kton per jaar

Techniek	TRL-niveau	Kosten
Solidia	8-9	Significante kostenbesparing
Korrelpakking	4-9	Kostenneutraal bij een CO ₂ -prijs van 10-80 €/ton
Alternatief CSH	4-5	Kostenneutraal
Mechanische cementrecycling	6-8	Kostenneutraal
Carbstone	7-8	Kostenneutraal
Geopolymeer	8	Kostenneutraal bij een CO ₂ -prijs van 10-80 €/ton
Mineraal CO ₂	4	Significante verhoging kosten
Demontabel bouwen	7	Significante verhoging kosten

Solidia

Solidia-cement is een alternatieve cementsoort waarbij in plaats van een reactie van calcium-carbonaat tot calciumoxide (met uitstoot van CO₂ tot gevolg) bij productie gebruik wordt gemaakt van wollastoniet (CaSiO₃) voor de productie van calciumoxide. Tijdens het gebruik van het cement in betonproductie (zowel de silica als de calciumoxide) wordt CO₂ opgenomen in het uithardingsproces. Dit betekent dat de klimaatvoetafdruk van beton significant verlaagd kan worden ten opzichte van het gebruik van huidig cement in beton. Bij toepassing alleen in niet-constructief beton is een besparing van ongeveer 300 kton CO₂-eq. per jaar mogelijk.

Bij Solidia-cement is dus geen conventioneel CEM-I of CEM-III nodig. Omdat Solidia-cement goedkoper geproduceerd kan worden dan conventioneel cement, zijn de CO₂-reductiekosten van deze technologie negatief. Er kan dus geld verdiend worden per ton CO₂ waarvan de emissie vermeden wordt. Solidia wordt nu commercieel geproduceerd voor gebruik in niet-constructief beton in Amerika, en er wordt gezocht naar mogelijkheden voor commerciële productie in Europa. Implementatie is waarschijnlijk nog niet van de grond gekomen omdat een investering nodig is voor het realiseren van productiecapaciteit en/of omdat er moeilijk aan de benodigde CO₂ is te komen.

Mechanische cementrecycling

De in Nederland ontwikkelde technologie om cement mechanisch te recycelen heeft in januari 2018 de Circular Award Bouw gewonnen bij de presentatie van de transitieagenda's circulaire economie. Deze techniek ontwikkelt door SmartCrusherBV sluit dan ook aan bij het circulaire gedachtegoed.

Smartcrusher richt zich op het splitsen van het beton (en bijkomend sloopafval) in de originele fracties. Het betonpuin moet hiervoor eerst worden voorgebroken tot 150 mm. De fracties worden van elkaar gescheiden door gericht de verbinding tussen alle fracties, het cementsteen, te breken. Hierna kunnen de fracties, zand, aggregaat en cement (incl. gehydrateerd cement) worden teruggewonnen. Met het inzetten van de cementfractie als vulmiddel met bindende eigenschappen of als carbonatie vrije grondstof is een reductie van 206-236 kton CO₂ per jaar mogelijk.

Het toepassen van mechanische cementrecycling op basis van de SmartCrusher-technologie is ongeveer kostenneutraal; productie op basis van dit cement kost niet meer dan bij het gebruik van conventioneel cement. De SmartCrusher wordt nog niet commercieel ingezet.

Carbstone

Carbstone is een betonsoort die geproduceerd wordt met een alternatieve cementsoort. Voor de productie van het beton worden calcium houdende reststromen gebruikt. De LD-staalslakken (slakken die vrijkomen tijdens de staalproductie) van Tata Steel in IJmuiden zijn bij uitstek geschikt als grondstof voor deze techniek. Tijdens het uitharden van beton wordt CO₂ opgenomen. Daarnaast kan het gebruik van conventioneel cement voorkomen worden. Bij toepassing alleen in niet-constructief beton is een besparing van iets meer dan 100 kton CO₂-eq. per jaar mogelijk.

De kosten voor Carbstone zullen ongeveer gelijk zijn aan de kosten voor conventioneel beton. Er kunnen dus CO₂-emissies vermeden worden zonder meerkosten te maken. Implementatie is waarschijnlijk nog niet van de grond gekomen omdat een investering nodig is voor het realiseren van productiecapaciteit en/of omdat er moeilijk aan de benodigde CO₂ is te komen.

5.4 Conclusies

Uit het overzicht van de klimaatimpact en verduurzamingsopties voor drie Nederlandse energie-intensieve sectoren kan een aantal conclusies getrokken worden.

Productievoetafdruk hoger dan broeikasgasemissies op basis van locatieprincipe

De voetafdruk van de Nederlandse industrie ligt hoger dan de emissies die plaatsvinden binnen Nederland. Dit komt omdat ook de grondstofwinning (bijv. aardolie, ertsen) en het einde van de levensduur toegerekend worden aan de Nederlandse industrie als het productievoetafdrukprincipe gehanteerd wordt. Levensfasen vinden lang niet altijd binnen Nederland plaats. Zo vindt de winning van ijzererts voor de staalindustrie en de einde levensduur van een deel van de chemische producten uit de chemie niet in Nederland plaats.

Veel verduurzamingsopties om de productievoetafdruk te verlagen

Uit de literatuur blijkt dat er in alle drie bekeken energie-intensieve sectoren nagedacht wordt over verduurzaming. Hierbij is een groot aantal verduurzamingsopties geïdentificeerd die tot broeikasgas-emissiereductie leiden in de gehele keten.

Aanbeveling: uniforme kosteneffectiviteitsanalyses industrie en methodiek verdienvermogen

Kostencurves van CO₂-reductiemogelijkheden voor maatregelen in verschillende sectoren worden nu op verschillende manieren berekend. Uniforme berekenmethoden zouden erg behulpzaam kunnen zijn bij het goed selecteren van de meest interessante maatregelen om te stimuleren. Binnen de energiesector is daarvoor in het kader van de eerdere MEP, SDE en SDE+ een systematiek voor opgebouwd met een duidelijke methodiek en checks en balances door overheid en bedrijven. Binnen de industrie (zoals gezien bij de chemie en de betonindustrie) worden nu ook kostencurves berekend en gepresenteerd maar de methodiek daarvoor is nog minder uitgekristalliseerd. Ook zijn de checks and balances (nog) minder sterk.

Voor de het inschatten van het potentiële verdienvermogen van technieken in de toekomst is helemaal geen sector overstijgende methodiek beschikbaar. Naast een uniforme kosteneffectiviteitsberekening maakt ook een methodiek om het potentiële verdienvermogen rond technieken te schatten het mogelijk een weloverwogen keuze te maken voor stimulering van bepaalde technieken.

6 Kansrijke technieken

In dit hoofdstuk behandelen we een aantal kansrijke technieken. Per techniek beschrijven we de klimaateffecten en waar deze effecten plaatsvinden. Voor al deze technieken geldt dat ze naast een reductie in mondiale broeikasgasemissies ook leiden tot nieuwe en/of uitbreiding van economische activiteit in Nederland.

6.1 Chemie

In deze paragraaf gaan we in op twee kansrijke technieken in de chemie die aansluiten bij de verduurzamingsopties genoemd in Paragraaf 5.1.3. Het gaat hierbij om chemische recycling van PET-afval (in plaats van verbranding) en de productie van biobased polyethyleen in Nederland. Zoals weergegeven in Figuur 9 beïnvloeden deze cases zowel het begin als het eind van de huidige productieketens (stappen die ook deels buiten Nederland plaatsvinden) en zijn ze op relatief korte termijn in te zetten, wat ze relevant maakt voor het huidige onderzoek. Daarnaast sluiten deze technieken aan bij het Rijksbrede programma Circulaire Economie en maken ze onderdeel uit van de Transitieagenda Kunststoffen.

6.1.1 Chemische recycling PET-kunststof

Huidige productie en afvalfase PET

PET (polyethyleentereftalaat) is een kunststoftype dat met name ingezet wordt voor (voedsel)verpakkingen zoals (statiegeld)flessen en bakjes en kleding ('polyester', fleece). Het polymeer PET wordt vooral gesynthetiseerd uit ethyleenglycol (uit ethyleen) en tereftaalzuur (uit paraxyleen). De basischemicaliën ethyleen en paraxyleen (zie ook Tabel 5) worden op het moment wereldwijd bijna alleen uit fossiele grondstoffen geproduceerd. Het uit aardolie produceren van 1 kg virgin PET polymeer geschikt voor flessen zorgt voor de emissie van ongeveer 2,15 kg CO₂-eq. (PlasticsEurope, 2011). Dit wordt met name veroorzaakt door de productie van ethyleenglycol en tereftaalzuur (Tabel 11); grondstofwinning en polymerisatie zijn minder belangrijk.

Tabel 11 – Energiegebruik en klimaatimpact per productiestap van 1 kg PET in Europa

Productiestap	Primair energiegebruik MJ/kg PET	Klimaatimpact, indicatief ^a kg CO ₂ -eq./kg PET
Grondstofwinning	3,3	0,2
Raffinage	4,0	0,2
Ethyleenglycolproductie	9,9	0,5
Tereftaalzuurproductie	17,3	0,8
Polymerisatie	7,6	0,4
Overige processen	2,3	0,1
Totaal proces	44,4	2,15
Niet-energetisch gebruik	25,0	-
Totaal	69,4	

Toelichting: (a) Verdeling totale klimaatimpact naar rato van primair energiegebruik exclusief niet-energetisch gebruik.

Bron voor energiegebruik: (PlasticsEurope, 2011).

Na gebruik in een eindproduct wordt PET op verschillende manieren verwerkt. Statiegeldflessen worden bij voorkeur omgesmolten tot nieuwe flessen (*bottle-to-bottle* recycling). Van de 100 kton aan PET-verpakkingen die Nederlandse huishoudens bijvoorbeeld jaarlijks gebruiken bestaat zo'n 24,1 kton uit statiegeldflessen die grotendeels gerecycled worden. Kleinere PET-flesjes en andere verpakkingen kunnen in de PMD-stroom (plastic, metaal en drankenkartons) verzameld worden. Met name de PET-'trays' (een verzamelnaam voor bakjes, schalen, *clamshells*, bekers, etc.) in deze stroom zijn vooralsnog moeilijk te recyclen tot hoogwaardige producten (KIDV, 2016). Dit komt bijvoorbeeld door de aanwezigheid van verschillende kleuren plastic en het gebruik van producten waarin PET versmolten is met andere kunststofsoorten. Naar schatting wordt in Nederland jaarlijks zo'n 30 kton aan PET-trays gebruikt (KIDV, 2016). PET-producten die niet (via statiegeld of PMD) apart worden ingezameld worden voor een deel via nascheiding verzameld, maar ook deels verbrand met het overige restafval. In totaal belandt ongeveer de helft van alle PET-verpakkingen in een AEC.

Verbranding van PET-producten in afvalenergiecentrales (AECs) zorgt ervoor dat het materiaal wordt omgezet in CO₂ en dus niet meer voor een nieuwe toepassing ingezet kan worden. Per kg PET komt hierbij 2,3 kg CO₂ vrij. Bij verbranding in AECs in Nederland wordt echter elektriciteit en warmte teruggewonnen, waardoor de netto emissie uitkomt op 1,1 kg CO₂-eq.¹⁵ Bij mechanische recycling blijft de grondstof wel behouden. Met uitzondering van bottle-to-bottle recycling van statiegeldflessen wordt PET bij mechanische recycling niet opnieuw ingezet in voedselverpakkingen. Zo worden kleine flesjes bijvoorbeeld omgezet tot fleecetruien, waardoor er virgin materiaal nodig is om in de behoefte aan nieuwe flesjes te voldoen.

Chemische recycling als alternatief

Chemische recycling vormt een alternatief voor mechanische recycling of verbranding van PET-kunststof. Bij chemische recycling worden de polymeren in plastics afgebroken tot kortere ketens (oligomeren of monomeren) of basischemicaliën. Deze kunnen vervolgens gebruikt worden voor de productie van nieuwe plastics of andere chemische producten.

Voor PET-afval ontwikkelt het Eindhovense Ioniqa bijvoorbeeld technieken voor chemische depolymerisatie onder invloed van magnetische vloeistof. Hierbij wordt PET afgebroken tot het monomeer BHET (bis-hydroxyethyltereftalaat). Dit BHET kan vervolgens worden ingezet in de bestaande productieketens van PET. De diverse kleurstoffen worden in dit proces verwijderd. Met chemische recycling kunnen verschillende stromen PET-afval, waaronder multi-layerverpakkingen en gemengde kleuren, weer worden ingezet in producten. Ioniqa heeft plannen om binnen twee jaar een fabriek te openen waar 10 kton kunststof per jaar verwerkt kan worden en daarna binnen een aantal jaren op te schalen naar 50 kton.

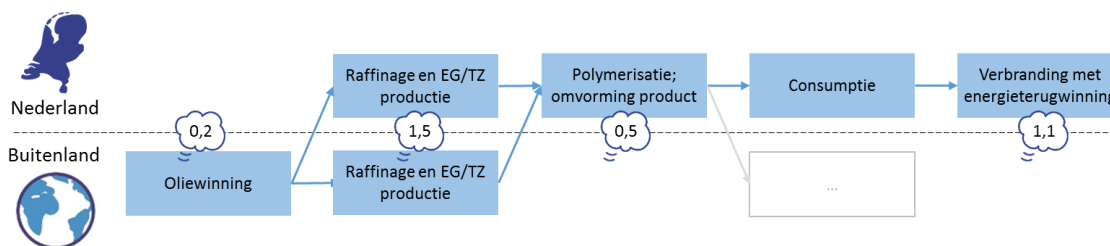
Klimaat effecten van toepassen chemische recycling

We richten ons hier op de situatie waarin PET-afval dat moeilijk mechanisch te recyclen is, zoals PET-trays, chemisch gerecycled wordt in Nederland. Als referentie wordt verbranding met energieretrouw in Nederland gekozen. De mogelijkheid dat Nederlandse PET-producten in het buitenland gebruikt en afgedankt worden wordt dus niet expliciet bekeken. De klimaatimpact van deze vorm van chemische recycling is nog niet exact bekend¹⁶. Desalniettemin is het mogelijk om aan te geven waar in de keten de klimaatimpact kan veranderen bij het implementeren van chemische recycling.

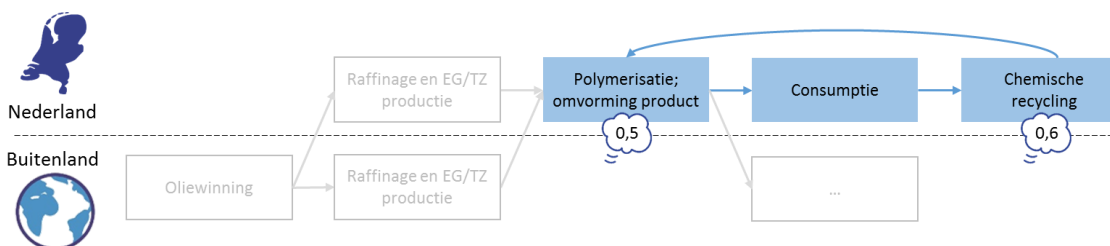
¹⁵ Analyse CE Delft. Systeemuitbreiding voor vermeden productie op basis van gemiddelde energierendementen van Nederlandse AEC's.

¹⁶ CE Delft voert momenteel een LCA uit voor Ioniqa om deze te bepalen.

Figuur 13 – Referentiesysteem voor PET, inclusief klimaatimpact in kg CO₂-eq./kg PET



Figuur 14 Systeem inclusief chemische recycling voor PET, inclusief indicatieve¹⁷ klimaatimpact in kg CO₂-eq./kg PET



De referentiesituatie (verbranding) en het alternatief (chemische recycling) worden weergegeven in Figuur 13 en Figuur 14 (inclusief de klimaatimpact in kg CO₂-eq./kg PET). Als chemische recycling toegepast wordt op PET-afval dat nu verbrand wordt kunnen de volgende klimaateffecten worden voorzien:

- De productie van virgin PET uit aardolie (Tabel 11) wordt vermeden. Dit heeft twee sub-effecten:
 - Grondstofwinning (met name olie-extractie) en -transport wordt verminderd. Dit zal uitsluitend in het buitenland plaatsvinden.
 - Er hoeft minder ethyleenglycol (EG) en tereftaalzuur (TZ) te worden geproduceerd. Dit kan zowel in het buitenland als in Nederland voor een reductie in klimaatimpact zorgen; het is niet bekend in hoeverre deze voorlopers van PET in het buitenland/in Nederland geproduceerd worden. De Nederlandse emissies dalen het meest (groveweg 1,5 kg CO₂-eq./kg PET) als Nederlandse productie van EG en TZ vermeden wordt.
- De polymerisatiestap en omzetting tot eindproducten blijven onveranderd; ook in het geval van chemische recycling zullen deze nodig blijven.
- De verbranding van Nederlandse afvalstromen die (voornamelijk) uit PET bestaan wordt vermeden; we nemen immers aan dat deze chemisch gerecycled worden. Dit heeft twee effecten:
 - directe emissies uit AEC's in Nederland verminderen;
 - er kan minder energie opgewekt worden in de Nederlandse AEC's. Dit zal opgevuld moeten worden met andere energiebronnen.
- Het chemische recyclingproces, dat zelf ook energie behoeft, zorgt voor emissies in Nederland.

Als aangenomen wordt dat de klimaatimpact van chemische recycling vergelijkbaar is met die van mechanische recycling, zorgt het verwerken van de beschikbare 30 kton/jaar aan PET-trays voor een emissiereductie van ca. 0,1 Mton CO₂-eq./jaar. De locatie van deze reductie hangt af van waar de raffinage en de productie van ethyleenglycol en tereftaalzuur (de voorlopers) plaatsvinden:

- Raffinage en productie voorlopers in het buitenland: de Nederlandse emissies dalen, maar de grootste reductie valt in het buitenland. De verbranding van PET in Nederland wordt voorkomen, maar het proces voor chemische recycling en bijbehorende emissies komt daarvoor in de plaats. In het buitenland worden echter de energie-intensieve stappen tot en met de productie van

¹⁷ Er is aangenomen dat de klimaatimpact vergelijkbaar is met die van mechanische recycling.

ethyleenglycol en tereftaalzuur voorkomen. De reductie valt daardoor voor 35% in Nederland en 65% in het buitenland.

- Raffinage en productie voorlopers in Nederland: de emissiereductie valt vooral in Nederland. Omdat de energie-intensieve stappen worden vermeden in Nederland, slaat ca. 90% van de emissiereductie neer in Nederland. Ca. 10% van de emissiereductie komt terecht in het buitenland, aangezien daar oliewinning vermeden wordt (Figuur 13).

In het laatste geval kan de toepassing van chemische recycling tot een verschuiving in sectorale emissies leiden. Door minder te verbranden gaan de emissies van de AEC's in de afvalsector omlaag. Deze emissies vallen niet onder het ETS. Aan de andere kant valt chemische recycling waarschijnlijk onder de ETS-gebonden chemische sector¹⁸, waar de emissies dus zullen toenemen. Chemische recycling kan er zo voor zorgen dat de emissies die onder het ETS vallen omhooggaan en de emissies buiten het ETS dalen.

Circulaire economie en broeikasgasemissiereductie

Beleid gericht op de circulaire economie kan een bijdrage leveren aan broeikasgasemissiereductie, zowel in Nederland als daarbuiten. Voor het Rijksbrede programma Circulaire Economie zijn twee doorrekeningen uitgevoerd om de broeikasgasemissiereductie te kwantificeren. Het gaat hierbij om een ex-ante analyse (TNO, 2017) en een analyse na het publiceren van de transitieagenda's (TNO, 2018). Een aantal concrete broeikasgasemissiereducties berekend op basis van de gekwantificeerde doelen uit het Rijksbrede programma circulaire economie en de transitieagenda's zijn:

- Totaal reductie van 7,7 Mton CO₂-eq. (2030) en 13,3 Mton CO₂-eq. (2050), waarbij het grootste gedeelte te maken heeft met de eiwittransitie.
- Reductie van 0,97 Mton CO₂-eq. per jaar (2016-2030) door afname verbranding van kunststoffen. Deze emissiereductie vindt plaats binnen Nederland.
- Reductie van 2,0-2,5 Mton CO₂-eq. (2030) en 2,4-2,7 Mton CO₂-eq. (2050) door duurzaam inkopen, waarvan het laagste getal in Nederland plaatsvindt (bijv. 2 Mton in 2030) en de rest in het buitenland (0,5 Mton).

Het kabinet bepaald momenteel haar inzet in het uitvoeren van de transitieagenda's en de relatie daarvan met het klimaatbeleid.

Uit de analyses kunnen twee algemene conclusies getrokken worden. Ten eerste dragen de gekwantificeerde doelen in de transitieagenda's met name bij aan CO₂-emissiereductie in Nederland, en weinig daarbuiten. De doorgerekende gekwantificeerde doelen kunnen dus grotendeels gezien worden als een aanvulling op óf een alternatief voor locatiebeleid en wordt nog niet zozeer ingevuld als voetafdrukbeleid. In de transitieagenda's zijn ook kwalitatieve doelen en acties beschreven die wel grote effecten kunnen hebben in de internationale ketens.

Ten tweede kan beleid gericht op de circulaire economie in principe een grote impact hebben in het buitenland door de consumptie van materiaal en producten te verminderen die grotendeels buiten Nederland gewonnen/geproduceerd worden. Echter richt een groot gedeelte van de acties in het Rijksbrede programma zich op recycling en het minimaliseren en optimaliseren van grondstofgebruik en niet zozeer op de preventie van het gebruik van bepaalde grondstoffen/producten en levensduurverlenging van producten. Er is dus potentie om circulaire economie beleid in te zetten als voetafdrukbeleid, maar deze potentie wordt in de huidige invulling nog niet optimaal benut.

6.1.2 Biobased HDPE

Petrochemisch geproduceerde polyethyleen (PE) is de kunststof die wereldwijd het meest wordt toegepast. In 2015 bedroeg de Europese vraag naar PE-producten zo'n 14 Mton (PlasticsEurope, 2016). Op basis van onder andere het moleculair gewicht en de mate van crosslinking kunnen verschillende soorten PE geproduceerd worden die zijn toegespitst op specifieke applicaties. Hier ligt

¹⁸ Het PET wat in deze case bekeken wordt is immers uitgesorteerd en kan ingezet worden als grondstof voor het chemische recyclingproces.



de focus op *high density polyethylene*, HDPE, een sterke, doorgaans niet-transparante variant die een (relatief) hoge dichtheid heeft. HDPE wordt bijvoorbeeld gebruikt in flessen, emmers, speelgoed en buizen.

Tabel 12 geeft het primaire energiegebruik en de klimaatimpact van de gemiddelde petrochemische Europese HDPE productie (dus exclusief omzetting tot een eindproduct en afvalfase). Van de totale uitstoot van 1,8 kg CO₂-eq./kg HDPE zit het grootste deel in de raffinage en ethyleenproductie.

Tabel 12 – Energiegebruik en klimaatimpact per productiestap van 1 kg (petrochemisch) HDPE in Europa

Productiestap	Primair energiegebruik MJ/kg HDPE	Klimaatimpact kg CO ₂ -eq./kg HDPE
Grondstofwinning, raffinage, ethyleenproductie	31	1,5
Polymerisatie	2	0,3
Transport, hulpmaterialen, overig	0	0,0
Totaal proces	34	1,8
Niet-energetisch gebruik	46	
Totaal	80	

Toelichting: Uitsplitsing indicatoren op basis van totalen en contributieanalyse uit (PlasticsEurope, 2014).

Bio-HDPE als alternatief

Naast de petrochemische route is het ook mogelijk om HDPE uit biomassa, ofwel bio-HDPE, te produceren. De teelt van biomassa legt CO₂ uit de lucht vast, waardoor de verbranding van biobased plastics zoals bio-HDPE geen 'nieuwe' koolstof de lucht in brengt. Hierdoor kunnen biobased producten potentieel een lagere klimaatimpact hebben dan petrochemische producten.

In Brazilië wordt sinds 2010 door Braskem bio-HDPE uit ethanol geproduceerd. Brazilië produceert veel ethanol uit suikerriet, onder andere omdat het land sinds de oliecrisis in 1973 het bijmengen van ethanol in benzine verplicht heeft gesteld. Deze ethanol kan echter ook gedehydrateerd worden tot ethyleen. Het zo geproduceerde bio-ethyleen is chemisch niet te onderscheiden van petrochemisch ethyleen, en kan dus (als *drop-in*) direct ingezet worden in bestaande productieketens. De productiecapaciteit van bio-ethyleen bedraagt wereldwijd zo'n 0,3% van de totale ethyleencapaciteit (IEA-ETSAP ; IRENA, 2013). De capaciteit van Braskem bedraagt bijvoorbeeld 200 kton/jaar.

Naast het importeren van bio-ethyleen zouden ook andere bronnen van suiker of zetmeel ingezet kunnen worden voor de productie van bio-HDPE. Voor eventuele Nederlandse productie ligt het gebruik van suikerbieten als biomassagrondstof het meest voor de hand.

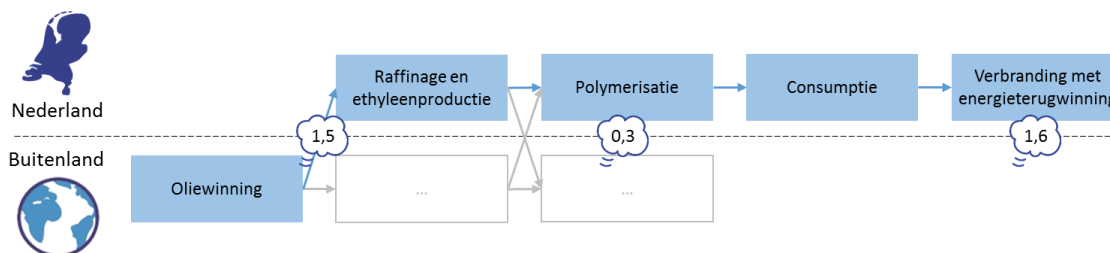
Klimaat effecten

We vergelijken hier de klimaatimpact van verschillende (bio-)ethyleen aanleverketens voor het maken HDPE in Nederland. We bekijken de levenscycli van petrochemisch geproduceerd HDPE, Nederlandse bio-HDPE productie uit suikerbiet en Braziliaanse bio-HDPE productie uit suikerriet. Omdat petrochemisch en biobased HDPE chemisch identiek zijn, zijn de levenscycli en ook de klimaatimpact vanaf de polymerisatiestap gelijk. Voor de afvalfase wordt hier gekeken naar verbranding met energieretourwinning in Nederland, omdat dit beleidsmatig het meest interessant is (zie de discussie over de IPCC-richtlijnen hieronder). Eventuele additieven en de omvormingsstap tot een eindproduct zijn hier

niet gekwantificeerd, omdat de klimaatimpact daarvan in alle gevallen gelijk is. De vergelijking die hieronder gemaakt wordt betreft een eerste inschatting¹⁹.

Figuur 15 geeft het huidige petrochemische productiesysteem, inclusief de geschatte klimaatimpact per productiestap in kg CO₂-eq./kg HDPE. Net als in het geval van PET is niet exact bekend in welke mate de voorlopers geproduceerd worden in het buitenland; we richten ons hier op het geval waarin de raffinage en ethyleenproductie in Nederland plaatsvinden.

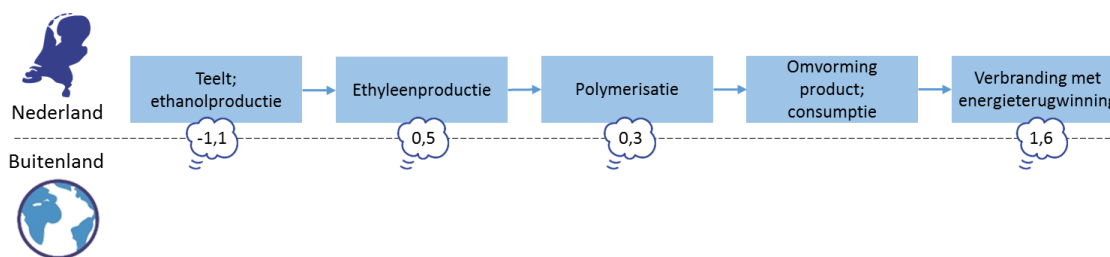
Figuur 15 –Referentiesysteem: petrochemische productieroute HDPE, inclusief klimaatimpact in kg CO₂-eq./kg HDPE



In Figuur 16 wordt bio-HDPE-productie op basis van Nederlandse suikerbieten weergegeven. Een eerste inschatting is dat de klimaatimpact over de hele levenscyclus ca. 60% lager ligt. Door de opname van CO₂ heeft de teelt een negatieve klimaatimpact. Deze CO₂ (ongeveer 3 kg per kg HDPE) komt weer vrij bij de verbranding.

Als deze route petrochemische HDPE productie in Nederland zou vervangen, zou er netto zo'n 2 kg CO₂ per kg HDPE bespaard worden. Deze besparing zou bijna volledig in Nederland vallen, aangezien in het referentiegeval alleen de oliewinning vindt in het buitenland plaats (de klimaatimpact van deze productiestap wordt niet apart genoemd in de gebruikte bronnen). Doordat in de bio-HDPE-route binnenlandse biomassa als grondstof gebruikt wordt, vindt een groter deel van de productieketen in Nederland plaats.

Figuur 16 – Biobased productieroute HDPE op basis van Nederlandse suikerbiet, inclusief klimaatimpact in kg CO₂-eq./kg HDPE



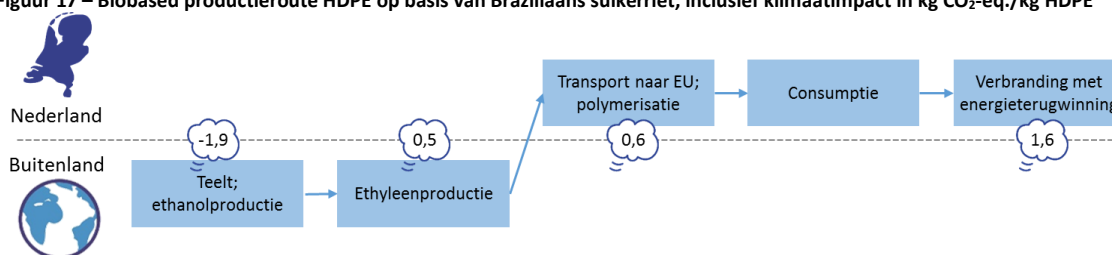
¹⁹ Schattingen over de klimaatimpact van bio-ethanolproductie in de literatuur lopen sterk uiteen. Deze analyse is gebaseerd op conservatieve waarden. Voor de productiesystemen voor bio-HDPE zijn (Tsiropoulos, et al., 2015) en (Ecoinvent, 2007) gebruikt. (PlasticsEurope, 2014) is gebruikt voor petrochemische productie. De klimaatimpact van verbranding is bepaald met systeemuitbreiding voor vermeden productie op basis van gemiddelde energierendementen van Nederlandse AEC's.

Figuur 17 geeft het bio-HDPE productiesysteem op basis van Braziliaans suikerriet weer. Wereldwijd leidt dit vermoedelijk tot een CO₂-emissiereductie van zo'n 75%, omdat de ethanolproductiestap op basis van suikerriet een lagere klimaatimpact heeft dan op basis van suikerbiet (Ecoinvent, 2007). In dit systeem vinden alle productiestappen tot en met ethyleenproductie plaats in het buitenland, wat kan leiden tot een kleinere chemiesector in Nederland.

De klimaatimpact in Nederland per kg geproduceerd HDPE daalt met zo'n 45% afhankelijk van of Nederlandse of buitenlandse raffinage en vervolgstappen vervangen worden. De emissies in het buitenland komen netto negatief uit. Van de gehele gerealiseerde emissiereductie valt ongeveer 60% in Nederland en 40% in het buitenland.

Bij deze analyse dient opgemerkt te worden dat in de nationale emissieregistratie volgens de IPCC-richtlijnen de opname en uitstoot van biogeen CO₂ niet meegeteld wordt voor de nationale totalen (zie ook de eerdere box). Dit betekent dat de 3 kg CO₂-opname per kg HDPE tijdens de teelt van suikerriet in Brazilië niet meetelt, terwijl de verbranding in Nederland 3 kg CO₂ per kg HDPE minder uitstoot en dus op -1,4 uitkomt (er wordt immers elektriciteit en warmte geproduceerd uit een verbrandingsproces dat op papier geen emissies oplevert).

Figuur 17 – Biobased productieroute HDPE op basis van Braziliaans suikerriet, inclusief klimaatimpact in kg CO₂-eq./kg HDPE



Zowel de Braziliaanse als de Nederlandse bio-HDPE productieroutes leiden dus tot wereldwijde emissiereductie ten opzichte van petrochemisch HDPE. Als aangenomen wordt dat de totale Nederlandse HDPE-productie van 250 kton/jaar (InDeKeten, 2015) vervangen wordt door bio-HDPE, bedraagt de mondiale emissiereductie ca. 0,5 Mton CO₂-eq./jaar bij de suikerbietenroute of 0,6 Mton CO₂-eq./jaar bij de suikerrietroute.

De Nederlandse route is minder efficiënt en zorgt voor meer emissies in Nederland, maar behoudt ook meer economische activiteit in Nederland. De Braziliaanse route zorgt voor een grotere reductie in Nederland doordat productiestappen naar het buitenland verplaatsen. Vanuit het IPCC-perspectief zorgt deze optie voor lagere emissies in Nederland.

Tot slot dient opgemerkt te worden dat Braziliaanse bio-HDPE al grootschalig toegepast wordt en dus economisch rendabel lijkt. Het geproduceerde bio-HDPE wordt echter wel met een premium van 15-50% verkocht ten opzichte van petrochemisch HDPE (E4tech, RE-CORD en WUR, 2015), wat wellicht niet voor alle afnemers acceptabel is. Als deze premium wordt gezien als de prijs van de emissiereductiemaatregel en uitgegaan wordt van een HDPE-prijs (excl. premium) van 1.400 €/ton, liggen de emissiereductiekosten voor Braziliaans bio-HDPE tussen de 80 (bij 15% premium) en 270 €/ton CO₂-eq. bespaard (50% premium).

Ook voor Nederland is eerder bepaald dat er waarschijnlijk een premieprijs gevraagd zou moeten worden om bio-ethyleen productie (en daarmee bio-HDPE) rendabel te maken²⁰. De economische haalbaarheid lijkt daarom af te hangen van de olieprijs en de prijs van ruwe suiker. Hierbij is van belang dat de Europese suikerquota vorig jaar zijn afgeschaft, wat mogelijk tot een daling in de suikerprijs kan leiden.

6.2 IJzer- en staalindustrie

Voor de ijzer- en staalindustrie bestaan zoals beschreven in Paragraaf 5.2.3 een aantal verduurzamingsmogelijkheden. In dit hoofdstuk kijken we specifiek naar verschillende varianten van het toepassen van de Hisarna-technologie. Deze technologie wordt immers door Tata Steel in IJmuiden ontwikkeld en een testschaalinstallatie is al neergezet.

Klimaatimpact huidige productie

Het meest voorkomende staalproductieproces (BF-BOF zoals beschreven in Paragraaf 5.2) leidt tot een totale klimaatimpact van ongeveer 2,3 kg CO₂-eq. per kg staal geproduceerd tot halffabricaat. De verdeling van deze klimaatimpact is weergegeven in Tabel 13. Omdat steenkoolwinning en ijzererts winning plaatsvinden in het buitenland, is de Nederlandse emissie ongeveer 1,8 kg CO₂-eq. per kg staal.

Tabel 13 – Klimaatimpact per productiestap van 1 kg staal als geproduceerd tot halffabricaat

Productiestap	Klimaatimpact kg CO ₂ -eq./kg staal
Steenkoolwinning	0,3 kg
IJzererts winning	0,2 kg
Cokes productie	0,3 kg
Vorbereiding ijzererts	0,3 kg
IJzerproductie	0,3 kg (rest wordt geëmitteerd bij de energiecentrale)
Staalproductie	Wordt geëmitteerd bij de energiecentrale
Energiecentrale	0,7 kg
Halffabricaatproductie	0,1 kg
Overige processen	0,1 kg
Totaal proces	2,3 kg

Toelichting: Eigen inschatting op basis van (Birat, 2009) en de Ecoinvent v3.3 database.

6.2.1 Hisarna als uitbreiding

De huidige staalproductie bij Tata Steel in IJmuiden is 7 Mton per jaar (zie Paragraaf 5.2). Op dit moment kan de Hisarna testinstallatie 10 kton aan ruwijzer per jaar produceren. Mocht de testinstallatie een succes zijn dan kan gekozen worden voor opschaling zodat bijvoorbeeld 8 Mton staal geproduceerd kan worden per jaar (1 Mton op basis van Hisarna en 7 Mton op basis van de BF-BOF-technologie). Wat is in dit geval het gevolg voor de klimaatimpact van de staalindustrie?

²⁰ www.biobasedeconomy.nl/wp-content/uploads/2012/06/Van-suiker-tot-ethyleen-BBP-2012.pdf



De Hisarna-technologie zorgt ervoor dat de cokesproductie en de voorbereidingsstap van het ijzererts niet meer nodig zijn. Dit kan dus leiden tot een reductie van de voetafdruk in Nederland van staal van 0,6 kg per kg staal geproduceerd (zie Tabel 13). Volgens Tata Steel zelf is de minimale reductie 20% van de klimaatimpact oftewel ongeveer 0,4 kg per kg staal geproduceerd (Tata Steel, 2017). De klimaatemissie per kg staal geproduceerd met de Hisarna-technologie is dan dus 1,4 kg CO₂-eq.

Bij een uitbreiding van de huidige productiecapaciteit met 1 Mton per jaar²¹ op basis van ruw ijzer geproduceerd met de Hisarna-technologie komt de voetafdruk van Tata Steel IJmuiden uit op 13,5 Mton CO₂-eq. Hiervan komt bijna 8 Mton vrij uit het Tata complex (Scope 1-emissies) en de overige emissies vinden plaats bij de energiecentrale. Tata Steel heeft echter ook de mogelijkheid om energie te besparen, zoals beschreven in de routekaart voor metallurgische industrie (VNMI en AVNeG, 2011). In deze routekaart wordt gesproken van 14% energiebesparingsmogelijkheden tot 2030. Als dit zich ook vertaalt in een 14% reductie in klimaatimpact van de huidige processen zal de totale klimaatimpact van de staalindustrie in Nederland (Scope 1 en 2) onveranderd blijven.

Vanuit een **voetafdrukprincipe** zal de klimaatimpact door de uitbreiding van de Tata Steel-productie met Hisarna mogelijk kunnen leiden tot een reductie in klimaatimpact. Omdat er in Nederland efficiënter geproduceerd wordt (in kg CO₂-eq. per kg staal), kan een minder efficiënte productielocatie van staal in het buitenland gesloten worden. De precieze klimaatimpact van staalproductie in het buitenland is niet bekend, maar ligt waarschijnlijk hoger dan de huidige productie van Tata Steel.

6.2.2 Hisarna als vervanging hoogovenproces

Hisarna zou ook ingezet kunnen worden om de volledige ruwijzerproductie te vervangen, in plaats van als uitbreidingstechnologie. De precieze klimaatimpact van deze ombouw zou dan dus uit kunnen komen op een reductie van 20% broeikasgasemissies bij het gebruik van cokes als reductiemiddel. Dat betekent dat de huidige emissie van 12 Mton CO₂-eq. per jaar (Scope 1- en Scope 2-emissies) gereduceerd kan worden tot ongeveer 9,5 Mton. Dit is dus een netto reductie van broeikasgas-emissies in Nederland.

6.3 Betonindustrie

6.3.1 Solidia

CE Delft heeft een aantal analyses uitgevoerd voor het MVO-netwerk beton ter ondersteuning van afspraken in de Green Deal beton. In de laatste analyse zijn 17 technieken bekeken die kunnen leiden tot een reductie van de klimaatimpact van de betonindustrie (CE Delft, 2016). Een van deze technieken was Solidia. In deze studie is becijferd dat toepassing van Solidia in het in Nederland gebruikte niet-constructief beton (2,856 miljoen m³) kan leiden tot een besparing van ongeveer 300 kton CO₂-eq. per jaar. Dit is de maximum toepassing. De opbouw van deze besparing is weergegeven in Tabel 14.

²¹ Naar deze schaalgrootte wordt in verschillende presentaties van Tata Steel naar verwezen als mogelijke productiecapaciteit voor een industriële-schaal staalfabriek.



Tabel 14 – Opbouw besparing toepassing Solidia voor Nederlands niet-constructief beton

Omschrijving	CO ₂ -impact (per jaar)
Vermieden emissies door verminderen gebruik portlandcementklinker	-441 kton CO ₂ -eq.
Vastlegging CO ₂ in Solidia-beton	-156 kton CO ₂ -eq.
Emissies productie Solidia-cement	285 kton CO ₂ -eq.
Emissies vastleggen en zuiveren CO ₂	8-35 kton CO ₂ -eq.
Totaal	276-304 kton CO ₂ -eq.

De besparing wordt veroorzaakt door het vermijden van emissies uit de portlandcementklinker productie. Deze productie vindt niet in Nederland plaats (zie Paragraaf 5.3), en wordt daarom vooral geïmporteerd uit Duitsland. Besparing die wel in Nederland plaatsvindt is de vastlegging van CO₂ in Solidia-cement als de CO₂ ook in Nederland afgevangen is. Wel vinden er ook meer emissies plaats in Nederland tijdens de productie van het Solidia-cement en door het afvangen en zuiveren van de CO₂.

Dit betekent dat er in Nederland door toepassing van Solidia in niet-constructief beton extra broeikasgasemissies plaats zullen vinden van tussen de 137 en 165 kton CO₂-eq. Terwijl er in Duitsland een besparing van 441 kton CO₂-eq. plaatsvindt.

6.4 Samenvattend

In de voorgaande paragrafen hebben we vijf verschillende cases/kansrijke technieken bekeken die kunnen leiden tot een CO₂-emissiereductie. In Tabel 15 zijn de resultaten uit de cases weergegeven. De maximale mondiale CO₂-emissiereductiepotentieel van deze opties ligt ongeveer op 3,5 Mton CO₂-eq./jaar. Als gekozen wordt voor maximale reductie in Nederland is de reductie iets minder dan 3 Mton CO₂-eq./jaar. Dit is een CO₂-emissiereductie die gezien kan worden als additioneel naast al uitgezet beleid van de Nederlandse overheid voor emissiereductie richting 2030. Hierbij moeten de volgende twee kanttekeningen geplaatst worden:

- Er zijn uiteraard nog meer kansrijke technieken zoals onder andere genoemd door de chemiesector in haar routekaart waarvoor in deze studie geen CO₂-emissiereductiepotentieel bepaald is.
- Dit potentieel is gebaseerd op de CO₂-intensiteit van de huidige elektriciteitsvoorziening. Bij verduurzaming van de elektriciteitsvoorziening zouden het CO₂-emissiereductiepotentieel anders uitpakken.

Tabel 15 – Mondiale CO₂-emissiereductie, en locatie waar deze reducties plaatsvinden

Verduurzamingsoptie	Emissiereductie Mton CO ₂ eq.	Waarvan in Nederland	Buiten Nederland	
			EU	Buiten EU
CO₂-emissiereductie volledig in Nederland				
Hisarna als vervanging <i>1 Mton staalproductie op basis van Hisarna</i>	2,5	100%	0%	0%
Bio-HDPE uit suikerbiet (Nederland) <i>Vervanging 0,25 Mton Nederlandse productie</i>	0,2	100%	0%	0%
CO₂-emissiereductie volledig in het buitenland				
Hisarna als uitbreiding <i>1 Mton staalproductie op basis van Hisarna</i>	> 2,5	0%	100%	0%

Verduurzamingsoptie	Emissiereductie Mton CO ₂ eq.	Waarvan in Nederland	Buiten Nederland	
			EU	Buiten EU
Solidia <i>Productie 2,856 m³ niet-constructief beton</i>	0,3	Toename emissies met 0,1 Mton	145% Duitsland/België	0%
CO₂-emissiereductie zowel in Nederland als in het buitenland				
Chemische PET-recycling (1) <i>Vervanging 30 kton PET (virgin, AEC) Nederlandse productie</i>	0,1	90%	0%	10%
Chemische PET-recycling (1) <i>Vervanging 30 kton PET (virgin, AEC) buitenlandse productie</i>	0,1	35%	65%	0%
Bio-HDPE uit Braziliaanse suikerriet <i>Vervanging 0,25 Mton Nederlandse productie</i>	0,6	60%	0%	40%

Toelichting: (1) Hierbij is aangenomen dat de klimaatimpact van chemische PET-recycling gelijk is aan mechanische PET-recycling.

Op basis van de cases kan geconcludeerd worden dat kansrijke technieken voor het reduceren van de CO₂-voetafdruk van de Nederlandse energie-intensieve industrie tot drie verschillende situaties kan leiden.

Ten eerste kan de CO₂-emissiereductie volledig in Nederland plaatsvinden als de ketenstap met de meeste broeikasgasemissies in Nederland plaatsvindt, en deze aangepakt wordt. In dit geval zal beleid gebaseerd op het locatieprincipe hetzelfde effect hebben als beleid gebaseerd op het voetafdruk-principe en vice versa. Dit is bijvoorbeeld het geval als de Hisarna-technologie de huidige productie-technologie van Tata Steel IJmuiden vervangt en niet als uitbreiding gaat dienen (*vervanging productie*).

Ten tweede kan de CO₂-emissiereductie volledig in het buitenland plaatsvinden als in Nederland een technologie geïntroduceerd wordt die concurreert met minder klimaatvriendelijke productie in het buitenland. Hierbij is het mogelijk dat er in Nederland een toename plaatsvindt van broeikasgas-emissies. Dit is bijvoorbeeld het geval bij Solidia-cementproductie in Nederland (*nieuwe productie in Nederland*) of als de Hisarna-technologie gaat leiden tot de uitbreiding van de bestaande productie bij Tata Steel in IJmuiden (*uitbreiding productie*).

Tot slot kan de CO₂-emissiereductie deels in Nederland en deels in het buitenland plaatsvinden. Dit is het geval bij chemische recycling. Dit lijkt over het algemeen het geval te zijn bij innovatieve technieken die iets te maken hebben met de circulaire economie, en dan met name in het geval van het gebruiken of opwerken van afvalstoffen als/tot grondstof.

7 Beleidsopties

Om specifieke beleidsopties te kunnen benoemen bekijken in dit hoofdstuk eerst de knelpunten voor de implementatie van de besproken kansrijke technieken/projecten (Paragraaf 7.1). Voordat we concrete beleidsopties benoemen schetsen we eerst een beleidskader waarbinnen deze beleidsrichtingen passen (Paragraaf 7.2) om tot slot te komen tot aantal voetafdrukbeleidsopties (Paragraaf 7.3) en beleidsoplossingen voor de aandachtspunten weglekken en freeriders (Paragraaf 7.4).

7.1 Knelpunten voor kansrijke technieken

De knelpunten voor kansrijke technieken zijn in te delen in drie verschillende categorieën: belemmerend huidig beleid/regelgeving, het lage TRL-niveau van de techniek en producten die qua prijs niet kunnen concurreren met vergelijkbare conventionele producten.

7.1.1 Huidige regelgeving en beleid

Circulaire economie: Gebruik afvalstromen in de chemie ook uit het buitenland voor schaalvoordeel

“Om afvalstromen uit de eigen productieketen opnieuw te gebruiken in de chemiesector is vaak een grote hoeveelheid aan reststromen nodig om de businesscase rond te krijgen. Hiervoor zullen hoogstwaarschijnlijk afvalstromen uit Nederland gecombineerd moeten worden met afvalstromen uit andere Europese landen.” (CE Delft, 2016). Dit is bijvoorbeeld het geval bij de case chemische recycling van PET-kunststof. De huidige reststroom PET-trays die niet mechanisch gerecycled kan worden bedraagt ca. 30 kton/jaar, maar voor chemische recycling wordt rekening gehouden met installaties met een verwerkingscapaciteit van ca. 50 kton/jaar (zie Paragraaf 6.1.1). Om deze schaalgrootte te bereiken zal hoogstwaarschijnlijk dus ook afval uit omringende landen nodig zijn. De Europese Commissie (2018c) heeft een aantal barrières in kaart gebracht voor het gebruik van afvalstromen (al dan niet uit het buitenland) in de chemiesector:

- Informatie over de samenstelling van afvalstromen (met name aan-/afwezigheid schadelijke stoffen) niet altijd beschikbaar.
- Afval kan mogelijk stoffen bevatten die niet meer toegestaan zijn in nieuwe producten (zoals broom in EPS).
- De definities voor wanneer een afvalstof een product wordt (end-of-waste definities) zijn niet gelijk in verschillende Europese landen.
- Afval dat is aangemerkt als onschadelijk leidt na recycling niet direct tot een onschadelijk product. De definitie van onschadelijk is dus verschillend in afval- en productwetgeving.

Biobased producten

Voor biobased producten in het algemeen geldt de belemmering dat de regelingen van de Rijksoverheid biomassatoepassing voor energie (SDE+) of transport (biofuel verplichting in de *Renewable Energy Directive* (RED)) stimuleren en biomassagebruik voor producten vrijwel niet. Hierbij speelt ook het punt dat er voor bio-energie en biofuels beleidsdoelstellingen zijn en voor biobased producten niet (CE Delft, 2016). Mede hierdoor is biobased materiaal vaak te duur om te gebruiken in de chemie door de competitie met fossiele grondstoffen.



Dit speelt bijvoorbeeld in de case over biobased HDPE. Er bestaat hierbij concurrentie tussen het gebruik van ethanol voor gebruik als biobrandstof of als gebruik voor bioplastics. De afschaffing van het Europese suikerquotum zou mogelijk positieve gevolgen kunnen hebben voor de biobased kunststof productie in Europa.

EU ETS en onconventionele productietechnologieën

Binnen het EU ETS bestaan regels voor het bepalen van de broeikasgasemissies van een sector. Dit gebeurt op basis van directe uitstoot van broeikasgassen, vaak berekend op basis van gebruikte energiedragers. Dit betekent dat afvang en opslag van CO₂ (CCS) zorgt voor vermindering van CO₂-emissies onder EU ETS in bijvoorbeeld de staalsector.

Afvang en toepassing van CO₂ (CCU) wordt nog niet gewaardeerd onder EU ETS. Er wordt momenteel gewerkt aan een lijst producten waarmee CO₂ duurzaam wordt vastgelegd die zal gelden vanaf 2021. Dit betekent dat momenteel, ondanks het feit dat bij de Solidia-technologie CO₂ gebruikt wordt om beton uit te harden, deze vastlegging van CO₂ onder ETS niet gewaardeerd wordt. Omdat de vermindering van CO₂-uitstoot daadwerkelijk plaatsvindt in de sector waar de afvang plaatsvindt, bestaat er een kans dat deze sector kiest voor CCS in plaats van toepassing in CCU of om helemaal af te zien van afvang. Dit kan een probleem zijn voor de levering van betaalbare CO₂ voor Solidia en andere vormen van CCU.

7.1.2 Techniek nog niet uitontwikkeld of opgeschaald

Een aantal van de technieken die besproken zijn als case hebben een laag TRL-niveau (zie box) en zijn dus nog niet volledig uitontwikkeld. Dit betekent dat bijvoorbeeld nog niet alle aspecten van de technologie klaar zijn voor commerciële toepassing. Hierbij kan er sprake zijn van een tekort aan liquiditeit om de techniek verder door te ontwikkelen en/of op te schalen tot een commercieel rendabel niveau. Zo is bijvoorbeeld chemische recycling van PET-kunststof nog niet opgeschaald en is de Hisarna-technologie nog in ontwikkeling.

Technology Readiness Level (TRL)

Het Technology Readiness Level is een indicator voor de volwassenheid van een technologie. De indicator is ooit ontwikkeld door de NASA, wordt veel gebruikt in de Amerikaanse defensie-industrie en wordt ook steeds meer toegepast in andere techniekvelden. Ook in Europa hebben ESA en de Europese Commissie het TRL-systeem in gebruik en beide hebben deze ook gedefinieerd. Er worden negen fasen van innovatie/productontwikkeling onderscheiden, die in volgende tabel worden weergegeven.

Tabel 16 – Beschrijving TRL-niveaus

TRL	Beschrijving
1	Basisprincipes geobserveerd.
2	Technologisch concept opgesteld.
3	Technologisch concept experimenteel bewezen.
4	Technologie gevalideerd in labsetting.
5	Technologie gevalideerd in een relevante omgeving (in het geval van een cruciale <i>enabling</i> technologie gaat dit om een omgeving die voor de specifieke industrie relevant is).
6	Technologie gedemonstreerd in een relevante omgeving (in het geval van een cruciale <i>enabling</i> technologie gaat dit om een omgeving die voor de specifieke industrie relevant is).
7	Prototype installatie gedemonstreerd in een operationele omgeving.
8	Installatie compleet en gekwalificeerd.
9	Daadwerkelijke systeem bewezen in een operationele omgeving (concurrerende productie in het geval van <i>enabling</i> technologieën).

7.1.3 Duurzaam product kan niet concurreren op prijs met conventioneel product

Zelfs na opschaling en uitontwikkeling van een techniek is het mogelijk dat het geproduceerde product niet kan concurreren op prijs met een conventioneel product met dezelfde producteigenschappen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij biobased HDPE waarbij de conventionele grondstof (olie) veel goedkoper is dan biobased grondstoffen. We kunnen stellen dat dit concurrentieprobleem voortkomt uit het feit dat in de huidige economie externaliteiten zoals CO₂-emissies of grondstofuitputting niet (altijd) worden gewaardeerd in de prijs.

Chemische recycling van PET-kunststof

In het geval van chemische recycling speelt niet alleen dat externaliteiten niet worden gewaardeerd in de prijs maar ook dat de recyclingtechnologie nog geen aanspraak kan maken op afvalfondsvergoeding voor recycling van verpakkingen. De conventionele recyclingtechnieken kunnen hier wel aanspraak op maken waardoor oneerlijke concurrentie ontstaat. Dit knelpunt kan ook (gaan) gelden voor andere innovatieve recycletechnieken.

7.1.4 Overig

Als alle hierboven genoemde knelpunten zijn weggenomen betekent dit niet dat de kansrijke technieken meteen een daverend succes zijn. Overige, meer generieke, knelpunten zijn:

- Veranderende vraag: Nieuwe producten roepen weerstand op. De consument heeft tijd nodig om te wennen aan nieuwe (duurzamere) producten.
- Veranderend aanbod grondstoffen: De beschikbaarheid van grondstoffen verandert constant, en hier zal op ingespeeld moeten blijven worden. Zo is er bijvoorbeeld maar een beperkte hoeveelheid land beschikbaar om (duurzame) bio-grondstoffen te produceren omdat er ook vraag is naar dit land voor voedselproductie.

7.2 Beleidskader

Bij het ontwerpen van beleid dat knelpunten voor kansrijke technieken weg kan nemen dient rekening gehouden te worden met twee aspecten:

- voorwaarden waar klimaatbeleid hoe dan ook aan dient te voldoen;
- aandachtspunten voor (voetafdruk)klimaatbeleid, waarbij een keuze gemaakt dient te worden voor een beleidsrichting om met deze aandachtspunten om te gaan.

In Paragraaf 7.2.1 bespreken we de voorwaarden, in Paragraaf 7.2.2 de aandachtspunten en in Paragraaf 7.2.3 beschrijven we de mogelijke beleidsrichtingen afhankelijk van de situatie zoals beschreven in het vorige hoofdstuk.

7.2.1 Voorwaarden voor klimaatbeleid

Er geldt een aantal voorwaarden voor beleidsopties die overwogen worden om knelpunten voor kansrijke technieken weg te nemen:

- **Kosteneffectief:** De beleidsopties dienen bij te dragen aan een kosteneffectieve transitie naar een klimaatvriendelijke energie-intensieve Nederlandse industrie. De kosteneffectiviteit van een beleidsoptie verbetert óf door een toename in CO₂-emissiereductie van de optie óf door een vermindering van de kosten van de beleidsopties.
- **Behoud concurrentiepositie:** De beleidsopties behouden of verbeteren zoveel mogelijk de concurrentiepositie van de Nederlandse industrie. Dit om te voorkomen dat productie naar het buitenland verdwijnt en de CO₂-voetafdruk als het ware weglekt.

- **Haalbaar:** Het is aannemelijk dat de beleidsopties op de korte of middellange termijn te implementeren zijn.

Deze voorwaarden gelden zowel voor klimaatbeleid op basis van het locatieprincipe als op basis van het voetafdrukprincipe.

7.2.2 Aandachtspunten voor klimaatbeleid

Als klimaatbeleid voldoet aan bovenstaande voorwaarden dan zijn er nog een aantal aandachtspunten die meegenomen dienen te worden in de keuze voor bepaald beleid. Het gaat hierbij om aspecten die ertoe leiden dat beleidsopties, die wel kosteneffectief zijn, niet volledig aansluiten bij het principe 'de vervuiler betaalt':

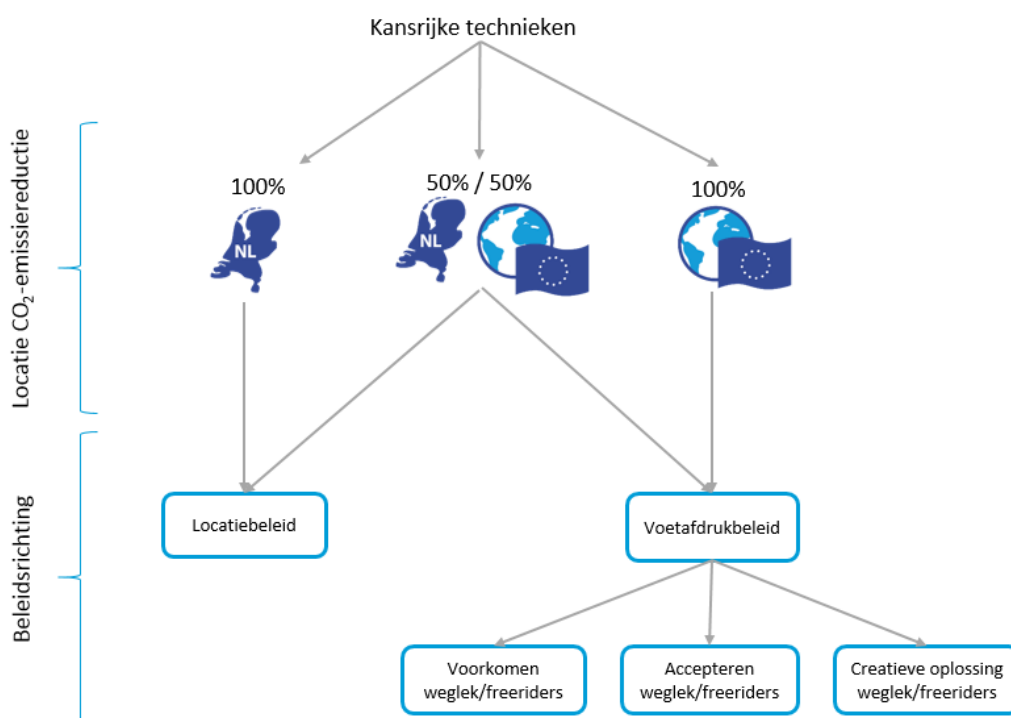
- **Weglek van klimaatvoordelen van beleid:** een CO₂-emissiereductie in het buitenland door uitgaven van de Nederlandse overheid aan klimaatbeleid. Hierbij betaalt een handelspartner van Nederland niet voor de emissiereductie die plaatsvindt binnen de eigen landsgrenzen.
- **Freeriders:** Bedrijven maken gebruik van een publiek goed, CO₂-emissiereductie door uitgaven van de Nederlandse overheid, zonder (evenredig) bij te dragen aan de kosten. Hierbij betalen bedrijven niet (evenredig) voor hun eigen CO₂-emissies.

7.2.3 Beleidsrichting per situatie

Zoals geconcludeerd in Paragraaf 6.4 kunnen kansrijke technieken opgedeeld worden in drie situaties. Eén situatie waarbij alle CO₂-emissiereductie in Nederland plaatsvindt, één situatie waarbij alle CO₂-emissiereductie in het buitenland plaatsvindt en één situatie waarbij CO₂-emissiereductie zowel in Nederland als in het buitenland terecht komt.

Voor elke situatie zijn specifieke beleidsrichtingen interessant. In Figuur 18 is een illustratie van de beleidsrichtingen per situatie weergegeven, en deze is samengevat in Tabel 17. De beleidsrichtingen bespreken we hieronder kort.

Figuur 18 – Illustratie beleidskader



Toelichting: Voor technieken die niet precies in één situatie valt, ligt de dichtstbijzijnde situatie het meest voor de hand.

Aanvullend locatiebeleid óf aanpassen huidige locatiebeleid

Voor een groot gedeelte van de broeikasgasemissies voert Nederland al beleid op basis van het locatieprincipe. Als CO₂-emissiereductie in Nederland plaatsvindt, of dit nou gedeeltelijk of voor 100% zo is, is het huidige klimaatbeleid op basis van het locatieprincipe geschikt. Bij knelpunten bij implementatie van technieken die tot een relatief grote CO₂-emissiereductie in Nederland leiden is aanvullend locatiebeleid of het aanpassen van het huidige locatiebeleid afdoende. Er is geen voetafdrukbeleid nodig.

Productievoetafdrukbeleid

Als er mogelijk wél CO₂-emissiereductie plaatsvindt buiten Nederland door implementatie van een techniek dan kan een deel van de knelpunten mogelijk weggenomen worden door voetafdrukbeleid als aanvulling op het huidige locatiebeleid. Hierbij zijn er drie mogelijkheden:

- Het **voorkomen van weglek van resultaat van Nederlands klimaatbeleid/voorkomen van freeriders** door ervoor te zorgen de Nederlandse overheid geen kosten maakt voor CO₂-emissiereductie in het buitenland.
- **Accepteren** dat Nederlands belastinggeld leidt tot CO₂-emissiereductie in het buitenland/free-riders.
- Een **creatieve oplossing** bedenken waarmee (uitgaven voor) emissiereductie in het buitenland ook interessant wordt voor Nederland.

Tabel 17 – Beleidsrichtingen per categorie

Categorie: Locatie CO ₂ -emissiereductie	Beleidsrichting
100% in Nederland Nederland en buitenland	Aanvullend locatiebeleid of aanpassen huidig locatiebeleid
Nederland en buitenland 100% in het buitenland	Productievoetafdrukbeleid waarbij geen sprake is van weglek van klimaatvoordeel van NL beleid en freeriders
	Productievoetafdrukbeleid in combinatie met accepteren van weglek van CO ₂ -emissiereductievoordeel en freeriders
	Productievoetafdrukbeleid in combinatie met (creatief) omgaan met weglek CO ₂ -emissiereductievoordeel en freeriders

Om specifieke beleidsopties te kunnen benoemen bekijken we eerst de knelpunten voor de implementatie van de besproken kansrijke technieken/projecten (Paragraaf 7.2). Voor deze knelpunten beschrijven we vervolgens een aantal voetafdrukbeleidsopties om de knelpunten weg te nemen (Paragraaf 7.3). Tot slot bespreken we beleidsoplossingen om (creatief) om te gaan met de weglek van CO₂-emissiereductievoordeel (Paragraaf 7.4).

7.3 Voetafdrukbeleidsopties voor geïdentificeerde knelpunten

In deze paragraaf wordt een aantal voetafdrukbeleidsopties aangedragen die kunnen bijdragen aan het succesvol implementeren van de kansrijke technieken zoals beschreven in Hoofdstuk 6, of vergelijkbare situaties zoals beschreven in Paragraaf 6.4. We hebben de voetafdrukbeleidsopties geselecteerd op basis van voorwaarden aan klimaatbeleid zoals gedefinieerd in Paragraaf 7.2. Daarnaast sluiten de beleidsopties zoveel mogelijk aan bij de al bekende beleidsopties op basis van het locatieprincipe (die hier verder niet besproken worden).

In Bijlage A worden alle overwogen opties weergegeven, inclusief beleidsopties die de selectie niet gehaald hebben. In deze paragraaf verdelen we de geselecteerde opties in beleid dat op de korte termijn geïmplementeerd kan worden (beleid dat door de Nederlandse Rijksoverheid kan worden ingevoerd) en beleid dat op de langere termijn interessant is en alleen tot stand kan komen door samen te werken met internationale partners.

7.3.1 Korte termijn (Nederlands beleid)

Subsidiëren bedrijven met lage productievoetafdruk

Knelpunt: Ontwikkelingsniveau techniek

Subsidies voor energie-intensieve bedrijven kunnen ervoor zorgen dat bepaalde investeringen in het opschalen van technologieën aantrekkelijk worden omdat de onrendabele top weggenomen wordt. Voor een zo effectief mogelijke subsidiëring kan hierbij gedacht worden aan een kosteneffectiviteitsberekening van subsidiëring op basis van €/ton CO₂-besparing in de keten. Hierbij kan aangesloten worden bij de subsidiëring zoals deze nu al plaatsvindt bij SDE+; een totaal subsidiebudget per jaar vaststellen en dit zo kosteneffectief mogelijk verdelen. Deze beleids optie kan ook als locatiebeleid gevoerd worden door de kosteneffectiviteitsberekening alleen te richten op de CO₂-besparing die in de keten plaatsvindt in Nederland.

Een voorbeeld van een kostencurve voor verschillende investeringen in technieken is de kostencurve voor de betonindustrie (Figuur 12).

Aandachtspunten bij deze beleids optie:

- Er vindt weglek van klimaatvoordeel plaats als CO₂-emissiereductie in de keten buiten Nederland plaatsvindt. Er zal daarom een keuze gemaakt moeten worden voor het omgaan met weglek. Hier gaan we in Paragraaf 7.4 verder op in.
- Er is sprake van freeriders. Er zal daarom een keuze gemaakt moeten worden voor het omgaan met freeriders. Hier gaan we in Paragraaf 7.4 verder op in.
- Er bestaat de mogelijkheid tot lock-in bij subsidie van technologieën die op de lange termijn mogelijk anderszins niet zullen leiden tot CO₂-neutraliteit.

Subsidiëren bedrijven met lage productievoetafdruk uit CO₂-voetafdrukheffing

Knelpunt: Ontwikkelingsniveau techniek en concurreren op prijs

Deze beleids optie werkt hetzelfde als de vorige opties, alleen wordt in dit geval de subsidie betaald vanuit een CO₂-voetafdrukheffing. Deze heffing wordt geheven op producten die in Nederland op de markt worden gezet, zowel in Nederland geproduceerde als in het buitenland geproduceerde producten. Hierbij kan gekozen worden om dit maar bij een aantal industrieën toe te passen om de maatregel overzichtelijk te houden.

Aandachtspunten bij deze beleids optie:

- Er vindt weglek van klimaatvoordeel plaats als CO₂-emissiereductie in de keten buiten Nederland plaatsvindt. Er zal daarom een keuze gemaakt moeten worden voor het omgaan met weglek. Hier gaan we in Paragraaf 7.4 verder op in.
- Er is sprake van freeriders. Er zal daarom een keuze gemaakt moeten worden voor het omgaan met freeriders. Hier gaan we in Paragraaf 7.4 verder op in.
- Er bestaat de mogelijkheid tot lock-in bij subsidie van technologieën die op de lange termijn mogelijk anderszins niet zullen leiden tot CO₂-neutraliteit.

Gunstige leningen voor duurzame investeringen

Knelpunt: Opschaling techniek

Eén van de veelgehoorde obstakels bij techniekontwikkelingen is dat er een tekort aan liquiditeit is om te investeren in opschaling van een techniek. Dit terwijl de terugverdientijd van de investering vaak wél binnen de gestelde kaders van bedrijven valt. Een oplossing hiervoor is het verstrekken van gunstige leningen voor duurzame investeringen door de Rijksoverheid.

Aandachtspunten bij deze beleids optie:

- Bij deze beleids optie vindt weglek van klimaatvoordeel plaats als CO₂-emissiereductie in de keten buiten Nederland plaatsvindt. Er zal daarom een keuze gemaakt moeten worden voor het omgaan met weglek. Hier gaan we in Paragraaf 7.4 verder op in.
- Er is sprake van freeriders. Er zal daarom een keuze gemaakt moeten worden voor het omgaan met freeriders. Hier gaan we in Paragraaf 7.4 verder op in.



Duurzaam inkopen overheid

Knelpunt: Concurreren op prijs

In de huidige markt wordt door producten vooral op prijs geconcentreerd. Echter zouden producten zich ook kunnen onderscheiden op basis van CO₂-voetafdruk. De inkoopkracht van de (rijks)overheid kan een grote rol spelen in het realiseren van een markt voor producten met een lagere CO₂-voetafdruk. Hierbij kan onder andere gedacht worden aan het opnemen van de CO₂-voetafdruk in maatschappelijk verantwoord inkopen (MVI) richtlijnen. Het huidige MVI beleid heeft volgens RIVM voor een beperkt aantal categorieën (2018) geleid tot 4,9 Mton CO₂-eq. emissiereductie, maar dit kan nog verder oplopen. Hierbij moet wel worden vermeld dat dit met name gerelateerd is aan inkoop van groene stroom en het plaatsen van zonnepanelen en dat dit milieuvoordeel volledig is gealloceerd naar MVI en niet naar andere regelingen zoals SDE+. Verder rekent de overheid deze emissiereductie al mee onder het resultaat duurzame energiebeleid dus is het geen extra CO₂-emissiereductie. RIVM heeft echter nog maar een beperkt aantal categorieën bekeken en waarschijnlijk zijn de voordelen voor opties waar nog weinig ander beleid is (bijvoorbeeld catering met de eiwittransitie) ook aanzienlijk en meer direct toe te wijzen aan MVI.

Aandachtspunten bij deze beleids optie:

- Bij deze beleids optie vindt weglek van klimaatvoordeel plaats als CO₂-emissiereductie in de keten buiten Nederland plaatsvindt. Er zal daarom een keuze gemaakt moeten worden voor het omgaan met weglek. Hier gaan we in Paragraaf 7.4 verder op in.
- Er is sprake van freeriders. Er zal daarom een keuze gemaakt moeten worden voor het omgaan met freeriders. Hier gaan we in Paragraaf 7.4 verder op in.

Label CO₂-voetafdruk producten

Knelpunt: Concurreren op prijs

Een andere beleids optie om producten met een lagere CO₂-voetafdruk te laten concurreren met conventionele producten is om de nadruk te leggen op deze voetafdruk door middel van een label. In deze beleids optie neemt de overheid het initiatief tot het uitrollen van een CO₂-label voor producten waarna de keuze voor deze producten aan de markt wordt overgelaten. Een CO₂-label kan hierbij bijvoorbeeld gebaseerd worden op de methodiek die op Europees niveau in ontwikkeling is; de Product Environmental Footprint (PEF) methodologie. In dit label worden zowel in Nederland als in het buitenland geproduceerde producten meegenomen.

Aandachtspunten bij deze beleids optie:

- Deze beleids optie legt (een groot deel) van de kosten bij het bedrijfsleven neer voor het uitvoeren van onderzoek voor het bepalen van de CO₂-voetafdruk van producten. Dit kan ertoe leiden dat productie naar het buitenland verdwijnt en de CO₂-voetafdruk naar het buitenland verdwijnt.

Combinatie heffing en normering op basis van voetafdruk

Knelpunt: Concurreren op prijs

Een CO₂-heffing op producten waarbij de heffing alleen betaald hoeft te worden als de voetafdruk van een product hoger is dan een gestelde norm. Een norm neemt in zo'n geval de vorm van kg CO₂-eq./kg product door de hele keten. De benchmark kan over tijd bijgesteld worden. Om de voetafdruk van producten vast te stellen kan gebruik gemaakt worden van de methodiek die op Europees niveau in ontwikkeling is; de Product Environmental Footprint (PEF) methodologie.



Deze beleidsoptie zorgt ervoor dat producten met een hogere CO₂-voetafdruk per product duurder worden, waardoor producten met een lagere CO₂-voetafdruk meer competitief worden. Verder zorgt de beleidsoptie voor eerlijke concurrentie als zowel Nederlandse als buitenlandse producten meegenomen worden.

Aandachtspunten bij deze beleidsoptie:

- Deze beleidsoptie legt (een groot deel) van de kosten bij het bedrijfsleven neer voor het uitvoeren van onderzoek voor het bepalen van de CO₂-voetafdruk van producten. Dit kan ertoe leiden dat productie naar het buitenland verdwijnt en de CO₂-voetafdruk naar het buitenland verdwijnt.

Afvalfondsvergoeding innovatieve recycletechnieken verpakkingen

Knelpunt: Concurreren op prijs

Innovatieve recycletechnieken voor met name kunststofverpakkingen ervaren oneerlijke concurrentie ten opzichte van conventionele recycletechnieken. Innovatieve recycletechnieken kunnen geen aanspraak maken op afvalfondsvergoeding voor de verwerking van afval terwijl mechanische recycling dit wel kan doen. De oplossing is in dit geval duidelijk: het verruimen van de afvalfondsvergoeding naar innovatieve recycletechnieken, zodra deze technieken kunnen aantonen een vergelijkbaar of betere recycletechniek zijn ten aanzien van CO₂-emissiereductie.

Deze beleidsoptie kan budgetneutraal worden ingevoerd door de Nederlandse overheid, en levert ook de verpakkingindustrie geen extra kosten op.

7.3.2 Langere termijn (Europees beleid)

Europese Carbon Footprint Directive

Knelpunt: Concurreren op prijs

De Europese Ecodesign richtlijn bevat minimumstandaarden voor de hoeveelheid energie die een aantal elektrische en elektronische consumentenapparaten mogen gebruiken. Een dergelijke richtlijn kan ook bedacht worden op basis van de hoeveelheid CO₂-emissies die plaats hebben gevonden voor de totstandkoming van een product op de Europese markt. Dit kan als uitbreiding van de Ecodesign richtlijn of op basis van een nieuwe richtlijn, bijv. 'Carbon Footprint Directive'.

Voor een Carbon Footprint Directive kan gedacht worden aan normering op basis van:

- Een maximum CO₂-voetafdruk per product. De methodologie om de voetafdruk voor bepaalde productgroepen te bepalen is op Europees niveau al in ontwikkeling: de Product Environmental Footprint (PEF) methodologie. Het huidige PEF-programma is nu nog sterk gericht op harmoniseren van manieren van rapporteren tussen EU-landen en op communicatie richting klanten. In de toekomst is het heel goed denkbaar dat PEF-waarden ook gebruikt gaan worden voor normstelling, duurzaam inkopen of andere overheidsbeleid.
- Een minimum technologiestaan daard voor productieprocessen. Zogeheten Best Available Technology (BAT) analyses worden bijvoorbeeld uitgevoerd op Europees niveau voor het verdelen van CO₂-emissierechten onder EU ETS.

Aandachtspunten bij deze beleids optie:

- Deze beleids optie legt (een groot deel) van de kosten bij het bedrijfsleven neer voor het uitvoeren van onderzoek voor het bepalen van de CO₂-voetafdruk van producten en voor het bereiken van minimum technologiestaan daarden. Dit kan ertoe leiden dat productie naar het buitenland verdwijnt en de CO₂-voetafdruk naar het buitenland verdwijnt.

Europese importheffing op basis van CO₂-voetafdruk producten en toepassen heffingsinkomsten in klimaatbeleid in de keten buiten Europa

Knelpunt: Concurreren op prijs

Een Europese importheffing op basis van de CO₂-voetafdruk van een product waarbij de inkomsten die gegenereerd worden door het invoeren van zo'n heffing teruggestruid worden als duurzaamheidsinvesteringen in landen waaruit Europa importeert. Dit is een methode voor Europa om de investeringen die onder Parijs gedaan zullen moeten worden voor het ondersteunen van ontwikkelingslanden in de transitie op een zo kostenefficiënte manier te doen. Niet-Europese landen betalen zo indirect zelf voor hun eigen klimaatbeleid.

Voetafdrukbeleid en biogene CO₂-emissies

De huidige administratie van biogene CO₂-emissies in combinatie met locatiebeleid leidt tot averechtse prikkels voor broeikasgasemissiereductie in de energie-intensieve industrie. In de huidige administratie worden kortcyclische biogene CO₂-emissies (korter dan 100 jaar geleden in biologisch materiaal opgenomen) gezien als klimaatneutraal, en wordt opslag van CO₂ over een bepaalde tijdspanne (bijvoorbeeld in een product) niet gewaardeerd. Hiermee wordt de fysieke werkelijkheid losgekoppeld van de administratie, waardoor emissiereductie niet gewaardeerd wordt op de plek waar deze fysiek plaatsvindt.

Om averechtse prikkels tegen te gaan zijn er, kort door de bocht, twee oplossingen als Nederland zich wil richten op efficiënt mondiaal klimaatbeleid:

- Het aanpassen van de biogene CO₂-administratie zodat opslag van CO₂ in biobased materiaal als negatieve emissie wordt gezien en de uitstoot van biogene CO₂-emissie als 'gewon' CO₂-emissie wordt geadmistreerd.
- Het voeren van voetafdrukbeleid, waarbij naar CO₂-emissiereductie in de hele keten wordt gekeken.

7.4 Aandachtspunten: weglekken van klimaatvoordelen en freeriders

We bespreken eerst wanneer er sprake is van weglek van klimaatvoordelen van Nederlands beleid en van freeriders. Daarna gaan we verder in op de oplossingen voor weglek en freeriders.

7.4.1 Wanneer is er sprake van weglek van klimaatvoordelen?

Nederlands voetafdrukbeleid kan leiden tot positieve effecten in het buitenland, maar in het buitenland kan ook beleid gevoerd worden dat positieve effecten heeft in Nederland. Zo kan het invoeren van voetafdrukbeleid voor bijvoorbeeld de autoproduktie in Duitsland leiden tot meer vraag naar duurzaam staal waardoor Tata Steel in IJmuiden kan investeren in het klimaatvriendelijke Hisarna-proces.

Tabel 18 geeft een overzicht van de geselecteerde interessante voetafdrukbeleidsopties voor het wegnemen van knelpunten voor de kansrijke technieken/projecten. In de tabel is aangegeven wie de kosten voor implementatie draagt en of er sprake kan zijn van weglek van klimaatvoordeel.

We definiëren weglek als *een CO₂-emissiereductie in het buitenland door uitgaven van de Nederlandse*

overheid aan klimaatbeleid. In het geval van weglek zal besloten moeten worden over hoe hiermee omgegaan wordt.

Tabel 18 – Beleidsopties voor het wegnemen van knelpunten voor de kansrijke technieken - Weglek

Beleidsopties	Wie draagt de kosten van CO ₂ -emissiereductie?	Sprake van weglek van klimaatvoordeel?
Nederlandse beleidsinstrumenten (Nederland als enige actor)		
Subsidiëren bedrijven met lage productie-voetafdrukken eventueel in de vorm van gunstige vormen van financiering	Nederlandse belastingbetaler	Ja, als CO ₂ -emissiereductie buiten Nederland plaatsvindt.
Duurzaam inkopen overheid	Nederlandse belastingbetaler	
CO ₂ -voetafdruklabel voor producten	Nederlandse consument	Nee, want de Nederlandse overheid heeft hier geen kosten aan.
Combinatie heffing en normering op basis van CO ₂ -voetafdruk producten	Nederlandse bedrijven/consument	
Afvalfondsvergoeding innovatieve recycletechnieken verpakkingen	Nederlandse bedrijven/consument	
Locatiebeleid	Afhankelijk van de soort beleid.	Nee, want bij perfect locatiebeleid is geen CO ₂ -emissiereductie buiten Nederland.
Internationale beleidsinstrumenten (meer actoren dan Nederland)		
Europese Carbon Footprint Directive	Nederlandse en buitenlandse bedrijven	Nee, want de Nederlandse overheid heeft hier geen kosten aan.
Europese importheffing op basis van CO ₂ -voetafdruk en toepassing in klimaatbeleid	Buitenlandse bedrijven	

Uit voorgaande analyse blijkt dat sommige (niet alle) voetafdrukbeleidsmaatregelen en circulaire economie beleidsmaatregelen leiden tot een substantiële (circa 50%) of grote (> 75%) CO₂-emissiereductie in het buitenland. In deze gevallen is er sprake van weglek als de Nederlandse overheid kosten heeft aan de beleidsoptie. Dit is het geval bij subsidies en duurzaam inkoopbeleid van de overheid.

7.4.2 Wanneer is er sprake van freeriders?

Bij het inzetten van Nederlands belastinggeld voor CO₂-emissiereductie van producten en diensten zijn vier freerider categorieën te onderscheiden:

1. De Nederlandse consument die een product/dienst met een lage CO₂-voetafdruk meer dan gemiddeld gebruikt.
2. De buitenlandse consument die een product/dienst met een lage CO₂-voetafdruk gebruikt.
3. Bedrijven in Nederland die een investering in verduurzaming van producten ook zonder subsidie hadden gedaan.
4. Buitenlandse bedrijven die hun producten met een hoge CO₂-voetafdruk in dezelfde markt kunnen afzetten als producten van Nederlandse bedrijven met een lage CO₂-voetafdruk.

In onderstaande tabel is weergegeven wanneer er sprake is van freeriders, en van welk soort freerider. We focussen in deze analyse op de laatste twee freerider-categorieën omdat we specifiek kijken naar productievoetafdrukbeleid.

Tabel 19 – Beleidsopties voor het wegnemen van knelpunten voor de kansrijke technieken - freeriders

Beleids optie	Wie draagt de kosten van CO ₂ -emissiereductie?	Sprake van freeriders?
Locatiebeleidsopties		
Subsidie duurzame techniek	Nederlandse belastingbetaler	Ja, bedrijven die toch al zouden investeren
Heffing emissie in Nederland voor productie in Nederland	Nederlandse/Internationale consument	Ja, buitenlandse concurrerende bedrijven
Subsidie betaald uit heffing emissie in Nederland	Nederlandse/Internationale consument	Ja, buitenlandse concurrerende bedrijven, bedrijven die toch al zouden investeren
Normering emissie in Nederland voor productie in Nederland	Nederlandse bedrijven/ Nederlandse/Internationale consument	Ja, buitenlandse concurrerende bedrijven
Voetafdrukbeleidsopties		
Subsidiëren bedrijven met lage productievoetafdrukken eventueel in de vorm van gunstige vormen van financiering.	Nederlandse belastingbetaler	Ja bedrijven die toch al zouden investeren
Duurzaam inkopen overheid		
Subsidie betaald uit CO ₂ voetafdrukheffing	Nederlandse consument	Nee, want de Nederlandse overheid heeft hier geen kosten aan.
CO ₂ -voetafdruklabel voor producten	Nederlandse consument	
Combinatie heffing en normering op basis van CO ₂ -voetafdruk producten	Nederlandse bedrijven/consument	
Afvalfondsvergoeding innovatieve recycletechnieken verpakkingen		

Een heffing ingevoerd op basis van het locatieprincipe heeft door internationale concurrentie het nadeel dat buitenlandse concurrerende bedrijven die niet onder de locatiegerichte heffing vallen een concurrentievoordeel hebben oftewel dat Nederlandse bedrijven een concurrentienadeel hebben. Buitenlandse concurrerende bedrijven kunnen daarmee gezien worden als freerider. Dit risico op 'oneerlijke' concurrentie van bedrijven uit het buitenland waarvoor een 'locatieheffing' niet geldt leidt vaak tot een van de volgende twee keuzes, met bijbehorende freeriders: een locatiegerichte subsidie of een combinatie van een locatiesubsidie betaald uit een heffing.

Kortom in het geval van locatiebeleid is er altijd sprake van freeriders. In ieder geval van buitenlandse concurrerende bedrijven die hun concurrentiepositie verbeteren. Wel is per situatie het aantal freeriders verschillend. Zo speelt de concurrentie met buitenlandse bedrijven veel minder voor producten die vooral lokaal worden geproduceerd en afgezet. Ook is een combinatie van een heffing en subsidies voor duurzame activiteiten zo te dimensioneren dat de uiteindelijke prijseffecten op de markt beperkt zijn zodat de freerider effecten ook beperkt zijn.

In het geval van voetafdrukbeleid waarbij de Nederlandse overheid kosten maakt is ook altijd sprake van freeriders. Het gaat hierbij in ieder geval om bedrijven die toch al zouden investeren. Kortom in het geval van een subsidie of duurzaam inkopen van de overheid is sprake van freeriders.

7.4.3 Mogelijke oplossingen

In het geval van weglek en freeriders zijn er drie mogelijkheden:

- het **voorkomen van weglek van klimaatvoordeel/freeriders** door ervoor te zorgen de Nederlandse overheid geen kosten maakt voor CO₂-emissiereductie;
- **accepteren** dat Nederlands belastinggeld leidt tot CO₂-emissiereductie in het buitenland en dat de vervuiler niet altijd degene is die betaalt voor CO₂-emissiereductie;
- een **creatieve oplossing** bedenken voor deze ongewenste weglek van CO₂-emissiereductie-voordeel en freeriders.

Voorkomen weglek van klimaatvoordeel/freeriders

Als de kosten voor voetafdrukbeleid niet gedragen worden door de Nederlandse overheid maar door de Nederlandse burger of Nederlandse bedrijven dan is er geen sprake van weglek van belastinggeld voor broeikasgasemissiereductie in het buitenland en dus ook niet van freeriders. Dit is het geval bij een aantal beleidsopties die besproken zijn in Paragraaf 7.3. De keuze voor deze beleidsopties of andere beleidsopties op het gebied van normering, heffingen en informatieverstrekking zorgen ervoor dat beleid beter aansluit bij het principe 'de vervuiler betaald'.

Een **heffing** op basis van voetafdrukprincipe voorkomt weglek van klimaatvoordeel en voorkomt het probleem van freeriders die zonder heffing naar Nederland exporteren. Als deze heffing wordt teruggesluisd als subsidie (zoals nu bijvoorbeeld in de SDE+-regeling gebeurt) dan komen de kosten goed terecht bij de vervuilers en blijven alleen de freerider categorieën de buitenlandse consument (afhankelijk van exporthoeveelheid en mogelijkheid om een klimaatvriendelijk productsegment te creëren in het buitenland) en bedrijven die toch al zouden investeren.

Bij **normering** op basis van het voetafdrukprincipe worden alle klimaateffecten in de hele keten meegenomen in een norm. Een norm waarbij maar een deel van de productketen meegenomen wordt kan tijdelijk ook werken maar leidt vaak op termijn tot afwenteling en minder kostenefficiënte keuzes. Zo zijn nieuwe woningen op dit moment zo energiezuinig aan het worden door de energienorm dat energie in materialen voor woningen steeds belangrijker worden. Materiaalemissies vallen echter niet onder de energienorm. Ook de norm voor auto's bevat geen materiaalsturing (bijvoorbeeld voor accu's) en ziet elektriciteit als emissieloos terwijl dit in Nederland zeker nog niet zo ver is. Een voetafdruk norm over een groot deel van de productketen, zoals die er wel voor energie en materiaalgebruik van kantoorgebouwen is, kan efficiënt sturen richting klimaatvriendelijke oplossingen en voorkomt weglek van klimaatvoordelen en freeriders.

Creatief omgaan met deels weglekken klimaatvoordelen

Er is een aantal manieren om creatief om te gaan met het stimuleren van kansrijke technieken die relatief veel emissiereductie geven in het buitenland door aanpassingen te maken aan de administratie van CO₂-emissies.

55% broeikasgasemissiereductie op basis van voetafdruk Nederlandse industrie, naast 49% broeikasgasemissiereductie op Nederlands grondgebied

Nederland gaat voor een doel van 49% CO₂-emissiereductie binnen de Nederlandse landsgrenzen, maar wil eigenlijk 55% reductie behalen. Het is denkbaar dat het verschil van 6% tussen deze doelstellingen gedeeltelijk ingevuld wordt met de emissiereducties die door Nederlands voetafdrukbeleid in het buitenland wordt gegenereerd. Op die manier voldoet Nederland aan haar doelen en krijgt al het positieve effect voor het klimaat een plek.



Europese afspraken over voetafdrukbeleid in de gehele EU

Nederland kan inzetten op het maken van afspraken voor het voeren van voetafdrukbeleid in de gehele EU. Dit zal de weglek van beleidsresultaat niet voorkomen maar zal er wel voor zorgen dat EU-landen allemaal aan elkaar resultaat van voetafdrukbeleid toespelen. Zo kan voetafdrukbeleid in Duitsland voor staal in de auto-industrie de introductie van de Hisarna-techniek in Nederland ondersteunen wat kan leiden tot lagere emissie in Nederland.

Bilaterale afspraken met Europese landen

Een afspraak tussen Europese landen waarbij klimaatweglekeffecten door beleid in landen bijgehouden worden, waarbij er gestreefd wordt naar een netto evenwicht tussen landen. Of afspraken over emissiereductie door beleid van land A in land B dat mee mag tellen in de klimaatdoelstellingen van land A (dit is mogelijk onder de Parijs afspraken, onder artikel 6). Zo'n uitwisseling van emissies kan bijvoorbeeld plaatsvinden op basis van de 'Effort Sharing Regulation 2021-2030'²². Deze wetgeving gaat in vanaf 2021.

Dit zou bijvoorbeeld een goede oplossing zijn voor Solidia of andere alternatieve cementproductie voor de Nederlandse betonindustrie. Het cement dat in Nederland gebruikt wordt komt immers op dit moment grotendeels uit Duitsland en door introductie van een nieuwe productietechniek in Nederland kunnen broeikasgasemissies in Duitsland afnemen.

Accepteren

Bij de politieke keuze om knelpunten voor kansrijke technieken weg te nemen te accepteren (ondanks weglekken van klimaatvoordelen en freeriders) spelen naast de mogelijkheid op CO₂-emissiereductie in Nederland ook nog andere aspecten een rol zoals:

- De bijdrage die geleverd kan worden aan de Nederlandse economie (innovatie, verdienvermogen, banencreatie).
- Motivatie voor mondiaal efficiënt klimaatbeleid.
- Het voorbereiden van de Nederlandse industrie op internationaal voetafdrukbeleid. Een koplopperspositie van de Nederlandse industrie qua CO₂-efficiëntie in de hele keten kan op langere termijn het verdienvermogen van Nederland versterken.
- De bijdrage die geleverd kan worden aan het verminderen van de afhankelijkheid van grondstoffenlevering uit het buitenland (dit speelt met name bij de circulaire economie).

Deze aspecten kunnen afdoende zijn om het (deels) weglekken van klimaatvoordelen en/of freeriders te accepteren.

²² Zie www.ec.europa.eu/clima/policies/effort/proposal_en



8 Conclusies en aanbevelingen

In deze studie is vanuit concrete kansrijke opties voor de energie-intensieve industrie gekeken naar de beleidsvraag of klimaatbeleid op basis van het voetafdrukprincipe de moeite waard is, rekening houdend met de mogelijkheid dat de Nederlandse overheid dan CO₂-emissiereductie betaalt voor het buitenland (weglek). Hoofdconclusie is dat een dergelijke weglekeffecten van Nederland en naar Nederland toe in sommige gevallen kunnen voorkomen maar dat er ook creatieve manieren zijn om daar (met name in EU-verband) goed mee om te gaan.

8.1 Huidig beleid

Ambitieuze doelstellingen CO₂-emissiereductie en grondstofgebruik op Nederlands grondgebied

Nederland heeft in vergelijking met de Europese doelstelling van 40% CO₂-emissiereductie in 2030 (ten opzichte van 1990) een ambitieus doel van 49-55% emissiereductie. Deze doelstelling sluit aan bij de verdeling van CO₂-emissiereductie naar individuele EU-landen voor de niet-ETS-sectoren, waarin Nederland ook een hogere CO₂-emissiereductie toebedeeld heeft gekregen dan het EU-gemiddelde (36% ten opzichte van 30% in 2005). De Nederlandse doelstellingen zijn vergelijkbaar met die van Duitsland (55%) en het Verenigd Koninkrijk (57%).

De Nederlandse grondstofhalveringsdoelstelling op het gebied van Circulaire Economie is ambitieus en concreet in verhouding met doelstellingen van andere landen.

Huidig beleid gericht op CO₂-emissiereductie is met name locatiebeleid

Om de gestelde doelstellingen te halen voeren Nederland en haar handelspartners beleid gericht op klimaatemissies binnen het eigen grondgebied. Er wordt nog weinig productievoetafdrukbeleid gevoerd, terwijl dit wel beter aansluit bij de manier van werken van de energie-intensieve industrie.

Bestaand productievoetafdrukbeleid richt zich met name op één levensfase van een product

Het bestaande productievoetafdrukbeleid richt zich met name op één levensfase van een product en niet op de hele keten; bijv. het energiegebruik in de gebruiksfase (EU Ecodesign Directive, CO₂-emissiestandaarden voor personenauto's en bestelwagens) of het einde van de levensduur van een product (Extended Producer Responsibility, EPR).

Grote verschillen met belangrijke handelspartners VS en China

Met belangrijke handelspartners als de VS en China bestaan er grote verschillen qua klimaatbeleid. Deze verschillen kunnen verder gaan toenemen nu de VS zich uit het klimaatakkoord heeft teruggetrokken. Voor productieketens die zich uitstrekken over Nederland en deze handelspartners betekent dit dat de beleidsdruk op verschillende stappen in de keten niet gelijk is. Ten opzichte van een situatie met afgestemd (gelijk) beleid betekent dit een minder kosteneffectieve aansturing van

deze ketens. Voetafdrukbeleid dat alle emissies in de hele keten gelijk behandelt leidt in deze ketens tot kosteneffectief klimaatbeleid.

Beleidsverschillen tussen EU-landen minder groot, daar speelt vooral toerekening

De verschillen in klimaatbeleid tussen Europese landen zijn minder groot dan die op mondiale schaal. Locatiebeleid drukt daarmee meer evenwichtig op alle stappen in Europese productketens dan mondiaal. Wel is het zo dat er ook in Europa verschillen in beleid zijn, bijvoorbeeld tussen productie van materialen en het beleid voor afvalverwerking (dit laatste is traditioneel strenger; zo zijn de emissie-eisen voor afvalverbranding strenger dan die voor een kolencentrale of een staalfabriek). Daarnaast leidt de aanwezigheid van een productiefaciliteit in het ene land en de verwerkende industrie in het buurland tot een onbalans in de mogelijkheden en kosten voor het locatiebeleid. Dit is op te lossen met meer voetafdrukbeleid (hele keten onder zelfde beleid), maar ook met locatiebeleid op een grotere schaal dan Nederland, bijv. met emissiehandel zoals in het ETS.

8.2 Kansrijke technieken voor CO₂-emissiereductie in de energie-intensieve industrie

Broeikasgasemissies energie-intensieve industrie

Het aandeel van de industrie in de totale Nederlandse CO₂-emissies is ongeveer 35% van de totale broeikasgasemissies binnen het Nederlands grondgebied. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar directe emissie van de industrie (Scope 1-emissies) maar ook naar de elektriciteit die de industrie gebruikt (Scope 2-emissies). De voetafdruk van de Nederlandse industrie ligt hoger dan de emissies die plaatsvinden binnen Nederland. Dit komt omdat ook de grondstofwinning (bijv. aardolie, ertsen) en het einde van de levensduur toegerekend worden aan de Nederlandse industrie als het productievoetafdrukprincipe gehanteerd wordt.

Kansrijke technieken voor CO₂-emissiereductie

Voor energie-intensieve sectoren in Nederland bestaan verschillende kansrijke technieken. In dit rapport is een aantal van deze technieken bekeken. Het gaat hierbij om:

- chemische recycling van moeilijk te recyclen PET-kunststof dat nu verbrand wordt;
- biobased HDPE-productie op basis van suikerriet (Brazilië) of suikerbiet (Nederland) ter vervanging van productie van conventioneel HDPE;
- Hisarna als uitbreiding of vervanging van het hoogovenproces in de staalindustrie bij Tata Steel in IJmuiden;
- Solidia als alternatieve productietechniek voor cement in de betonindustrie voor de vervanging van conventionele beton in niet-constructieve betonproducten.

Het mondiale CO₂-emissiereductiepotentieel van deze opties ligt ongeveer op 3,5 Mton CO₂-eq./jaar. Als gekozen wordt voor maximale reductie in Nederland is de reductie iets minder dan 3 Mton CO₂-eq./jaar. Dit is een CO₂-emissiereductie die gezien kan worden als additioneel naast al uitgezet beleid van de Nederlandse overheid voor emissiereductie richting 2030. Er zijn uiteraard nog meer kansrijke technieken, zoals bijv. genoemd in de roadmap van de chemiesector, waarvoor in deze studie geen CO₂-emissiereductiepotentieel bepaald is.



8.3 Voetafdrukbeleid als aanvulling op locatiebeleid

Voorwaarden voor klimaatbeleid

Er geldt een aantal voorwaarden voor beleidsopties die overwogen kunnen worden om knelpunten voor kansrijke technieken weg te nemen:

- **Kosteneffectief:** De beleidsopties dienen bij te dragen aan een kosteneffectieve transitie naar een klimaatvriendelijke energie-intensieve Nederlandse industrie. De kosteneffectiviteit van een beleidsoptie verbetert óf door een toename in CO₂-emissiereductie van de optie óf door een vermindering van de kosten van de beleidsopties.
- **Behoud concurrentiepositie:** De beleidsopties behouden of verbeteren de concurrentiepositie van de Nederlandse industrie. De Nederlandse industrie wordt niet benadeeld.
- **Haalbaar:** Het is aannemelijk dat de beleidsopties op de korte of middellange termijn te implementeren zijn.

Deze voorwaarden gelden zowel voor klimaatbeleid op basis van het locatieprincipe als op basis van het voetafdrukprincipe.

Aandachtspunten voor klimaatbeleid

Als klimaatbeleid voldoet aan bovenstaande voorwaarden dan zijn er nog een aantal aandachtspunten die meegenomen dienen te worden in de keuze voor bepaald beleid. Het gaat hierbij om aspecten die ertoe leiden dat beleidsopties, die wel kosteneffectief zijn, niet volledig aansluiten bij het principe 'de vervuiler betaalt':

- **Weglek van klimaatvoordelen van beleid:** een CO₂-emissiereductie in het buitenland door uitgaven van de Nederlandse overheid aan klimaatbeleid. Hierbij betaalt een handelspartner van Nederland niet voor de emissiereductie die plaatsvindt binnen de eigen landsgrenzen.
- **Freeriders:** Consumenten of bedrijven maken gebruik van een publiek goed, CO₂-emissiereductie door uitgaven van de Nederlandse overheid, zonder (evenredig) bij te dragen aan de kosten. Hierbij betalen bedrijven en consumenten niet (evenredig) voor het verminderen van hun eigen CO₂-emissies.

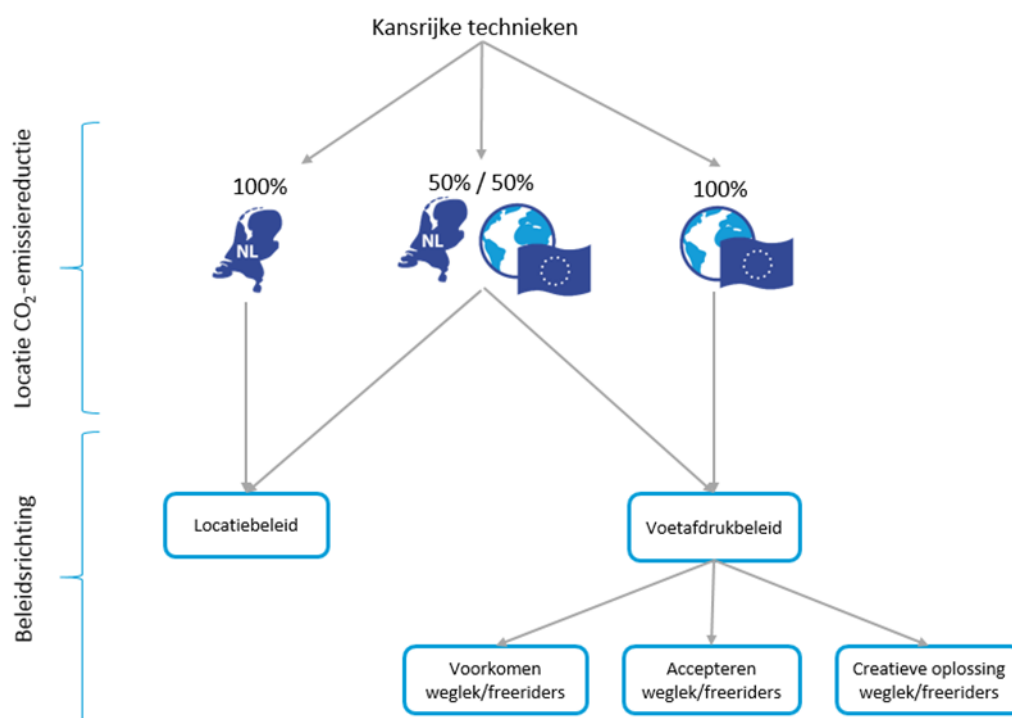
Beleidsrichting per situatie

De locatie waar de CO₂-emissiereductie plaats vindt verschilt per techniek. De technieken kunnen opgedeeld worden in:

- technieken waarbij 100% van de emissiereductie in Nederland plaatsvindt;
- technieken waarbij 100% buiten de emissiereductie buiten Nederland plaatsvindt;
- technieken waarbij de emissiereductie deels in Nederland plaatsvindt en deels in het buitenland.

Voor elke situatie zijn specifieke beleidsrichtingen interessant, zoals weergegeven in Figuur 19.

Figuur 19 – Illustratie beleidskader



Aanvullend locatiebeleid óf aanpassen huidige locatiebeleid: CO₂-emissiereductie in Nederland

Voor een groot gedeelte van de broeikasgasemissies voert Nederland al beleid op basis van het locatieprincipe. Als CO₂-emissiereductie in Nederland plaatsvindt, of dit nou gedeeltelijk of voor 100% zo is, is het huidige klimaatbeleid op basis van het locatieprincipe geschikt. Bij knelpunten bij implementatie van technieken die tot een relatief grote CO₂-emissiereductie in Nederland leiden is aanvullend locatiebeleid of het aanpassen van het huidige locatiebeleid afdoende. Er is geen voetafdrukbeleid nodig.

Productievoetafdrukbeleid: CO₂-emissiereductie in het buitenland

Als er mogelijk wél CO₂-emissiereductie plaatsvindt buiten Nederland door implementatie van een techniek dan kan een deel van de knelpunten mogelijk weggenomen worden door voetafdrukbeleid als aanvulling op het huidige locatiebeleid. Hierbij zal ook een keuze gemaakt moeten worden voor het omgaan met het weglekken van klimaatvoordelen naar het buitenland en met freeriders.

8.3.1 Voetafdrukbeleidsopties

Om de kansrijke technieken succesvol te implementeren zijn voetafdrukbeleidsopties geïnventariseerd. Hieruit is een short list aan opties geselecteerd op basis van de drie hierboven besproken voorwaarden: kosteneffectiviteit, behoud concurrentiepositie, en haalbaarheid. Daarnaast sluiten de beleidsopties zoveel mogelijk aan bij de al bekende beleidsopties op basis van het locatieprincipe (die hier verder niet besproken worden).

De geselecteerde voetafdrukbeleidsopties zijn weergegeven in Tabel 20.

Tabel 20 – Geselecteerde voetafdrukbeleidsopties voor het wegnemen van knelpunten voor de kansrijke technieken

Voetafdrukbeleidsopties	Sprake van weglek van klimaatvoordeel?	Sprake van freeriders?
Subsidiëren bedrijven met lage productievoetafdrukken, eventueel in de vorm van gunstige vormen van financiering	Ja, als CO ₂ -emissiereductie buiten Nederland plaatsvindt.	Ja, veel gebruikende consument, buitenlandse consument, bedrijven die toch al zouden investeren.
Duurzaam inkopen overheid		
Subsidie betaald uit CO ₂ voetafdrukheffing (bijv. SDE+)	Nee, want de Nederlandse overheid heeft hier geen kosten aan.	Nee, want de Nederlandse overheid heeft hier geen kosten aan.
CO ₂ -voetafdruklabel voor producten		
Combinatie heffing en normering op basis van CO ₂ -voetafdruk producten		
Afvalfondsvergoeding innovatieve recycletechnieken verpakkingen		
Europees Carbon Footprint Directive		
Europese importheffing op basis van CO ₂ -voetafdruk en toepassing in klimaatbeleid		

8.3.2 Omgaan met weglekken van klimaatvoordelen en freeriders

Er zijn drie mogelijkheden om om te gaan met freeriders en weglek:

- het **voorkomen van weglek van klimaatvoordeel/freeriders** door ervoor te zorgen de Nederlandse overheid geen kosten maakt voor CO₂-emissiereductie;
- **accepteren** dat Nederlands belastinggeld leidt tot CO₂-emissiereductie in het buitenland en dat de vervuiler niet altijd diegene is die betaalt voor CO₂-emissiereductie;
- een **creatieve oplossing** bedenken voor deze ongewenste weglek van CO₂-emissiereductie-voordeel en freeriders.

Voorkom weglek van belastinggeld: kies voor normering, heffing of informatie-verstrekking

De keuze voor deze beleidsopties of andere beleidsopties op het gebied van normering van eindproducten, heffingen en informatieverstrekking voorkomen dat Nederlands belastinggeld gebruikt wordt om CO₂-emissiereductie in het buitenland te bewerkstelligen en voorkomt dus ook freeriders op basis van dit belastinggeld.

Accepteren

Bij de politieke keuze om knelpunten voor kansrijke technieken weg te nemen spelen naast de mogelijkheid op CO₂-emissiereductie in Nederland ook nog andere aspecten een rol zoals de bijdrage aan de Nederlandse economie en motivatie voor een mondiaal efficiënt klimaatbeleid. Deze aspecten kunnen afdoende zijn om het (deels) weglekken van klimaatvoordelen en freeriders te accepteren. Dit zou bijvoorbeeld ingestoken kunnen worden als onderdeel van het buitenlandse handel en ontwikkelingsamenwerkingsbeleid.

Creatief omgaan met deels weglekken klimaatvoordelen

Er is een aantal manieren om creatief om te gaan met het stimuleren van kansrijke technieken die relatief veel emissiereductie geven in het buitenland door aanpassingen te maken aan de administratie van CO₂-emissies zoals:

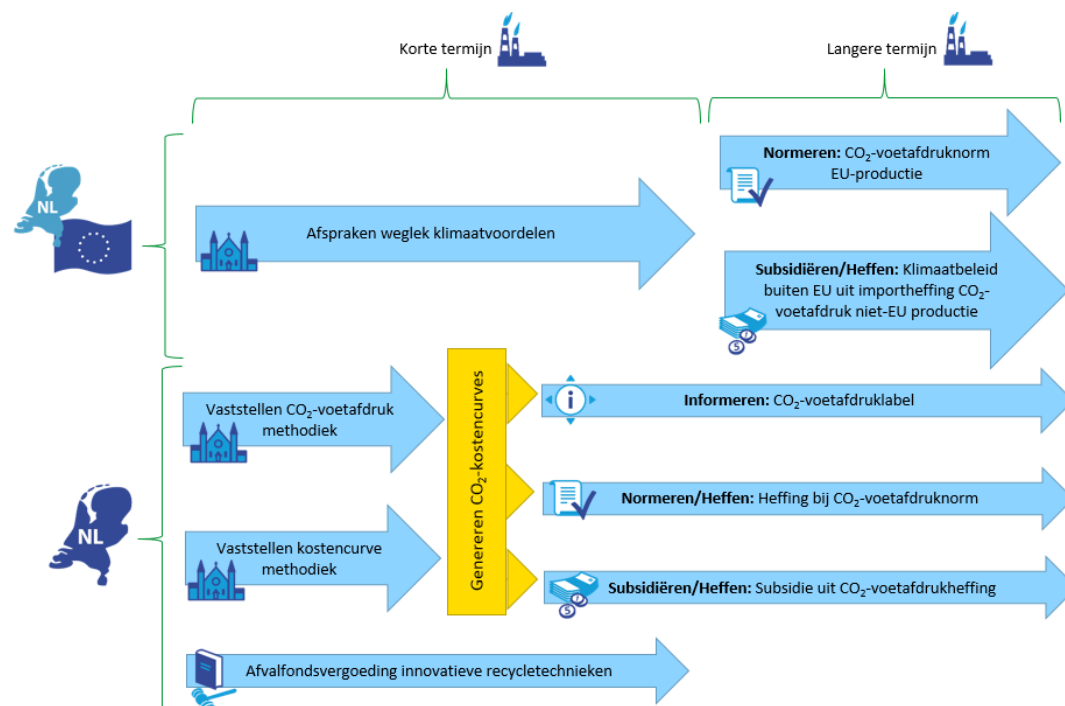
- De nationale doelstelling van 49% broeikasemissiereductie wordt behaald binnen het Nederlandse grondgebied maar de overige 6% (naar 55% broeikasgasemissiereductie bij ambitieus EU-beleid) wordt ingevuld op basis van mondiale broeikasgasemissiereductie van de industrie.
- Europese afspraken over voetafdrukbeleid in de gehele EU.
- Bilaterale afspraken met Europese landen waar klimaatweglekeffecten door beleid in landen bijgehouden worden, waarbij er gestreefd wordt naar een netto evenwicht tussen landen of afspraken over emissiereductie door beleid van land A in land B dat mee mag tellen in de klimaatdoelstellingen van land A.

8.4 Aanbevelingen

Voetafdrukbeleid als aanvulling

Productievoetafdrukbeleid kan een interessante aanvulling zijn op klimaatbeleid dat uitgaat van emissie op een locatie (Nederlands grondgebied). Voetafdrukgericht beleid sluit over het algemeen goed aan bij het principe 'de vervuiler betaalt'. Met name combinaties van subsidies gericht op een lagere voetafdruk van de industrie die gefinancierd worden uit een heffing op basis van de CO₂-voetafdruk over de productketen (bijvoorbeeld zoals de SDE+-regeling), en normering op productievoetafdruk zijn interessant als beleids optie. Deze opties kunnen mits goed ontworpen minder freerider-effecten hebben dan subsidies gericht op productielocaties in Nederland.

Figuur 20 – Tijdslijn productievoetafdrukbeleid energie-intensieve industrie



Voorkom nadelen productievoetafdrukbeleid met consumptievoetafdrukbeleid(aspecten)

Bij het zuiver voeren van productievoetafdrukbeleid zou alleen beleid gevoerd worden op de CO₂-voetafdruk van de in Nederlands geproduceerde producten. Dit levert een concurrentienadeel op voor de Nederlandse industrie omdat buitenlandse producten waarvoor geen productievoetafdrukbeleid gevoerd mogelijk goedkoper op de Nederlandse markt kunnen worden afgezet. In de voorgestelde beleidsopties is rekening gehouden met het concurrentieaspect, de beleidsopties kennen daarom vaak ook een consumptievoetafdrukaspect. Neem bijvoorbeeld het CO₂-voetafdruklabel voor producten.

Het is aan te bevelen om deels consumptievoetafdrukbeleid te voeren of consumptievoetafdrukaspecten te integreren in productievoetafdrukbeleid om een gelijk speelveld te creëren. Hiernaast biedt consumptievoetafdrukbeleid nog de volgende twee extra voordelen bovenop de voordelen van productievoetafdrukbeleid:

- **De vervuiler betaalt:** Consumptievoetafdrukbeleid kan vormgeven aan het principe 'de vervuiler betaalt'. De beleidsdruk en kosten worden immers in de productketen neergelegd waardoor de kosten belanden bij de partij die geniet van de voordelen van consumptie.
- **Informatiefunctie:** Sturen en monitoren op de voetafdruk van producten maakt het voor eindconsumenten mogelijk de duurzaamheid in de keten mee te nemen in aankoopbeslissingen. Daarnaast kan het ervoor zorgen dat bedrijven meer inzicht krijgen in productieketens en de mogelijkheden om optimalisaties door te voeren. Ook overheden hebben voor maatschappelijk verantwoord inkopen voetafdrukgegevens nodig.

Gestandaardiseerde methodes voetafdrukken, kosteneffectiviteitsanalyses en verdienvermogen

Beleid gebaseerd op voetafdrukken vereist dat voor een groot aantal producten de voetafdruk bepaald wordt. Dit kan erg bewerkelijk zijn. Het is daarom van belang om te focussen op die producten/technieken/sectoren waar het meest kosteneffectief klimaatwinst behaald kan worden (bijv. door kostencurves te gebruiken, zie hieronder). Als er beleid gevoerd gaat worden gebaseerd op voetafdrukken is het bovendien van belang dat de gebruikte methode om die voetafdruk te bepalen zoveel mogelijk gestandaardiseerd wordt. Dit zorgt voor eerlijke vergelijkingen tussen producten en kan ook tijd besparen. Voor het bepalen van de klimaatimpact van producten ligt het hierbij voor de hand om aan te sluiten bij de Product Environmental Footprint methode die in de EU ontwikkeld wordt.

Kostencurves van CO₂-reductiemogelijkheden voor maatregelen worden in verschillende sectoren nu op verschillende manieren berekend. Uniforme berekenmethoden zouden behulpzaam kunnen zijn bij het selecteren van de meest interessante maatregelen. Binnen de energiesector is in het kader van de eerdere MEP, SDE en SDE+ een systematiek opgebouwd met een duidelijke methodiek en checks en balances door overheid en bedrijven. Binnen de industrie (zoals gezien bij de chemie en de beton-industrie) worden nu ook kostencurves berekend en gepresenteerd, maar de methodiek daarvoor is nog minder uitgekristalliseerd. Ook zijn de checks and balances (nog) minder sterk.

Om de invloed van technieken op het potentiële verdienvermogen in de toekomst in te schatten is helemaal geen sector overstijgende methodiek beschikbaar. Naast een uniforme kosteneffectiviteitsberekening maakt ook een methodiek om het potentiële verdienvermogen rond technieken te schatten het mogelijk een weloverwogen keuze te maken voor stimulering van bepaalde technieken.



Afspraken in Europees kader over weglek klimaatvoordelen

Verschillende vormen van voetafdrukbeleid hebben als effect dat een deel van de klimaatreductie in het buitenland plaatsvindt. Die reductie mag nu nog niet meegeteld worden in klimaatboekhouding van Nederland. Een groot deel van deze weglek van klimaatvoordelen is richting andere EU-landen. Naast weglek van klimaatvoordelen is er ook spraken van toestroom van klimaatvoordelen als andere (EU-)landen ook voetafdrukbeleid gaan voeren. We bevelen aan om in EU-kader afspraken te maken over het beter meenemen van deze weglek- en toestroomeffecten. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van het bijhouden van de toestroom- en weglekeffecten en het uitruilen/wegstrepen daarvan. Een andere optie is om voetafdrukbeleid op elkaar af te stemmen.



9 Referenties

BEIS, 2017. *The Clean Growth Strategy. Leading the way to a low carbon future*, London: Department for Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS).

Birat, J.-P., 2009. *Steel and CO₂ - The ULCLoS Program, CCS and Mineral Carbonation using Steelmaking Slag*, Maizières-lès-Metz: ArcelorMittal.

BMUB, 2016. *Climate Action Plan 2050. Principles and goals of the German government's climate policy*, Bonn: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB).

CBS, 2017a. *Energieverbruik; opbouw, bedrijfstak 2011-2016*. [Online]

Available at:

<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=83141NED&D1=0&D2=0&D3=10,12,22-23,25-27,29,31-32,34,38,52-54,65-66,69-71,73-77&D4=4&HD=180103-1322&HDR=T&STB=G3,G2,G1&CHARTTYPE=1>

CBS, 2017b. *Productie en inkomens naar bedrijfstak; nationale rekeningen*. [Online]

Available at: <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/82572NED/table?ts=1521205754220>

[Geopend 16 3 2018].

CBS, 2017c. *Arbeidsvolume naar bedrijfstak en geslacht; nationale rekeningen*. [Online]

Available at:

<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=82579NED&D1=a&D2=0&D3=a&D4=17,20,22&D5=0,6,15,45-47&HDR=G1,G2,T&STB=G3,G4&VW=T>

[Geopend 16 31 2018].

CBS, 2017d. *Emissies naar lucht door de Nederlandse economie; nationale rekeningen : Broeikasgassen (klimaatverandering) CH₄*. [Online]

Available at: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83300NED/table?dl=7A27>

CBS, 2018a. *Environmental Input-Output Analyses for the Netherlands*, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

CBS, 2018b. *Internationale handel; in- en uitvoer naar SITC (3 digit), landen(groepen)*. [Online]

Available at: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/7137shih/table?dl=7C69>

[Geopend 2018].

CE Delft, 2012. *The environmental impact of the Dutch chemical industry*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2014. *Benchmark Biodiversiteit : De impact op biodiversiteit van Nederlandse sectoren en bedrijven*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2016. *Economische kansen voor de circulaire economie in de provincie Zeeland*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2016. *Update prioritering handelingsperspectieven verduurzaming betonketen 2016*, Delft: CE Delft.



Cement & Beton Centrum, 2018a. *Marktinformatie Beton : Betonmarkt*. [Online]
Available at: <http://www.cementenbeton.nl/marktinformatie/betonmarkt>
[Geopend 2018].

Cement & Beton Centrum, 2018b. *Marktinformatie Cement : Cementmarkt*. [Online]
Available at: <http://www.cementenbeton.nl/marktinformatie/cementmarkt>
[Geopend 2018].

E4tech, RE-CORD en WUR, 2015. *From the Sugar Platform to biofuels and biochemicals*, Brussels:
European Commission Directorate-General Energy.

EC, 2014. *Horizon 2020 - Work Programme 2014-2015 : General Annexes*, Brussels: European
Commission (EC).

EC, 2015. *Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The
European Economic and Social Committee and the Committee of Regions: Closing the loop : An EU
action plan for the Circular Economy. COM(2015)614*, Brussels: European Commission (EC).

EC, 2018c. *Communication from [...] to [...] on the implementation of the circular economy package:
options to address the interface between chemical, product and waste legislation.*, Strasbourg:
European Commission (EC).

ECN, 2012. *Uitgangssituatie voor de Routekaart Chemie*, Petten: ECN.

Ecofys, 2013. *European chemistry for growth. Unlocking a competitive, low carbon and energy efficient
future*, Brussel: Cefic.

Ecoinvent, 2007. *Life Cycle Inventories of Bioenergy. Data v2.0*, Dübendorf, Zwitserland: Swiss Centre
for Life Cycle Inventories.

Emissieregistratie, 2017. *De Nederlandse emissies naar lucht, water en bodem*. [Online]
Available at: www.emissieregistratie.nl/
[Geopend 2018].

ENCI, 2018. *ENCI Maastricht*. [Online]
Available at: <http://www.enci.nl/nl/enci-maastricht>

EU, 2015. *European Union First NDC*. [Online]
Available at: <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/pages/Party.aspx?party=EUU>

European Commission, 2018a. *2020 climate & energy package*. [Online]
Available at: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en
[Geopend 13 2018].

European Commission, 2018b. *2030 climate & energy framework*. [Online]
Available at: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en
[Geopend 13 2018].

Government of China, 2015. *China First NDC : Enhanced Actions on Climate Change*. [Online]
Available at: <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/Pages/Party.aspx?party=CHN>
[Geopend 2018].

Government of the USA, 2015. *USA First NDC*. [Online]
Available at: <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/Pages/Party.aspx?party=USA>
[Geopend 2018].

I&M/EZ, 2016. *Nederland circulair in 2050. Rijksbreed programma Circulaire Economie*, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M); Ministerie van Economische zaken (EZ).

ICIS, 2017. *China launches national emissions trading scheme (ETS)*. [Online]
Available at:
<https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiHnd-a1cvbAhWJmLQKHWm6CrcQFggzMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.icis.com%2Fglobalassets%2Fdocuments%2Fforms%2Fpdf%2Fchina-launches-national-emissions-trading-scheme-ets.p>
[Geopend 2018].

IEA-ETSAP ; IRENA, 2013. *Production of Bio-ethylene : Technology Brief*, Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA).

InDeKeten, 2015. *Duurzaam Door met de Kunststof Keten*, Zwolle: InDeKeten.

KIDV, 2016. *PET-trays : op weg naar structurele oplossingen*, Den Haag: Kennisinstituut Duurzaam Verpakken (KIDV).

Krebbekx, J. et al., 2012. *De sleutelrol waarmaken. Routekaart chemie 2012-2030*, Den Haag: VNCI.

NEN, 2006. *NEN-EN-ISO 14040*, Delft: NEN.

PBL, 2017a. *Fiscale vergroening: belastingverschuiving van arbeid naar grondstoffen, materialen en afval*, Den Haag: PBL Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

PBL, 2017b. *PBL Climate Pledge NDC tool*. [Online]
Available at: <http://themasites.pbl.nl/climate-ndc-policies-tool/>
[Geopend 2018].

PBL, 2018a. *Kosten energie- en klimaattransitie in 2030 - Update 2018*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

PBL, 2018b. *Circulaire economie : Wat we willen weten en kunnen meten. Systeem en nulmeting voor monitoring van de voortgang van de circulaire economie in Nederland*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

PlasticsEurope, 2011. *Polyethylene Terephthalate (PET) (Bottle Grade). Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers*, Brussels: PlasticsEurope.

PlasticsEurope, 2014. *High-density Polyethylene (HDPE), Low-density Polyethylene (LDPE), Linear Low-density Polyethylene (LLDPE) - Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers. Update December 2016*, Brussels: PlasticsEurope.

PlasticsEurope, 2016. *Plastics - the Facts 2016 : An analysis of European plastics production, demand and waste data*, Brussels: PlasticsEurope.



- Rijksoverheid, 2017. *3.1 Klimaat en energie*. [Online]
Available at: <https://www.rijksoverheid.nl/regering/regeerakkoord-vertrouwen-in-de-toekomst/3.-nederland-wordt-duurzaam/3.1-klimaat-en-energie>
[Geopend 13 2018].
- RIVM, 2018. *Het effect van Maatschappelijk Verantwoord Inkopen*, Bilthoven, Nederland: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Simoes, A., 2018. *Observatory of Economic Complexity (OEC)*. [Online]
Available at: <https://atlas.media.mit.edu/en/>
- Stork, M., de Beer, J., Lintmeijer, N. & den Ouden, B., 2018. *Chemistry for Climate - Acting on the need for speed : Roadmap for the Dutch Chemical Industry towards 2050*, Utrecht: Ecofys.
- Tata Steel Europe, 2018. *Sustainability : Climate change policy*. [Online]
Available at:
<https://www.tatasteel.com/en/sustainability/sustainability%E2%80%93challenges/climate-change/policy>
[Geopend 2018].
- Tata Steel, 2016. *Sustainability Report Tata Steel in the Netherlands 2015/2016*, IJmuiden: Tata Steel.
- Tata Steel, 2017. *Hisarna, an Opportunity for Reducing CO2 Emissions from Steel Industry. Presentation at CATO Meets the Projects Utrecht, 15th November 2017*, sl: Tata Steel.
- The White House, 2013. *FACT SHEET: President Obama's Climate Action Plan : President Obama's Plan to Cut Carbon Pollution: Taking Action for Our Kids*. [Online]
Available at: <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2013/06/25/fact-sheet-president-obama-s-climate-action-plan>
[Geopend 23 2018].
- TNO, 2017. *Ex-ante evaluatie van het Rijksbrede Programme Circulaire Economie*, Den Haag, Nederland: TNO.
- TNO, 2018. *Effecten van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie en de Transitieagenda's op de emissie van broeikasgassen*, Den Haag, Nederland: TNO.
- Tsiropoulos, I. et al., 2015. Life cycle impact assessment of bio-based plastics from sugarcane ethanol. *Journal of Cleaner Production*, 90(March), pp. 114-127.
- UK Government, 2008. *Climate Change Act 2008*, London: The Stationery Office.
- UNFCCC, 2018. *The Paris Agreement*. [Online]
Available at: http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php
[Geopend 13 2018].
- VNCI, 2016. *Jaarverslag 2015 + Responsible Care Rapport 2015*, Leidschendam: Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI).
- VNMI en AVNeG, 2011. *Rapportage Routekaart Metallurgische Industrie en Gieterijen*, Zoetermeer: Vereniging Nederlandse Metallurgische Industrie (VNMI) en Algemene Vereniging van Nederlandse Gieterijen (AVNeG).



World Steel Association, 2017. *World Steel in Figures*, Brussels ; Beijing: World Steel Association.

WRI and WBCSD, 2018. *The Greenhouse Gas Protocol*, Washington, D.C. ; Geneva: World Resources Institute (WRI) ; World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) .



A Overzicht beleidsinstrumenten

De volgende tabellen geven een overzicht van beleidsinstrumenten die mogelijk kunnen bijdragen aan voetafdrukbeleid. Het overzicht geeft een idee van mogelijke beleidsinstrumenten en is geen compleet overzicht. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen beleidsinstrumenten die Nederland kan invoeren, en beleidsinstrumenten die alleen geïmplementeerd kunnen worden gezamenlijk met andere internationale actoren.

We scoren de beleidsinstrumenten op:

- **Kosteneffectief** mondiale broeikasgasemissiereductie: Maximale broeikasgasemissiereductie voor een zo laag mogelijke kostprijs.
- Behoud/ verbetering **concurrentiepositie** Nederlandse energie-intensieve industrie: hierbij kijken we zowel naar verdienvermogen als het voorkomen van weglekeffecten.
- **Haalbaarheid** implementatie van het beleidsinstrument op **korte** (< 4 jaar) en **lange** (> 4 jaar) termijn.

De scoring vindt plaats op een schaal van --- (absoluut niet) tot +++ (zeer zeker wel).

Tabel 21 – Nederlandse beleidsinstrumenten (Nederland als enige actor)

Beleidsinstrument	Kosten-effectief	Concurrentiepositie	Haalbaarheid	
			Korte termijn	Lange termijn
Duurzaam inkopen (rijks)overheid op basis van CO ₂ -voetafdruk en sturen op CO ₂ -voetafdruk in MVI richtlijnen	+++	+++ Bij lagere CO ₂ -voetafdruk product dan wereldgemiddelde	+++	+++
Opkopen en vernietigen ETS rechten zoals Zweden ²³	+	+ Bij lagere CO ₂ -voetafdruk product dan EU-gemiddelde.	+++	+++
Nederlandse CO ₂ -heffing	+/-	+/-	+	++
Subsidie voor Nederlandse bedrijven met lagere CO ₂ -emissie per product in de keten eventueel in de vorm van aantrekkelijke financiering	+	+	+++	+++
Combinatie heffing en normering op basis van CO ₂ -voetafdruk producten	++	+	+++	+++
Subsidie betaald uit CO ₂ voetafdrukheffing (bijv. SDE+)	++	+++ Bij lagere CO ₂ -voetafdruk product dan wereldgemiddelde.	+++	+++
Normering zoals: - Verplicht aandeel biobased grondstoffen voor chemische bedrijven (op basis van duurzame biomassa) - Normering aandeel gerecyclede grondstoffen voor chemische bedrijven	++ / --	++ / --	+++	+++
Informatievoorziening: Voetafdruk benoemen, en dan aan de markt overlaten	+	+ Bij lagere CO ₂ -voetafdruk product dan EU-gemiddelde.	+	+++

²³ Zie www.government.se/press-releases/2016/07/real-emission-reductions-and-more-pressure-on-the-eu-due-to-new-swedish-eu-ets-policy/



Tabel 22 – Internationale beleidsinstrumenten (meer actoren dan Nederland)

Beleidsinstrument	Kosten-effectief	Concurrentiepositie	Haalbaarheid	
			Korte termijn	Lange termijn
Mondiale CO ₂ -heffing	+++	+++ Bij lagere CO ₂ -voetafdruk product dan wereldgemiddelde	---	-
Verbinden emissiehandelssystemen (bijv. EU ETS met Chinees ETS)	++	+++	---	-
Europese CO ₂ -heffing inclusief importheffing op basis van CO ₂ -voetafdruk producten	++	++ Bij lagere CO ₂ -voetafdruk product dan wereldgemiddelde	---	+/-
Europese CO ₂ -heffing	+	+/-	---	+
Europese Carbon Footprint Directive <i>Minimumstandaard CO₂-voetafdruk producten op Europese markt (bijv. op basis van PEF)</i>	+	++ Bij lagere CO ₂ -voetafdruk product dan wereldgemiddelde	---	++
Bilaterale afspraak over broeikasgasemissiereductie door klimaatbeleid in de keten	+	+	+/-	++
Europese importheffing op basis van CO ₂ -voetafdruk producten en toepassen heffingsinkomsten in verduurzaming industrie/nieuwe technologie ontwikkeling in Europa	+	++ Bij lagere CO ₂ -voetafdruk product dan wereldgemiddelde	---	+/-
Europese importheffing op basis van CO ₂ -voetafdruk producten en toepassen heffingsinkomsten in klimaatbeleid in de keten buiten Europa	++	++ Bij lagere CO ₂ -voetafdruk product dan wereldgemiddelde	---	+
ETS 2.0. Europese importheffing op basis van CO ₂ -voetafdruk producten voor halffabricaten in ETS-sectoren	+	++ Bij lagere CO ₂ -voetafdruk product dan wereldgemiddelde	---	-
Aanpassingen huidig ETS-systeem zodat CCU gewaardeerd wordt	+	+	---	+/-