



## Naar een koolstofcirculaire en CO<sub>2</sub>-arme Vlaamse industrie

Contextanalyse en roadmapstudie  
Publicatie voor het brede publiek

# Voorwoord

## Van Moonshot naar klimaatsprong

De staalsector, raffinaderijen en chemie – in deze studie gemeenzaam “basisindustrie” genoemd – zijn sleutelsectoren voor onze Vlaamse economie. Vlaanderen herbergt de grootste chemiecluster van Europa. De klimaatdoelstellingen van Parijs en hun Europese vertaling dwingen deze sectoren tot een drastische transformatie. Europa wil tegen 2050 klimaatneutraal worden. Begin vorig jaar hebben we het Moonshot innovatieprogramma opgestart, waarin VLAIO structureel investeert in basisonderzoek naar technologie die tegen 2050 op industriële schaal kan toegepast worden.

In september 2019 hebben we een opdracht gelanceerd om dit programma in breder perspectief te kaderen. Welke noden en verwachtingen leven er in onze industrie? Welke innovaties zouden een oplossing kunnen brengen? Welke expertises hebben onze Vlaamse instellingen? Hoe zou het traject van die industriële transitie er kunnen uitzien?

Het consortium dat de opdracht aanvaardde, brengt vandaag haar eindverslag uit. Ze leverden een doorkijk af, met een reeks noodzakelijke randvoorwaarden om die transitie mogelijk te maken. De opgave is enorm maar mogelijk, als we allemaal - overheid, ondernemingen en onderzoekers - de komende decennia alle zeilen bijzetten en ook de rest van de samenleving in dit verhaal betrekken.

In antwoord op de aanbevelingen van het consortium bereiden we een industrieel transitiekader voor. Het actieplan zal verschillende werkpunten bevatten die veel breder reiken dan zuiver onderzoeksbeleid. Met de “Moonshot” mikken we op een verafgelegen doel. Een klimaatsprong zullen we echter de komende jaren op het terrein samen moeten zetten.

We danken het consortium voor hun nauwgezet werk en de eensgezindheid in de stuurgroep. Die ingesteldheid moeten we de komende jaren doortrekken om die industriële klimaatsprong mogelijk te maken. Laten we er samen voor gaan!



**Hilde Crevits**

Vlaams minister van Economie, Innovatie,  
Werk, Sociale economie en Landbouw



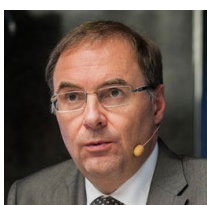
**Mark Andries**

Administrateur-generaal VLAIO



• **Wouter De Geest - Voorzitter Catalisti**

“Deze studie tekent treffend de contouren uit zowel voor de ontwikkeling van een langere termijn strategie als voor de concrete innovatieprojecten en trajecten. Zij is een perfecte verrijking voor Catalisti en Moonshot om samen met de overheid, ondernemingen en de kennisinstellingen de ingeslagen weg resoluut verder te bewandelen.”



• **Luc Delagaye, Voorzitter essenscia Vlaanderen:**

“Klimaatneutraliteit steunt op een radicale industriële transformatie en ingrijpende energietransitie. Dat vraagt om massale investeringen in infrastructuur en innovatie. Deze studie is een cruciale stap in dat ambitieuze traject, op zoek naar de juiste randvoorwaarden en technologieën binnen een uitdagende economische context. De weg is nog lang, maar de chemie en life sciences sector is deel van de oplossing en wil resoluut mee vooroplopen.”



• **Manfred Van Vlierberghe – Voorzitter Staalindustrie Verbond:**

“De Vlaamse staalindustrie heeft de ambitie om tegen 2050 tot een volledig klimaatneutrale productie te komen. Hoewel onze twee sites te Gent en Genk nu reeds tot de wereldtop behoren op vlak van energie-efficiëntie en reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot, blijven ze continu investeren in baanbrekende technologieën. Bovendien draagt staal bij tot een vermindering van de CO<sub>2</sub> uitstoot in tal van andere toepassingen (windmolens, zonnepanelen, passieve gebouwen, lichte voertuigen, ...). Mits een adequaat regelgevend kader, kan de competitiviteit van de sector gewaarborgd blijven en de transitie verder gezet worden.”



• **Jean-Pierre Van Dijk - Secretaris Generaal – Belgische Petroleum Federatie:**

“De petroleumsector heeft een centrale positie als producent van energie voor transport en van grondstoffen voor de petrochemie. Door zijn transformatie zal het een rol spelen in de evolutie van de duurzamere brandstoffen voor transport en de bevoorrading van de industrie. De ontwikkeling van nieuwe processen en duurzame energiedragers en grondstoffen zullen ervoor zorgen dat deze economische activiteit kan verdergezet worden in een nieuwe vorm. De petroleumsector zal hierbij geleidelijk aan fossiele producten vervangen door low-carbon en klimaatneutrale vloeibare brandstoffen en feedstocks.”

<b>Voorwoord</b>	<b>01</b>
<b>Inleiding</b>	<b>04</b>
CO <sub>2</sub> -uitstoot wordt duurder met de jaren	04
De transitie is een uitdaging	04
Focus op sectoren met grootste potentieel	05
Industrie blijvend verankeren	06
Algemeen besef dat we voor een kantelpunt staan	06
<b>Hoofdstuk 1. Situatieschets van vandaag</b>	<b>07</b>
Sterke industrie levert welvaart	07
CO <sub>2</sub> -uitstoot industrie daalde al	08
Europa voorziet financiële middelen	08
Moonshotprogramma investeert in onderzoek	09
<b>Hoofdstuk 2. Het industrieel weefsel verduurzamen via technologische oplossingen</b>	<b>10</b>
De waardeketens van de industrie in Vlaanderen	11
Vier thematische transitiepaden	11
De toekomst zal een combinatie zijn van de vier transitiepaden	15
Voldoende flexibiliteit voorzien	16
<b>Hoofdstuk 3. Randvoorwaarden invullen door actiegericht beleid</b>	<b>17</b>
Randvoorwaarden voor een geslaagde transitie	17
Beleidsaanbevelingen op 6 domeinen	19
<b>Hoofdstuk 4. De weg naar 2050</b>	<b>23</b>
Roadmap zet pistes uit	23
Een gezonde Vlaamse industriële toekomst	25
<b>Contactgegevens</b>	<b>27</b>

# Inleiding

**De Europese Unie heeft de ambitie om klimaatneutraal te worden tegen 2050. In de Vlaamse klimaatstrategie 2050 schrijft Vlaanderen zich voor haar energie-intensieve sectoren in in de contouren die de EU bepaalt. Dat gebeurt via een maximaal toegelaten uitstoot op EU-schaal, de zogenaamde 'cap' van het Europese emissiehandelssysteem (EU-ETS). Voor de andere sectoren mikt Vlaanderen op minstens 85% vermindering van broeikasgas tegen 2050 met de ambitie om te evolueren naar volledige klimaatneutraliteit.**

**Deze doelstellingen stellen de Vlaamse industrie, overheden, kennisinstellingen en maatschappij voor grote uitdagingen. Het vraagt om een complete transformatie, met technologieën die nu nog niet bestaan of in een vroeg stadium van ontwikkeling zijn en gigantische investeringen vergen.**

## **CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt duurder met de jaren**

Het Europese emissiehandelsstelsel zal de CO<sub>2</sub>-uitstoot met de jaren stelselmatig duurder maken voor energie-intensieve sectoren zoals staal, chemie en raffinage. Daarmee zet het die onder economische druk. De plannen voor de Green Deal zullen deze druk nog versterken. Maar ze bieden ook extra steunmogelijkheden voor innovaties.

Want deze evolutie biedt onze bedrijven ook kansen. Het klimaatprobleem en de klimaatuitstoot zijn een wereldwijde uitdaging. Het klimaatakkoord van Parijs bindt (bijna) de hele wereld. Als we in Europa en Vlaanderen vooroplopen met nieuwe klimaatarme industriële technologie, dan vormt dat een economisch toekomstverhaal waarin de Vlaamse basisindustrie en de knowhow errond zijn vooraanstaande plaats in de wereld behoudt.

Alle betrokken actoren erkennen deze uitdaging. Vandaag moeten we deze kansen grijpen. Het is nu het moment om een kantelpunt te realiseren. Het doel is een duurzame en toekomstgerichte industrie en een blijvende sterke verankering van de industrie in een CO<sub>2</sub>-arm Vlaanderen.

## **De transitie is een uitdaging**

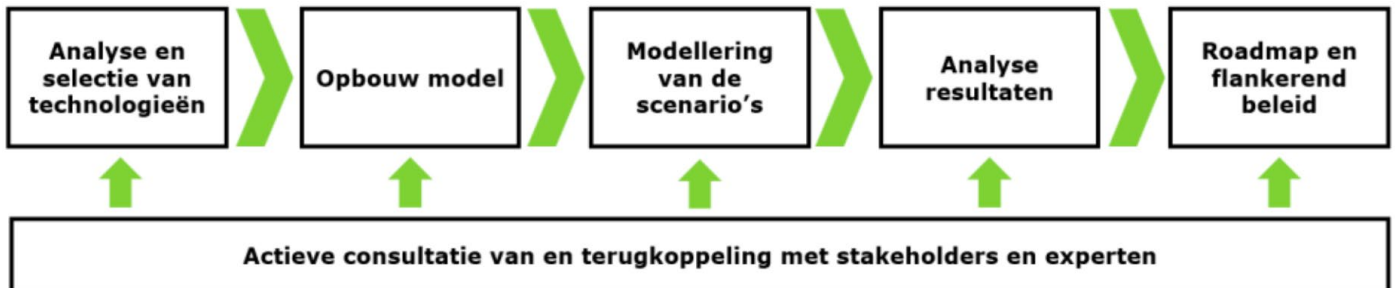
De transformatie tot klimaatneutraliteit is een bijzonder moeilijke opdracht. Ze is alleen maar mogelijk als we het planmatig, vernieuwend en samen aanpakken.

Om deze omslag te verkennen, gaf VLAIO in 2019 een studieopdracht aan een consortium van Deloitte, VUB-IES, AMS en Climact met bijdrage van het Wuppertal Instituut. Deze partners maakten een diepteanalyse onder de titel 'Contextanalyse en roadmapstudie – Naar een koolstofcirculaire en CO<sub>2</sub>-arme Vlaamse industrie'. De studie biedt daarmee onder meer een kader voor het Moonshot innovatieprogramma. Dat programma is begin 2019 gestart met als doel om onze Vlaamse kennisinstellingen innovatieve technologieën te doen ontwikkelen, zodat onze Vlaamse industrie tegen 2050 CO<sub>2</sub>-arm zou kunnen zijn en de gebruikte koolstof zoveel mogelijk zou hergebruiken.

Twee opdrachten stonden centraal in de onderzoeksoopdracht:

1. Analyse van de context voor dit Moonshot innovatieprogramma.
2. Mogelijke trajecten van de industriële transitie en beleidsaanbevelingen daarvoor.

Tijdens het onderzoek werd geopteerd voor een gefaseerde aanpak met volgende stappen:



Figuur 1. Een gefaseerde aanpak voor de ontwikkeling van een roadmap 2050

**Er werden antwoorden gezocht op vragen zoals:**

Hoe kan de Vlaamse energie-intensieve industrie significante emissiereducties halen? Welke nieuwe technologieën worden daarvoor best ontwikkeld en ingezet? Op welke manier ondersteunt het Moonshot innovatieprogramma dit het best? Welke actieve rol kan de overheid opnemen? Welke randvoorwaarden moeten vervuld worden? Welke paden kunnen we naar 2050 volgen? Welke vruchten zou dit traject kunnen afwerpen? Met welk effect op de Vlaamse economische waardeketens?

Het zoeken naar oplossingen en antwoorden was een complexe oefening. Gedurende tien maanden werden relevante actoren bevroegd en betrokken. Er werden interviews afgenomen bij 17 bedrijven. Er waren ettelijke werksessies en overlegmomenten met vertegenwoordigers van sectororganisaties, de speerpuntclusters, maatschappelijke organisaties, kennisinstellingen en overheden, waarop verfijningen volgden.

In een eerste fase werden zowel het Vlaams industrieel weefsel als de expertise bij de Vlaamse kennisinstellingen in kaart gebracht. Vervolgens werden mogelijke doorbraaktechnologieën en hun potentieel onderzocht. Met een selectie van technisch haalbaar geachte technologieën werd dan een model met acht verkenningsscenario's uitgetekend. Daarop volgde een synthese met mogelijke opties voor een roadmap richting 2050. Deze tekent mogelijke transitiepaden uit voor de verschillende industriële sectoren (zie Figuur 1).

In de analyse van de mogelijke manieren om CO<sub>2</sub> te verminderen in de basisindustrie komen een aantal oplossingen steeds terug. Dit zijn de 'must haves'. Ze worden besproken in deze publicatie, net als de randvoorwaarden die ervoor nodig zijn.

Deze publicatie probeert dit complexe onderzoek bevattelijk te schetsen voor een breed publiek. Het bevat de voornaamste conclusies van de verschillende deelrapporten die het consortium onderweg heeft afgeleverd en die ook publiek beschikbaar zijn op de website van VLAIO.

**Focus op sectoren met grootste potentieel**

In de analyse van de transitiepaden werd de focus gelegd op de industriële sectoren die de grootste impact op de CO<sub>2</sub>-reductie kunnen realiseren: de staal, chemie en raffinage. In beperktere mate werd voor wat betreft de warmtevraag ook gekeken naar de sectoren voeding, papier, non-ferro, glas en keramiek. Samen produceren ze ongeveer 90% van de uitstoot van de Vlaamse industrie

die onder de Europese emissiehandel vallen. De industriële sectoren onder emissiehandel vertegenwoordigen op hun beurt 80% van de industriële uitstoot. De drie focus-sectoren staal, raffinage en chemie, noemen we de 'basisindustrie' omdat ze producten leveren aan de rest van de industrie en de samenleving.

*De basisindustrie vormt een economische ruggengraat van een moderne samenleving. Staal en andere metalen, energiedragers en basischemicaliën zijn de input van essentiële waardeketens zoals bouwsector, landbouw, voertuigen- en machinebouw, farmaceutica en veel andere high-tech toepassingen.*

De meeste van deze producten zullen ook in 2050 noodzakelijk blijven. Ze zijn nodig om klimaatneutrale mobiliteit, gebouwen en energieproductie te verwezenlijken. Windturbines en voertuigen van de toekomst hebben bijvoorbeeld staal van topkwaliteit en lichtgewicht kunststoffen nodig. Energiezuinige huizen of duurzame coatings van nieuwe materialen gebruiken afgeleide producten van de basischemie.

### Industrie blijvend verankeren

Hoe we het ook draaien of keren, de toekomstige menselijke beschaving zal een beroep blijven doen op deze materialen. Het is daarom van strategisch belang dat deze waardeketens verankerd blijven in Vlaanderen.

Het versterken van de reeds efficiënte en goedwerkende industrie kan leiden tot een nog sterkere verankering en het aantrekken van buitenlandse investeringen. Innovaties kunnen achteraf ook geëxporteerd worden. Zo kan Vlaanderen zich positioneren als een innovatieleider in de klimaattransitie en de circulaire economie.

Ook deze doelen mogen en kunnen we stellen. Maar om ze effectief te halen is het noodzakelijk dat het betaalbaar blijft

voor de industrie, de overheid en de maatschappij. Onze industrie moet immers in een uiterst competitieve internationale context aan de top kunnen blijven.

### Algemeen besef dat we voor een kantelpunt staan

Uit de diepte-interviews blijkt dat zowel kennisinstellingen, overheden als industriële verantwoordelijken goed beseffen dat we voor een kantelpunt staan. Allemaal hebben ze finaal dezelfde ambitie en zijn ze bereid de uitdagingen aan te gaan via verdere innovaties.



# Hoofdstuk 1. Situatieschets van vandaag

Vlaanderen heeft een basisindustrie die wereldtop is op vlak van energie- en grondstoffefficiëntie. Al jaren zetten de sectoren raffinage, staal en chemie in op de reductie van CO<sub>2</sub>-emissies. Waar bevinden we ons vandaag?

## **Sterke industrie levert welvaart**

In Vlaanderen hebben we een sterke staal-, chemie- en raffinagesector als basisindustrie. Met producten als o.a. ethyleen, propyleen, ammoniak, benzeen en staal leveren ze cruciale stoffen voor andere sectoren en de samenleving.

Ze zijn ook van groot belang voor de creatie van welvaart in Vlaanderen. De industriële sectoren waarop deze studie inzoomt, vertegenwoordigden 9,1% van de Vlaamse bruto toegevoegde waarde in 2017. Hun absolute bruto toegevoegde waarde steeg van 18,6 miljard euro in 2005 tot 21,5 miljard euro in 2017, een stijging van bijna 16%. Chemie, raffinage en staal stelden samen 176.300 personen te werk in 2018. Dit was 6,2% van de totale tewerkstelling in Vlaanderen. Direct en indirecte tewerkstelling samen kwamen op 343.000 mensen, of 12% van de Vlaamse tewerkstelling.

Vandaag heeft de Vlaamse basisindustrie een uitstekende positie op wereldwijde markten. De haven van Antwerpen huisvest de grootste geïntegreerde raffinage en chemie cluster in Europa. In Vlaanderen werd 6,3 miljoen ton staal geproduceerd in 2019, wat 37% meer is dan in 2000.

Sterktes van deze cluster zijn de goede logistieke ligging, de hoge kwaliteit van de werknemers, een uitstekende infrastructuur en een wereldwijde reputatie wat betreft het in de markt zetten van innovaties. Vlaanderen is daarom een aantrekkelijke locatie voor internationale bedrijven.

De basisproducten uit de staal-, chemie- en raffinagesector worden wereldwijd verhandeld aan scherpe prijzen. Procestransformaties om CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen kunnen de kostprijs opdrijven en vormen dus een grote uitdaging om hun positie hier te behouden.

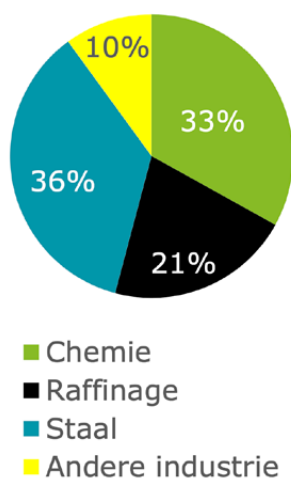


### CO<sub>2</sub>-uitstoot industrie daalde al

Zoals eerder gezegd, zorgen de staal-, chemie- en raffinagesector voor 90% van de uitstoot van de Vlaamse industrie die onder de Europese emissiehandel vallen. De industriële sectoren onder emissiehandel vertegenwoordigen op hun beurt 80% van de industriële uitstoot. Die zorgt op haar beurt voor ongeveer 35% van de Vlaamse broeikasgasuitstoot. De drie basissectoren zijn dus goed voor meer dan een kwart van de totale Vlaamse uitstoot. De 10 grootste installaties zijn verantwoordelijk voor ongeveer 70% van de Vlaamse industriële EU ETS-emissies (zie Figuur 2).

Deze drie sectoren spelen een belangrijke rol in het realiseren van significante emissiereducties in de Vlaamse industrie. Hun inspanningen werken door in de rest van de industriële keten via hun rol als toeleverancier voor sectoren zoals papier, textiel, glas, keramiek, voeding en non-ferro.

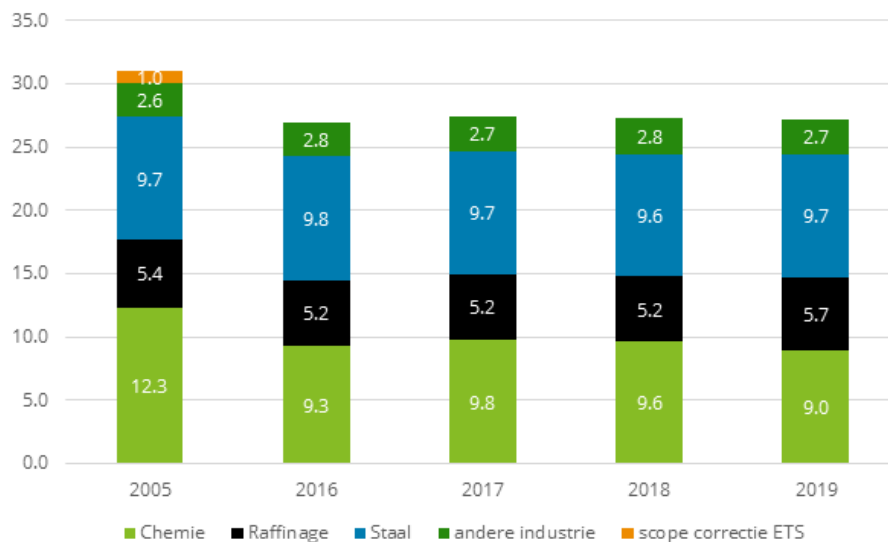
### Aandeel van de basisindustrie in Vlaamse industriële emissies onder emissiehandel



Figuur 2. Het aandeel van de chemie-, staal- en raffinagesectoren in de totale door ETS gedekte industriële emissies in Vlaanderen.

Bron: Vlaamse Overheid

### Evolutie van de uitstoot van broeikasgassen BKG in miljoen ton



Figuur 3. Historische uitstoot broeikasgassen door sectoren staal, chemie en raffinage en andere industrie

Bron: Vlaamse Overheid

Onder impuls van het Europese en Vlaamse klimaatbeleid hebben deze sectoren al belangrijke inspanningen geleverd om energie te besparen en uitstoot te verminderen. Tussen 2005 en 2019 daalden hun emissies met 11%. De chemische sector boekte hierbij de grootste vooruitgang, met een daling van 26,8% (zie Figuur 3).

De daling in uitstoot was geen gevolg van productievermindering, maar ging net gepaard met productiegroei. Hierdoor is de CO<sub>2</sub>-uitstoot per ton product nog sterker gedaald.

Qua energie-efficiëntie en procesverbetering is het laaghangend fruit echter geplukt. Ook de verclustering en samenwerking met andere bedrijven om energie en grondstoffen te besparen, zijn al vergevorderd. Om nog verdere stappen te zetten inzake broeikasgasvermindering zullen radicale omslagen nodig zijn.

### Europa voorziet financiële middelen

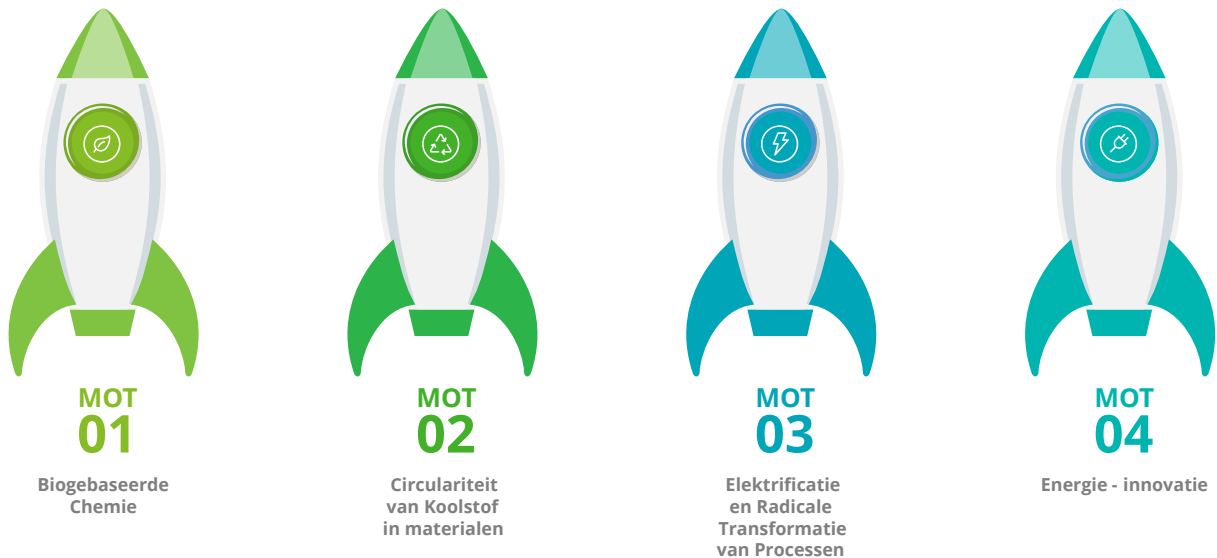
Om de transitie die deze ambitieuze klimaatdoelstellingen met zich meebrengt, te ondersteunen, maakt de EU financiële middelen vrij. Het Herstelplan voor Europa voorziet in een totaalbudget van 1.824 miljard euro, waarvan 750 miljard euro de komende 3,5 jaar ter beschikking wordt gesteld via het Next Generation EU-fonds. Hiervan is minstens 30% voor klimaatmaatregelen bestemd.

Het ETS Innovatiefonds is één van de instrumenten. Het voorziet 10 miljard euro in de periode 2020-2030 voor het ondersteunen van demonstratieprojecten van innovatieve low-carbon technologieën.

## Moonshot innovatieprogramma

20 jaar lang, 20 miljoen euro per jaar

4 Moonshot Onderzoekstrajecten (MOT's):



Figuur 4. Conceptuele beknopte weergave van het innovatieprogramma onderverdeeld in vier Moonshot Onderzoekstrajecten (MOT's).

### Moonshotprogramma investeert in onderzoek

Vlaanderen investeert een aanzienlijk bedrag via het Moonshot innovatieprogramma dat in 2019 werd opgestart. Het richt zich op basisonderzoek bij de Vlaamse kennisinstellingen (aan universiteiten en daarbuiten), waarbij de oriëntatie van het onderzoek mee wordt aangestuurd door vertegenwoordigers van de industrie.

*Het Moonshotprogramma reserveert 20 miljoen euro per jaar gedurende 20 jaar aan onderzoek bij Vlaamse kennisinstellingen om nieuwe technologieën te verkennen die tegen 2050 de Vlaamse basisindustrie klimaatneutraal zouden kunnen maken.*

Het doel is om de innovatieve CO<sub>2</sub>-reducerende technologieën marktrijp te maken tegen 2040, zodat deze in 2050 operationeel kunnen zijn in de Vlaamse industrie.

Dit doel wordt uitgewerkt in 4 Moonshot Onderzoekstrajecten, ofwel MOT's (zie Figuur 4):

- **MOT1: Biogebaseerde Chemie.** Dit onderzoekstraject gaat over alternatieve, hernieuwbare en CO<sub>2</sub>-vriendelijke grondstoffen zoals biomassa.
- **MOT2: Circulariteit van Koolstof in Materialen,** waarbinnen onderzoek wordt gedaan naar recyclage en hergebruik van kunststofafval.
- **MOT3: Elektrificatie en Radicale Transformatie van Processen.** Dit onderzoek naar elektrificatie en radicale transformaties van processen zoekt specifiek naar processen die toekomstbestendig en koolstofslim zijn.
- **MOT4: Energie-innovatie.** Binnen dit traject wordt onderzoek gedaan naar CO<sub>2</sub>-neutrale energieoplossingen voor de drie sectoren staal, chemie en raffinage.

De speerpuntcluster voor chemie en kunststoffen Catalisti coördineert het Moonshotprogramma. Catalisti werkt nauw samen met speerpuntcluster Flux50 voor onderzoekstraject energie-innovatie (MOT4). Daarnaast is er een nauwe samenwerking met de andere Vlaamse speerpuntclusters (De Blauwe Cluster, Flanders' FOOD, SIM and VIL).

Twee organen zien toe op de strategie en ze beoordelen voorgestelde projecten op hun kwaliteit en geschiktheid voor het doel:

1. de Moonshot Governance Board (MGB), bestaande uit CEO's en leidinggevenden uit de chemie en petrochemische sector, de staalindustrie en de energiesector,
2. de Wetenschappelijke AdviesRaad (WAR) met onafhankelijke wetenschappelijke experts en bedrijfsexperts.

# Hoofdstuk 2. Het industrieel weefsel verduurzamen via technologische oplossingen

Om het industrieel weefsel te verduurzamen kunnen industrie, kennisinstellingen en overheid op verschillende technologieën inspelen. Dit tweede hoofdstuk belicht de knoppen waaraan we kunnen draaien om significante CO<sub>2</sub>-reducties tegen 2050 te bereiken in de Vlaamse energie-intensieve industrie.

Het studieconsortium inventariseerde een tachtigtal mogelijke nieuwe technologieën in verschillende fasen van onderzoek en ontwikkeling. Daarop werden die technologieën geselecteerd die opschaalbaar zijn, potentieel bieden om vanaf 2035 voldoende hoge productieopbrengsten en energie-efficiëntie te halen, zodat ze tussen 2035 en 2050 op grote schaal uitgerold zouden kunnen worden om de beoogde klimaatneutraliteit te realiseren. Op basis hiervan werden groepen van technologieën ondergebracht in mogelijke transitiepaden en hiervoor mogelijke ontwikkelingsscenario's opgesteld en analyses uitgevoerd.

Deze scenario's werden gemodelleerd met behulp van een simulatiemodel. Dit model laat toe om via simulaties aan de

zogenaamde knoppen te draaien op basis van voorafbepaalde aannames en zo tot mogelijke toekomstscenario's te komen. Hierbij werd geen rekening gehouden met economische parameters zoals bijvoorbeeld de business case.

Het energiesysteem wordt niet volledig meegenomen in deze studie. In het bijzonder de elektriciteitsproductie en het elektriciteitssysteem werden niet onderzocht. Toch is de transitie in de energiesector onlosmakelijk verbonden met de industriële transitie. Het verzekeren van voldoende, betrouwbare en betaalbare klimaatneutrale energie is een noodzakelijke voorwaarde om de transitie in de industrie te kunnen waarmaken.

### Simulatiemodel berekent CO<sub>2</sub>-reductie per technologie

Voor deze studie werd een kwantitatief model ontwikkeld dat toelaat om de potentiële ontwikkelingen inzake de industriële productie in Vlaanderen te simuleren. Daardoor is het mogelijk om op basis van veronderstelde scenario's oefeningen te maken van de mogelijke impact op broeikasgasemissies, energie en grondstofgebruik en gedeeltelijke inzake in operationele en investeringskosten als de nieuwe innovatieve technologieën zouden toegepast worden.

De ontwikkelde scenario's zijn bedoeld als verkenningen om het (gecombineerde) potentieel van de verschillende thematische transitiepaden in kaart te brengen. De scenario's moeten dus niet beschouwd worden als toekomstvoorspellingen, noch als een te volgen ontwikkelingspad. Hoe de toekomst er uiteindelijk zal uitzien, zal afhangen van verdere technologische ontwikkelingen, de evolutie van economische factoren (energie- en grondstofprijzen, marktevoluties) en beleidskeuzes (bv. reductiedoelstellingen en evolutie van CO<sub>2</sub>-prijzen). Deze scenario's laten ons wel toe om gemeenschappelijke elementen te identificeren die voor alle transitiepaden gelden.

### Van basisonderzoek naar uitrol van technologieën

Eenvoudig gesteld gaan in een meerjarentraject voor elke technologie eerst de kennisinstellingen aan het werk. Zij zijn het die vanaf nu via strategisch basisonderzoek nieuwe en disruptieve technologieën op punt stellen om significante CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren binnen een economische realiteit. In onze scenario's gaan wij ervan uit dat deze technologieën vanaf 2035 beschikbaar zullen zijn. In dezelfde eerste periode zullen er op de huidige en nieuwe technologieën verdere procesoptimalisaties en efficiëntieverbetering plaatsvinden. Daarnaast dienen in die eerste periode al een aantal piloot- en demoprojecten te worden opgezet.

De roadmap in hoofdstuk 4 van deze publicatie voorziet daarna een zeer ambitieus uitrolscenario van innovatieve CO<sub>2</sub>-reducerende technologieën op een tijdspanne van 15 jaar in de periode 2035 - 2050. Het is enkel met dit strak schema dat de beoogde reducties tegen 2050 zouden kunnen gerealiseerd worden. Omdat deze timing veel ambitieuzer is dan bij de gangbare uitrol van nieuwe technologieën, stelt dit de actoren dus voor significante uitdagingen op het vlak van onderzoek en ontwikkeling, engineering, demonstratieprojecten, wetgeving, infrastructuur en commercialisatie.

### De waardeketens van de industrie in Vlaanderen

Alle componenten uit het industriële weefsel zijn verbonden met elkaar en spelen op elkaar in. Zo leidt de inbreng van minder CO<sub>2</sub> via grondstoffen of energie tot een significante vermindering van CO<sub>2</sub> in de hele keten.

De studie houdt maximaal rekening met de bestaande waardeketens en clustering van het industrieel weefsel op basis van een voorafgaand gemaakte analyse, van de uitgevoerde bedrijfsbezoeken en van talrijke gesprekken met sectorfederaties en experts. Het uitgangspunt is dat de bestaande waardeketens zoveel mogelijk worden gevrijwaard met de oplossingen die uit de studie naar voor komen. Dit maakt dat er significante CO<sub>2</sub>-reducties behaald kunnen worden zonder waardeketens te moeten vernietigen.

### Vier thematische transitiepaden

De oplossingen die uit het simulatiemodel naar voor komen, zijn onder te brengen in vier thematische transitiepaden, die ook in lijn zijn met de thema's waarop gewerkt wordt in het kader van het Moonshot innovatieprogramma (zie Figuur 5):

1. Het gebruik van biomassa als energie- en grondstof
2. Circulariteit, met voornamelijk hergebruik van kunststof
3. Elektrificatie en verhoogd gebruik van waterstof (H<sub>2</sub>)
4. Het afvangen, opslaan en hergebruiken van CO<sub>2</sub> (CCS en CCU)



**BIOMASSA**  
Het gebruik van biomassa(afval) als feedstock of als energiebron.



**CIRCULARITEIT**  
Via mechanische en chemische recyclage kunststoffen hergebruiken en langer in omloop laten.

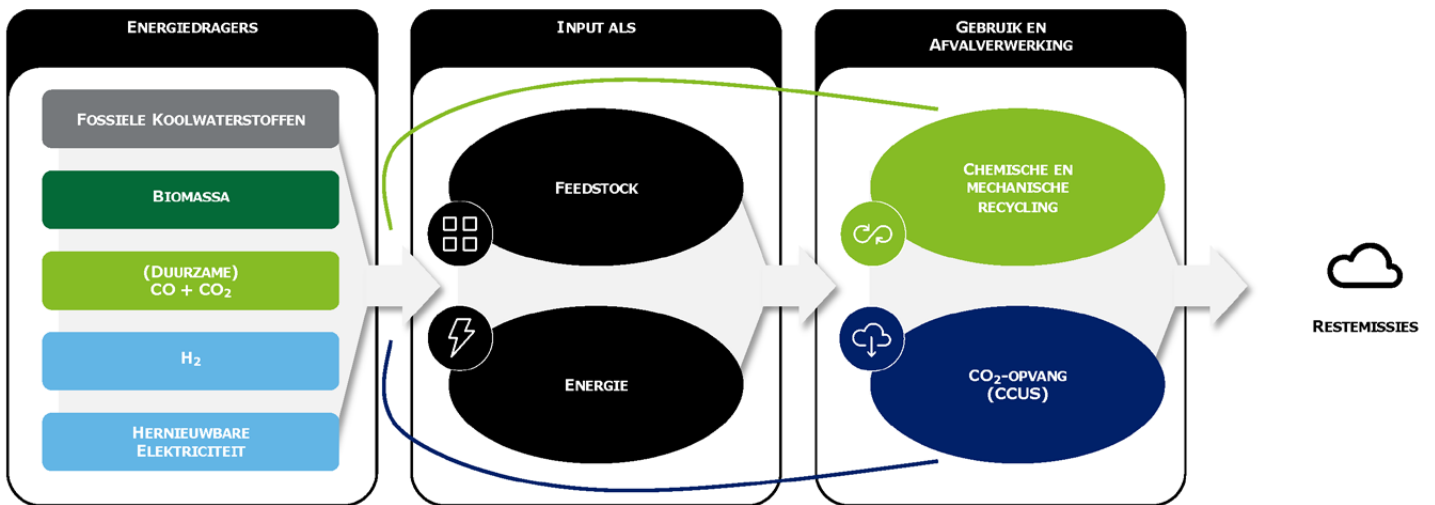


**ELEKTRIFICATIE & H<sub>2</sub>**  
Transformaties van processen via elektrificatie en het direct gebruik van H<sub>2</sub>.



**CARBON CAPTURE**  
Afvangen en het (her)gebruik van CO<sub>2</sub>.

Figuur 5. Vier thematische transitiepaden met voorbeelden.



Figuur 6. De manier waarop de transitiepaden inwerken op de keten.

Dit zijn de transitiepaden die ingrijpen in de waardeketen en die toegepast worden in ons toekomstmodel. De toepassing van deze transitiepaden bepaalt in welke mate er emissiereducties gerealiseerd worden, onder meer door fundamentele wijziging van de procesvoering zoals bijvoorbeeld elektrificatie (zie Figuur 6).

In het onderzoek zijn er verschillende scenario's naar voor gekomen. In vier 'maximale' scenario's werd telkens maximaal ingezet op één van de vier thematische transitiepaden: respectievelijk maximaal biomassa, circulariteit, elektrificatie - inclusief waterstof- of CO<sub>2</sub>-afvang en hergebruik. In drie bijkomende scenario's - een centraal verkenningsscenario en twee varianten - worden de transitiepaden gecombineerd. Hieronder lichten we de vier transitiepaden toe en wat het effect ervan is in het centraal verkenningsscenario en haar twee varianten:

### Transitiepad 1. Biomassa als energie- en grondstof

*De term biomassa staat voor hernieuwbare biologische grondstoffen zoals hout en de biologische fractie van industrieel en huishoudelijk afval.*

Biomassa zal een belangrijke rol spelen. Voor zover er voldoende duurzame biomassa beschikbaar is, kan deze bijdragen aan emissiereducties. Daarenboven kan het de afhankelijkheid van fossiele brand- en grondstoffen verminderen.

Grosso modo zou in het centraal verkenningsscenario de vraag naar biomassa vanuit de industrie kunnen verzesvoudigen ten opzichte van het huidige verbruik. Aan deze hogere vraag kan deels tegemoet gekomen worden door de hoeveelheid biomassa die momenteel in Vlaanderen verbrand wordt voor elektriciteitsproductie, te heroriënteren naar hoogwaardiger gebruik in de industrie. Maar er zal toch nog een hogere import van biomassa nodig zijn, omdat het industriële verbruik in 2050 dubbel zo hoog zou liggen als het huidige verbruik van de Vlaamse industrie- en elektriciteitssector samen.

De mate van inzet van deze piste is evenwel sterk afhankelijk van de beschikbaarheid en de marktprijs van biomassa. De logistieke ketens moeten hierop voorbereid worden,

inclusief de importmogelijkheden. De inzet van biomassa verlaagt de nood aan CO<sub>2</sub>-afvang. In combinatie met CO<sub>2</sub>-afvang kan het zelfs tot negatieve emissies leiden.

### Transitiepad 2. Circulariteit zoals hergebruik van kunststof

*Circulariteit in de scenario's van de studie richt zich op het gebruik van voornamelijk kunststofafval. Deze wordt terug in de waardeketen gebracht als grondstof met maximale valorisatie van koolstof.*

Er wordt van uitgegaan dat circulaire technologieën in alle mogelijke scenario's een belangrijke rol zullen spelen, omwille van de druk vanuit materialen- en afvalbeleid en de maatschappij. Door het stimuleren van een circulaire economie worden emissies verder verminderd.

Voor kunststoffen zijn er twee technieken die complementair met elkaar kunnen worden gebruikt, zijnde mechanische recyclage en chemische recyclage. Vandaag is recyclage voornamelijk mechanisch. Deze technologie blijft belangrijk in de toekomst, maar kent beperkingen, onder meer voor wat het aantal mogelijke keren recycleren betreft.

Het potentieel en de nadruk van de studie liggen daarom voornamelijk op chemische recyclage van kunststofafval, dat aanvullend ingezet kan worden op mechanische recyclage. Bij chemische

recyclage worden de kunststofmoleculen chemisch uit elkaar gehaald waardoor er weer bouwstenen ontstaan die terug vooraan in de chemische keten kunnen worden ingezet.

Er is een duidelijk potentieel voor chemische recyclage, maar het wordt momenteel nog weinig toegepast omdat dit zeer energie-intensief is en de zuiverheid van de afvalstroom hier ook heel belangrijk is.

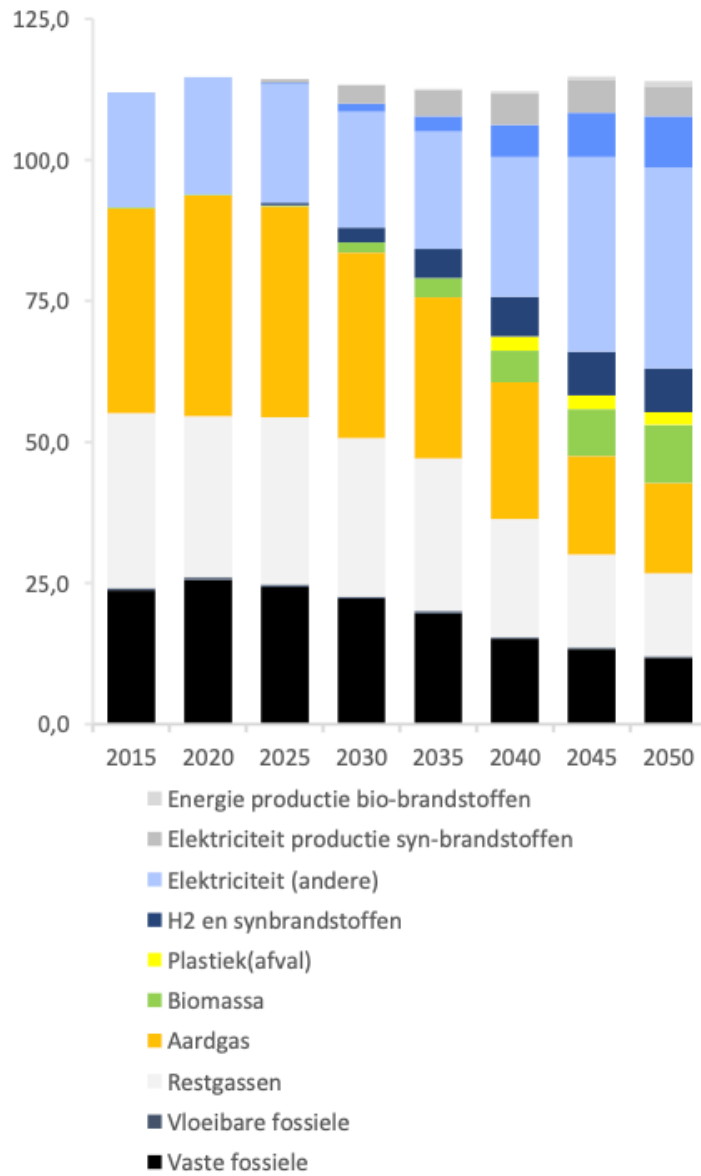
Kunststofafval zou bovendien in aanmerking kunnen komen voor het gedeeltelijk vervangen van steenkool om ijzererts in staal om te zetten. In het centraal verkenningsscenario zou de vraag naar kunststofafval voor chemische recyclage oplopen tot ongeveer 2 miljoen ton per jaar tegen 2050.

### Transitiepad 3. Elektrificatie en waterstof

*Onder elektrificatie verstaan we het genereren van industriële warmte via elektrische boilers of warmtepompen, het transformeren van processen zodat ze op klimaatneutrale elektriciteit kunnen verlopen en het opwekken van groene waterstof via elektrolyse. Van daaruit kan die waterstof ingezet worden als grondstof in processen.*

Elektrificatie en CO<sub>2</sub>-arme waterstof kunnen samen een rol spelen in de decarbonisatie van de industrie. Dit maakt dat in het centraal verkenningsscenario en haar varianten de vraag naar (CO<sub>2</sub>-vrije) elektriciteit sterk zal stijgen: van +50% tot +300% in 2050 naargelang het scenario. Dit komt door het feit dat de nieuwe technologieën zoals CO<sub>2</sub>-afvang, elektrificatie, CCU en elektrolyse veel bijkomende elektriciteit vragen (zie Figuur 7).

### De vraag naar elektriciteit zal sterk stijgen



Figuur 7. Voorbeeld van de mogelijke evolutie van de energievraag (finaal + energie voor productie van bio- en syn-brandstoffen) onder het centraal verkenningsscenario (MIX) (in TWh).

Waterstof (H<sub>2</sub>) wordt reeds gebruikt voor industriële toepassingen in de chemie- en raffinagesectoren, bijvoorbeeld voor de productie van ammoniak en aniline, of voor het kraken van ruwe aardolie en ontzwaveling van raffinageproducten. De laatste jaren komt waterstof steeds meer op de voorgrond als essentiële grondstof om koolstofintensieve sectoren zoals de raffinage-, chemie- en staalsector te decarboniseren. Waterstof wordt ook genoemd als brandstof bij processen die hoge temperatuur nodig hebben die met elektriciteit niet gerealiseerd kan worden.

De inzet van H<sub>2</sub> als grondstof is ook een belangrijke piste om koolstof te valoriseren uit CO<sub>2</sub>. Er wordt in ons centraal verkenningsscenario een verdrievoudiging van de vraag naar H<sub>2</sub> verwacht in de drie industriële basisclusters en andere industriële sectoren samen.

**Transitiepad 4. Afvangen, opslaan en hergebruiken van CO<sub>2</sub>**

*CO<sub>2</sub>-afvang is het opvangen van CO<sub>2</sub>-emissies voor opslag of hergebruik. Het hergebruiken als grondstof noemen we carbon capture and utilisation, ofwel CCU. Het transporteren en geologisch opslaan van CO<sub>2</sub> is carbon capture and storage, kortweg CCS.*

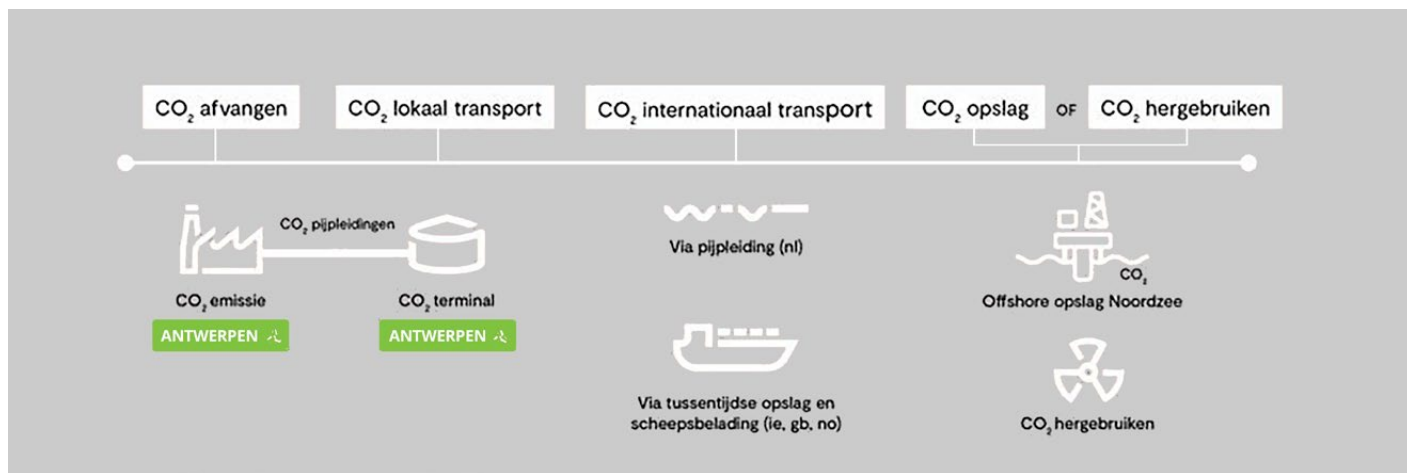
Afvang van CO<sub>2</sub> is in elk scenario een belangrijk sluitstuk om significante emissiereducties te verwezenlijken (zie Figuur 8). Zelfs wanneer de rest van de bestaande waardeketens ongewijzigd blijft, kan CO<sub>2</sub>-afvang een aanzienlijke emissiereductie per jaar opleveren. Nieuwe milieuvriendelijkere productietechnologieën kunnen, indien deze sneller ingang vinden of goedkoper zijn, de nood aan CO<sub>2</sub>-afvang verminderen.

Een belangrijke piste voor de valorisatie van CO<sub>2</sub> is bijvoorbeeld de productie van ethanol en methanol. Deze toepassingen vereisen evenwel de beschikbaarheid van grote hoeveelheden waterstof en dus ook elektriciteit.

In ons centraal verkenningsscenario en haar varianten zal transport van CO<sub>2</sub> voor ondergrondse opslag of gebruik buiten de Vlaamse industrie een belangrijk deel van de oplossing zijn. In 2050 zou het om minimum 8 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar gaan.

De verwachting is dat tegen 2030 de processen met afgassen die een hoge concentratie CO<sub>2</sub> bevatten, zoals ammoniakproductie en productie van waterstof uit aardgas, hun CO<sub>2</sub> zullen afvangen. De sector waar afvang het moeilijkst is, is de raffinage. Daar wordt dit pas na 2040 verwacht.

**Pistes voor het valoriseren van CO<sub>2</sub>**



Figuur 8. Hoe 8 spelers uit de chemie en energiesector de haalbaarheid onderzoeken om CO<sub>2</sub> af te vangen, op te slaan en te hergebruiken in de haven van Antwerpen.

Bron: Port of Antwerp, Antwerp@C



### De toekomst zal een combinatie zijn van de vier transitiepaden

Er bestaat geen 'unieke oplossing' om een koolstofcirculaire en CO<sub>2</sub>-arme industrie te bereiken. Inzetten op slechts één van de vier pistes is niet voldoende, blijkt uit het simulatiemodel. Ze zijn alle vier nodig. Vanuit de huidige situatie en de geformuleerde doelstellingen blijkt dat de oplossingen liggen in een complex samenspel van verschillende componenten.

Er wordt daarom gewerkt met drie verkenningsscenario's (1 centraal verkenningsscenario en 2 varianten). Die zijn een combinatie van innoverende technologieën binnen de thema's biomassa, circulariteit, elektrificatie/waterstof, en CO<sub>2</sub>-afvang.

De verkenningsscenario's laten toe om bepaalde conclusies te trekken. De hieronder genoemde zijn de zogenaamde 'must haves' die in eender welk transitie scenario van belang zijn:

1. Significante CO<sub>2</sub>-reducties zijn enkel mogelijk in een combinatie van de vier hoofdtechnologieën - biomassa, circulariteit, CO<sub>2</sub>-afvang en elektrificatie / waterstof. Hoe ze gecombineerd zullen worden, staat nog niet vast. De uiteindelijke technologiemix zal bepaald worden door onder meer:
  - de energieprijis,
  - de marktrijpheid van innovatieve technologieën,
  - de business case,
  - de internationale context,
  - de beleidskeuzes die dit alles zullen flankeren.
2. In elk scenario is er een zeer ambitieuze uitrol van innovatieve CO<sub>2</sub>-reducerende technologieën nodig die veel sneller dient te gebeuren dan gebruikelijk is in de industrie.
3. Er is nog heel wat onderzoek en ontwikkeling nodig, zowel strategisch basisonderzoek als onderzoek naar het opschalen van technologieën om ze marktrijp te maken.
4. In elk van de verkenningsscenario's is er een significante verschuiving van de huidige vraag aan energie en grondstoffen. De verschuiving van fossiele naar klimaatneutrale energiedragers en grondstoffen zal de afhankelijkheid van CO<sub>2</sub>-afvang deels beperken op voorwaarde dat er voldoende en betaalbare klimaatneutrale energiedragers en grondstoffen voorradig zijn.
5. De energievraag wordt verwacht stabiel te blijven tegen 2050. Bestaande processen worden energie-efficiënter, maar de nieuwe technologieën vereisen nog steeds energie, waardoor de totale energievraag niet afneemt. In elk van de verkenningsscenario's zal er nood zijn aan import van energie.
6. De elektrificatie van warmte en processen zal voor bepaalde processen een doorslaggevende rol spelen. In alle gevallen stijgt de vraag naar elektriciteit, afhankelijk van het scenario tussen de 50% en 300%. Het is cruciaal dat het energiesysteem hierop voorzien wordt en er voldoende betaalbare klimaatneutrale elektriciteit voorhanden is.
7. Circulaire technologieën spelen een belangrijke rol, omwille van de verwachte stijgende druk vanuit materiaal- en afvalbeleid. Er is vooral groot potentieel voor het inzetten van kunststofafval voor recycling en ter gedeeltelijke vervanging van steenkool voor staalproductie.
8. De inzet van waterstof als grondstof is een belangrijke piste om koolstof te valoriseren. Dit zal de vraag naar waterstof doen toenemen. Efficiënte waterstofproductie tegen competitieve prijzen zal noodzakelijk zijn.
9. CO<sub>2</sub>-afvang is het sluitstuk in elk toekomstscenario en blijkt in alle scenario's noodzakelijk om significante CO<sub>2</sub>-reducties te verwezenlijken. Doorbraken in het rendabel afvangen zijn daarom van groot belang. De nodige infrastructuur dient hierop voorbereid te worden. Met andere landen moeten strategische partnerships worden aangegaan om de opslag van CO<sub>2</sub> te verzekeren. Daarnaast dient gewerkt te worden aan het draagvlak bij burgers en andere actoren.
10. Een belangrijke piste voor de valorisatie van CO<sub>2</sub> is de productie van ethanol en methanol, die op hun beurt nieuwe platformmoleculen kunnen vormen voor ethyleen en andere chemische basisstoffen. Daarnaast kan CO<sub>2</sub> hergebruikt worden voor de aanmaak van synthetische brandstoffen zoals synthetisch methaan en andere vloeibare brandstoffen, die ingezet kunnen worden als brandstof ter vervanging van bestaande fossiele brandstoffen. Ook deze toepassing vereist evenwel de beschikbaarheid van grote hoeveelheden waterstof.
11. Biomassa kan in combinatie met CO<sub>2</sub>-afvang tot negatieve emissies leiden. De mate van inzet van deze piste is evenwel sterk afhankelijk van de beschikbaarheid en de marktprijs van duurzame biomassa. De inzet van biomassa verlaagt de nood aan CO<sub>2</sub>-afvang.



### Voldoende flexibiliteit voorzien

De verkenningsscenario's tonen aan dat significante reducties technisch mogelijk zijn. Maar welke technologiemix zal het uiteindelijk halen? Dat is moeilijk in te schatten omdat de onzekerheden inzake de evoluties van energie- en technologieprijzen te groot zijn op een termijn van dertig jaar. Ook de timing van implementatie is onzeker omdat de meeste technologieën zich nog in een zeer vroege ontwikkelingsfase bevinden en de nodige innovatie en industriële toepassing nog dienen te gebeuren. Bovendien nemen die onzekerheden toe naarmate er verder in de tijd wordt gekeken.

Daarom mogen de simulaties in dit rapport niet worden gelezen als een voorspelling van de toekomst, maar wel als een verkenning ervan. Men dient ze steeds te

interpreteren met de randvoorwaarden uit hoofdstuk 3 in het achterhoofd. Verder is het belangrijk om voldoende flexibiliteit te voorzien in een Vlaamse industriële roadmap, waarbij geen enkele beloftevolle technologie bij voorbaat mag worden uitgesloten.

De simulaties tonen wel aan dat er over de verschillende scenario's heen een aantal gemeenschappelijke vaststellingen zijn die telkens weer terugkeren en dus beschouwd kunnen worden als onmisbaar om de transitie te doen slagen. De toekomst zal uitwijzen welke scenario's zich zullen realiseren. Desalniettemin kan er nu reeds actie worden ondernomen om de noodzakelijke randvoorwaarden voor deze transitie te bewerkstelligen en flankerende maatregelen te nemen die deze transitie ondersteunen.



# Hoofdstuk 3. Randvoorwaarden invullen door actiegericht beleid

Klimaatneutraal worden én competitief blijven: om met de voorgestelde oplossingen tot dit duurzaam resultaat te komen, zijn er belangrijke randvoorwaarden te vervullen. De overheid krijgt het advies om het beleid aan te scherpen ter ondersteuning van de industrie en kennisinstellingen.

Een ambitieuze timing is de enige manier om significante emissiereducties tegen 2050 te realiseren, zonder deze volledig te laten afhangen van CO<sub>2</sub>-afvang.

Om de opschaling van deze technologieën en de industriële toepassing ervan te versnellen, zullen inspanningen nodig zijn van de overheid, bedrijven en onderzoekswereld.

## **Randvoorwaarden voor een geslaagde transitie**

Er zijn een aantal belangrijke randvoorwaarden en uitdagingen voor het realiseren van de CO<sub>2</sub>-reducties. We lijsten hier acht belangrijke randvoorwaarden op.

## 1. Voldoende, betrouwbare en betaalbare klimaatneutrale energie

De implementatie van nieuwe circulaire en klimaatvriendelijke productieprocessen vragen een significante hoeveelheid energie. Hierdoor zal de energievraag van de industrie niet afnemen. Voor bepaalde sectoren zal ze zelfs flink toenemen tegen 2050.

De aanwezigheid van voldoende, betrouwbare en betaalbare klimaatneutrale energiedragers en grondstoffen is dan ook een cruciale randvoorwaarde. Daarbij zal er in elk van de verkenningsscenario's uit vorig hoofdstuk nood zijn aan import van grondstoffen en energie. De energie-infrastructuur dient hierop voorzien te worden.

Momenteel ontbreekt een eenduidig beeld op hoe die nieuwe en hoge energievraag zal worden ingevuld. Een energiestudie zou moeten nagaan hoe de toegang tot voldoende, leveringszekere en betaalbare klimaatneutrale energie verzekerd kan worden in de verdere roadmap, rekening houdend met de specifieke vraagprofielen van alle sectoren.

## 2. Beleid dat de business case voor klimaatvriendelijke investeringen ondersteunt en een gelijk speelveld creëert

Onder de gesimuleerde scenario's wordt verwacht dat de productiekosten zullen stijgen ten opzichte van vandaag, voornamelijk door een combinatie van een nood aan investeringen in nieuwe productietechnologieën, de toepassing van CO<sub>2</sub>-afvang in bestaande installaties en de overschakeling op alternatieve, duurere energiedragers en grondstoffen. De investeringen voor industrieën om koolstofcirculair en CO<sub>2</sub>-arm te worden, zijn dan ook anders van aard ten opzichte van reguliere investeringen. Anderzijds is de verwachting dat de OPEX-kosten in een scenario zonder verandering ('business-as-usual') nog veel sterker zouden stijgen en dit door een veronderstelde sterke stijging van de CO<sub>2</sub>-prijs (tot €300/t CO<sub>2</sub>eq. in 2050) die Europa zal hanteren om de transitie te sturen.

Deze technologieën kennen vaak nog geen positieve business case omdat bijvoorbeeld de efficiëntiewinsten ervan lager liggen ten opzichte van de huidige technologieën of omdat de alternatieve energie of grondstof nog niet voldoende beschikbaar is aan een competitieve prijs. Dergelijke investeringen kennen bovendien een lange doorlooptijd vooraleer ze effectief operationeel zijn, wat leidt tot significante voorinvesteringen.

Europese bedrijven opereren echter in een globale context. Ze dienen te concurreren met bedrijven die niet gebonden zijn door CO<sub>2</sub>-emissiehandel. Europa en Vlaanderen moeten daarom vermijden dat hun industrie wegtrekt om zich te vestigen in andere werelddelen waar ze minder gemonitord worden en vaak ook minder efficiënt opereren. Dit fenomeen heet koolstoflekkage of "carbon leakage": de emissies van Europa dalen wel, maar op wereldniveau zullen ze toenemen. Dat heeft ook grote gevolgen voor de welvaart in Europa en zeker in Vlaanderen, waar de basisindustrie een zeer belangrijke rol speelt. Europa en Vlaanderen moeten dus streven naar een gelijkwaardig speelveld (level playing field) voor importerende en exporterende bedrijven om hun concurrentiepositie te handhaven.

## 3. Ondersteuning voor de grootschalige toepassing van CO<sub>2</sub>-afvang en transport

CO<sub>2</sub>-afvang speelt een sleutelrol in het realiseren van significante reducties. Realisatie van deze CO<sub>2</sub>-afvang vraagt infrastructuur, bijvoorbeeld voor de transportketen tot geologische opslaglocaties (bij voorkeur onder de zeebodem).

Vlaanderen heeft geen locaties om CO<sub>2</sub> voor de kust permanent te stockeren. Strategische partnerships met andere landen zijn dan ook essentieel om te verzekeren dat Vlaanderen voor lange termijn toegang krijgt tot stockagemogelijkheden. De ondergrondse stockage zou echter geen finaal sluitstuk mogen zijn. Liefst is het een opstap naar hergebruik van de afgevangen CO<sub>2</sub> in nieuwe waardevolle moleculen.

Andere voorwaarden van succes zijn de verdere verbetering van de efficiëntie van de afvangtechnologie en een voldoende draagvlak bij de bevolking voor de aanleg van transport- en/of de opslaginfrastructuur.

## 4. Het Moonshot innovatieprogramma verder verscherpen

Het Moonshot innovatieprogramma ondersteunt strategisch basisonderzoek aan het begin van de innovatiecyclus in de kennisinstellingen. Dit onderzoek en de verdere ontwikkeling blijven cruciaal voor de transitie op lange termijn.

Vanuit de noodzaak aan meer innovatieve technologieën in het streven naar klimaatneutraliteit beveelt de studie aan om het programma verder te optimaliseren.

Er schuilt immers nog verbeterpotentieel in:

1. Het verscherpen van de breedte en impact van de individuele Moonshot Onderzoekstrajecten binnen het Moonshot innovatieprogramma.
2. Het verscherpen van de opbouw van de domeinen 'Elektrificatie en Radicale Transformaties' en 'Energie-innovatie'.
3. Het transitiepotentieel van het Moonshot Onderzoekstraject 'energie-innovatie' meer oriënteren richting toepasbaarheid van energieproductie binnen industriële toepassingen om de stijgende energievraag ervan te beantwoorden.
4. Het uitwerken van een gedetailleerde routekaart per onderzoekstraject met detaildoelstellingen en focusdomeinen. Deze kaart verscherpt de focus en reikwijdte inzake koolstofcirculariteit en CO<sub>2</sub>-reductie.

## 5. Demo's en pilootprojecten opzetten en opschalen

De onderzochte technologieën die worden toegepast in de verkenningsscenario's zijn vandaag ofwel nog niet ontwikkeld, ofwel in een vroeg stadium van ontwikkeling. Anderen zijn vooralsnog niet commercieel aantrekkelijk.

Binnen en buiten het Moonshot innovatieprogramma kan men maatregelen formuleren en budgetten voorzien om een verdere opschaling van nieuwe technologieën te ondersteunen. Hiermee kan de kloof ("Valley of death") tussen het basisonderzoek door de kennisinstellingen en de commerciële toepassing overbrugd worden.

Vlaanderen kan zo bedrijven aanmoedigen om te investeren in (meer risicovolle) piloot- en demoprojecten die noodzakelijk zijn om er commercieel aantrekkelijke technologieën van te maken.

## 6. Infrastructuur voor transport van waterstof en CO<sub>2</sub>

Nieuwe vormen van grondstoffen en energiedragers zullen bijdragen aan significante CO<sub>2</sub>-reducties. Voor deze nieuwe grondstoffen en hun waardeketens is er infrastructuur en logistiek nodig, o.a. om import en export mogelijk te maken. We denken onder meer aan pijpleidingen en schepen voor het transporteren van waterstof of CO<sub>2</sub>, en logistieke ketens voor biomassa of kunststofafval. Bovendien moet de bestaande elektriciteitsinfrastructuur versterkt worden, zeker in de industriële clusters.

## 7. Focus op industriële synergie en samenwerking

Industriële synergie is nodig, tot over de grenzen van sectoren (bijvoorbeeld tussen staal en chemie en/of voeding of bio-economie). Die samenwerking kan de rendabiliteit verhogen en de kosten verlagen. Een mogelijk voorbeeld is het omzetten van restgassen uit hoogovens tot stoffen die in de chemie als grondstof kunnen dienen. Ook het nuttig gebruiken van restwarmte – hetgeen vandaag al vaak gebeurt – kan nog verder geoptimaliseerd worden.

## 8. Versterken van circulariteit via biomassa en kunststofrecyclage

Vlaanderen heeft een goede reputatie opgebouwd omtrent het recycleren en opwaarderen van end-of-life (EOL) materiaal. Dit zou men verder als speerpunt kunnen uitbouwen zodat het

de circulariteit in de industriële transitie versterkt. Het opnieuw inzetten van kunststofafval in de waardeketen laat bijvoorbeeld toe om koolstof opnieuw te gebruiken. Vlaanderen heeft het potentieel om een kunststof recyclage hub in Europa te kunnen worden.

Ook biomassa kan in de industriële keten zorgen voor belangrijke CO<sub>2</sub>-reducties, onder meer door het in te zetten als grondstof in de chemie sector. Bij de productie van staal kan (bewerkte) biomassa gedeeltelijk steenkool vervangen.

Betrouwbare logistieke ketens voor biomassa- en kunststofrecyclage zijn, naast voldoende beschikbaarheid en betaalbaarheid van het materiaal, een belangrijke randvoorwaarde voor succes.

### Beleidsaanbevelingen op 6 domeinen

Vlaanderen heeft veel troeven en kansen in huis om één van de belangrijkste Europese vestigingsplaatsen te blijven van een duurzame industrie, en het kan zo de opportuniteit grijpen om een nieuwe innovatie-excellentie cluster te doen ontstaan.

De hierna volgende beleidsaanbevelingen zijn een aanzet om vanuit deze kracht het Vlaamse klimaatbeleid voor de industrie een duidelijke structuur te geven.

Flankerend beleid moet rekening houden met de internationale concurrentiepositie. Ook de buurlanden hebben sterke ambities uitgesproken en beginnen allerlei initiatieven te nemen. Deze buurlanden zijn zowel een belangrijke samenwerkingspartner als een concurrent. Dit onderstreept het belang om in Vlaanderen in te spelen op de veranderende wereld.

De aanbevelingen in de studie zijn onder te verdelen in 6 pijlers (zie Figuur 9). Voor een uitgebreide toelichting wordt verwezen naar het rapport 'Flankerend beleid voor een koolstofcirculaire en CO<sub>2</sub>-arme industrie in Vlaanderen'.

## Pijler 1. Zet een stabiel, haalbaar en coherent beleid uit

Industriële bedrijven en investeerders in Vlaanderen hebben nood aan een stabiel, haalbaar en coherent beleidskader richting 2050. De overheid moet dit beleidskader actief ontwikkelen en uitdragen. Dit zal helpen bij het plannen van duurzame investeringen, want in de Vlaamse bedrijven zijn die vaak het voorwerp van lange cycli en van vele buitenlandse medebeslissingsnemers.

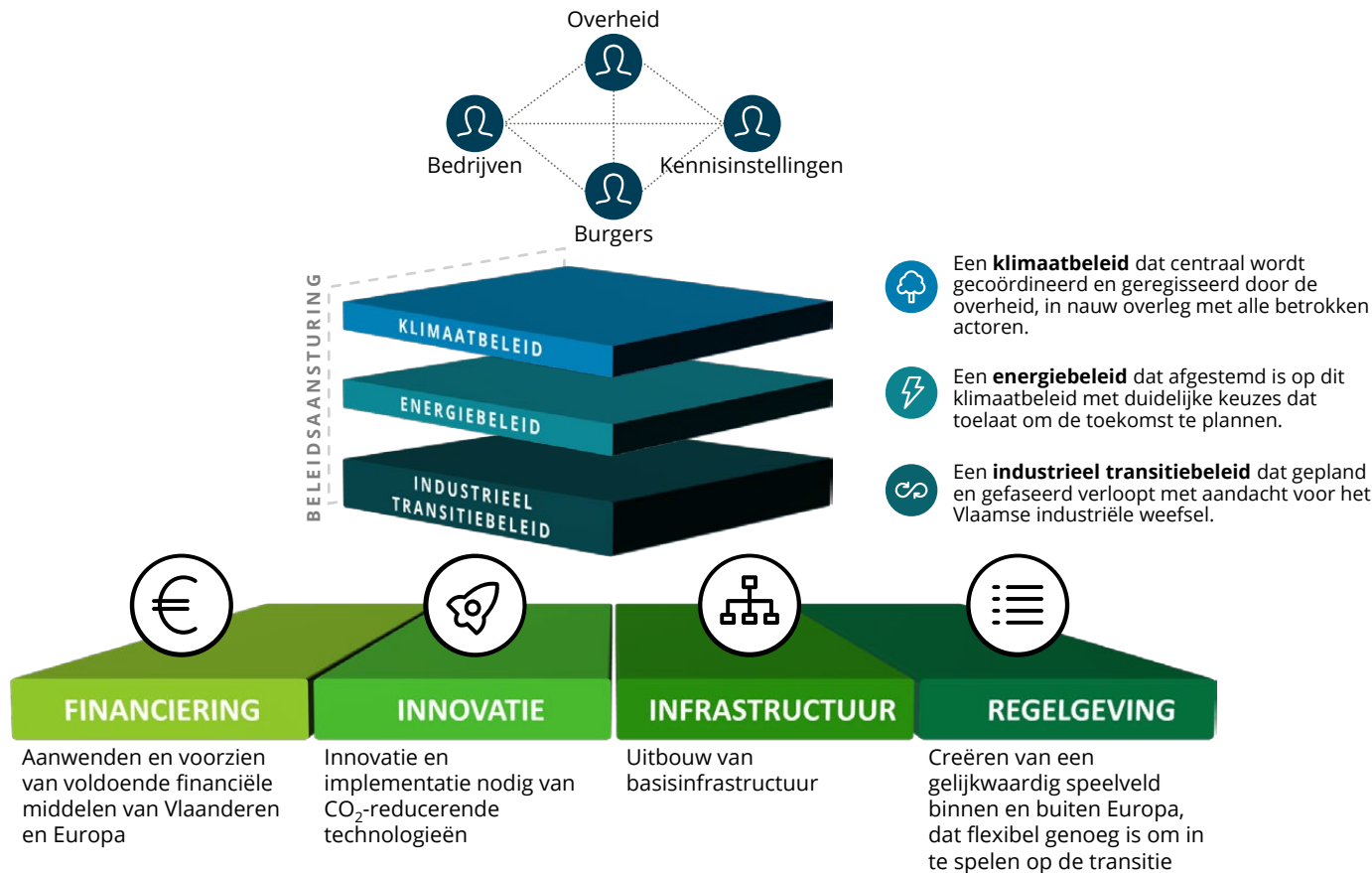
In het Vlaamse energie- en klimaatplan moeten duidelijke (beleids)maatregelen verder uitgewerkt worden om de industriële klimaatdoelstellingen te realiseren. Dit moet in combinatie gebeuren met een focus op het behouden van de welvaart die de industrie in Vlaanderen creëert en het positioneren van Vlaanderen als een innovatieleider in nieuwe technologieën. Er wordt aangeraden de realisatie van deze beleidsvisie te laten opvolgen door een bewijsgedreven taskforce.

In navolging van de conceptnota 'Vlaamse energievisie' van 2017 moet er ook een totaalvisie zijn op de toekomstige energie-aanpak over alle sectoren en energiedragers heen. Hierin moet er de nodige aandacht zijn voor de toekomstige transitie in de Europees geïntegreerde energiemarkten die tot gevolg hebben dat beslissingen in buurlanden grote gevolgen voor onze energievoorziening kunnen hebben. Omdat belangrijke aspecten van het energiesysteem een federale bevoegdheid zijn, zoals de nucleaire en offshore elektriciteitsproductie, dient er ook een interfederale energievisie en energiepact uitgewerkt te worden.

## Pijler 2. Werk een industrieel transitieprogramma uit

Willen we dat de industrie maximaal inzet op nieuwe CO<sub>2</sub>-reducerende technologieën, dan is er nood aan een industrieel transitieprogramma dat over meerdere jaren loopt. Zo'n programma moet aansluiten op de ambitieuze beleidsvisie en moet rechtszekerheid bieden aan de industriële spelers. Zij nemen immers de belangrijke investeringen voor hun rekening.

**De klimaat-, energie- en industriële transitie gaan hand in hand**



Figuur 9. Beleidsaanbevelingen die in het kader van deze studie worden voorgesteld om de industriële transitie te faciliteren.

Omdat de Vlaamse industriële sectoren getypeerd zijn door lange investeringscycli en doorgaans onder buitenlandse eigenaars en beslissingsnemers ressorteren, moet het transitieprogramma oog hebben voor de internationale context waarin de bedrijven moeten werken en competitief blijven. De beleidsambities van onze buurlanden in het voorzien van voldoende hernieuwbare energie, CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag, waterstof, elektrificatie, biomassa en circulariteit, zijn allemaal belangrijk op te volgen elementen.

Het transitieprogramma moet voldoende robuust zijn om vertrouwen te geven aan investeerders. Langs de andere kant moet het voldoende flexibel zijn om bij te sturen waar nodig.

Een consistente, holistische en gecoördineerde aanpak is nodig. Die kan men verzekeren via een taskforce. Deze

taskforce stuurt de voortgang van het meerjarenprogramma aan, volgt ze mee op, verzekert de industriële toepassing en versnelt deze waar mogelijk. Dit orgaan wordt best samengesteld uit vertegenwoordigers van alle betrokken spelers, al naargelang de vereiste techniciteit en expertise.

**Pijler 3. Financier de transitie**

Een stevige financiële prikkel vanuit Vlaanderen en Europa is onmisbaar. Cruciale aandacht moet gaan naar de voorfinanciering van investeringsprojecten, zodat die de internationale concurrentiepositie van de Vlaamse industrie tijdens de periode van transitie beschermt en verstevigt. De introductie en opschaling van nieuwe technologieën vergen ondersteuning via strategisch basisonderzoek, industriële onderzoek & ontwikkeling en demonstratie- en opschalingsprojecten.

We spreken immers over koolstofcirculaire en CO<sub>2</sub>-arme technologieën die momenteel nog niet competitief zijn.

Overheden en private partijen kunnen de grote investeringen niet alleen dragen. Het is daarom zeer belangrijk om vanuit Vlaanderen de beschikbare Europese budgetten maximaal te activeren door acties goed voor te bereiden, te coördineren en op te volgen. Dit wordt best georganiseerd via een one-stop-shop voor kandidaat-investeerders.

Daarnaast zijn er pleidooien voor alternatieve financieringsmechanismen zoals het opzetten van een Vlaams investeringsfonds en publiek-private samenwerkingsverbanden voor het uitbouwen van de nieuwe infrastructuur voor CO<sub>2</sub> en waterstof.

#### **Pijler 4. Bouw basisinfrastructuur uit die toekomstbestendig en niet-discriminatoir is**

De uitbouw van nieuwe basisinfrastructuur is een essentiële randvoorwaarde voor de energie- en klimaattransitie. Denk maar aan basisinfrastructuur voor vervoer, opslag en gebruik van CO<sub>2</sub> en waterstof, en de aan- en vervoer van andere energiedragers, grondstoffen en producten. Ook de bestaande elektriciteitsinfrastructuur zal moeten worden aangepast aan de nieuwe noden.

Deze projecten vragen grote voorinvesteringen. Daarenboven kennen ze soms een lange doorlooptijd voor het bekomen van vergunningen en tot de effectieve realisatie. Vermits de terugverdientijd enkele decennia kan bedragen, zal het wachten zijn op inkomsten.

De situatie is wat dat betreft vergelijkbaar met andere basisinfrastructuur als dijken en transportinfrastructuur. Vele industriële bedrijven kunnen zulke risico's en lange terugverdientijden niet verantwoorden. De overheid dient hierin een rol te spelen, inclusief het dragen van risico's waar nodig. Dat vraagt mobilisatie van en samenwerking met de industrie, netbeheerders, financiers, centrale en decentrale overheden.

#### **Pijler 5. Lanceer een industrieel steunprogramma voor innovatie en implementatie**

Innovatie en implementatie van CO<sub>2</sub>-reducerende technologieën vereisen een structurele ondersteuning vanuit de overheid. Enerzijds moet de ondersteuning zich richten op het stimuleren van strategisch basisonderzoek en innovatie om nieuwe ontdekkingen te faciliteren, prille ontwikkelingen op te schalen en doorbraken te realiseren. Die moeten dan vervolgens commercieel implementeerbaar gemaakt raken.

Anderzijds dient de overheid de ontwikkeling te ondersteunen van nieuwe, koolstofneutrale technologieën die technisch implementeerbaar, maar commercieel nog niet aantrekkelijk zijn.

We bevelen dan ook aan om te blijven inzetten op het Moonshot innovatieprogramma. Aanvullend kan verdere opschaling van onderzoek in technologieën ondersteund worden.

De uitdaging bestaat erin om de kloof te overbruggen tussen strategisch basisonderzoek en de toepassing ervan in de bedrijven. Deze zogenaamde 'Valley of death' kenmerkt zich door grote investeringen, die nog risicovol zijn omdat de technologie nog niet volledig bewezen is. Het industrieel transitieprogramma moet specifieke aandacht geven aan deze problematiek, onder meer door het identificeren en wegwerken van specifieke hinderpalen.

#### **Pijler 6. Werk aan een consistent en realistisch wetgevend kader**

De industriële transitie vereist slimme regelgeving, die de klimaatneutraliteit helpt realiseren. De wettelijke instrumenten moeten de concurrentiekracht van de basisindustrie behouden en op lange termijn versterken.

Vlaanderen, België en Europa moeten een gelijkwaardig speelveld creëren, dat flexibel genoeg is om in te spelen op de transitie. Zo wordt vermeden dat bedrijven wegtrekken om zich te vestigen in andere werelddelen waar ze minder gemonitord worden en vaak ook minder efficiënt opereren. Dit zou een 'carbon leakage' veroorzaken met dalende emissies in Europa, maar CO<sub>2</sub>-toename op wereldniveau.

Op Vlaams niveau moet gewerkt worden aan een efficiëntere regelgeving, onder meer op het vlak van vergunningenbeleid en de milieueffectenrapportage (MER).

Verder wordt er gevraagd naar de juiste aanmoedigingen voor meer circulariteit, naar een regelgevend kader voor transport van H<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> en naar een vergunningenbeleid dat toelaat om snelheid te maken en rechtszekerheid biedt.



# Hoofdstuk 4.

## De weg naar 2050

De weg naar een koolstofcirculaire en CO<sub>2</sub>-arme Vlaamse industrie is moeilijk maar mogelijk. De roadmap naar 2050 toont hoe het traject zou kunnen lopen in een optimistisch scenario. Daarbij zijn er nog veel vraagtekens en obstakels te overwinnen. Maar het vereist vooral nu gezamenlijke actie.

Het traject is moeilijk, maar mogelijk met de technologische oplossingen die geschetst worden in hoofdstuk 2 van dit rapport, onder de randvoorwaarden en beleidsaanbevelingen van hoofdstuk 3.

Dit laatste hoofdstuk tekent een roadmap tot 2050 uit. Hierbij wordt duidelijk dat er al tijdens het begin van het traject stappen vooruit kunnen gezet worden, mits de nodige inspanningen. Het opzet was niet om een toekomstvoorspelling te maken, maar een blauwdruk aan te reiken.

### Roadmap zet pistes uit

Om belangrijke bijkomende reducties te verwezenlijken moeten eerst nieuwe technologieën ontwikkeld worden. Daarop focust het Moonshot innovatieprogramma. Die prille technologieën moeten verder ontwikkeld worden om ze

op te schalen. Vervolgens moeten doorbraken gerealiseerd worden via piloot- en demoprojecten naar industrieel toepasbare en commercieel rendabele oplossingen.

De roadmap naar 2050 toont dat de timing ambitieus is. Misschien lijkt het jaar 2050 nog veraf, maar het is eigenlijk vlakbij indien men rekening houdt met de trage investeringscycli in de industrie en de lange doorlooptijd voor de opschaling van innovaties en voor de bouw van de nodige logistiek en infrastructuur.

Het voorstel van roadmap dat volgt geeft per decennium tot 2050 noodzakelijke acties voor innovatie en infrastructuur (zie Figuur 10).



### Periode 2020-2030

In de periode 2020-2030 zal men moeten inzetten op:

- Verder stimuleren van strategisch basisonderzoek naar nieuwe en disruptieve technologieën om significante CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren binnen een economische realiteit, zoals de Vlaamse Regering voorziet binnen het Moonshot innovatieprogramma.
- Verdere procesoptimalisaties en efficiëntieverbetering van de huidige en nieuwe technologieën.
- Verder onderzoek, ontwikkeling en realisatie van piloot-, demo- en indien mogelijk commerciële projecten van nieuwe technologieën (zoals bv. de afvang en opslag van CO<sub>2</sub> bij Antwerp@C en Carbon Connect Delta, de biogebaseerde routes, de elektrificatie en inzet van kunststofafval voor staal).
- Toepassen van CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag voor processen waarvan de emissies een hoge CO<sub>2</sub>-concentratie hebben (ammoniak, ethyleen oxide en waterstof uit aardgas).

- Realiseren van de benodigde infrastructuur voor CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> en elektriciteit.

- Aanpassen en uitbouwen van de logistieke ketens voor het inzetten van biomassa en kunststof als grondstof.

### Periode 2030-2040

In de periode 2030-2040 zijn volgende stappen essentieel:

- Verdere opschaling van innovatieve technologieën voor industriële toepassing (onder andere ontwikkeld in het kader van het Moonshot innovatieprogramma).
- Realiseren van piloot-, demo- en indien mogelijk commerciële projecten van nieuwe innovatieve technologieën.
- Toepassen van CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag in sectoren waar de emissies lagere CO<sub>2</sub>-concentraties hebben (in eerste instantie toepassingen in de staalsector en vervolgens raffinage en chemie).

### Periode 2040-2050

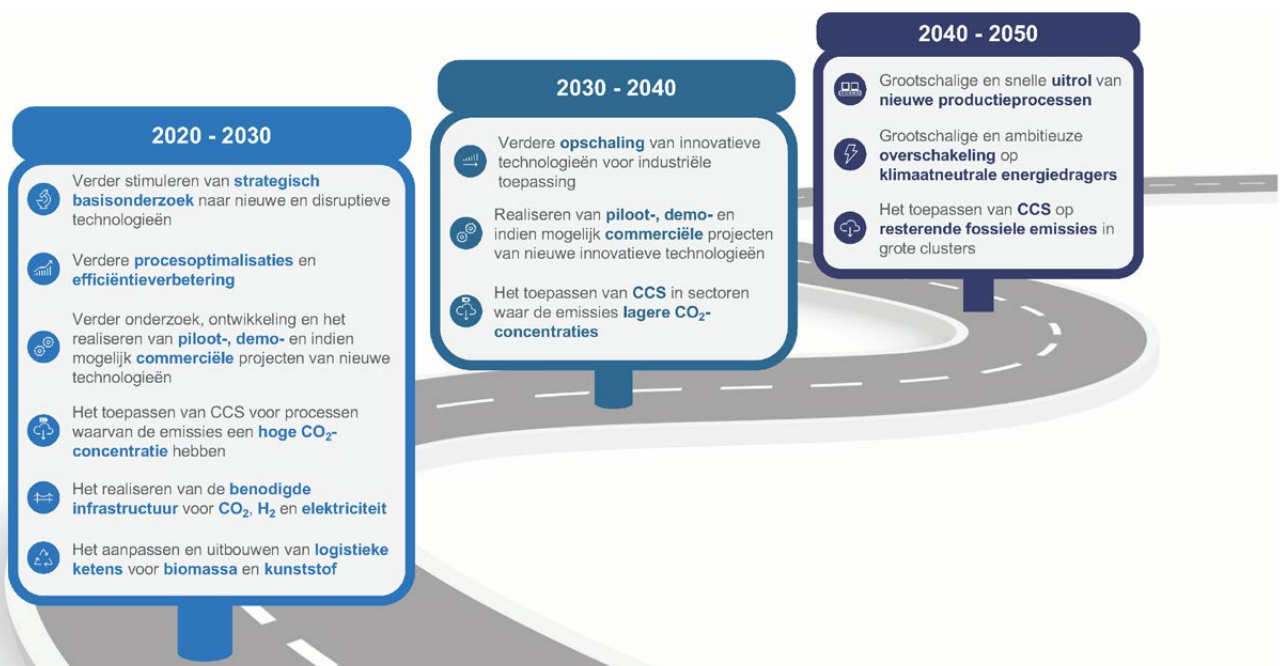
In de periode 2040-2050 zijn dit de finale stappen:

- Grootschalige en snelle uitrol van nieuwe productieprocessen (onder andere ontwikkeld in het kader van het Moonshot innovatieprogramma).
- Grootschalige en ambitieuze overschakeling op klimaatneutrale energiedragers.
- Toepassen van CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag op resterende fossiele emissies in grote clusters.

De onzekerheden met betrekking tot innovaties zijn echter groot en de juiste timing is daarom niet exact te voorspellen. Technologieën kunnen wel technisch rijp zijn om op grote schaal te implementeren, maar nog niet commercieel rijp.

Er is dan ook een faciliterend industrieel transitiekader nodig, met een sterke regierol voor de overheid. Dit kader kan, samen met nieuwe technologische ontwikkelingen, een belangrijke invloed hebben op de uiteindelijke realisatie van de roadmap.

### Roadmap naar 2050



Figuur 10. De roadmap voor een koolstofcirculaire en CO<sub>2</sub>-arme Vlaamse industrie.

### Een gezonde Vlaamse industriële toekomst

De Vlaamse industrie, kennisinstellingen, overheid en maatschappij hebben vanuit de actuele situatie de kans om te evolueren naar een gezonde industriële toekomst in Vlaanderen.

Als we de roadmap volgen, de inspanningen leveren en de randvoorwaarden vervuld raken, kunnen volgende resultaten tijdens en na de transitie geboekt worden.

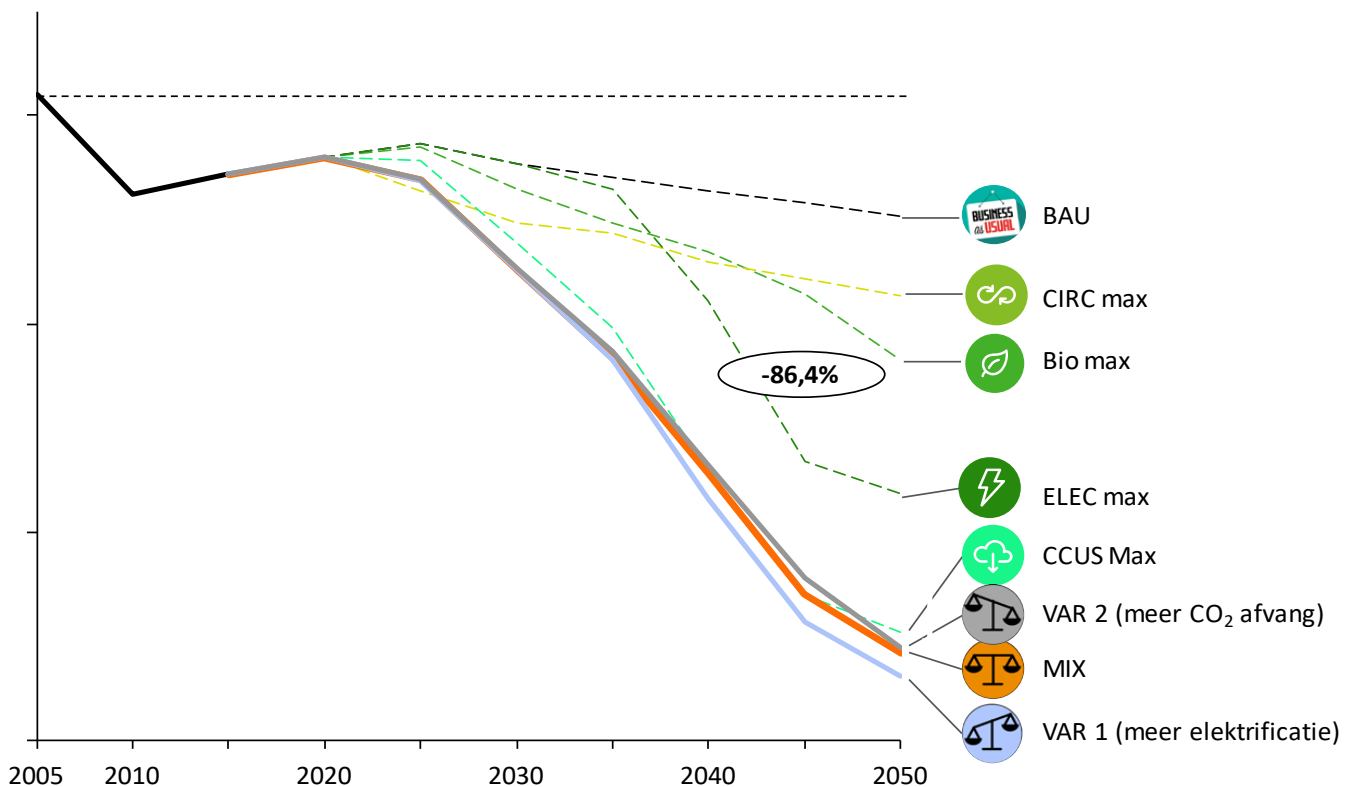
### Emissiereducties in baseconomie

Indien er wordt ingezet op een evenwichtige combinatie van de vier transitiepaden en indien de beloftevolle technologieën effectief doorbreken, kunnen de emissies verder gereduceerd worden in onze Vlaamse basisindustrie.

Het combineren van mogelijke innovatieve technologieën zou kunnen leiden tot broeikasgasreducties in 2050 tussen de 80 en 90%, en dat bij een stijgende productie met 3% in de onderzochte sectoren tegen 2050 (zie Figuur 11).

### Significante reducties vereisen een combinatie van transitiepaden

**BKG-emissies**  
[Mt CO<sub>2</sub>e]



Figuur 11. Totale emissiereductie mogelijk tegen 2050 met verschillende technologieën.

### Vruchten plukken tijdens het traject

Door adequaat in te zetten op deze transitie, kunnen we de komende jaren al vruchten plukken van onze inspanningen. Want dankzij het versneld sleutelen aan ontwikkelingen die bijdragen aan de klimaatdoelstellingen zal de innovatiemotor van Vlaanderen op volle toeren draaien.

Als gevolg van de gemaakte keuzes kunnen er nieuwe waardeketens ontstaan voor het hergebruiken van CO<sub>2</sub>, voor het inzetten van waterstof, biomassa, kunststofafval...

Tegelijkertijd rijzen er nieuwe exportmogelijkheden op van baanbrekende expertise en nieuw ontwikkelde producten en technologieën vanuit Vlaanderen als innovatieve regio.

Vlaanderen heeft een goede reputatie opgebouwd omtrent het recycleren van materialen. De versterkte circulariteit zou zich verder als speerpunt kunnen uitbouwen. Zo is er een mogelijkheid om als Vlaanderen een chemische recyclageknoop van Europa te worden.

Dankzij de valorisatie van reststromen kunnen nieuwe sectorkoppelingen ontstaan, bijvoorbeeld tussen chemie en raffinage of tussen staal en chemie. Ook andere sectorkoppelingen zijn in onderzoek, zoals bijvoorbeeld het gebruik van staalslakken in de cementsector of reststoffen als input in de hoogovens.

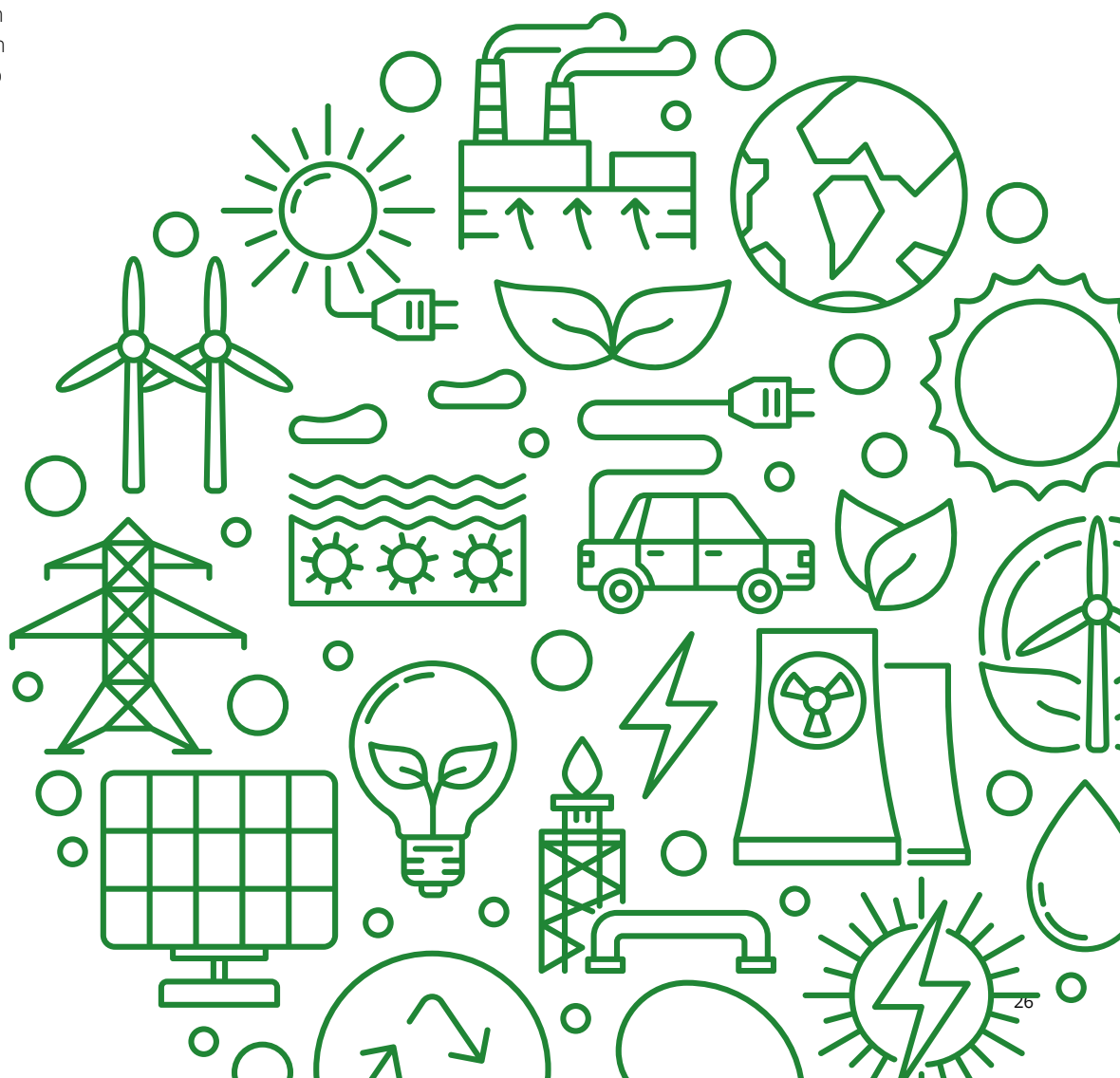
Diversificatie van energiedragers en grondstoffen kan er tevens toe leiden dat we minder afhankelijk zijn van één dominante grondstof zoals olie. Dit kan ons weerbaarder maken tegen marktschokken.

### Sterke verankering en welvaartscreatie

De Vlaamse basisindustrie is gekend voor zijn zeer efficiënte werking en hoge mate van integratie. Een verder versterkte en in Vlaanderen verankerde industrie zal zorgen

voor het vrijwaren van de welvaartscreatie. De competitiviteit van bestaande bedrijven zal op een duurzame manier gevrijwaard worden in Vlaanderen, met minimale impact op het klimaat en een grote economisch impact.

Als Vlaanderen een voortrekkersrol opneemt naar klimaatneutraliteit, kan het bijkomende economische activiteit aantrekken. Nieuwe bedrijven zullen hun weg naar Vlaanderen vinden dat in het streefdoel tegen 2050 beschikt over nieuwe klimaatvriendelijke technologieën, betrouwbare basisinfrastructuur en sectoroverschrijdende industriële clusters.



# Contactgegevens



**Guido Vandervorst**

Energy, Resources & Industrials Industry Leader  
gvandervorst@deloitte.com



**Eline Brugman**

Director Climate & Energy  
ebrugman@deloitte.com

## Deloitte.

Deloitte refers to one or more of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, a UK private company limited by guarantee (“DTTL”), its network of member firms, and their related entities. DTTL and each of its member firms are legally separate and independent entities. DTTL (also referred to as “Deloitte Global”) does not provide services to clients. Please see [www.deloitte.com/about](http://www.deloitte.com/about) for a more detailed description of DTTL and its member firms.

Deloitte provides audit, tax and legal, consulting, and financial advisory services to public and private clients spanning multiple industries. With a globally connected network of member firms in more than 150 countries, Deloitte brings world-class capabilities and high-quality service to clients, delivering the insights they need to address their most complex business challenges. Deloitte has in the region of 312,000 professionals, all committed to becoming the standard of excellence.

This publication contains general information only, and none of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, its member firms, or their related entities (collectively, the “Deloitte Network”) is, by means of this publication, rendering professional advice or services. Before making any decision or taking any action that may affect your finances or your business, you should consult a qualified professional adviser. No entity in the Deloitte Network shall be responsible for any loss whatsoever sustained by any person who relies on this publication.