



ABN·AMRO

Economisch Bureau | Sustainability Research

Met de industrie richting CO₂ neutraal

...decarbonisatie opties in de industrie

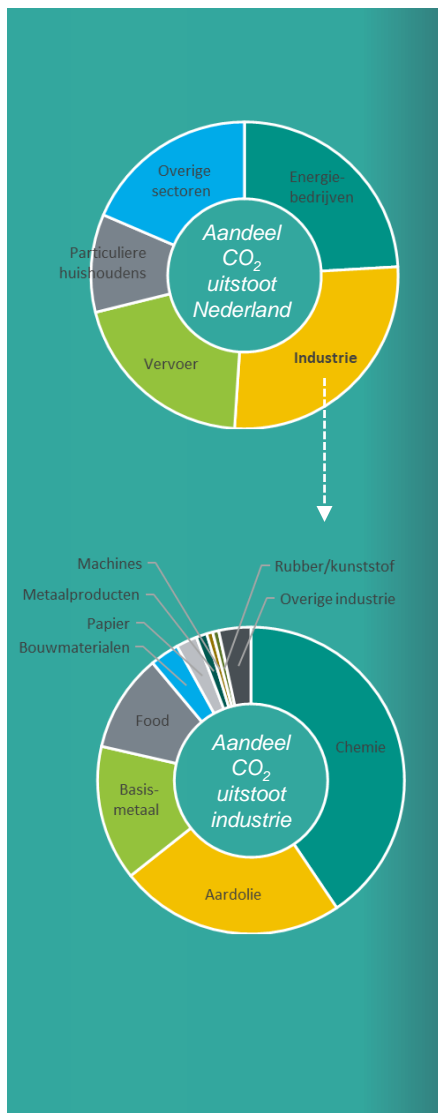
ESG & Economie

november 2021

Inhoud

- | | |
|--|--------------------------|
| 1) Inleiding | Sheet 1 |
| 2) CO ₂ emissies Nederlandse economie | Sheet 2 |
| 3) CO ₂ emissies en doel in de industrie | Sheet 4 |
| 4) Duurzaamheids- & decarbonisatieprofielen | Sheet 5 |
| I) Aardappelindustrie | Sheet 6 |
| II) Zuivelindustrie | Sheet 8 |
| III) Staalindustrie | Sheet 10 |
| IV) Aluminiumindustrie | Sheet 12 |
| V) Zinkindustrie | Sheet 14 |
| VI) Glasindustrie | Sheet 16 |
| VII) Papier- & kartonindustrie | Sheet 18 |
| VIII) Rubber- & kunststofindustrie | Sheet 20 |
| IX) Kunstmestindustrie | Sheet 23 |
| 5) CO ₂ reductietechnologieën in de industrie | Sheet 25 |
| 6) Routekaart naar 2030 en 2050 | Sheet 26 |

1 Inleiding



ABN AMRO vindt het belangrijk dat onze samenleving steeds duurzamer wordt. Analyses hierover helpen om meer begrip en inzicht te krijgen over de problematiek en de oplossingsmogelijkheden. In dit rapport brengen we de huidige duurzaamheidsindicatoren in kaart van een selectie van subsectoren binnen de sector industrie. Ook geven we een overzicht van de diverse CO₂-reductiemogelijkheden en de bestaande technologieën die daarbij helpen. Ons doel is om de voortgang in de reductie van CO₂ van de grote uitstoters te blijven monitoren en de mogelijkheden van CO₂-reductie met klanten van ABN AMRO te bespreken. Op die manier helpen wij onze klanten om de CO₂-neutrale weg in te slaan.

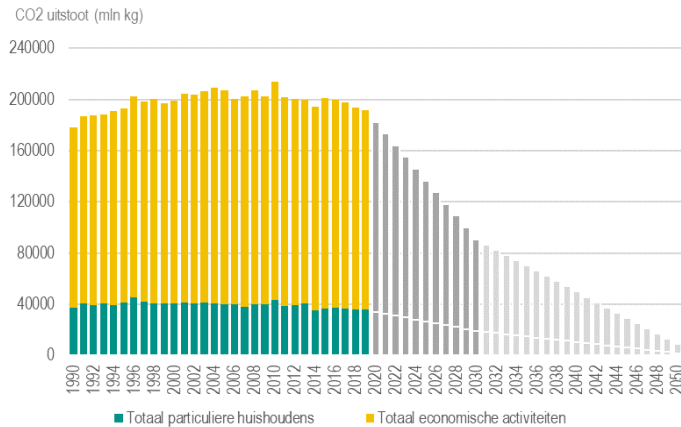
De basis voor dit rapport is het project MIDDEN¹⁾ van het **Planbureau voor de Leefomgeving** (PBL). MIDDEN is een netwerk dat is gericht op het opbouwen van een kennisbasis voor emissiereductiemogelijkheden. Deze database biedt veel informatie rondom innovaties om CO₂ te reduceren in de industrie. CO₂ is daarom ook de focus van dit rapport.

Vier subsectoren binnen de industrie hebben een aandeel van bijna 90% in de totale CO₂-uitstoot van de industrie. Dit zijn achtereenvolgens chemie, aardolie, basismetaal en food. In dit rapport inventariseren we vooral de emissiereductiemogelijkheden in enkele relevante delen van deze subsectoren. De keuze van de sectoren in dit rapport heeft vooral te maken met de beschikbaarheid van data. De aardolie-industrie laten we in deze analyse buiten beschouwing. Daarnaast kijken we ook naar reductiemogelijkheden in de glasindustrie (onderdeel van de bouwmaterialenindustrie), de papierindustrie en de rubber- & kunststofindustrie. Bovendien zetten we de industrie af tegen de totale economie en de andere sectoren met veel uitstoot van broeikasgassen.

Het doel van Nederland en Europa is uiteindelijk om de afhankelijkheid van fossiele energie terug te dringen en in te zetten op een bio-based en low-carbon economie. De industrie in Nederland (incl. aardolie-industrie) is met een aandeel van ruim 25% in de totale emissies van CO₂ een grote vervuiler. Een versnelling in de CO₂-reductie in de industrie heeft daarmee een grote invloed op het CO₂-totaal. Dit vraagt om nader inzicht in de transitie naar een meer duurzame energievoorziening en een inventarisatie van de mogelijkheden om de reductie van CO₂ meer tractie in de industrie te geven. Bovendien wordt in veel gerenomeerde internationale rapporten over het emissiereductiepad gesteld dat de 2030-doelen met de bestaande reductietechnologieën goed bereikbaar zijn, mits daar de juiste investeringen en gericht stimulerend overheidsbeleid tegenover staat, met een flinke dosis inzet en ook ambitie. Dan is goed inzicht in de technologieën en transparantie over het emissiereductiepad dat voor ons ligt onmisbaar.

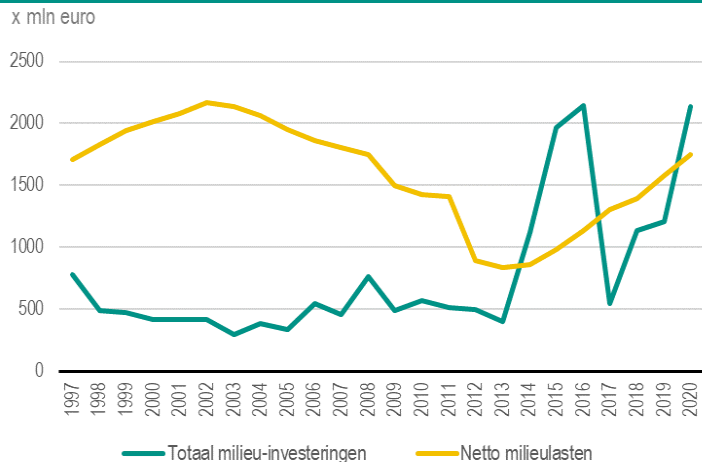
2 CO₂ emissies Nederlandse economie

CO₂ emissies Nederlandse economie en huishoudens



Bron: Wereldbank, CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Milieu-investeringen bedrijven (>10 werknemers)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

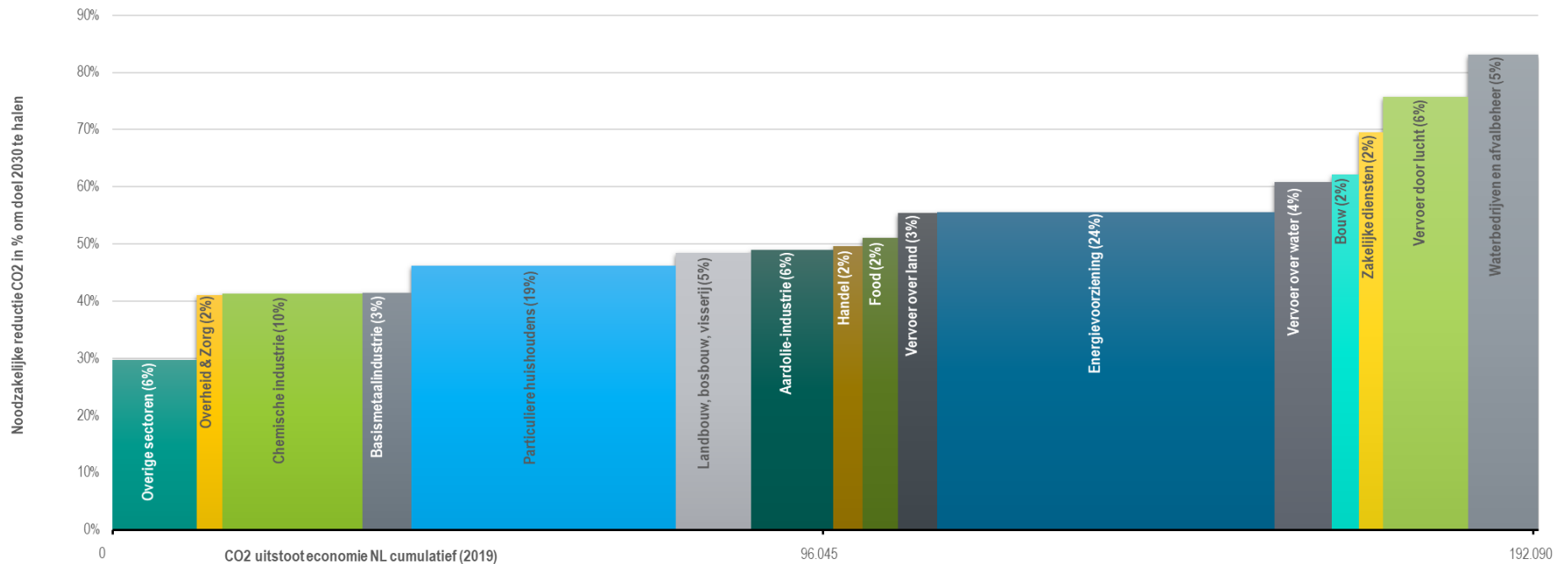
Dat Nederland achterloopt op het schema om de CO₂-reductiedoelen van 2030 te halen is geen nieuws. Het gat tussen het niveau van de totale CO₂ uitstoot (dit is de som van uitstoot van alle economische activiteit in sectoren en huishoudens) in 2019 en het doel in 2030 is nog zo'n 52%. In de komende jaren tot en met 2030 moet in totaal circa 100.504 miljoen kg CO₂ worden gereduceerd. Dit is 9.137 miljoen kg CO₂ per jaar. Dit betekent dat wanneer we de afhankelijkheid van fossiele energie terug willen dringen richting 2030 en 2050 en in willen zetten op een bio-based en low-carbon economie, er nog veel moet gebeuren. Het reductiepad daarnaartoe loopt uiteraard nooit lineair zoals in de figuur hiernaast, maar het laat wel zien dat de helling steil is en dus de ambitie hoog moet zijn. Dit geldt voor zowel sectoren in de economie als bij de huishoudens. Om het 2030 CO₂-doel te bereiken (dit is 49% van het CO₂-niveau van 1990) moet de uitstoot in van sectoren afnemen met 54% en van huishoudens met 46%.

Om dit decennium een versnelling in de CO₂-reductie op gang te brengen, moet er veel geïnvesteerd worden. En natuurlijk moeten niet alleen sectoren, maar ook de overheid hier aan bijdragen. De grootste winst kan echter geboekt worden in die sectoren waar de uitstoot momenteel het hoogst is. Dit zijn sectoren zoals de energievoorziening, de industrie, de transportsector en de agrarische sector. Uit cijfers van het CBS blijkt dat de totale milieu-investeringen en de netto-milieulasten¹⁾ van bedrijven met meer dan 10 werknemers sinds 2013 sterk zijn opgelopen. In 2020 werd voor ruim 2,1 miljard euro aan milieu-investeringen gedaan bij bedrijven met meer dan 10 werknemers. Dit is 14,4% van de totale investeringen. Dit is nog relatief laag. Maar het geeft in ieder geval aan dat de bereidheid onder bedrijven om te investeren in meer efficiency en milieumaatregelen toeneemt. Die bereidheid wordt echter wel gekoppeld aan bedrijfscontinuïteit en verklaart de sterke fluctuaties in deze investeringscijfers.

3 CO₂ emissies Nederlandse economie

CO₂-reductiecurve Nederland 2030

(% achter de sectornaam is het aandeel van de uitstoot van de sector t.o.v. de totale uitstoot van de NL economie)

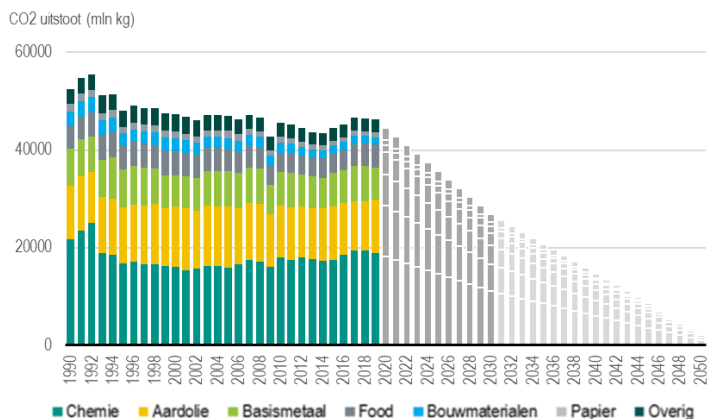


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Volgens het CBS stootte de totale Nederlandse economie 192.090 miljoen kilogram CO₂ uit in 2019. Ten opzichte van het uitstootniveau van 1990 is dit een toename van 7%. In de totale uitstoot hebben zowel de sector industrie als de energievoorziening een aandeel van circa 25%. Daarna volgen de particuliere huishoudens met een aandeel van 19%. De top 5 grote uitstoters wordt compleet gemaakt met de sectoren vervoer & opslag (13%) en de agrarische sector (5%). Dan blijft een resttaandeel over van 15% voor overige sectoren. De figuur toont welke sectoren relatief dichtbij (links) en veraf (rechts) van het 2030-doel staan (afgezet tegen de verticale as). De horizontale as toont de hoeveelheid CO₂ die per subsector wordt uitgestoten. De optelsom van al deze sectoren geeft de totale uitstoot in Nederland weer. Duidelijk is dat in geen van deze getoonde sectoren de emissiereductiedoelstellingen een eenvoudige opgave zullen zijn.

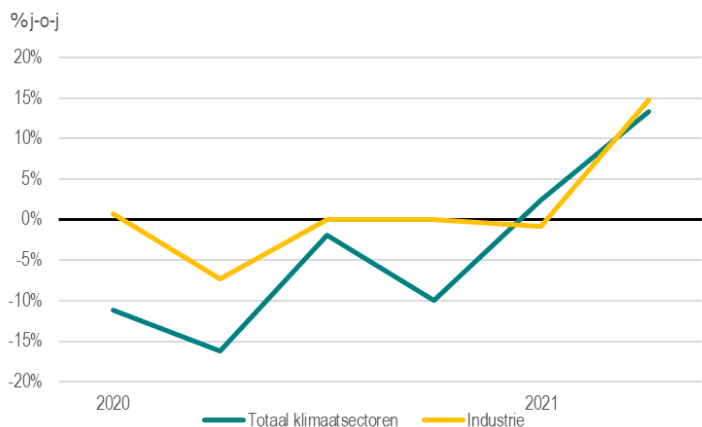
4 CO₂ emissies en doel in de industrie

CO₂-emissiepad sinds 1990 en doel richting 2030-2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Groei CO₂ emissies klimaatsectoren per kwartaal (in %)



Bron: CBS

De industrie heeft een aandeel van ruim 24% in de totale CO₂-uitstoot in Nederland. Van alle CO₂-uitstoot van de industrie komt ruim 40% voor rekening van de chemische industrie. Hierbij gaat het om bedrijven die producten vervaardigen door middel van chemische veranderingen aan bestaande grondstoffen. Voorbeelden van dit soort producten zijn kunststoffen en kunstmest. Naast de chemische industrie heeft de aardolie-industrie met bijna 25% van de CO₂-uitstoot van de Nederlandse industrie, een significant deel van de totale emissies. Daarna volgt de basismetaalindustrie (zoals staal, aluminium, zink) met een aandeel van 14%, gevolgd door de voedings- en genotmiddelenindustrie met 10%. De bouwmaterialenindustrie en de papierindustrie sluiten de top zes af. De totale industrie moet nog zo'n 56% aan CO₂ reduceren tot aan 2030. Bijna alle sectoren moeten nog 40-50% in CO₂ reduceren om het 2030 doel te bereiken. De bouwmaterialenindustrie heeft als enige sector binnen de industrie dit doel inmiddels al bereikt.

In de eerste drie kwartalen van 2020 is de CO₂-uitstoot in Nederland sneller afgenomen, met name door de disruptie van de Covid-19 schok. Het is de scherpste reductie in CO₂ geweest sinds 2015. De CO₂ emissies in de industrie lieten een iets ander patroon zien. Op een afname van 7% op jaarbasis in het tweede kwartaal van 2020 na, bleef de uitstoot in de overige drie kwartalen van 2020 nagenoeg stabiel. En zodra de economie zich weer langzaam openstelde in het begin van 2021, nam de uitstoot weer significant harder toe. En dat is teleurstellend. Want veel industriële sectoren hebben namelijk diverse reductiemogelijkheden voorhanden die al op relatief korte termijn goede resultaten kunnen opleveren, zonder al te veel obstakels. Denk aan het invoeren van energie-efficiency maatregelen, installeren van hybride boilers en warmtepompen en uitnutten van restwarmte. Ondanks de toegenomen investeringsbereidheid onder veel bedrijven werpen deze milieumaatregelen kennelijk nog onvoldoende vruchten af op grotere schaal.

ESG & Economie

Duurzaamheids- & decarbonisatieprofielen van een selectie van industriële sectoren

*In de hiernavolgende analyses per subsector binnen de industrie is veelvuldig gebruik gemaakt van de rapporten uit het project MIDDEN van het **Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)**. Voor meer gedetailleerde sectorinzichten over decarbonisatie en achtergronden verwijzen wij naar de website van project MIDDEN: <https://www.pbl.nl/en/middenweb>. De rapporten van het PBL zijn Engelstalig. Bij de opstelling van onze analyses over een select aantal subsectoren is tevens gebruik gemaakt van diverse publicaties van **CE Delft** over de duurzame trends in de energie-intensieve sectoren. Daarvan treft u hier een overzicht: <https://ce.nl/rapporten/>. Voor veel data over duurzaamheid hebben wij de openbare database van het **Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS)** gebruikt (Nationale Rekeningen).*

Binnen het MIDDEN project van PBL en de database staan nog een tal van industriële subsectoren die niet binnen de scope van onze analyse vielen, meestal vanwege het ontbreken van data. Het betreft hier onder andere sectoren zoals offshore gasproductie, suikerindustrie, brouwerijen, olieraffinaderijen, industriële gassen, zoutindustrie, biobrandstoffenindustrie, steenwolindustrie, asfaltindustrie, cementindustrie, keramiekindustrie en specifieke onderdelen van de basischemie.

6 Aardappelindustrie - duurzaamheid

De aardappelindustrie is een klein onderdeel van de voedings- & genotmiddelenindustrie (foodindustrie). In termen van bedrijfsopbrengsten ligt het aandeel van deze industrie ten opzichte van de foodindustrie tussen de 1-5%. De aardappelindustrie herbergt 5.400 werkzame personen, terwijl in de hele foodindustrie 178.800 personen werken. Mondiaal speelt de Nederlandse aardappelindustrie echter een zeer prominente rol met een jaarlijkse productie van circa 2,5-3 miljoen ton aardappelen.

De toegevoegde waarde van de totale foodindustrie beslaat circa 17 miljard euro (werkelijke prijzen, 2019). Dit is circa 2,3% van het totale BBP van Nederland. De foodindustrie is onderdeel van de sector industrie en heeft met 19% een significant aandeel in de totale toegevoegde waarde van deze sector. De productiviteit in de foodindustrie is in de periode 2010-2019 slechts licht toegenomen met 1%. Hierbij is de toegevoegde waarde sneller gegroeid dan het aantal bedrijven in de sector. In termen van de totale CO₂-uitstoot ten opzichte van de industrie en van Nederland is het aandeel van de sector aanzienlijk met respectievelijk 11% en 2%.

Een sterkere groei van de toegevoegde waarde sinds 2010 heeft geleid tot een toename in de emissies. Dat geldt ook voor de aardappelindustrie. De emissies van de totale foodindustrie zijn in de periode 2010-2019 toegenomen met 14%. Maar ten opzichte van het niveau van 1990 liggen de emissies inmiddels 5% lager. Over de afgelopen 20 jaar ligt daarmee de gemiddelde reductie op 0,5% per jaar. Om het gestelde 2030 doel te bereiken is echter een minimale reductie van 5% jaarlijks nodig. Dit maakt dat er nog veel werk moet worden verzet om decarbonisatie meer tractie te geven. Specifieke cijfers over de emissies van de aardappelindustrie ontbreken.

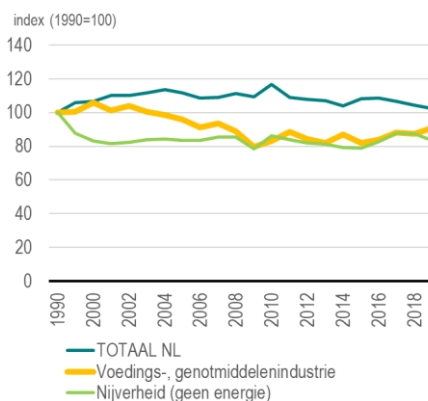
Met een aandeel van 14,8% in het finale energieverbruik van de hele industrie en 4,4% ten opzichte van Nederland, verbruikt de totale foodindustrie relatief veel energie. Van de 82,2 Peta Joule in 2019 komt 10,7 Peta Joule voor rekening van de aardappel-, groente, fruit verwerkende (AGF-) industrie, ofwel 12%. Het energieverbruik in de AGF-industrie bestaat grotendeels uit aardgas (75%) en elektriciteit (21%) in 2019. De kosten van energieverbruik maken in de aardappelindustrie zo'n 2-3% uit van de bedrijfsopbrengsten (bron: CBS). De aardappelindustrie kenmerken zich echter door een relatief hoog verbruik aan materialen en verbruikt daarbij relatief veel van energie. Bewerking van voeding- en landbouwproducten is nu eenmaal de kern van het productieproces. Mede daardoor hebben stijgende energieprijzen door de jaren heen niet geleid tot een dalende energievraag.

Duurzaamheidsprofiel van de voedings- & genotmiddelenindustrie

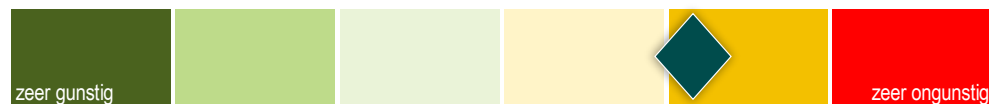
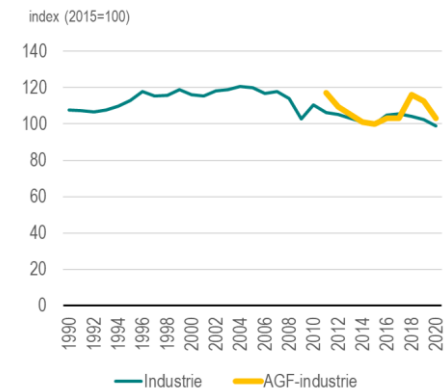
DUURZAAMHEIDSINDICATOREN

CO₂ uitstoot sector (2019, kton)	3.750
- aandeel CO ₂ uitstoot tov tot. luchtmissies sector	99,5%
- aandeel tov uitstoot totale industrie	11%
- aandeel tov uitstoot Nederland	2%
<i>Impact CO₂ reductie op totaal:</i>	<i>hoog</i>
Afwijking in % van 2030 doel	49%
- minimale % reductie nodig per jaar	-5%
- gemiddelde jaarlijkse %-verandering uitstoot (over 20 jaar)	-0,5%
<i>Haalbaarheid reductiedoel:</i>	<i>moeilijk</i>
Finaal energieverbruik (2019, PJ)	82,2
- aandeel tov totale industrie	14,8%
- aandeel tov totaal eindgebruikers energie	4,4%
<i>Energie-intensiteit</i>	<i>hoog</i>

Trend in CO₂ emissies

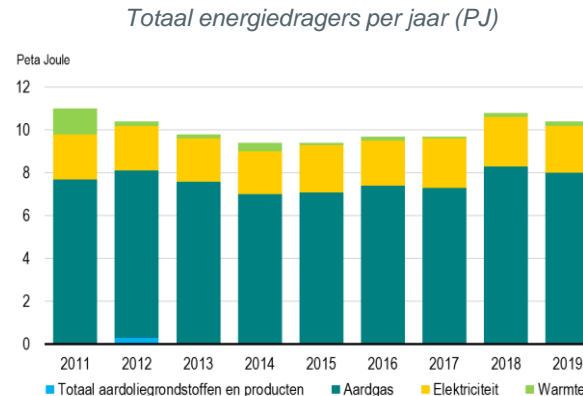
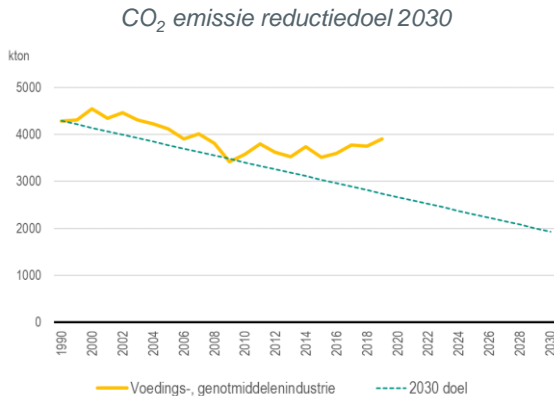


Trend in finaal energieverbruik

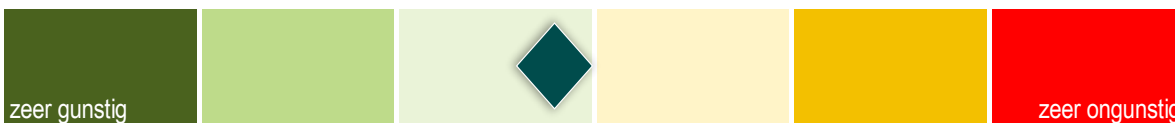


7 Aardappelindustrie - reductie van CO₂

Decarbonatieprofiel van de aardappelindustrie



DECARBONISATIE TECHNIKEN	TRL ¹⁾	% CO ₂ reductie-potentieel	Investering	Onderhoud
- Energy efficiency - Peeling	7	0-10	-	-
- Energy efficiency - Preheating with pulsed electric field (PEF)	7	20-30	-	-
- Energy efficiency - Blanching	6	0-10	-	-
- Energy efficiency - Multi-flow injection in frying section	4	20-30	-	-
- Energy efficiency - Heat recovery fryer	6	10-20	-	-
- Material efficiency - Biogas production	9	-	zeer hoog	-
- Fuel substitution - Biogas	9	75-90	zeer laag	-
- Fuel substitution - Electrification (heatpump)	6	75-90	gemiddeld	-
- Fuel substitution - Mechanical vapour compression	9	75-90	laag	-
- Fuel substitution - Electrification (boiler)	9	75-90	laag	-
- Fuel substitution - Hydrogen boiler	9	75-90	laag	-



In de aardappelindustrie zijn er drie manieren om het decarboniseren te versnellen: energie efficiency, materiaal efficiency of vervanging van brandstoffen. Bij de verwerking van aardappelen tot consumentenproducten is voldoende stoom en brandstof nodig voor verwarming. Daarnaast is veel elektriciteit nodig voor het koelen, vriezen en voor de benodigde machines en apparatuur.

Het hele verwerkingsproces van aardappelen kent drie belangrijke stadia: het schillen, blancheren en verhitten (frituren, braden). In deze processen zijn veel mogelijkheden om meer energie efficiency te realiseren. Blancheren is nodig om de enzymen in de aardappelen te deactiveren. Daarmee neemt de houdbaarheid toe. Hier is echter veel water en energie voor nodig. Dit geldt eveneens voor het schilproces.

De *Pulsed Electric Field* (PEF)-technologie kan de traditionele voorverwarming van aardappelen met stoom vervangen. Hierdoor daalt het waterverbruik met 90%. Het energieverbruik voor het voorverwarmen daalt met 85%. Bij materiaal efficiency gaat het vooral om het reduceren van afvalstromen. Valorisatie (ofwel het omzetten in waarde) van deze afvalstromen kan via de productie van biogas. Dit biogas kan in de energiebehoefte voorzien en vermindert bovendien de CO₂-uitstoot van de sector. Biogas uit aardappelafval kan via eenvoudige en commercieel beschikbare technologieën.

Het vervangen van brandstoffen zijn de 'short term gains' voor de aardappelindustrie en levert in termen van CO₂ reductie het meeste op. Het gebruik van koolstofarme of koolstof neutrale energiebronnen in plaats van aardgas kan de directe CO₂-uitstoot van de aardappelindustrie sterk verminderen. Dit kan biogas, groen gas, waterstof of koolstofvrije elektriciteit zijn om warmte en stoom aan het verwerkingsproces te leveren. Daarbij komt dat de investeringskosten om dit te realiseren relatief laag liggen en dus ook beter bereikbaar zijn voor MKB-bedrijven.

8 Zuivelindustrie - duurzaamheid

De zuivelindustrie telt begin 2021 in totaal 325 bedrijven en dit is 5% van de 7.120 bedrijven die actief zijn in de voedings- & genotmiddelenindustrie (foodindustrie). In termen van bedrijfsopbrengsten ligt het aandeel van de zuivelindustrie tussen de 15-20%. De toegevoegde waarde van de totale voedings- & genotmiddelenindustrie beslaat circa 17 miljard euro (werkelijke prijzen, 2019). Dit is circa 2,3% van het totale BBP van Nederland.

De foodindustrie is onderdeel van de sector industrie en heeft met 19% een significant aandeel in de totale toegevoegde waarde van deze sector. De efficiency in de foodindustrie is in de periode 2010-2019 slechts licht toegenomen met 1%. Hierbij is de toegevoegde waarde sneller gegroeid dan het aantal bedrijven in de sector. In termen van de totale CO₂-uitstoot ten opzichte van de industrie en van Nederland is het aandeel van de sector aanzienlijk met respectievelijk 11% en 2%.

Een sterkere groei van de toegevoegde waarde sinds 2010 heeft geleid tot een toename in de emissies. De emissies van de sector zijn in de periode 2010-2019 toegenomen met 14%. Maar ten opzichte van het niveau van 1990 liggen de emissies inmiddels 5% lager. Over de afgelopen 20 heeft dit geresulteerd in een gemiddelde reductie van 0,5% per jaar. Om het gestelde 2030 doel te bereiken is echter een minimale reductie van 5% jaarlijks noodzakelijk. Dit maakt dat er nog veel werk moet worden verzet om decarbonisatie meer tractie te geven.

Met een aandeel van 14,8% in het finale energieverbruik van de hele industrie en 4,4% ten opzichte van Nederland, verbruikt de foodindustrie relatief veel energie. Van de 82,2 Peta Joule (PJ) in 2019 komt 15,8 Peta Joule voor rekening van de zuivelindustrie. Dit is een aandeel van 17%. Het energieverbruik in de zuivelindustrie bestaat grotendeels uit aardgas (circa 75%) en elektriciteit (circa 25%). De kosten van energieverbruik in de zuivelindustrie zijn met circa 2% van de bedrijfsopbrengsten relatief laag (bron: CBS, CE Delft).

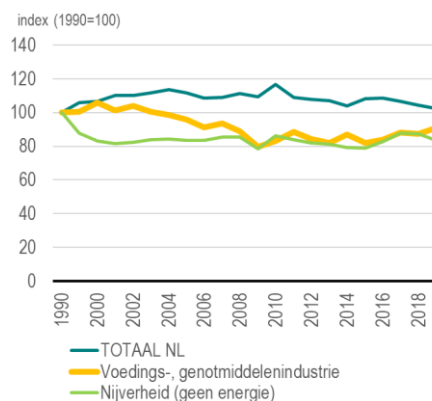
De foodindustrie als totaal kenmerkt zich echter door een relatief hoog verbruik aan materialen en verbruikt daarbij veel energie. Bewerking van voeding- en landbouwproducten is nu eenmaal de kern van het productieproces. Mede daardoor hebben stijgende energieprijzen niet geleid tot een dalende energievraag.

Duurzaamheidsprofiel van de voedings- & genotmiddelenindustrie

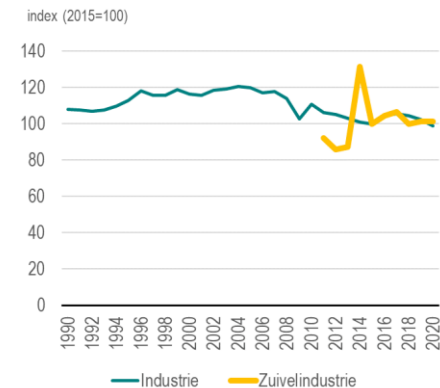
DUURZAAMHEIDSINDICATOREN

CO₂ uitstoot sector (2019, kton)	3.750
- aandeel CO ₂ uitstoot tov tot. luchtmissies sector	99,5%
- aandeel tov uitstoot totale industrie	11%
- aandeel tov uitstoot Nederland	2%
<i>Impact CO₂ reductie op totaal:</i>	<i>hoog</i>
Afwijking in % van 2030 doel	49%
- minimale % reductie nodig per jaar	-5%
- gemiddelde jaarlijkse %-verandering uitstoot (over 20 jaar)	-0,5%
<i>Haalbaarheid reductiedoel:</i>	<i>moeijlijk</i>
Finaal energieverbruik (2019, PJ)	82,2
- aandeel tov totale industrie	14,8%
- aandeel tov totaal eindgebruikers energie	4,4%
<i>Energie-intensiteit</i>	<i>hoog</i>

Trend in CO₂ emissies

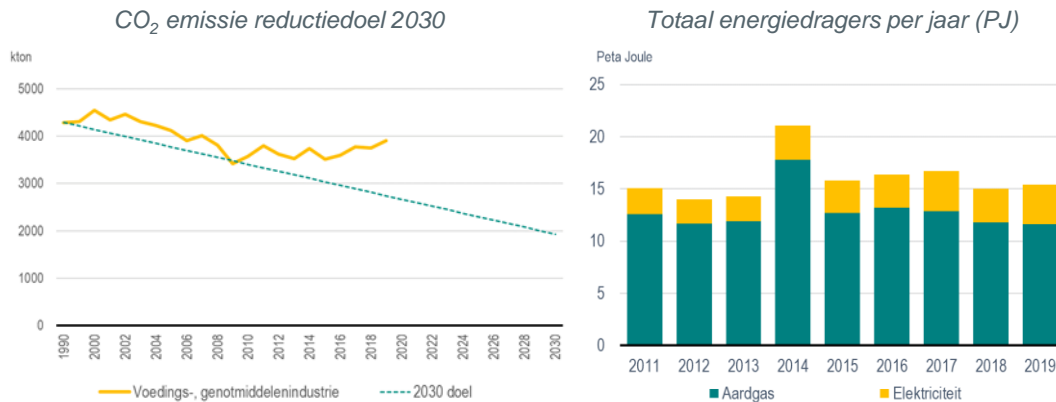


Trend in finaal energieverbruik



9 Zuivelindustrie - reductie van CO₂

Decarbonatieprofiel van de zuivelindustrie



De zuivelindustrie kenmerkt zich door een hoog verbruik aan ruwe grondstoffen en een relatief laag verbruik van energie. Het kostenaandeel van energie is beperkt, maar dat neemt niet weg dat fluctuaties in de energieprijzen grote invloed kunnen hebben op de resultaten.

De decarbonisatie opties hebben vooral betrekking op brandstofvervanging en procesontwerp. Melk bestaat voor ongeveer 87% uit water. Door het watergehalte van melk te verwijderen, blijven de vaste stoffen (zoals eiwitten, vetten, lactose en calcium) over in de vorm van een droog poeder. De warmtebehandeling vergt echter relatief veel energie. Stoom is de belangrijkste secundaire energiedrager in de zuivelindustrie (bron: PBL). Daarvoor wordt doorgaans veel aardgas verbruikt. Voor het produceren van stoom kunnen ook alternatieve methoden worden toegepast, zoals elektrische boilers, boilers op biogas of groen gas, warmtepompen of geothermische energie. Sommige bedrijven in de zuivelindustrie maken inmiddels al gebruik van 'Ultra Deep Geothermal' (UDG) energie. Dit is een duurzame bron van energie. Er bestaan voldoende decarbonisatieopties in de zuivelindustrie. Het bereiken van meer energie-efficiëntie blijft hierbij een belangrijk onderwerp.

De meeste Nederlandse zuivelverwerkingslocaties (inclusief alle EU ETS-geregistreerde) nemen deel aan het MJA3-convenant, waarin de meldingsplicht over de voortgang op het gebied van energie-efficiëntie is opgenomen (bron: CE Delft). Vermindering van CO₂ kan door hergebruik van warmte en de vervanging van installaties als een vacuümpomp, waterpomp en koelmachine. Vanwege de grote hoeveelheden afvalwarmte uit verwerkingsfaciliteiten voor zuivelproducten, kunnen warmtepompen worden gebruikt om alle afvalstromen efficiënter te gebruiken. Het verbruik van water in het productieproces is relatief groot, vooral voor het schoonmaken van installaties. Het schoonmaken gebeurt vaak met het 'Cleaning-in-Place' (CIP) techniek. Het genereert 50-95% van het afvalwater (bron: PBL). Daarom zetten vooruitstrevende melkveehouders en -verwerkers innovatieve waterbesparende technieken in en hergebruiken veel bedrijven water op grotere schaal. Maar ook staat voorlichting over voedselverspilling richting consumenten en duurzame vernieuwingen in verpakkingen (zoals biobased verpakkingen, gemaakt van organische reststoffen) hoog op de agenda.

DECARBONISATIE TECHNIKEN	TRL ¹⁾	% CO ₂ reductie-potentieel	Investering	Onderhoud
- Zeolite drying	6	10-20	hoog	-
- Membrane processes	7	0-10	gemiddeld	laag
- Mechanical Vapour Recompression (MVR)	9	10-20	gemiddeld	gemiddeld
- Heat pumps	5	20-30	gemiddeld	gemiddeld
- Water reuse and wastewater treatment	9	-	gemiddeld	laag
- Fuel substitution - Electric boilers	9	60-75	gemiddeld	laag
- Fuel substitution - Hydrogen boilers	9	60-75	gemiddeld	hoog
- Fuel substitution - Biogas boilers (gas production)	9	60-75	gemiddeld	gemiddeld
- Carbon Capture Usage & Storage (CCU/CCS)	7	10-20	hoog	gemiddeld



10 Staalindustrie - duurzaamheid

De sector die zich bezig houdt met het maken van staal en staalproducten in Nederland is kleinschalig. Slechts 45 bedrijven in Nederland houden zich bezig met het maken van ruw staal, terwijl 145 bedrijven meer specifieke staalproducten maken (stalen buizen, pijpen, profielen) en verwerken van staal (trekkerijen en walsen). Het totaal van 190 bedrijven is de helft van het totaal aantal bedrijven in de basismetaalindustrie. De toegevoegde waarde van deze 190 bedrijven is met circa 0,2% van het BBP echter relatief laag.

De emissies zijn met een aandeel van 4% in de totale emissies van Nederland (en ten opzichte van de industrie) daarentegen fors. Hierin zit echter wel een groot onderscheid. Het energiegebruik en de emissies gerelateerd aan het vervaardigen van staalproducten en het verwerken van staal zijn verwaarloosbaar in vergelijking met het energiegebruik en de emissies die gerelateerd zijn aan de processen in het maken van ruw staal.

In het maken van ruw staal heeft één bedrijf in Nederland een prominent aandeel: Tata Steel IJmuiden. Het bedrijf heeft een aandeel van 95-99% in de totale productie van staal in Nederland.

De CO₂-uitstoot van de sector is intensief door de relatief hoge aandelen in de totale uitstoot van Nederland en de industrie als totaal. Het is een hele opgave voor de sector om het reductiedoel van 2030 te halen. Een jaarlijkse reductie van 5% is noodzakelijk, maar dit is gezien de historisch trend in de emissies zeer moeilijk om te realiseren. Alleen een intensiever samenwerkingsverband in de sector (vooral in internationaal verband) en het implementeren van nieuwe reductietechnieken op grotere schaal kan dit reductiepad meer tractie geven.

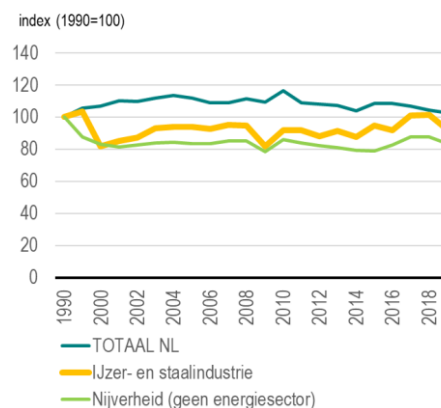
Tussen 1990 en 2019 is het totale energiegebruik in de staalindustrie toegenomen met 9,6% tot 102,3 Peta Joule (PJ). In 2020 is dit totale verbruik met 11% afgenomen. Het finale energiegebruik ligt met 39,0 PJ een stuk lager. Steenkool en steenkoolproducten zijn veruit de meest verbruikte energiedragers in deze sector, namelijk 80% van het totale verbruik bestaat uit steenkool en steenkoolproducten. Daarnaast zijn aardgas en elektriciteit belangrijke energiedragers. Tata Steel produceert meer hoogovensgas dan het zelf inzet. Dit gas wordt geleverd aan Vattenfall die het gebruikt voor elektriciteitsproductie in twee speciaal daarvoor ontworpen energiecentrales (Velsen 24 en Velsen 25, samen met IJmond 01). Hoogovensgas is zeer koolstofintensief. Deze emissies worden aan Tata Steel toegerekend.

Duurzaamheidsprofiel van de staalindustrie

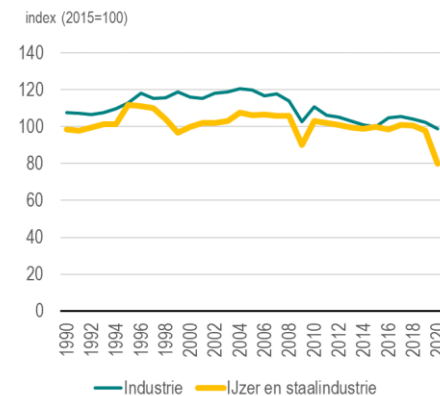
DUURZAAMHEIDSINDICATOREN

CO₂ uitstoot sector (2019, kton)	6.400
- aandeel CO ₂ uitstoot tov tot. luchtmissies sector	99%
- aandeel tov uitstoot totale industrie	19%
- aandeel tov uitstoot Nederland	4%
<i>Impact CO₂ reductie op totaal:</i>	<i>hoog</i>
Afwijking in % van 2030 doel	51%
- minimale reductie nodig per jaar	5%
- gemiddelde jaarlijkse %-verandering uitstoot (over 20 jaar)	1%
<i>Haalbaarheid reductiedoel:</i>	<i>zeer moeilijk</i>
Finaal energiegebruik (2019, PJ)	39,0
- aandeel tov totale industrie	9,3%
- aandeel tov totaal eindgebruikers energie	2,8%
<i>Energie-intensiteit</i>	<i>hoog</i>

Trend in CO₂ emissies

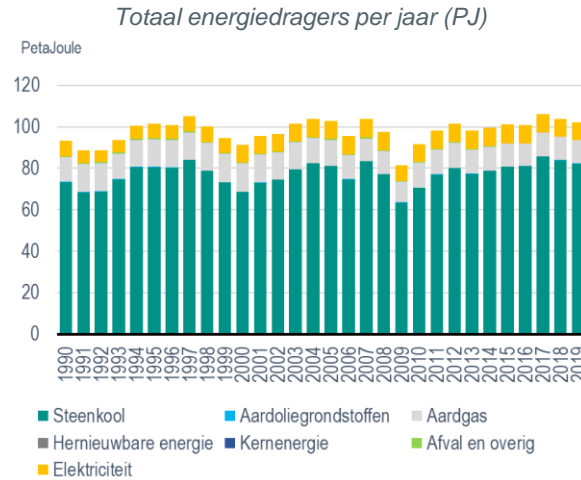
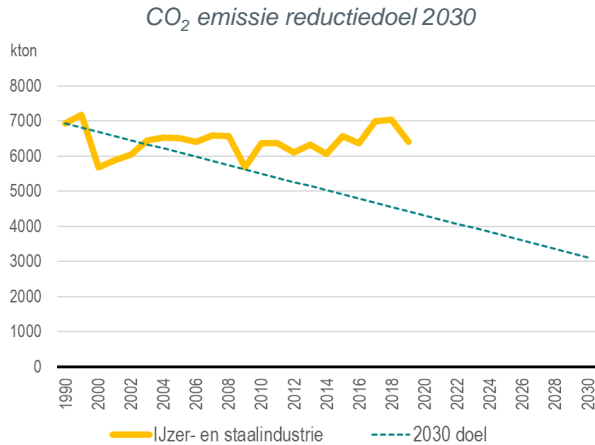


Trend in finaal energiegebruik



11 Staalindustrie - reductie van CO₂

Decarbonatieprofiel van de staalindustrie



DECARBONISATIE TECHNIKEN	TRL ¹⁾	% CO ₂ reductie-potentieel	Investering	Onderhoud
- Top gas recycling blast furnace (TGR-BF) with CCS	7	20-30	hoog	hoog
- Smelting reduction process (Hisarna) with CCS	5	10-20	hoog	laag
- Direct reduction process (UCLORED, natural gas)	3	-	gemiddeld	laag
- Iron ore electrolysis (ULCOWIN, ULCOLYSIS)	5	10-20	gemiddeld	hoog
- CO ₂ capture and storage	7	50-60	-	-
- CO ₂ capture and utilisation	-	-	-	-
- Steel recycling, increased use of scrap	-	-	-	-
- Use of biomass	-	-	-	-
- DRI by nat. gas with CCS (NG-DR/CCS) or hydrogen (H-DR)	7	30-40	zeer hoog	zeer hoog



De mondiale economie herstelt en cyclische metaalmarkten, waaronder staal, bewegen mee. Dit betekent dat de productie van staal toeneemt en daarmee ook de CO₂ emissies. Want 72% van de mondiale staalproductie wordt nog steeds via de sterk vervuulende Blast Furnace-Basic Oxygen Furnace (BF-BOF)-route gemaakt.

In de BF-BOF-route zijn cokeskolen de belangrijkste bron voor CO₂-emissies. Vanwege verschillen in gebruikte technologie varieert de CO₂-efficiëntie wereldwijd: hogere uitstoot in Azië, Rusland en Oekraïne en een lagere uitstoot in Europa en Amerika. In Nederland verloopt echter 100% van de staalproductie via de BF-BOF-route. Voor een deel wordt schroot gebruikt in het proces, maar de volumes zijn zeer laag. Hier gaat op korte termijn geen verandering in komen.

Mondiaal is er een trend zichtbaar in een toename van de productie van staal via de Electric Arc Furnace (EAF)-route, waarbij de voornaamste input staalschroot is. Deze route is aanzienlijk minder vervuulend. De beschikbaarheid van schroot is hier een uitdaging.

Het energiegebruik en de emissies per ton vloeibaar ruw ijzer zijn ongeveer 20% lager als voor de traditionele BF-BOF-route. Investeringskosten worden geschat op 65-75% van een traditionele hoogoven, maar zijn daarmee nog steeds hoog. De operationele kosten – inclusief kosten voor energie – zijn naar verwachting 10% lager dan bij een conventionele hoogoven (bron: CE Delft). Deze technologie is echter nog steeds alleen nog in een pilotinstallatie gedemonstreerd en zal naar verwachting nog 5-10 jaar nodig hebben voor een eerste commerciële operationele installatie. Het opschalen van de Hisarna-techniek (tot 1 mln ton) heeft echter bij Tata Steel IJmuiden prioriteit. Veel andere reductieroutes staan op de agenda, maar daarin is de voortgang relatief traag en/of kleinschalig. De reductietechniek met CCU en CCS blijven een grote rol spelen. De top gas recycling proces (TGR-BF) lijkt geen voordelen te geven qua kosten (bron: ULCOS, Birat).

12 Aluminiumindustrie - duurzaamheid

Van de 380 bedrijven actief in de basismetaleindustrie houden 60 bedrijven zich bezig met het vervaardigen van aluminium. Dit is 16%. De kleinschaligheid van de aluminiumindustrie heeft door de jaren heen grote invloed op de duurzaamheidscijfers.

Zoals te zien in de figuren rechtsonder ligt de reductie van CO₂ in de non-ferrometaalindustrie sinds 2012 aanzienlijk lager ten opzichte van de periode 1990-2011. Het komt vooral doordat twee grote aluminiumproducenten (Zalco en Aluminium Delfzijl) in 2011 en 2013 hun elektrolyseovens hebben stilgelegd.

Zalco produceerde vooral primair aluminium (uit bauxiet), terwijl Aldel ook aluminium produceerde met schroot. Het gebruik van aardoliegrondstoffen en -producten hing samen met de productie van anodes bij aluminiumproductie.

De anodes worden geproduceerd uit petroleum coke en een beperkte hoeveelheid steenkoolteer. Met het sluiten van beide aluminiumsmelters is ook consumptie van anodes sterk afgenomen. Eén van de belangrijkste oorzaken van de sluiting was de hoge energieprijzen in Nederland in combinatie met lage aluminiumprijzen destijds. Door de hoge elektriciteitsrekeningen verslechterde de concurrentiepositie.

Zalco hield alleen nog de anodeproductie en de gieterij operationeel, maar daarvan ligt de CO₂ emissie aanzienlijk lager. Met het stilleggen van de energie-intensieve elektrolyseovens werd in 2013 feitelijk al het beoogde 2030 emissiereductiedoel bereikt. Dit neemt niet weg dat reductie van CO₂ in de sector nog steeds hoog op de agenda staat. Deze nieuwe realiteit nodigt bovendien uit om het reductiedoel niet aan 1990 te relateren, maar aan 2012.

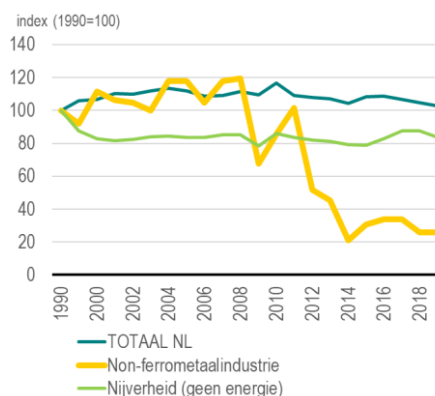
De aluminiumindustrie blijft een intensief verbruiker van elektriciteit voor het elektrolyseproces. Ten opzichte van het totale energieverbruik in de totale industrie en Nederland is dit echter marginaal.

Duurzaamheidsprofiel van de non-ferrometaalindustrie

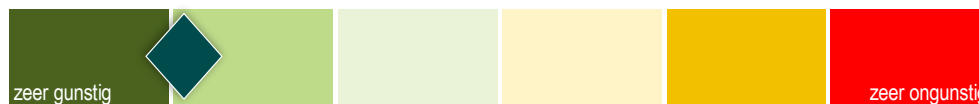
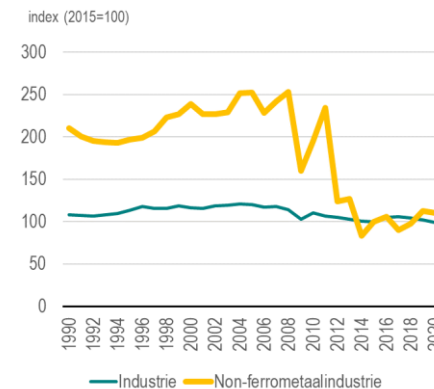
DUURZAAMHEIDSINDICATOREN

CO₂ uitstoot sector (2019, kton)	160
- aandeel CO ₂ uitstoot tov tot. luchtmissies sector	91%
- aandeel tov uitstoot totale industrie	0,5%
- aandeel tov uitstoot Nederland	0,1%
<i>Impact CO₂ reductie op totaal:</i>	<i>zeer laag</i>
Afwijking in % van 2030 doel	-74%
- minimale reductie nodig per jaar	-7%
- gemiddelde jaarlijkse %-verandering uitstoot (over 20 jaar)	-4%
<i>Haalbaarheid reductiedoel:</i>	<i>eenvoudig</i>
Finaal energieverbruik (2019, PJ)	12,7
- aandeel tov totale industrie	2,3%
- aandeel tov totaal eindgebruikers energie	0,7%
<i>Energie-intensiteit</i>	<i>zeer laag</i>

Trend in CO₂ emissies

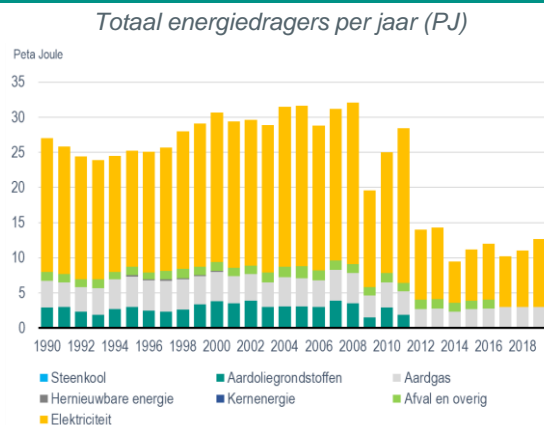
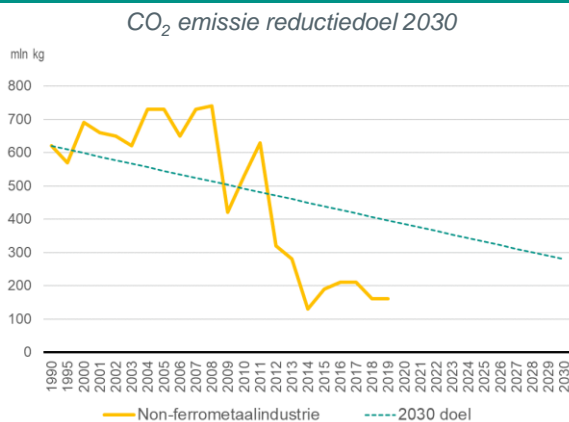


Trend in finaal energieverbruik

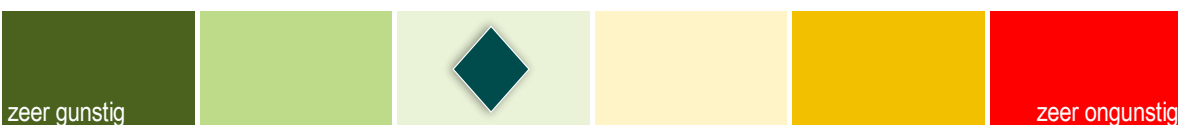


13 Aluminiumindustrie - reductie van CO₂

Decarbonatieprofiel van de aluminiumindustrie



DECARBONISATIE TECHNIKEN	TRL ¹⁾	% CO ₂ reductie-potentieel	Investering	Onderhoud
- Hall-Heroult process - Implementing BATS	9	0-10	zeer hoog	-
- Hall-Heroult process - Incremental energy efficiency	9	0-10	laag	-
- Hall-Heroult process - Dynamic AC magnetic field	7	0-10	zeer laag	-
- Hall-Heroult process - Wetted cathodes	8	0-10	gemiddeld	-
- Hall-Heroult process - Inert anodes	6	>90	zeer laag	-
- Hall-Heroult process - Kaolinite reduction	4	0-10	zeer hoog	-
- Hall-Heroult process - Carbothermic reduction	2	10-20	hoog	-
- Hall-Heroult process - Carbon Capture and Storage (CCS)	8	75-90	gemiddeld	-
- Prebaked carbon anodes - Implementing BATS and energy efficiency	9	20-30	-	-
- Prebaked carbon anodes - Bio cokes instead of petroleum cokes	9	50-60	-	-
- Prebaked carbon anodes - Green gas/hydrogen fired baking furnaces	-	-	-	-
- Prebaked carbon anodes - Carbon Capture and Storage (CCS)	7	75-90	-	-
- Prebaked carbon anodes - Inert anodes (make carbon anodes redundant)	6	-	-	-



Hoewel de directe emissiekosten (emissies als gevolg van activiteiten die eigendom zijn van of gecontroleerd worden door een bedrijf) marginaal blijven, hebben de indirecte emissiekosten (inkoop van energie) en de compensaties van de staat een aanzienlijke impact op het mondiale concurrentievermogen van smelterijen.

Circa 20% van de mondiale aluminiumproductie komt tot stand aan de hand van waterstof en andere vormen van duurzame energie. Een vergelijkbaar deel van de producenten gebruikt gas, terwijl een grote meerderheid nog steeds steenkolen gebruikt.

De meeste producenten van primair aluminium blijken relatief weinig flexibiliteit te hebben als het gaat om hun krachtbron(nen). Steenkolen en gas zijn mondiaal de belangrijkste bronnen. De afname hiervan loopt vaak via langlopende contracten. Er zijn de laatste tijd echter verschuivingen te zien in de krachtbronnen in de mondiale aluminiumindustrie. Windenergie is met name in Noorwegen een concurrerende alternatieve energiebron geworden, en steeds meer producenten hebben ervoor gekozen om volledig op het elektriciteitsnet te vertrouwen. In China heeft vooral overheidsbeleid geholpen om het windenergieverbruik te verhogen. Ook waterkracht wint aan populariteit.

De bovengenoemde decarbonisatietechnieken hebben direct betrekking op het productieproces. De directe emissies van de aluminiumindustrie (scope 1) zijn marginaal, zo blijkt. De reductie van de indirecte emissies (scope 2 en 3) hebben een veel grotere impact op de totale CO₂ emissies. Dit neemt niet weg dat de genoemde decarbonisatietechnologieën relevant blijven. Omdat de meeste koolstofarme technologieën nog niet op grote schaal zijn geïmplementeerd in deze sector, maakt dat ook de investeringskosten moeilijk in te schatten. Daarmee gaan de investeringsverwachtingen gepaard met een grote mate van onzekerheid.

14 Zinkindustrie - duurzaamheid

In Nederland zijn 15 bedrijven actief in het vervaardigen van lood, zink en tin. Dit is slechts 4% van de 380 bedrijven actief in de basismetallindustrie. Zoals te zien in de figuren rechtsonder ligt de reductie van CO₂ in de non-ferrometaalindustrie sinds 2012 aanzienlijk lager ten opzichte van de periode 1990-2011. Het komt vooral doordat twee grote aluminiumproducenten (Zalco en Aluminium Delfzijl) in 2011 en 2013 hun elektrolyseovens hebben stilgelegd.

De zinkindustrie is in verhouding tot de staal- en aluminiumindustrie veel minder materiaal- en energie-intensief. Dat neemt niet weg dat reductie van de CO₂ uitstoot van de sector relevant blijft. Zink wordt wereldwijd voor ongeveer 50% gebruikt voor het galvaniseren van andere metalen, voornamelijk staal voor auto's en bouwproducten.

Nyrstar is de grootste zinkproducent in Nederland (Budel). Grondstoffenhandelaar Tarfigura is grootaandeelhouder. Jaarlijks wordt 250.000 tot 300.000 ton zink gegoten in verkoopbare blokken.

Nyrstar Budel B.V. produceert circa 320.000 ton zink (cathode zink) per jaar. Een deel van de productie wordt afgezet bij NedZink, dat hoogwaardige zinkproducten voor toepassingen in de bouwsector produceert. Ongeveer 30% van het geproduceerde zink is bestemd voor de binnenlandse consumptie. Het jaarlijkse verbruik bij Nyrstar aan energie bedraagt ongeveer 3 PJ elektriciteit, voornamelijk voor zinksulfaat elektrolyse (niveau 2014, bron: CE Delft). Dit is een significant deel van het totale elektriciteitsverbruik in de non-ferrometaalindustrie.

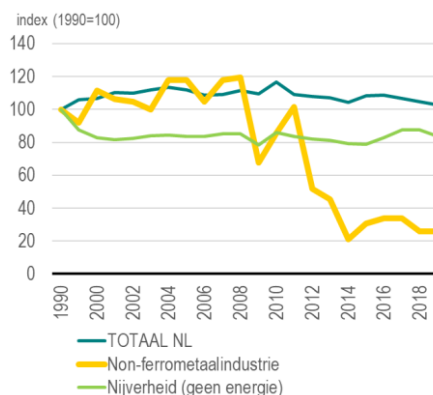
In de zinkindustrie zal het energiegebruik en emissies verder dalen door de toegezegde besparing van 0,6PJ in de zinkindustrie door toepassing van een nieuwe elektrolysetechnologie. Dit is een onderdeel in de 'Routekaart Metallurgische Industrie en Gieterijen' waarin de ambities van de sector richting 2030 zijn vastgelegd.

Duurzaamheidsprofiel van de non-ferrometaalindustrie

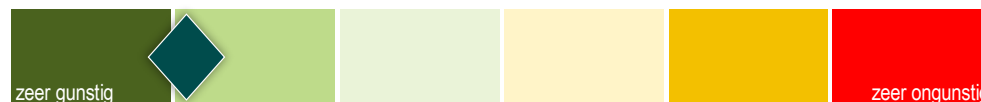
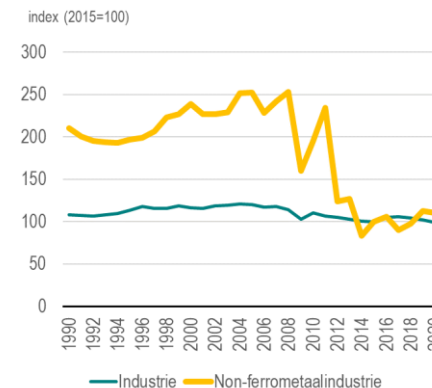
DUURZAAMHEIDSINDICATOREN

CO₂ uitstoot sector (2019, kton)	160
- aandeel CO ₂ uitstoot tov tot. luchtmissies sector	91%
- aandeel tov uitstoot totale industrie	0,5%
- aandeel tov uitstoot Nederland	0,1%
<i>Impact CO₂ reductie op totaal:</i>	<i>zeer laag</i>
Afwijking in % van 2030 doel	-74%
- minimale reductie nodig per jaar	-7%
- gemiddelde jaarlijkse groei %-verandering (over 20 jaar)	-4%
<i>Haalbaarheid reductiedoel:</i>	<i>eenvoudig</i>
Finaal energieverbruik (2019, PJ)	12,7
- aandeel tov totale industrie	2,3%
- aandeel tov totaal eindgebruikers energie	0,7%
<i>Energie-intensiteit</i>	<i>zeer laag</i>

Trend in CO₂ emissies



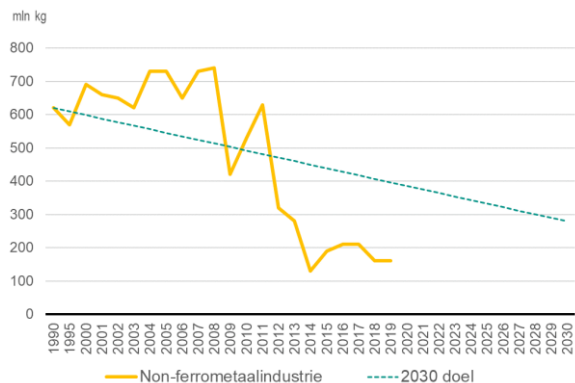
Trend in finaal energieverbruik



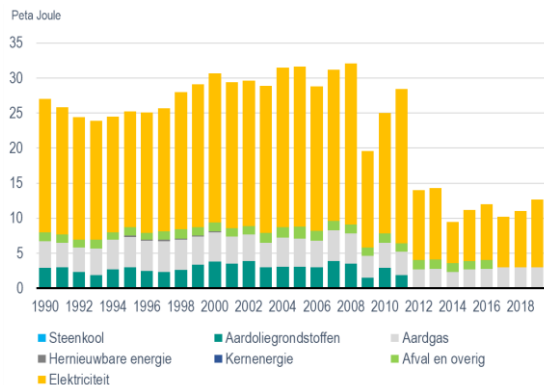
15 Zinkindustrie - reductie van CO₂

Decarbonatieprofiel van de zinkindustrie

CO₂ emissie reductiedoel 2030



Totaal energiedragers per jaar (PJ)

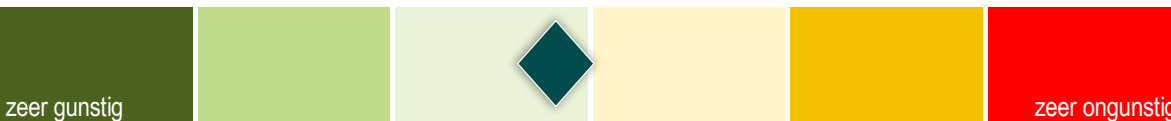


De benodigde elektriciteit voor de productie van zink komt van een aansluiting op de nationaal elektriciteitsnet. Voor het produceren van een ton zink is gemiddeld 4.100 kWh elektriciteit nodig. Circa 85% van de benodigde elektriciteit is bestemd voor het elektrolyse proces.

Nystar heeft in 2018 een zonnepark gerealiseerd van 60 hectare (Budel Solar Park). Dit is het op één na grootste zonnepark van Nederland. Het park is goed voor circa 30% van de energiebehoefte van Nystar (bron: FD). Nystar heeft de intentie om in 2021 elektriciteit met groene certificaten in te kopen om de indirecte CO₂-uitstoot te stoppen. Dit kan bijvoorbeeld met nieuwe wind- en zonneparken of door het eigen zonnepark uit te breiden. Nystar wil tevens als een 'virtuele batterij' fungeren. De productie is dan afhankelijk van de beschikbaarheid van duurzame elektriciteit. Is er op een bepaald moment veel (of juist weinig) duurzame elektriciteit beschikbaar, dan stijgt (of daalt) de productie. Naast elektriciteit verbruikt de zinkfabriek gemiddeld 4.000.000–10.000.000 Nm³ aardgas en 500-700 ton dieselolie per jaar. Circa 19 tot 48% van de directe emissies heeft betrekking op aardgas en 4 tot 6% op dieselolie (bron: PBL).

Het elektrolyseproces verbruikt alleen elektriciteit. Dit betekent dat energie efficiency in dit traject de indirecte CO₂-uitstoot vermindert. Omdat het tevens een energie-intensief proces is, kunnen de kleinste verbeteringen in de energie efficiency al een aanzienlijke impact hebben. Tussen de 46 tot 77% van de directe CO₂-uitstoot is gerelateerd aan de koolstof die in de zinkconcentraten zit. Om deze reden kan het potentieel van bijvoorbeeld CO₂ opslag (CCS) verder worden onderzocht. Daarbij moet worden opgemerkt dat het concentratieniveau en het volume van CO₂ hier relatief laag is. Dan is het de vraag of de kosten tegen de baten opwegen. Directe input in de uitlogening ('leachen') van zinkoxide afkomstig van de recycling van gegalvaniseerd staal wordt nog verder onderzocht door Nystar en Tata.

DECARBONISATIE TECHNIKEN	TRL ¹⁾	% CO ₂ reductie-potentieel	Investering	Onderhoud
- Substitution of diesel oil by renewable energy fuels (bio oil or green gas)	3	0-10	-	-
- Substitution of natural gas by green gas or hydrogen	3	30-40	-	-
- Electrification of the gas-fired burners in the melting and casting department	9	40-50	-	-
- Energy efficiency improvements in the electrolysis winning process	9	0-10	-	-
- Direct input in leaching step of zinc oxide from recycling of galvanised steel	9	-	-	-
- Carbon Capture & Storage (CSS)	9	-	-	-



16 Glasindustrie - duurzaamheid

De bouwmaterialenindustrie omvat een veelheid van verschillende industrieën. Denk hierbij aan de vervaardiging van glaswerken, keramische producten, cement, betonproducten, kalk, gips en natuursteenbewerking. Al deze industrieën hebben één gemeenschappelijke factor: ergens in het productieproces gaat het product de oven in, waarbij zeer hoge temperaturen worden toegepast.

Het aandeel van de glasindustrie in de bouwmaterialenindustrie is ongeveer 15-20%. In de bouwmaterialenindustrie zijn bijna 2.000 bedrijven actief. Hiervan behoort 34% tot de glasindustrie.

De bouwmaterialenindustrie is goed voor een CO₂ uitstoot van 4% van de totale industrie en 1% van Nederland. De urgentie van CO₂ reductie blijft daarmee hoog, maar uit de cijfers blijkt dat het 2030 reductiedoel inmiddels is bereikt.

In 2019 zijn de CO₂-emissies met 57% afgenomen sinds 1990 en liggen daarmee inmiddels 5% onder het beoogde 2030-doel. Het totale energieverbruik van de bouwmaterialenindustrie was in 2019 in totaal 22,7 Peta Joule (PJ), waarvan 99% energetisch finaal verbruik (22,6 PJ). Eénderde van het totale energieverbruik van de bouwmaterialenindustrie komt voor rekening van de glasindustrie.

De glasindustrie verbruikt vooral aardgas (80%) in het productieproces en een kleiner deel elektriciteit (20%). De kosten van het energieverbruik liggen in de glasindustrie relatief hoog. Ongeveer 10% van de totale bedrijfskosten komt voor rekening van energie (niveau 2015). In de totale bouwmaterialenindustrie is dit bijna 5%.

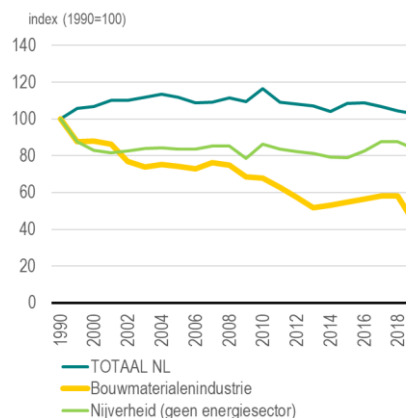
Het totale energieverbruik van de bouwmaterialenindustrie ligt in 2019 inmiddels 42% lager dan het niveau van 1990. De reductie is toe te schrijven aan stapsgewijze procesverbeteringen in diverse sectoren. Ook heeft dematerialisatie - waarbij minder materiaal wordt gebruikt zonder dat dit ten koste gaat van de kwaliteit - geholpen in de reductie.

Duurzaamheidsprofiel van de bouwmaterialenindustrie

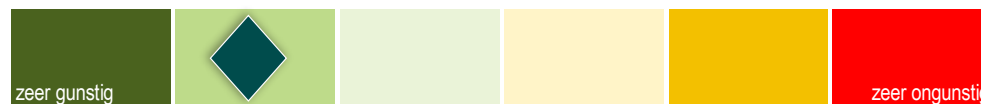
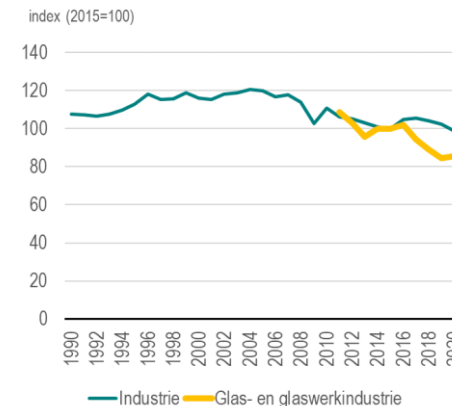
DUURZAAMHEIDSINDICATOREN

CO₂ uitstoot sector (2019, kton)	1.740
- aandeel CO ₂ uitstoot tov tot. luchtmissies sector	99%
- aandeel tov uitstoot totale industrie	4%
- aandeel tov uitstoot Nederland	1%
<i>Impact CO₂ reductie op totaal:</i>	<i>gemiddeld</i>
	-5%
Afwijking in % van 2030 doel	
- minimale reductie nodig per jaar	0%
- gemiddelde jaarlijkse %-verandering uitstoot (over 20 jaar)	-3%
<i>Haalbaarheid reductiedoel:</i>	<i>zeer eenvoudig</i>
Finaal energieverbruik (2019, PJ)	22,6
- aandeel tov totale industrie	4,1%
- aandeel tov totaal eindgebruikers energie	1,2%
<i>Energie-intensiteit</i>	<i>zeer laag</i>

Trend in CO₂ emissies

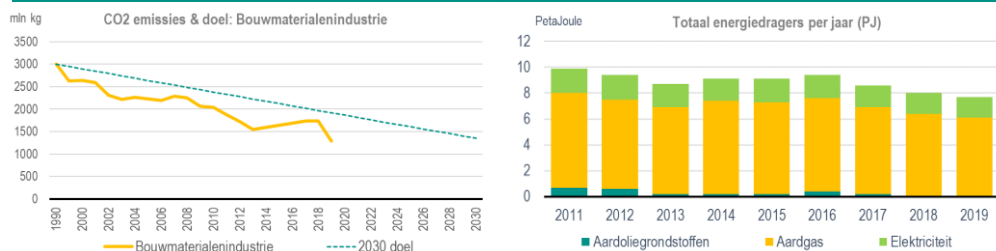


Trend in finaal energieverbruik



17 Glasindustrie - reductie van CO₂

Decarbonatieprofiel van de glasindustrie



DECARBONISATIE TECHNIKEN

	TRL ¹⁾	Reductie %	Investing	Onderhoud
Opties voor glasverpakkingen:				
- Fuel substitution - Full electrification	7	75-90	laag	-
- Fuel substitution - Green gas instead of natural gas	8	75-90	-	-
- Fuel substitution - Hydrogen combustion	4	60-75	-	-
- Process design - Electric furnace	7	75-90	hoog	-
- Process design - Oxy-fuel furnace	9	0-10	zeer hoog	-
- Process design - Batch/cullet preheating	9	10-20	laag	-
- Process design - Electricity generation	8	0-10	laag	-
- Process design - Optimelt TCR plus	7	10-20	zeer hoog	-
- Carbon Capture & Storage (CSS)	7	-	-	-
- Residual energy use - Building heating	8	0-10	-	-
- Residual energy use - District heating	8	-	-	-
Opties voor glasvezel:				
- Energy efficiency - waste heat use	-	-	-	-
- Recycling	8	0-10	-	-
- Electrification	9	60-75	hoog	-
- Hydrogen	7	75-90	-	-
- Upgraded biogas	-	-	-	-
Opties voor glaswol:				
- All-electric furnaces	7	20-30	-	-
- Oxy-fuel furnaces	9	0-10	-	-
- Green gas	6	40-50	laag	-
- Hydrogen	6	40-50	-	-
- Energy efficiency options	-	-	-	-



Glasverpakkingen: De TRL¹⁾ in de decarbonisatie-opties die betrekking hebben op procesontwerp zijn hoog, maar de CO₂ reducties zijn hier relatief laag. Herontwerp in het proces van de elektrische ovens levert daarentegen grotere CO₂ reductie op, maar de techniek is nog niet op grote schaal toepasbaar. De meeste winst in termen van CO₂ reductie zou kunnen worden gerealiseerd met het vervangen van de bestaande brandstoffen voor groenere equivalenten, zoals biogas, waterstof en volledige elektrificatie. De TRL voor waterstofverbranding is echter laag. Al deze kansrijkere opties zijn echter afhankelijk van de beschikbaarheid, de aanwezigheid van infrastructuur en natuurlijk de prijs. Het potentieel van opties voor terugwinning en inzet van afvalwarmte is groot, maar de CO₂ reductie zijn per saldo laag.

Glasvezelindustrie: Het recyclen van externe stromen is een kans voor meer efficiëntie en dus lagere emissies. Elke 10% toename van het aandeel van gerecycled glas in het smeltproces verhoogt de efficiëntie met 2% tot 3% (bron: PBL). Met verdere elektrificatie en gebruik van waterstof is echter meer CO₂ reductie mogelijk. Volledig elektrische ovens hebben een hoger rendement dan ovens op fossiele brandstoffen. Het is echter technisch moeilijk implementeerbaar. Het zogenoemde 'electric boosting' (hybride vorm) is een stuk eenvoudiger, maar de efficiencywinst is beperkt. Waterstofverbranding in plaats van gas levert het meeste op in termen van CO₂ reductie. De beschikbaarheid van betaalbare (groene) waterstof is de beperkende factor.

Glaswolindustrie: Bedrijven kunnen deelnemen aan het MEE-convenant, waarbij deelnemers actief zoeken naar efficiencyopties met een terugverdientijd van minder dan vijf jaar. Gangbare opties zijn hier: een verbetering in het ovenontwerp, voorverwarming en stoomproductie met restwarmte en meer inzet van glasafval. Gebruik van elektrische ovens levert een groot potentieel voor decarbonisatie. De technologie is op kleinere schaal commercieel verkrijgbaar. De efficiencywinst ten opzichte van conventionele ovens is circa 25%. De kosten van elektriciteit versus gas zijn echter doorslaggevend voor grootschalige toepassingen. Toepassing van oxy-fuel ovens kan energieverliezen met wel 25-35% verminderen. Per saldo zijn de reducties in CO₂ echter laag. Het gebruik van groen gas en groene waterstof zijn veelbelovend, maar ook hier is de betaalbaarheid een remmende factor. De investeringen om de productiefaciliteiten aan te passen voor biogas zijn gering, maar wellicht is een aparte gasinfrastructuur nodig.

18 Papier- & kartonindustrie - duurzaamheid

De papier- en grafische industrie heeft een relatief laag aandeel ten opzichte van de totale uitstoot van de hele industrie en Nederland. Door de jaren heen heeft de papier- en grafische industrie talloze decarbonisatie-initiatieven geïmplementeerd en die hebben bijgedragen aan de geleidelijke CO₂ reductie sinds de jaren 90. Met de opkomst van het digitale tijdperk eind jaren 90 nam de druk op de papierindustrie enigszins toe. Het is vooral de financiële crisis van 2008-2009 die voor een flinke afname in de papierproductie zorgde. Vanaf dat moment namen ook de CO₂-emissies in de sector af.

De papier- en grafische industrie laat in de reductie een sneller traject zien dan de reductietrend in de totale industrie. De haalbaarheid van het 2030-reductiedoel lijkt daarmee relatief eenvoudig te realiseren. Een minimale jaarlijkse reductie van 2% in de CO₂ uitstoot is noodzakelijk om het 2030-doel te bereiken. Dit is tevens de gemiddelde afname van de uitstoot over de afgelopen 20 jaar.

De energie-intensiteit van de papier- en grafische industrie is met een finaal energieverbruik van 22,8 Peta Joule (PJ) relatief laag. Meer dan 91% (20,9 PJ) van het totale energieverbruik komt voor rekening van de papierindustrie. Het verschil tussen totaal verbruik en finaal energieverbruik is bescheiden. Dit wordt deels verklaard door de inzet van warmtekrachtkoppeling (WKK) en het gebruik van aardolieproducten als grondstof in het productieproces. Met WKK wordt zowel elektriciteit als warmte opgewekt. Het elektrisch rendement van WKK-installaties in de papierindustrie is echter sinds 2008 lager (bron: CE Delft). Dit komt door een hoge gasprijs, een lage elektriciteitsprijs en de relatief lage prijs van CO₂-emissierechten in de afgelopen jaren. Volgens CE Delft (2020) kan WKK een rol blijven spelen tot 2030.

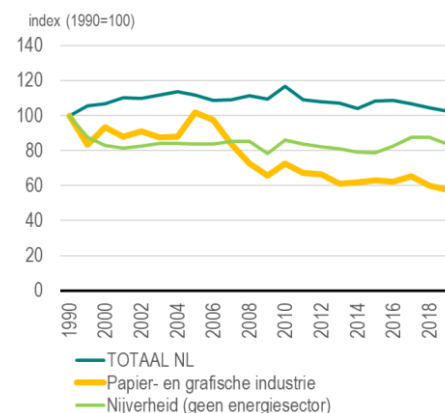
De papierindustrie is een warmte-intensieve industrie. De papierindustrie is in zijn totale energiebehoefte vooral afhankelijk van aardgas. Sinds de piek in het totale energieverbruik in 2000 is de neerwaartse trend doorgezet. Het energieverbruik is sindsdien met bijna 40% afgenomen. Dit is als gevolg van procesverbeteringen en optimalisaties van de WKK die een groter bijeffect hadden op de energiebesparing. Hierin is ook het verbruik van bijna alle energiedragers scherp afgenomen, terwijl de inzet van hernieuwbare energiedragers juist met 200% is toegenomen in dezelfde periode. De Nederlandse papierindustrie werkt voornamelijk met secundair papier in het productieproces en veel minder met 'virgin' (primair) materiaal. Dit biedt een economisch en ecologisch voordeel.

Duurzaamheidsprofiel van de papier- & grafische industrie

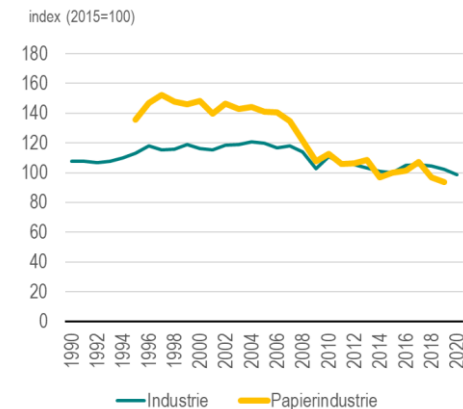
DUURZAAMHEIDSINDICATOREN

CO₂ uitstoot sector (2019, kton)	960
- aandeel CO ₂ uitstoot tov tot. luchtmissies sector	99,7%
- aandeel tov uitstoot totale industrie	3%
- aandeel tov uitstoot Nederland	1%
<i>Impact CO₂ reductie op totaal:</i>	<i>laag</i>
Afwijking in % van 2030 doel	22%
- minimale reductie nodig per jaar	2%
- gemiddelde jaarlijkse %-verandering uitstoot (over 20 jaar)	-2%
<i>Haalbaarheid reductiedoel:</i>	<i>neutraal</i>
Finaal energieverbruik (2019, PJ)	22,8
- aandeel tov totale industrie	4,1%
- aandeel tov totaal eindgebruikers energie	1,2%
<i>Energie-intensiteit</i>	<i>zeer laag</i>

Trend in CO₂ emissies



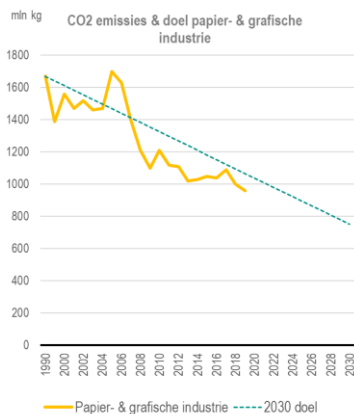
Trend in finaal energieverbruik



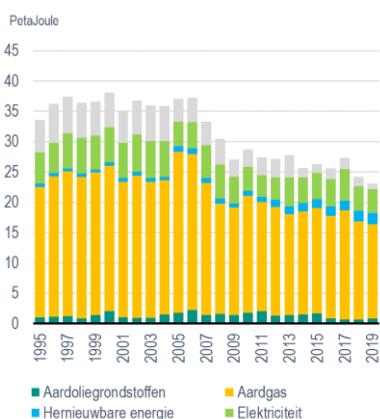
19 Papier- & kartonindustrie - reductie van CO₂

Decarbonatieprofiel van de papier- & kartonindustrie

CO₂ emissie reductiedoel 2030



Totaal energiedragers per jaar (PJ)



De papierindustrie heeft een veelheid van decarbonatie-opties die op relatief korte termijn kunnen worden ingevoerd en de potentie hebben om de uitstoot aanzienlijk terug te dringen. Er zijn hier echter wel enkele barrières te slechten. Er zijn een vijftal decarbonatie-opties beschikbaar die zowel een hoge TRL en een hoog reductie potentieel hebben.

De papierindustrie ziet de biobased economy als een manier om meer waarde uit haar reststromen te halen en om voor de lange termijn de grondstofzekerheid veilig te stellen (bron: CE Delft). Een win-win situatie, want naast het milieuvoordeel is het ook de basis voor een concurrentievoordeel ten opzichte van landen waar de primaire grondstoffen en energie relatief goedkoop zijn. Het meest energie-intensieve productieproces is het thermisch drogen van papier, die verantwoordelijk is voor ongeveer 81% van het stoom/directe warmteverbruik. Het installeren van elektrische boilers in het productieproces is relatief eenvoudig. Het grootste obstakel is hier de aansluiting op het bestaande elektriciteitsnetwerk. Niet alleen zijn de investeringen hoog, ook zijn er vragen over de capaciteit van het netwerk. De inzet van waterstof in plaats van aardgas kent per saldo weinig installatieproblemen. Het ontbreken van een infrastructuur voor waterstof remt hier de ontwikkelingen. Het gebruik van biogas is ook een techniek die op relatief korte termijn kan worden ingezet, maar de lokale beschikbaarheid van biomassa vormt soms nog een belemmering. Bij microwave drying wordt papier gedroogd door blootstelling aan microgolfstraling. Deze technologie verhoogt de droogsnelheid en verlaagt het totale energieverbruik. Maar de CO₂-reductie is per saldo relatief laag. De inzet van warmtepompen biedt echter wel veel voordeel. Hiermee kan afvalwarmte op lage temperatuur omgezet worden in warmte op hoge temperatuur. Aanpassingen aan het productieproces zijn echter noodzakelijk en dit brengt de nodige kosten met zich mee. Dit is veel minder het geval bij de inzet van ultra deep geothermal energie. Maar deze decarbonatie optie kent ook zo z'n obstakels, waaronder hoge investeringen en onderhoudskosten.

Het zogenoemde 'supercritical CO₂' is een relatief nieuw procesontwerp dat kan worden toegepast bij pulp- en papierdroogprocessen. Bij deze technologie wordt de pulp of het papier gedroogd door druk en temperatuur te veranderen, wat minder energie verbruikt dan bij de traditionele methode. Grootschalige toepassing van deze techniek zou echter pas rond 2050 mogelijk zijn. De toepassing kan dan 45% energiereductie mogelijk maken, maar omdat het aandeel elektriciteit zou verhogen, is de verwachte netto reductie van primaire energie 20% (bron: CEPI).

Tot slot zijn er ook nog efficiencymaatregelen mogelijk. Een energiemanagementsysteem, zoals bewaking van stoom-, elektriciteits- en gasverbruikslijnen, kan de regeling van de energiestroom door het hele systeem en de meting van energie-efficiëntie verbeteren. Ook kan regelmatig onderhoud, vooral aan elektrische apparatuur (zoals pompen, motoren, ventilatoren, droogsystemen) de energie-efficiëntie verbeteren en de uitstoot verminderen.

DECARBONISATIE TECHNIKEN	TRL ¹⁾	% CO ₂ reductie-potentieel	Investering	Onderhoud
- Compression & thermo-acoustic heat pumps	8	60-75	-	-
- Compression refining	4	20-30	-	-
- Biogas boiler	7	50-60	laag	laag
- Electric boiler	9	60-75	zeer hoog	zeer hoog
- Hydrogen boiler	9	60-75	hoog	hoog
- Ultra deep Geothermal	8	60-75	zeer hoog	zeer hoog
- Microwave drying	2	10-20	-	-
- Air-laid technology	5	30-40	-	-



20 Rubber- & kunststofindustrie - duurzaamheid

De rubber- & kunststofproductie is onderdeel van de basischemie. Het totale energieverbruik in de basischemie was 745,8 Peta Joule (PJ) in 2019. Daarmee neemt de basischemie een aanzienlijk deel van het totale energieverbruik voor zijn rekening. In 2019 bedroeg het totale energieverbruik van de rubber- & kunststofproductie 30,1 PJ, voornamelijk aardgas en elektriciteit. De rubber- & kunststofproductie neemt daarmee circa 4% van de totale energieverbruik in de basischemie voor zijn rekening. Dit is een relatief klein aandeel.

Van de 30,1 PJ wordt 29,3 PJ in de rubber- & kunststofproductie ingezet als finaal verbruik (er resteert geen nuttige energiedrager meer na het verbruik van de energie). Een verschil van slechts 3%. In de basischemie als geheel is dit verschil tussen totale en finaal energieverbruik ruim 60%. Het geeft aan dat een groot deel van de energiedragers in de basischemie wordt gebruikt als grondstof in het productieproces. In de rubber- & kunststofindustrie is dit veel minder het geval. De uitstoot van CO₂ van de basischemie heeft een aandeel van 50% in de totale emissies van de hele industrie en 10% in de CO₂ emissies van heel Nederland. Dit maakt de relevantie van CO₂ reductie in de basischemie groot.

In 2019 ligt het verschil met het 2030 reductiedoel met 46% nog ver weg voor de basischemie. Dit betekent dat de basischemie minimaal 5% in CO₂ moet reduceren. Met een gemiddelde jaarlijkse groei van de CO₂ uitstoot van 1% over de afgelopen 20 jaar is dat een moeilijke opgave.

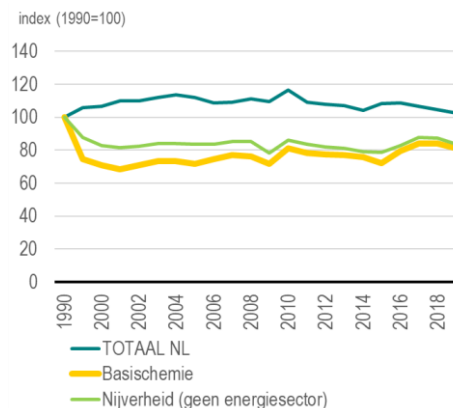
Een groot deel van de chemische bedrijven en clusters zijn gevestigd rondom het havengebied van Rotterdam. Verschillende partijen uit de haven onderzoeken de mogelijkheden van grootschalige productie van groene waterstof met behulp van deze duurzame elektriciteit (bron: Havenbedrijf Rotterdam). Dit zou het gebruik van waterstofbranders in de toekomst aantrekkelijker kunnen maken voor veel bedrijven in de rubber- & kunststofproductie. Daardoor kan het aandeel aardgas in de komende jaren verder afnemen in het totaalbeeld van de energiedragers in de sector.

Duurzaamheidsprofiel van de rubber- & kunststofindustrie

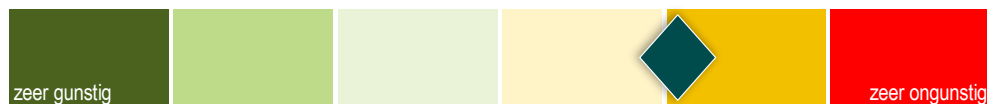
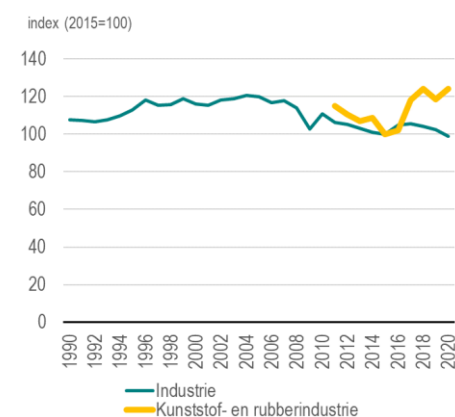
DUURZAAMHEIDSINDICATOREN

CO₂ uitstoot sector (2019, kton)	17.090
- aandeel CO ₂ uitstoot tov tot. luchtmissies sector	99,8%
- aandeel tov uitstoot totale industrie	50%
- aandeel tov uitstoot Nederland	10%
	<i>Impact CO₂ reductie op totaal:</i> zeer hoog
Afwijking in % van 2030 doel	46%
- minimale reductie nodig per jaar	5%
- gemiddelde jaarlijkse %-verandering uitstoot (over 20 jaar)	1%
	<i>Haalbaarheid reductiedoel:</i> zeer moeilijk
Finaal energieverbruik (2019, PJ)	29,3
- aandeel tov totale industrie	5,3%
- aandeel tov totaal eindgebruikers energie	1,6%
	<i>Energie-intensiteit</i> zeer laag

Trend in CO₂ emissies



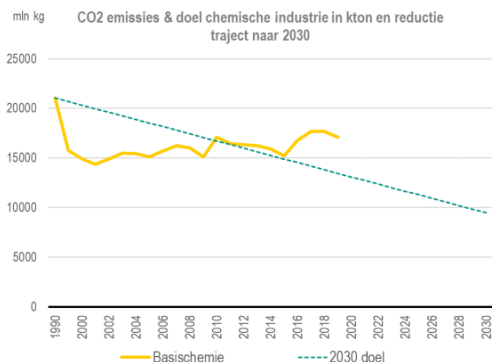
Trend in finaal energieverbruik



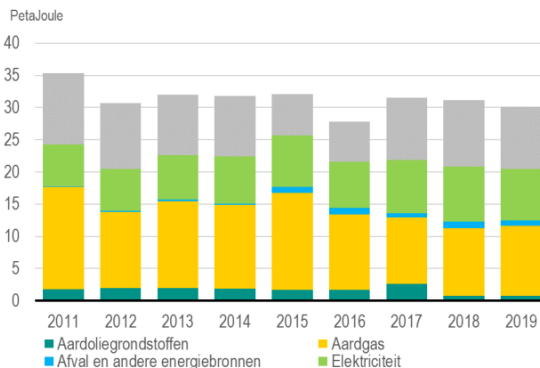
21 Rubber- & kunststofindustrie - reductie van CO₂ (I)

Decarbonatieprofiel van de rubber- & kunststofindustrie

CO₂ emissie reductiedoel 2030



Totaal energiedragers per jaar (PJ)



DECARBONISATIE TECHNIEKEN	TRL ¹⁾	Reductie %	Investering	Onderhoud
Opties voor PVC (analyse heeft betrekking op twee bedrijven die polyvinyl chloride (PVC) vervaardigen: ShinEtsu PVC B.V. and Vynova Beek):				
- Production of steam by syngas-CHP plant	-	-	hoog	hoog
- Heat generation by replacing nat. gas burners with hydrogen burners	3	-	hoog	laag
- Electric furnace technologies	4	-	hoog	laag
- Bio-ethylene as feedstock	-	-	zeer laag	gemiddeld
- Improved mechanical recycling	-	-	-	-
- Innovative non-conventional mechanical recycling of PVC	-	-	-	-
- Chemical recycling of PVC	7	-	-	-
- CCS of CO ₂ stream from natural gas burners	7	-	hoog	hoog
- Production of steam by syngas-CHP plant	-	75-90	hoog	hoog

Polyolefinen: De productie van polyolefinen (met voornaamste kunststoffen als PE en PP) vallen ook onder deze analyse, maar veel van de decarbonisatie parameters (TRL, reducties, investeringen en onderhoud) zijn onbekend.

Decarbonisatie opties gaan in de richting van de inzet van biomassa, warmtepompen, waterstof, brandstof- en grondstofsubstituten, bio-ethanol en mechanische en chemische recycling.

De economische kosten van biobased PE en PP zijn momenteel hoger dan op basis van de fossiele variant, en de pyrolyse en vergassing van plastic afval zijn nog niet op een commercieel niveau (bron: PBL). De overgang naar een groenere kunststofindustrie kan worden vergemakkelijkt door overheidsbeleid.

PVC: Bij de implementatie van waterstofbranders zal de vraag naar primaire energie toenemen, aangezien de waterstofproductieketen nog inefficiënt is. Industriële verwarming op hoge temperatuur met waterstof als brandstof kost nog zeker 10 jaar voordat dit een realistische optie is (bron: PBL).

De ontwikkeling van elektrische ovens bevindt zich nog in de testfase en elektrische ovens van grotere industriële afmetingen zijn nog niet beschikbaar. CO₂ opslag (via CCS) is een bewezen methode om grote hoeveelheden CO₂ af te vangen bij de verbranding van aardgas. De kosten van CO₂ transport en opslag zijn relatief hoog.

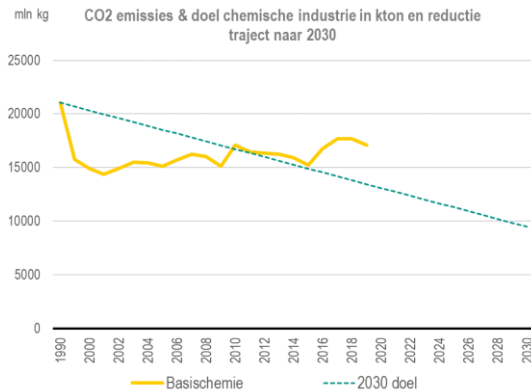
Vervanging van aardolie door biobased grondstof wordt door veel bronnen genoemd als een belangrijke optie om te decarboniseren. Bio-ethyleen wordt geproduceerd van bio-ethanol op basis van suiker. De aanwending van restafval (zoals van suikerbieten, suikerriet, aardappelschillen en tomatenplantvezels) in plaats van maïs en suiker heeft echter de voorkeur omdat dit niet concurreert met de voedselvoorziening.



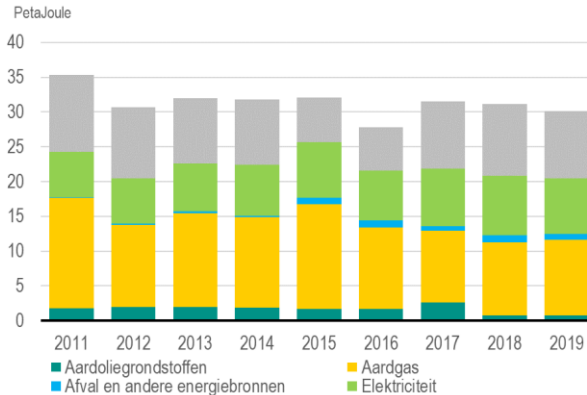
22 Rubber- & kunststofindustrie - reductie van CO₂ (II)

Decarbonatieprofiel van de rubber- & kunststofindustrie

CO₂ emissie reductiedoel 2030



Totaal energiedragers per jaar (PJ)



DECARBONISATIE TECHNIEKEN

Opties voor Dordrecht Chemical Cluster (bestaat uit 3 bedrijven die kunststoffen en synthetische rubbers vervaardigen: Chemours, Dupont en Dow):

	TRL ¹⁾	Reductie %	Investering	Onderhoud
- Electrification - electric boilers	9	>90	laag	gemiddeld
- Electrification - electric furnace	5	>90	gemiddeld	laag
- Use of residual energy: heat pumps	7	>90	hoog	laag
- Hydrogen	8	>90	hoog	gemiddeld
- Biomass boilers	9	75-90	laag	hoog
- CCS/CCU	8	75-90	hoog	gemiddeld
- Biobased feedstock	7	-	-	-
- Chemical recycling	4	-	-	-
- Mechanical recycling	9	-	-	-

Dordrecht Chemical Cluster: Elektrische boilers zijn op grotere schaal al geïmplementeerd in verschillende industriële processen, vooral bij de kleinschalige bedrijven. Dit komt met name door de relatief lage investeringskosten en gematigde operationele kosten. Een voordeel is dat de toepassing minder onderhoudsintensief is. Het reductiepotentieel is bovendien hoog, mits hier gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare energiebronnen.

Elektrische ovens zijn een alternatief voor aardgasgestookte ovens om het energieverbruik te verminderen en de CO₂-uitstoot te verminderen. Ze worden al toegepast in processen zoals de regeneratie en vernietiging van F-gassen. De TRL¹⁾ van warmtepompen met een lage temperatuur (<100 graden) is 9 en die van boven de 160 graden is slechts 4-5.

Waterstof is een alternatief met een aanzienlijk potentieel om de CO₂-uitstoot te verminderen door brandstofgas in ovens of ketels te vervangen door waterstof. Bij het verbranden van groene waterstof (gemaakt met zonne-energie, wind, biomassa) komt water en warmte vrij, waardoor CO₂-uitstoot in zijn geheel wordt vermeden. Blauwe waterstof hanteert CCS om de CO₂-uitstoot door de verbranding van aardgas te reduceren.

De inzet van biomassa boilers heeft veel potentieel, maar in Nederland loopt er een discussie of biomassa daadwerkelijk hernieuwbare energie is.

CCS wordt in de chemische industrie al toegepast. CCU is meer geschikt voor brandstoffen en basischemie.

Biobased grondstoffen worden veel ingezet. De beschikbaarheid en het duurzaamheidsimago speelt hier echter een rol.

Bij recycling kan een onderscheid gemaakt worden in mechanische recycling en chemische recycling. Beide toepassingen kennen een verschillende TRL¹⁾ en kennen geen directe CO₂-uitstoot.



23 Kunstmestindustrie - duurzaamheid

De kunstmestindustrie telt in totaal 50 bedrijven in Nederland die actief zijn in de productie van fosfaat meststoffen, ammoniak en andere stikstofverbindingen, mestbe- en verwerking, menging en distributie. Dit is een aandeel van 14% van de bedrijven actief in de sub sector basischemie.

Ammoniakproductie maakt ongeveer tweederde uit van de totale productiewaarde van de kunstmestindustrie, terwijl de productie van meststoffen (incl. die van fosfaten) ongeveer 80% van de omzet genereren (bron: CE Delft).

De kunstmestindustrie telt een viertal bedrijven die onder EU ETS-systeem vallen. In totaal werken er 2.100 personen in deze industrie en dat is 8% van alle personen werkzaam in de basischemie.

Het totale energieverbruik in de basischemie was 745,8 Peta Joule (PJ) in 2019. Daarmee neemt de basischemie een aanzienlijk deel van het totale energieverbruik voor zijn rekening. Het totale energieverbruik is 95,9 PJ in 2019. Hiervan bedroeg het finale energieverbruik (er resteert geen nuttige energiedrager meer na het verbruik van de energie) van de kunstmestindustrie 31,1 PJ. Het verschil van 64,8 PJ komt doordat aardgas wordt gebruikt als procesgrondstof voor het maken van kunstmest. Ammoniak wordt namelijk gemaakt uit waterstof. De basis voor die waterstof is nog steeds aardgas, dus een fossiel proces. De kunstmestindustrie neemt met de 31,1 PJ finaal energieverbruik circa 11% van de finale energieverbruik in de basischemie voor zijn rekening. Dit is een significant aandeel, mede gezien de kleinschaligheid van de kunstmestindustrie in Nederland.

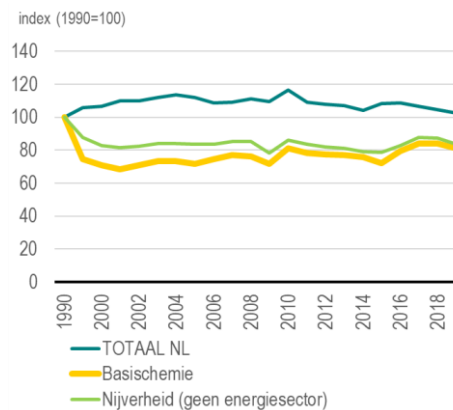
Verreweg de grootste emissies en energieverbruik komen dus voort uit de productie van ammoniak en dit zorgt ervoor dat de kunstmestindustrie in Nederland een grote uitstoter is van CO₂. Dit blijkt ook uit de cijfers van het CBS. De uitstoot van CO₂ van de basischemie heeft een aandeel van 50% in de totale emissies van de hele industrie en 10% in de CO₂ emissies van heel Nederland. Dit maakt de relevante van CO₂ reductie in de basischemie in de toekomst groot. In 2019 ligt het verschil met het 2030 reductiedoel met 46% nog ver weg voor de basischemie. Dit betekent dat de basischemie minimaal 5% in CO₂ moet reduceren. Met een gemiddelde jaarlijkse groei van de CO₂ uitstoot van 1% over de afgelopen 20 jaar is dat een moeilijke opgave.

Duurzaamheidsprofiel van de kunstmestindustrie

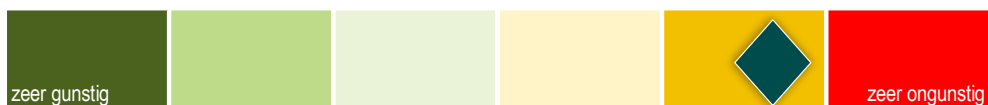
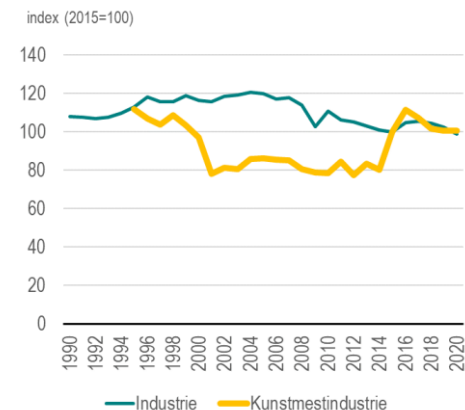
DUURZAAMHEIDSINDICATOREN

CO₂ uitstoot sector (2019, kton)	17.090
- aandeel CO ₂ uitstoot tov tot. luchtmissies sector	99,8%
- aandeel tov uitstoot totale industrie	50%
- aandeel tov uitstoot Nederland	10%
<i>Impact CO₂ reductie op totaal:</i>	<i>zeer hoog</i>
Afwijking in % van 2030 doel	46%
- minimale reductie nodig per jaar	5%
- gemiddelde jaarlijkse %-verandering uitstoot (over 20 jaar)	1%
<i>Haalbaarheid reductiedoel:</i>	<i>zeer moeilijk</i>
Finaal energieverbruik (2019, PJ)	31,1
- aandeel tov totale industrie	5,6%
- aandeel tov totaal eindgebruikers energie	1,7%
<i>Energie-intensiteit</i>	<i>zeer laag</i>

Trend in CO₂ emissies



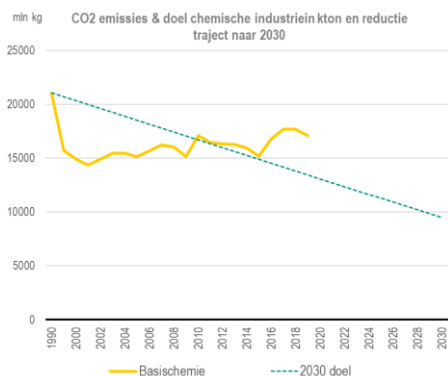
Trend in finaal energieverbruik



24 Kunstmestindustrie - reductie van CO₂

Decarbonatieprofiel van de kunstmestindustrie

CO₂ emissie reductiedoel 2030



Totaal energiedragers per jaar (PJ)



De investeringskosten voor waterstofelektrolyzers zijn aanvankelijk hoog, maar dalen snel (bron: PBL). De investeringskosten zullen dalen door opschaling, proces optimalisaties, technologische vooruitgang en nieuwe typen elektrolyzers. Onderzoeksbureaus Ecofys en Berenschot gaan ervan uit dat de investeringskosten voor waterstofelektrolyse 525 euro/kW bedragen (2018).

De ammoniakproductie is de voornaamste output van de kunstmestindustrie. De ammoniakinstallaties produceren grote stromen bijna puur CO₂-gas, die potentieel zeer geschikt zijn voor koolstofopslag (CCS). CCS lijkt een relatief eenvoudige implementeerbare decarbonatieoptie. Momenteel wordt al veel CO₂ afgevangen, maar dit moet worden geconprimeerd en getransporteerd naar een opslaglocatie. Bij ammoniakproductie en waterstofproductie wordt de CO₂ geconcentreerd geproduceerd, waardoor afscheiding en opwerking voor opslag veel goedkoper is dan bij andere bedrijfstakken (bron: CE Delft). De afgevangen CO₂ wordt in het huidige productieproces gedeeltelijk ook opgewerkt tot grondstof voor ureum (meststof voor plantenteelt) of tot product voor andere toepassingen.

Het energieverbruik van de ureumproductie is moeilijk in te schatten, omdat deze meestal sterk geïntegreerd is in de ammoniakfabriek (bron: PBL). De CO₂ uit uitlaatgassen van warmteopwekking is moeilijker af te vangen en wordt momenteel uitgestoten naar de lucht. De uitstoot van broeikasgassen kan worden verminderd als dezelfde hoeveelheid voedsel wordt geconsumeerd met minder input van minerale meststoffen. Maatregelen die hieraan kunnen bijdragen zijn vermindering van voedselverspilling, vervanging van minerale meststoffen door organische mest, precisielandbouw en verhoogde gebruiksefficiëntie. Uit onderzoek blijkt dat door het implementeren van deze maatregelen (in een ambitieus scenario) de vraag naar ammoniak in de EU in 2050 met 45% zou kunnen worden verminderd in vergelijking met een basisscenario dat grotendeels de huidige praktijk voortzet (Material Economics, 2019).

Dierlijke mest is een belangrijke bron van methaanemissies. Door vergisting van de mest kan de uitstoot substantieel worden verminderd. Het biogas dat hieruit voort komt kan het aardgas vervangen. Aardgas wordt ook gebruikt als input voor warmtekoppelinginstallaties (WKK), die elektriciteit en warmte produceren. Meer efficiency kan worden bereikt door het installeren van een gasturbine voor de oven (reduceert het energieverbruik met 10%) en ammoniak synthese onder lagere druk (dit is echter alleen mogelijk in nieuwere productiefaciliteiten).

DECARBONISATIE TECHNIKEN

	TRL ¹⁾	% CO ₂ reductie-potentieel	Investering	Onderhoud
- Green hydrogen (electrolysis)	4	50-60	hoog	gemiddeld
- Carbon Capture & Storage (CCS)	7	>90	gemiddeld	laag
- Energy efficiency improvements	7	0-10	-	-
- Biogas (replacing natural gas)	9	-	hoog	-
- Heat and CO ₂ distribution	-	-	-	-
- Solid state ammonia synthesis	-	-	-	-
- Abatement of nitrous oxide	-	-	-	-

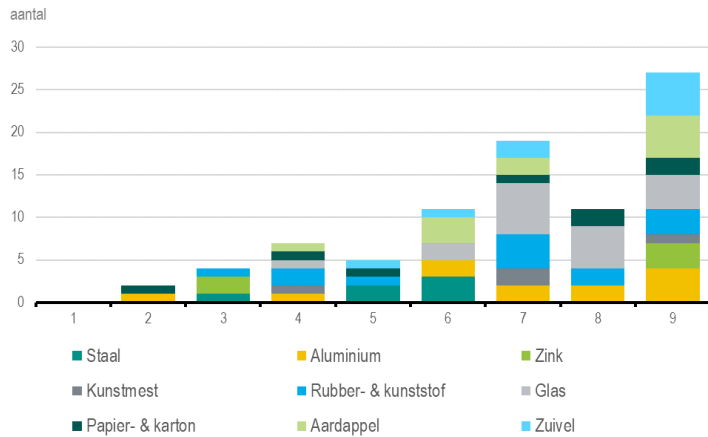


ESG & Economie

Conclusie over deze duurzaamheids- & decarbonisatieprofielen

25 CO₂ reductietechnologieën in de industrie

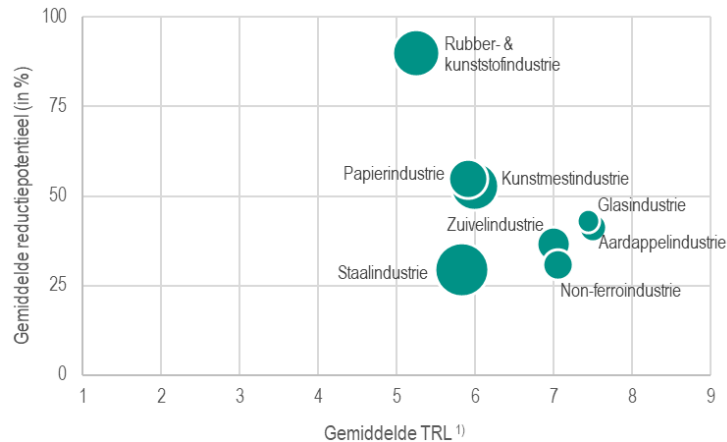
Decarbonisatietechnieken per sector naar TRL¹⁾



Bron: PBL, ABN AMRO Economisch Bureau

Gemiddelde TRL¹⁾ versus gemiddelde reductiepotentieel

(grootte van de bol is aandeel in finaal industrieel energieverbruik; som van de bollen = 30%)



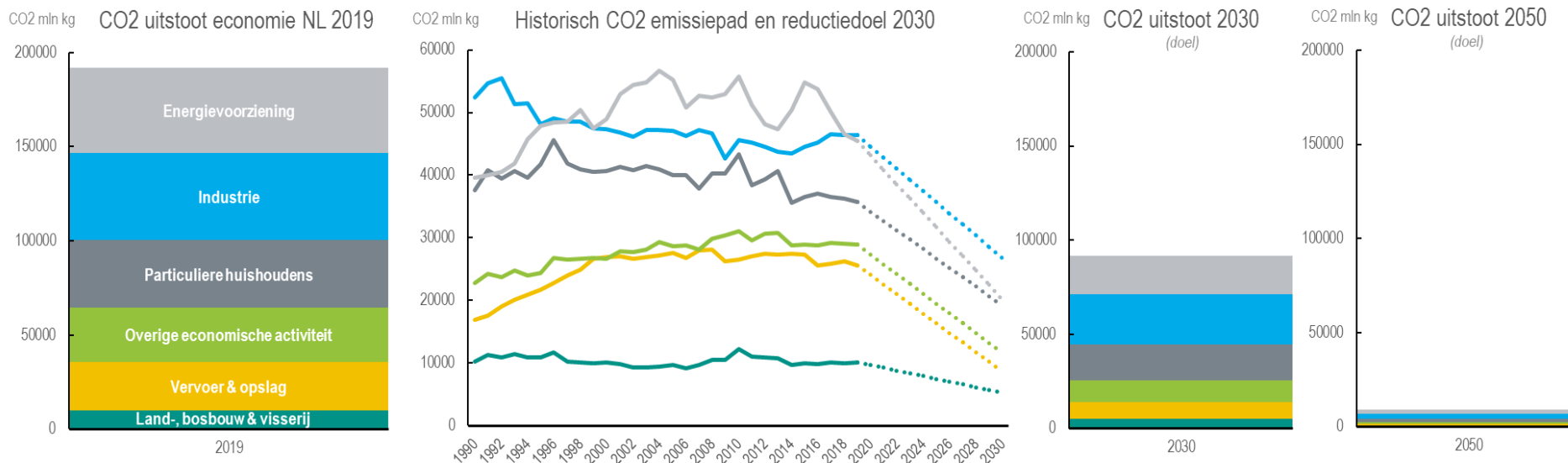
Bron: CBS, PBL, ABN AMRO Economisch Bureau

Uit de diverse duurzaamheids- & decarbonisatieprofielen blijkt dat in sectoren in deze analyse ruime keuzemogelijkheden zijn voor decarbonisatietechnieken. De implementatie ervan zal per bedrijf en situatie sterk verschillen. Dit maakt dat maatwerk en een doordacht strategisch plan aan de investering en implementatie vooraf moet gaan. Bovendien is het noodzakelijk dat de overheid het decarbonisatiepad vereffent om de transitie soepel te laten verlopen. Uit onze analyse blijkt dat een flink aantal technologieën het niveau van 7 tot en met 9 hebben bereikt. Dit is positief en betekent dat daadwerkelijk werk gemaakt kan worden van CO₂-reductie en opschaling van de emissiereductie voor het grijpen ligt. Maar er is tevens een keerzijde. Want aan het begin van de TRL-schaal is het teleurstellend om te zien dat geen enkele technologie in de blauwdruk- of ontdekkingsfase niveau '1' zit en slechts enkele technieken op niveau 2 en 3 halen. Ook de ontwikkelingsfasen niveau 4 tot en met 6 bevat relatief weinig nieuwe technieken.

De gemiddelde TRL van alle genoemde technieken ligt tussen de 5 en de 8, waarbij de glas- en aardappelindustrie voorop lopen en de rubber- & kunststofindustrie achter blijft. Daarbij valt wel op dat de rubber- & kunststofindustrie met de technieken in ontwikkeling de hoogste potentiële emissiereductie kan bereiken. Op de middellange termijn zijn er talrijke decarbonisatie opties voor bedrijven in ontwikkeling of geschikt voor verdere opschaling. Om het 2030-doel te bereiken is het nodig om de huidige (demonstratie-) projecten van technologieën met bekende werkingsprincipes te implementeren (CE Delft, 2019). Denk aan Carbon Capture & Storage (CCS) met hoge CO₂ concentraties, recycling (plastic, schroot, biomassa), groene brandstoffen en geothermieprojecten. Op de langere termijn is een versnelling van de transitie noodzakelijk. Het gaat hier om vernieuwende technieken, met procesinnovatie, verdere elektrificatie, inzet van (bij voorkeur groene) waterstof en biomassa als cruciale opties (CE Delft, 2019).

26 Route in CO₂ reducties naar 2030 en 2050

Routekaart naar CO₂ neutraal



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

De CO₂-reductiedoelen richting 2050 zijn ambitieus. Nederland streeft naar een CO₂-arme, maar ook een competitieve industrie. Om Nederlandse bedrijven onder de koplopers in Europa te houden, is een geleidelijke transitie noodzakelijk zodat geen afbreuk gedaan wordt aan onze bestaande concurrentiepositie. Een groot aantal van de in dit rapport benoemde decarbonisatietechnieken vergen vaak grote investeringen. Niet alleen in de techniek zelf, maar bijvoorbeeld ook in de infrastructuur. Want terwijl sommige bedrijven al een goede aansluiting hebben op het elektriciteitsnetwerk, moeten anderen hier nog flink in investeren. Het is bovendien de vraag of de capaciteit op het hoogspanningsnet toereikend is. Ook de overheid moet hier dus doorpakken met gericht overheidsbeleid om het CO₂ reductiedoel richting 2050 laagdrempelig te houden, met name voor bedrijven met minder financiële slagkracht. Voor de grotere bedrijven in Nederland geldt vaak dat zij onderdeel zijn van internationale concerns. Dan worden de investeringsbeslissingen veelal op buitenlandse hoofdkantoren genomen. Per saldo blijft het complex om een goede business case te maken voor decarbonisatietechnieken. Het is noodzakelijk om zowel goed inzicht te krijgen in de financiële haalbaarheid en de uiteindelijke bijdrage aan totale CO₂-reductie. Accurate data over doorlooptijden, de nodige investeringen, de onderhouds- en operationele kosten, terugverdientijden en mogelijke subsidieregelingen zijn onmisbaar in het opbouwen van een sluitende business case.

Auteur & Contact

Casper Burgering

Senior econoom – Economisch Bureau | Sustainability Research

casper.burgering@nl.abnamro.com

06 – 109 760 34

Besproken met:

Albert Jan Swart

Sector econoom Industrie – Sector Advisory | Sector Research

albert.jan.swart@nl.abnamro.com

06 – 414 496 81

David Kemps

Sector Banker Industrie – Sector Advisory

david.kemps@nl.abnamro.com

06 – 303 320 43

Mede op basis van Master thesis input en vooronderzoek van:

Freek Diepeveen

Projectcoördinator technologische innovaties - Koninklijke VNP

(stagiair bij ABN AMRO in de periode 2020-2021)

Nadia Menkveld

Sector econoom Food – Sector Advisory | Sector Research

nadia.menkveld@nl.abnamro.com

06 – 135 451 47

Arnold Mulder

Sector Banker Energie – Sector Advisory

arnold.mulder@nl.abnamro.com

06 – 107 875 15

Disclaimer

ABN AMRO Economisch Bureau | Sustainability Research

<https://www.abnamro.com/research/nl/home>

ABN AMRO Sector Advisory | Sector Research

<https://www.abnamro.nl/nl/zakelijk/insights/index.html>

This document has been prepared by ABN AMRO. It is solely intended to provide financial and general information on economics. The information in this document is strictly proprietary and is being supplied to you solely for your information. It may not (in whole or in part) be reproduced, distributed or passed to a third party or used for any other purposes than stated above. This document is informative in nature and does not constitute an offer of securities to the public, nor a solicitation to make such an offer.

No reliance may be placed for any purposes whatsoever on the information, opinions, forecasts and assumptions contained in the document or on its completeness, accuracy or fairness. No representation or warranty, express or implied, is given by or on behalf of ABN AMRO, or any of its directors, officers, agents, affiliates, group companies, or employees as to the accuracy or completeness of the information contained in this document and no liability is accepted for any loss, arising, directly or indirectly, from any use of such information. The views and opinions expressed herein may be subject to change at any given time and ABN AMRO is under no obligation to update the information contained in this document after the date thereof.

Before investing in any product of ABN AMRO Bank N.V., you should obtain information on various financial and other risks and any possible restrictions that you and your investments activities may encounter under applicable laws and regulations. If, after reading this document, you consider investing in a product, you are advised to discuss such an investment with your relationship manager or personal advisor and check whether the relevant product –considering the risks involved- is appropriate within your investment activities. The value of your investments may fluctuate. Past performance is no guarantee for future returns. ABN AMRO reserves the right to make amendments to this material.

© Copyright 2021 ABN AMRO Bank N.V. and affiliated companies ("ABN AMRO").