



De metallurgische industrie: perspectief op de transitie

Routekaart

Routekaart voor CO₂-reductie in de
metallurgische industrie en gieterijen

Mei 2019



POWERED
BY
DUTCH
TECHNOLOGY



Berenschot

De metallurgische industrie: perspectief op de transitie

Routekaart voor CO₂-reductie in de metallurgische
industrie en gieterijen

Dit project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen
EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Niki Lintmeijer | Jan Warnaars | Bert den Ouden
Mei 2019

Inhoudsopgave

Voorwoord	6
Management samenvatting	8
1. Inleiding	14
1.1 De metallurgische industrie voor een duurzame toekomst	15
1.2 Over de sector	16
1.3 Metaal: facilitator van de energietransitie	16
1.4 Over deze routekaart.....	17
2. De CO₂-reductie opgave van de sector	18
2.1 De energietransitie voor de metallurgische industrie	19
2.2 Energieverbruik van de sector	21
2.3 Verdeling energieverbruik naar processen	22
3. Oplossingen voor CO₂-reductie in de metallurgische industrie	24
3.1 Energiebesparing	27
3.2 Duurzame energie	28
3.3 Inzet van nieuwe energietechnologie	30
3.4 End-of-pipe	32
3.5 Ecodesign	32
3.6 Circulariteit.....	33
3.7 Conclusies ten aanzien van technische haalbaarheid.....	34
4. Economisch perspectief	36
4.1 Kosteneffectiviteit van maatregelen: een macro-economisch perspectief	37
4.2 Gevoeligheid voor prijsstijgingen en verduurzaming van het elektriciteitspark	39
4.3 Voorbeeldcases	40
4.4 Conclusies ten aanzien van economisch perspectief	41
5. Voorbeeldroute naar -49%	42
5.1 Voorbeeldroute: mix van maatregelen	43
5.2 Doorkijk naar 2050	45
6. Conclusies, versnellende factoren en randvoorwaarden	46
6.1 Overkoepelende conclusies ten aanzien van CO ₂ -reductie	47
6.2 Versnellende factoren en randvoorwaarden tot 2030	49
6.3 Innovatiebehoefte	50
6.4 Belangrijke stakeholders in de energietransitie.....	51
6.5 Aanbevelingen.....	52
Bijlage	54
1. Ontwikkelingen in het elektriciteitspark	55
2. Methodologie	55
3. Gehanteerde aannames	57
4. Bronnen	59

Voorwoord

Nederland heeft in het Regeerakkoord 2018 als doel gesteld om in 2030 de uitstoot van broeikasgassen met 49% te verminderen ten opzichte van het niveau van 1990. De industrie moet jaarlijks 14,3 Mton minder CO₂ gaan uitstoten. Dat is een gigantische opgave, met name voor de energie-intensieve industrie, waaronder de basismetaal en de gieterijen. De leden van de Vereniging Nederlandse Metallurgische Industrie (VNMI) en de leden van de Algemene Vereniging van Nederlandse Gieterijen (AVNeG) gaan deze uitdaging aan. VNMI is de brancheorganisatie van Nederlandse producenten van ruwe metalen en metaallegeringen en halffabricaten daarvan. Dit zijn ondernemingen die uit metaalertsen zuivere metalen vrijmaken en bedrijven die ingezamelde recyclematerialen voor hergebruik omsmelten en opwerken. VNMI vertegenwoordigt ruim 80% van de in Nederland gevestigde metallurgische industrie. AVNeG is de brancheorganisatie van Nederlandse gieterijen. Dit zijn ondernemingen die hoogwaardige gietproducten produceren en toeleverancier zijn voor diverse industrieën, waaronder in grote mate de automotive sector. Een groot deel van hun afzet wordt geëxporteerd binnen, maar ook buiten Europa. Ook AVNeG vertegenwoordigt ruim 80% van de totale Nederlandse gieterij industrie.

Technologische en maatschappelijke uitdaging

VNMI en AVNeG streven naar een gezonde en duurzame ontwikkeling van de Nederlandse metallurgische industrie, gekoppeld aan een stevige inbedding in de samenleving als een gewaardeerde, competitieve, innovatieve en verantwoordelijke industrie. Hierbij hoort ook een level playing field. De metallurgische industrie werkt samen met stakeholders aan de continue verbetering van bedrijfsprocessen. Zo zijn in het kader van het convenant Meerjarenaafspraken Energie efficiëntie (MJA3/MEE) en het Energieakkoord de afgelopen jaren goede resultaten geboekt op het vlak van energiebesparing en -efficiëntie in bedrijfsprocessen en in de metaalketen¹. De huidige opgave om te komen tot een forse CO₂-reductie in de industrie is een uitdaging die de nodige technologische innovatie en maatschappelijke veranderingen met zich meebrengt.

Routekaart voor CO₂-reductie

VNMI en AVNeG hebben in samenwerking met FME aan Berenschot gevraagd om de mogelijkheden voor zowel basismetaal als gieterijen te verkennen. Deze Routekaart geeft een overzicht op welke wijze de ambitieuze doelstelling tot en met 2030 gerealiseerd kan worden. Hieruit blijkt dat 49% CO₂-reductie mogelijk is door een combinatie van procesoptimalisatie, elektrificatie van processen en afvang en hergebruik van CO₂. Daarbij gelden echter wel enkele belangrijke randvoorwaarden in Nederland: voldoende aanbod van duurzame energie, een voorspelbare en betaalbare ontwikkeling van de energieprijis, samenwerking tussen industrie en overheid voor de financiering van de 'onrendabele top' en samenwerking tussen industrie, overheid en kennisinstellingen als het gaat om de implementatie van de benodigde innovaties.

Toekomstbestendig klimaatbeleid

VNMI en AVNeG pleiten voor een toekomstbestendig en koersvast klimaatbeleid, waarbij voldoende aandacht is voor betaalbaarheid en praktische haalbaarheid. Om dit te bewerkstelligen heeft VNMI actief deelgenomen aan de onderhandelingen over het Klimaatakkoord met diverse stakeholders, waaronder de Nederlandse overheid. Met het juiste klimaatbeleid kunnen zowel de VNMI-leden als de AVNeG-leden ook de komende jaren bijdragen aan de positie van de metallurgische industrie en haar producten als essentieel onderdeel van een innovatief, duurzaam en welvarend Nederland.

Zoetermeer, mei 2019

Hans van den Berg
Voorzitter VNMI
<https://www.basismetaal.nl/>

Bert Duit
Voorzitter AVNeG
<https://www.avneg.nl/>

¹ Resultatenbrochure MJA3/MEE: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/12/Resultatenbrochure%20convenanten%20-%20Meerjarenaafspraken%20energie-efficiëntie%202017.pdf>

Management samenvatting



De metallurgische industrie brengt route tot 49% CO₂-reductie in kaart

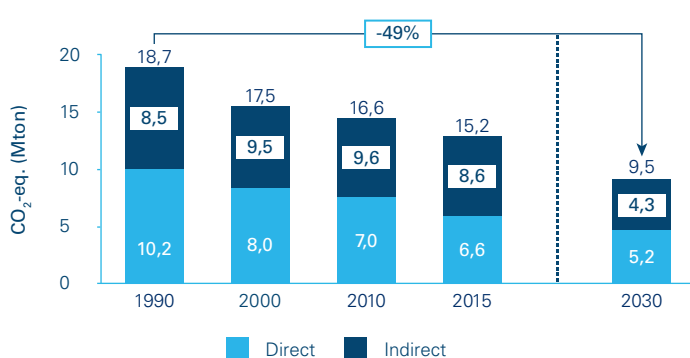
In deze klimatroutekaart wordt een beeld geschetst van de manier waarop de metallurgische industrie en gieterijen de uitstoot van broeikasgassen tot 2030 met 49% kunnen verminderen ten opzichte van 1990. Deze doelstelling is in lijn met het Klimaatakkoord voor Nederland, dat voortkomt uit internationale afspraken om in 2050 de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen met 95% te reduceren.

De metallurgische industrie², vertegenwoordigd door de Vereniging Nederlandse Metallurgische Industrie (VNMI) en Algemene Vereniging van Nederlandse Gieterijen (AVNeG), is een energie-intensieve sector die opereert in een wereldwijde markt. Binnen de sector zijn bedrijven actief die uit metaalertsen zuivere metalen vrijmaken, bedrijven die ingezamelde recyclematerialen voor hergebruik omsmelten en opwerken en bedrijven die metalen gietstukken produceren. Met een omzet van ongeveer 8 miljard euro is de sector een belangrijk onderdeel van de industrie in Nederland.

De opgave tot 2030 is technisch haalbaar met optimalisatie, tot 2050 is een radicale omslag vereist

Gezamenlijk dragen de bedrijven binnen de metallurgische industrie voor ongeveer 23% bij aan de uitstoot van CO₂ binnen de gehele industrie. Het grootste deel hiervan is afkomstig van staalproducent Tata Steel. In de metallurgische industrie is de totale uitstoot van broeikasgassen in 2015 al met circa 20% en de directe uitstoot zelfs met 35% afgenomen ten opzichte van 1990³. Dit is met name te danken geweest aan een sterke reductie van perfluorkoolwaterstoffen (PFK's) in de aluminiumindustrie.

Emissies basismetallurgische industrie in Mton CO₂-eq



Directe emissies: scope 1

Indirecte emissies: scope 2

NB: scope 3 (impact grondstoffen & producten in de keten) wordt niet kwantitatief meegenomen.

Bron: emissieregistratie.nl, CBS. Directe emissies naar lucht volgens IPCC rekenmethode, indirecte emissies zijn berekend door het elektriciteitsverbruik te vermenigvuldigen met de emissiefactor van de elektriciteitsproductie volgens de "integrale methode" (specifiek per jaartal), inclusief de emissies van de Nuon centrale nabij Tata Steel. Emissiereductie tot 1995 voornamelijk in PFK's

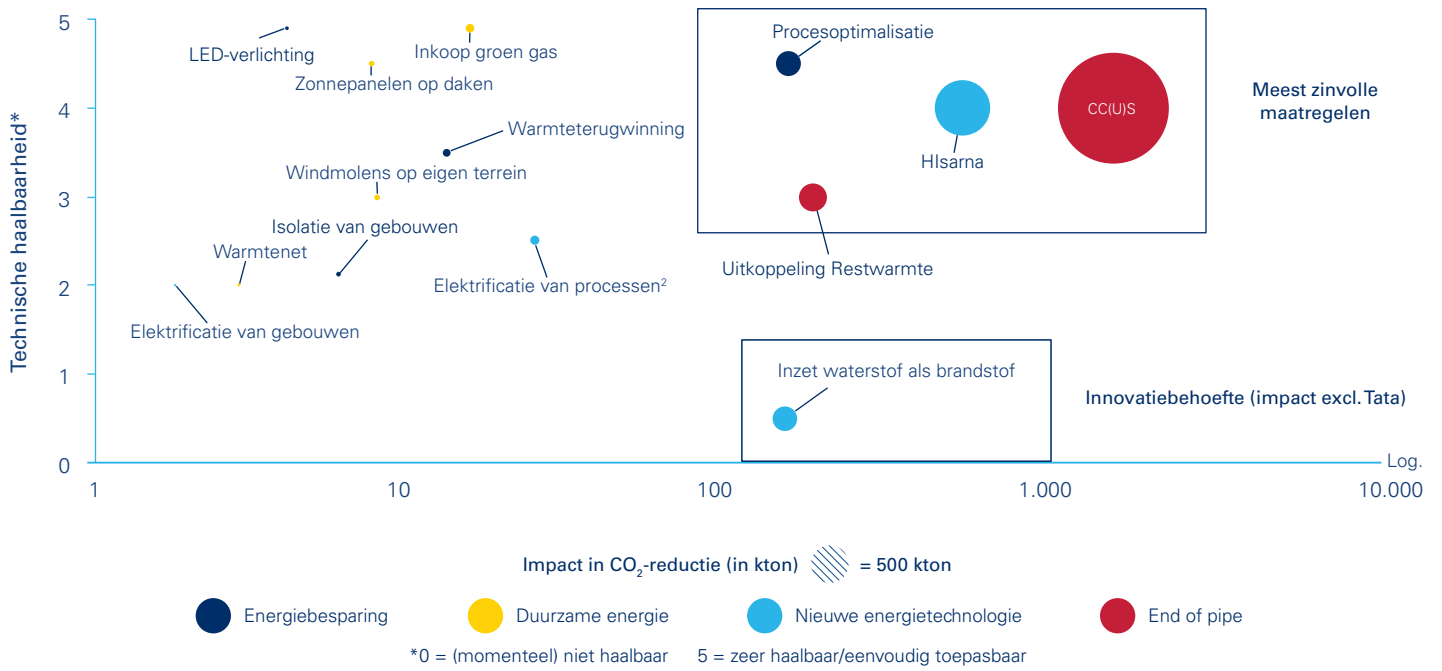
Figuur 1. CO₂-emissies metallurgische industrie in CO₂-equivalenten. Equivalenten betreffen onder andere perfluorkoolwaterstoffen (PFK's), methaan (CH₄), distikstofoxide (N₂O).

De ambitie van 49% CO₂-reductie in 2030 vergt met name grote stappen in de reductie van CO₂ (zonder equivalenten) en blijft daarmee een uitdagende opgave. Voor deze opgave is een combinatie van maatregelen denkbaar, met grote verschillen in impact en technische haalbaarheid.

² In de routekaart wordt met metallurgische industrie óók de Nederlandse gieterijen bedoeld.

³ Bron: CBS & Emissieregistratie.nl. Weergegeven in Figuur 8, hoofdstuk 2.1.

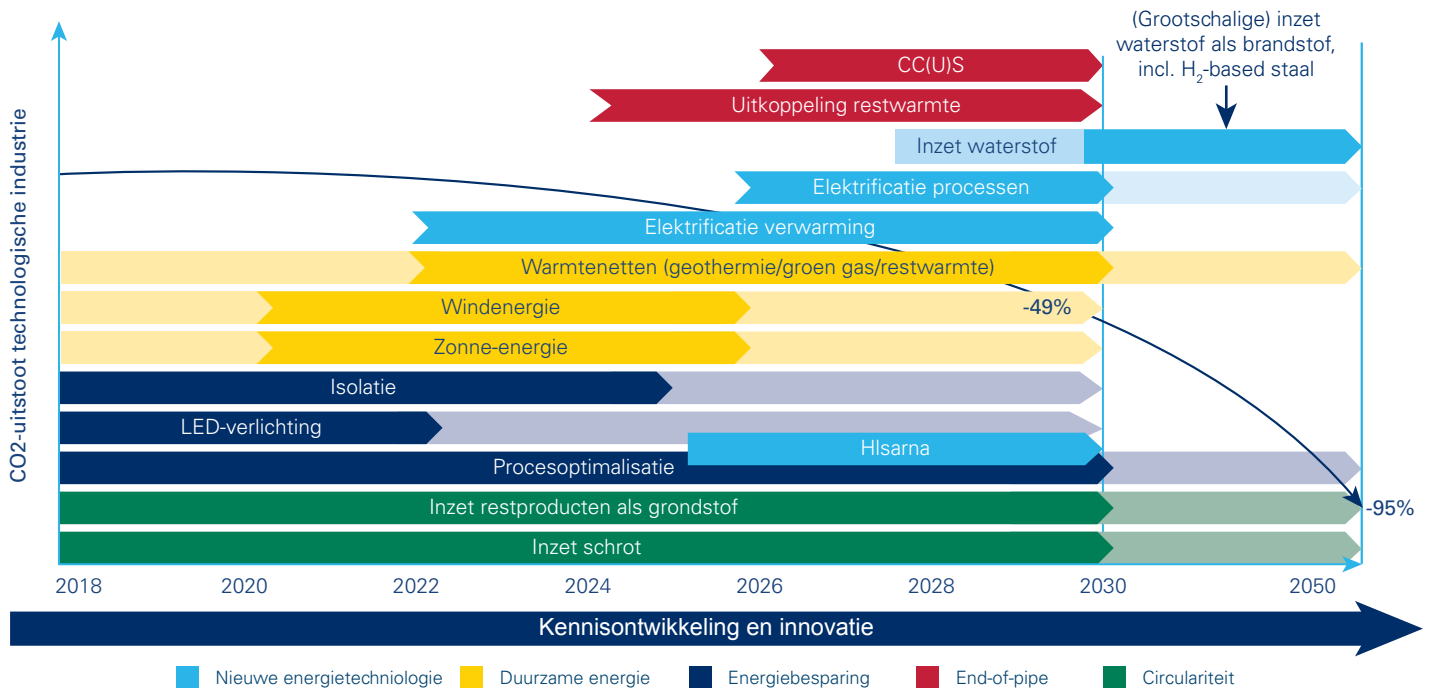
Technisch potentieel van CO₂-besparing (in kton) en technische haalbaarheid per maatregel (schaal 0-5)



Figuur 2. Technisch potentieel van CO₂-besparing versus technische haalbaarheid per maatregel.

In een voorbeeldroute voor de metallurgische industrie wordt getoond dat 49% CO₂-reductie mogelijk is door een combinatie van procesoptimalisatie, elektrificatie van processen en afvang en hergebruik van CO₂. Hierbij geldt procesoptimalisatie als de meest kosteneffectieve methode om CO₂ te besparen. Staalproducent Tata Steel wil een grotere Hlsarna-plant bouwen in IJmuiden, waarmee grote besparingen mogelijk zijn.

Daarnaast zal bij de productie van staal CO₂ afgevangen worden. Deze CO₂ kan gedeeltelijk gebruikt worden om chemische producten van te maken, een ander deel zal worden opgeslagen. Waar mogelijk zullen de overige bedrijven die cokes gebruiken over gaan op elektrische processen. De verduurzaming van het elektriciteitspark en de ontwikkeling van de elektriciteitsprijs is hierbij echter van groot belang.



Figuur 3. Tijdlijn van maatregelen voor de voorbeeldroute. Pijlen geven een indicatie van waar het zwaartepunt van de maatregelen ligt.

Door het ontbreken van een landelijke infrastructuur en door hoge kosten zal in de meeste gevallen waterstof tot 2030 nog geen grootschalige optie zijn. Wanneer de uitstoot in de metallurgische industrie op langere termijn naar 95% dient te worden gereduceerd, lijkt een combinatie van elektrificatie en waterstof echter essentieel te worden. Voor de transitie naar 2050 zijn radicalere aanpassingen benodigd dan het optimaliseren van productieprocessen, waarbij de sector een omslag te maken heeft in de manier waarop producten worden gemaakt en de energietechnologie die daarbij wordt ingezet. Waterstof biedt voor deze transitie een mogelijkheid, maar kent nog een grote innovatiebehoefte en vraagt op termijn om grote hoeveelheden duurzame elektriciteit. Dergelijke innovaties en de verdere ontwikkeling van de beschikbaarheid van groene stroom zullen al op korte termijn aandacht nodig hebben om doelstellingen voor de langere termijn te kunnen halen.

De transitie kent een grote onrendabele top...

Overkoepelend geldt dat in de metallurgische industrie – waar winstmarges sinds de economische crisis dun zijn – een spanning bestaat tussen gezonde bedrijfsvoering en extra kosten voor CO₂-reductie. Investerings in verbeterde productiemiddelen kunnen vaak pas gedaan worden nadat de oude productiemiddelen hun economische levensduur hebben bereikt. Bovendien zijn veel bedrijven voor hun investeringsbeslissingen afhankelijk van een moederorganisatie in het buitenland. In deze gevallen wordt vaak een terugverdientijd van slechts enkele jaren als economisch acceptabel beschouwd.

Gelet op de kosteneffectiviteit van CO₂-reductie zijn per maatregel grote verschillen waarneembaar. Hoewel veel maatregelen met betrekking tot procesoptimalisatie zich binnen enkele jaren terugverdienen, geldt voor een groot aantal andere maatregelen een onrendabele top. Met name voor de maatregelen die het meeste effect sorteren, zoals de elektrificatie van processen, de inzet van waterstof of de afvang van CO₂, is dit relevant. Op de korte termijn zijn hiervoor samenwerkingen, subsidies voor de onrendabele top en externe financieringsconstructies gewenst. Op de langere termijn kan een verhoging van de internationale CO₂-prijs de interne investeringsbeslissing laten kantelen⁴.

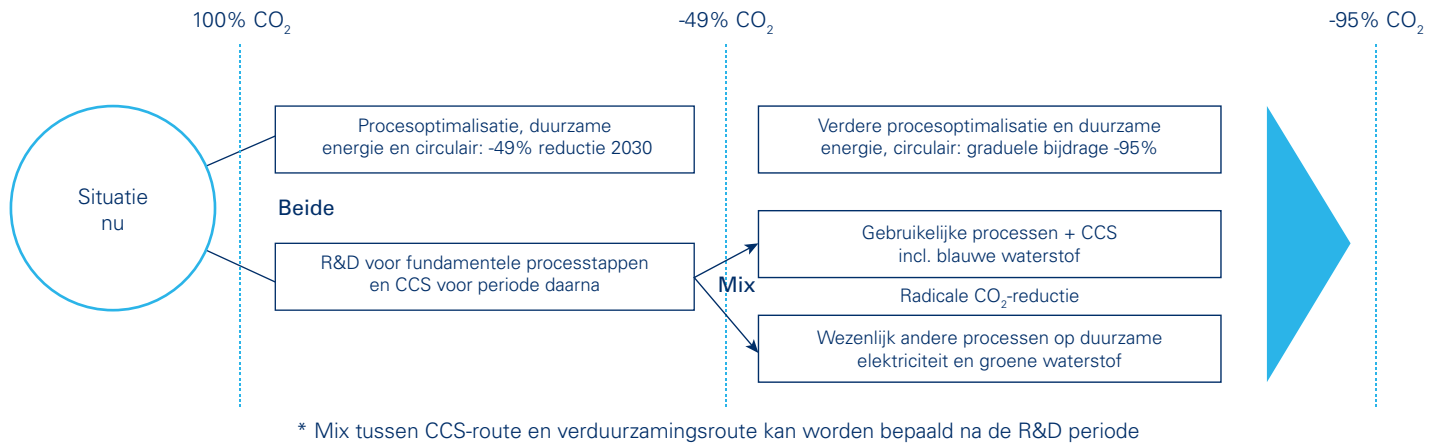
...En vraagt om versnellende externe factoren

Een belangrijke factor voor versnelling van de transitie in de metallurgische industrie betreft de afhankelijkheid van infrastructuur. De elektrificatie van processen kan alleen als een verzwaarde netaansluiting ook onder haalbare voorwaarden aangelegd kan worden. Met name voor de langere termijn, waarin waterstof mogelijk een belangrijkere rol gaat spelen, is de aanwezigheid van een dekkende waterstofinfrastructuur van groot belang. Maar ook de beschikbaarheid van waterstof en daarmee de beschikbaarheid van groene stroom wordt essentieel. Daarnaast is een uitdaging die bij veel bedrijven in de metallurgische industrie wordt herkend de betrouwbaarheid van technologie. Veel nieuwe technologieën die nog relatief kort commercieel beschikbaar zijn, zijn nog op weinig plekken bewezen. Met name in de metallurgische industrie, waar investeringen voor 30 of 40 jaar worden gedaan en een hoge bezettingsgraad cruciaal is voor het commercieel succes, is de betrouwbaarheid van technologie een essentiële randvoorwaarde.

Handelingsperspectief: samenwerking & innovatie

Om op tijd de juiste middelen voorhanden te hebben is samenwerking met de (landelijke en regionale) overheid, de energiesector en kennisinstellingen de komende jaren extra relevant. Met kennisinstellingen kan worden samengewerkt aan het onderzoek naar de toepassing van waterstof en het opstarten van demo-projecten, die relevant zijn voor het vergroten van de (perceptie van) betrouwbaarheid van technologie. Met de energiesector kan worden nagedacht over het gezamenlijk vergroten van duurzame elektriciteitsproductie en omzetting naar waterstof. En op landelijk niveau is met meerdere partijen samenwerking vereist in de dekking van infrastructuur voor waterstof.

4 Op basis van analyse Berenschot



Figuur 4. Handelingsperspectief ten aanzien van implementatie en innovatie.

Met name om tot 2050 tot een CO₂-neutrale metallurgische industrie te komen, maar ook voor de opgave tot 2030, is bovendien de innovatieagenda essentieel. De belangrijkste elementen op deze agenda in de sector betreft de ontwikkeling van waterstof als brandstof en elektrificatietechnieken die een hogere efficiëntie hebben dan vergelijkbare systemen op aardgas. Denk daarbij aan (hoge temperatuur) warmtepompen, die door hun hoge efficiëntie in operationele kosten voordeel hebben boven aardgas gedreven alternatieven. Ook het waterstof-gebaseerde staalproces vergt nog een grote innovatiebehoefte, alsmede de ontwikkeling van HIsarna en de inzet van CO₂ als grondstof voor het maken van plastics.

Daarnaast zien we een belangrijke rol weggelegd voor externe financieringspartijen en overheden om de haalbaarheid van investeringen te vergroten. Aan de ene kant biedt een verbreding van de SDE+ naar een subsidie voor alle CO₂-reducerende maatregelen een belangrijk instrument waarmee een versnelling teweeg kan worden gebracht in de transitie van de metallurgische industrie. Aan de andere kant is de rol van externe financieringspartijen van belang om de drempel voor leningen voor CO₂-reducerende maatregelen te verlagen.

Inleiding

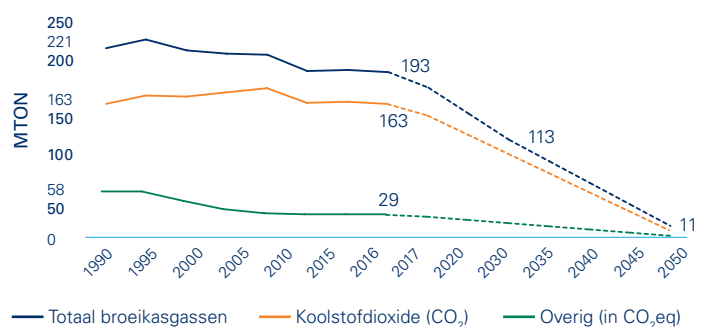
Hoofdstuk 1



1.1 De metallurgische industrie voor een duurzame toekomst

In 2011 presenteerden de Vereniging Nederlandse Metallurgische Industrie (VNMI) en Algemene Vereniging van Nederlandse Gieterijen (AVNeG) de Routekaart Metallurgische industrie en Gieterijen. Deze routekaart werd opgesteld in het kader van de Meerjarenaafspraken Energie Efficiëntie Verbeteringen (MJA/MEE) en gaf inzicht in het energiebesparingspotentieel van de industrie tot 2030. Inmiddels, ruim zeven jaar later, is de discussie rondom klimaat en energie op internationaal niveau vergevorderd. De urgentie van klimaatverandering wordt breder gevoeld dan ooit en staat hoog op de politieke en maatschappelijke agenda. Met de ondertekening van het Parijsakkoord in 2015 heeft Nederland zich gecommitted aan een drastische verlaging van broeikasgassen tot 2050. Deze afspraken zijn in 2018 op nationaal niveau geconcretiseerd met de vormgeving van het Ontwerp Klimaatakkoord, waarin een doelstelling is gepresenteerd voor de verlaging van CO₂-uitstoot met 49% in 2030 ten opzichte van 1990⁵.

Opgave voor de uitstoot van broeikasgassen in Nederland: 1990 - 2050 (in Mton CO₂eq)



Figuur 5. Opgave voor vermindering uitstoot van broeikasgassen in Nederland

De metallurgische industrie, vertegenwoordigd door VNMI en AVNeG, is een energie-intensieve sector. Gezamenlijk dragen de bedrijven binnen de metallurgische industrie voor ongeveer 23% bij aan de uitstoot van CO₂ binnen de gehele industrie⁶. Het grootste deel hiervan is afkomstig van staalproducent Tata Steel. In de hoofdlijnen van het Klimaatakkoord is Tata Steel onderdeel van de werkgroep 'grote uitstoters'; de overige bedrijven zijn vertegenwoordigd in de werkgroep 'kleinere uitstoters en nieuwe groeimarkten'.

⁵ In dit rapport wordt voor de consistentie met CO₂-uitstoot de totale uitstoot van broeikasgassen, oftewel CO₂+CO₂-equivalenten bedoeld.

⁶ Inclusief uitstoot van NUON centrales bij Tata Steel

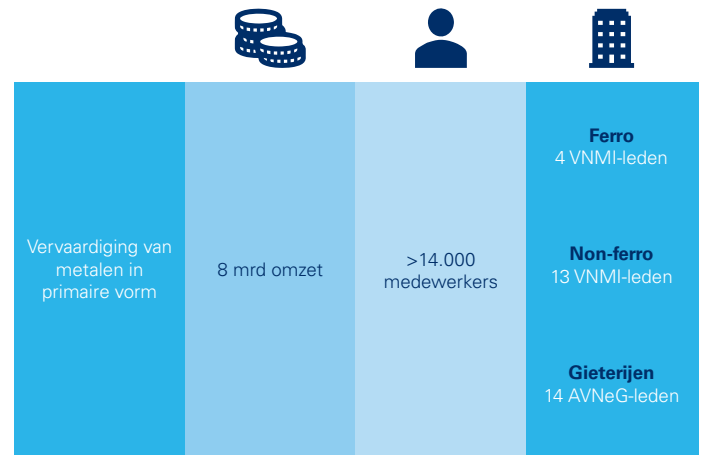
De metallurgische industrie heeft in de afgelopen jaren met veel inzet gewerkt aan de verbetering van energie-efficiëntie en realisatie van energiebesparing in haar processen. Tegelijkertijd heeft de sector een begin gemaakt met het economisch herstel na enkele moeilijke economische jaren. Gelet op de maatschappelijke klimaatopgave en de wereldwijde groei naar metalen is de sector gericht op een duurzame en gezonde toekomst waarin innovatie en samenwerking centraal staan. In deze toekomst behoren leden van de VNMI en AVNeG in 2030 tot de meest concurrerende in Europa, hebben zij een grote innovatiekracht in processen en producten en produceren zij op basis van een maximale grondstof- en energie-efficiëntie.

Om vorm te geven aan de duurzame ontwikkeling van de industrie en de concretisering van de klimaatopgave tot 2030 en verder, presenteren VNMI en AVNeG in dit rapport een vernieuwde routekaart Energie en Klimaat. In deze klimaat-routekaart wordt een beeld geschetst van de manier waarop de metallurgische industrie de uitstoot van CO₂ tot 2030 met 49% kan verminderen.

1.2 Over de sector

Bij VNMI en AVNeG zijn bedrijven aangesloten die zich bezighouden met de productie van en/of eerste verwerking van 'metalen in primaire vorm'. Dit zijn ondernemingen die uit metaalertsen zuivere metalen vrijmaken. Tata Steel is van deze groep bedrijven in Nederland het bekendste voorbeeld. Maar ook de secundaire metaalproducenten, die ingezamelde recyclematerialen voor hergebruik omsmelten en opwerken, behoren tot de leden van VNMI en AVNeG. Daarnaast omvat de sector bedrijven die zich bezighouden met de zogeheten 'eerste' bewerkingen van deze metalen. Denk hierbij aan producenten van stalen buizen, ijzer- en staalwalserijen, non-ferro smelterijen, extrusiebedrijven en thermische verzinkerijen.

In 2016 bedroeg de gezamenlijke omzet van de metallurgische industrie ongeveer 8 miljard euro⁷. Met ruim 19.000⁷ medewerkers en 400 bedrijven⁸ is de sector een belangrijk onderdeel van de industrie in Nederland. De bedrijven in de metallurgische industrie opereren in een wereldwijde markt, waarmee de afhankelijkheid van internationale groei en prijsontwikkelingen groot is.



Figuur 6. Kerngegevens van de metallurgische industrie

1.3 Metaal: facilitator van de energietransitie

De klimaatopgave vraagt om een wereldwijde transitie van de manier waarop energie opgewekt en verbruikt wordt. De groeiende inzet van nieuwe, duurzame energiedragers gaat gepaard met een groeiende vraag naar metaalproducten. Vooral voor de inzet van wind- en zonne-energie zijn grote hoeveelheden metaal nodig⁹. Metaal heeft daarbij een belangrijk voordeel: het kan oneindig gerecycled worden. Ondanks dat de vraag naar staal wereldwijd zal groeien, worden daarmee ook de mogelijkheden voor recycling steeds groter. Als metallurgische industrie spelen de leden van VNMI daarmee een belangrijke faciliterende rol in de energietransitie én de overgang naar een circulaire economie.

Daarnaast wordt in het kader van de brede energietransitie veel onderzoek gedaan naar innovatieve toepassingen van metaal. Metalot3C, een innovatiecentrum dat zich toelegt op het circulaire gebruik van metalen en energie, heeft bijvoorbeeld een demonstratieproject opgezet om metaalpoeder te gebruiken als brandstof in verschillende toepassingsgebieden, zoals kolen-centrales, warmtekracht koppelingen, en als brandstof voor vrachtauto's en schepen. Metaal kan daarmee in de toekomst voor een breder scala aan toepassingen als oplossingsrichting dienen.

⁷ CBS (2018). Statline, Arbeidsrekening; arbeidsvolume naar bedrijfstak en geslacht; 1969-2016

⁸ CBS (2018). Statline, Banen van werknemers; bedrijfsgrootte en economische activiteit (SBI 2008)

⁹ Albernese et al (2011). Steel intensity of Power Technologies



De kracht van metalen als brandstof

In het Lighthouse project 'Metal Power' van Metalot, ondersteund door de Provincie Brabant, gaat een energiecentrale demonstrator (100kw) op ijzerpoeder werken in plaats van kolen. Dit omvat een circulaire proces waarbij het ingezette metaalpoeder kan worden hergebruikt.

Uiteindelijk wordt het demonstratieproject opgeschaald tot 1 MW in een WKK opstelling. Metalot onderzoekt de economisch en technische haalbaarheid van 'metal fuel' specifiek voor aluminium, ijzer, silicium en zink. Het project draagt bij aan CO₂ reductie door mogelijke vervanging van kolencentrales, zoals een centrale in Geertruidenberg, die ongeveer 4,3 MT CO₂ uitstoot per jaar.

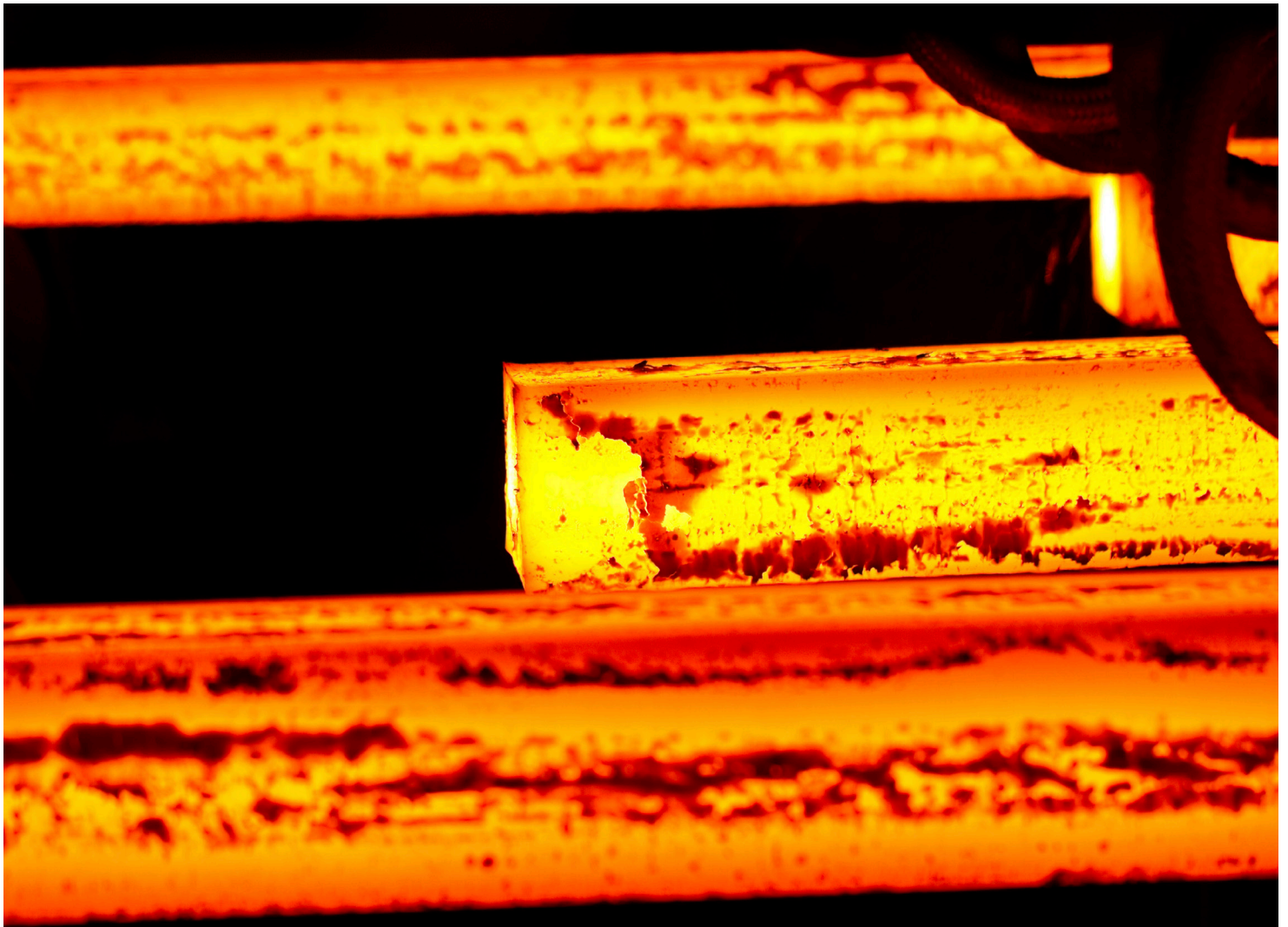
1.4 Over deze routekaart

Deze routekaart geeft inzicht in de opgave van en mogelijkheden voor de metallurgische industrie om de uitstoot van CO₂ drastisch te verlagen. Hiertoe worden verschillende oplossingsrichtingen en maatregelen gepresenteerd die in de industrie kunnen bijdragen aan de directe of indirecte vermindering van CO₂-uitstoot. Elk van de oplossingsrichtingen is voorzien van een technisch-economische analyse, waarmee de haalbaarheid, kansen en uitdagingen van verschillende richtingen wordt belicht. Gezamenlijk dienen deze inzichten als eerste stap richting een uitvoeringsagenda voor CO₂-reductie in de metallurgische industrie. De klimatroutekaart heeft als doel om bedrijven in de industrie inzicht te verschaffen in de manier waarop zij tot vergaande CO₂-reductie kunnen komen. Daarmee biedt de routekaart nadrukkelijk een uitvoerend perspectief. Daarnaast schetst de routekaart een beeld van belemmeringen en randvoorwaarden die de implementatie van maatregelen in de weg kunnen staan. Deze factoren zijn vertaald in aanbevelingen voor beleidsmakers actief in de landelijke en regionale klimaatdiscussies.

De routekaart is tot stand gekomen in samenwerking tussen FME, VNMI, AVNeG en Berenschot. In het proces zijn de leden van VNMI en AVNeG betrokken geweest via workshops, enquêtes, individuele interviews en een klankbordgroep. Dit proces heeft naast de voorliggende routekaart een klimatroutekaart voor de technologische industrie opgeleverd, alsmede een kansenkaart waarmee de bijdrage van technologische bedrijven aan de energietransitie in andere sectoren wordt benoemd.

De CO₂-reductie opgave van de sector

Hoofdstuk 2



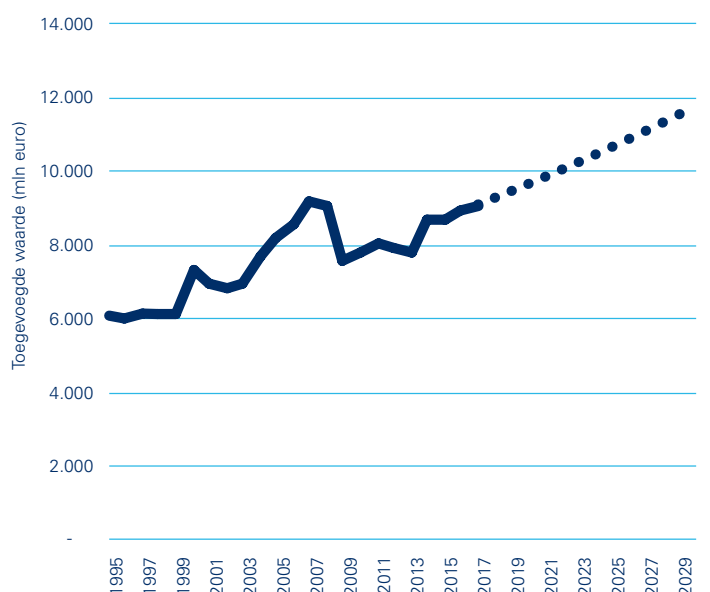
2.1 De energietransitie voor de metallurgische industrie

Bedrijven binnen de metallurgische industrie opereren in een mondiale markt waarin grote productiebedrijven zich veelal buiten Europa bevinden¹⁰. Deze markten zijn sterk onderhevig aan prijsveranderingen, waardoor bedrijven continu worden uitgedaagd om kosten te reduceren. De ambitie om CO₂ te reduceren is binnen de sector sterk aanwezig, maar moet samen kunnen gaan met de concurrentiepositie van bedrijven op mondiaal niveau. Het in stand houden van een mondiaal 'level playing field' is hierdoor van groot belang.

Binnen het kader van de energietransitie neemt de metallurgische industrie met als aanjager de brancheverenigingen VNMI en AVNeG al jaren deel aan het convenant Meerjarenaafspraken Energie Efficiëntie (MJA/MEE) in samenwerking met de Nederlandse overheid. Binnen dit kader zijn afspraken gemaakt met betrekking tot energiebesparing en ketenefficiëntie, met een doelstelling van 2% per jaar. Voor de gestelde doelen van het Parijsakkoord, die gericht zijn op 49% CO₂-reductie in 2030 ten opzichte van 1990, zijn meer vergaande maatregelen nodig.

Op basis van de historische groei van de sector en de verwachte rol van de industrie in de energietransitie gaat deze routekaart uit van een economische groei van de metallurgische sector van circa 2% per jaar. Hiermee wordt de opgave om de emissies met 49% te reduceren vanzelfsprekend groter.

Historische en verwachte groei in toegevoegde waarde van de metallurgische industrie



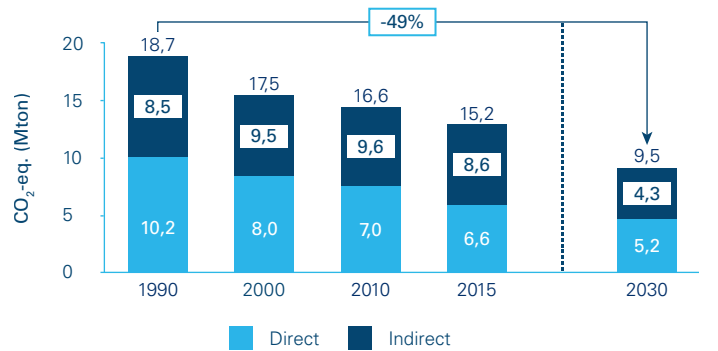
Figuur 7. Groei in toegevoegde waarde richting 2030: ~2%/jaar

¹⁰ Global steel Trade monitor, Global steel Report (2016)

Omdat de productie van staal en bewerking van metaalproducten energie-intensieve processen zijn, is de uitstoot van CO₂ relatief hoog. In 2015 was de totale uitstoot van CO₂ gelijk aan 15,2 Mton¹¹. Dit cijfer is opgebouwd uit directe en indirecte uitstoot van CO₂, zogenaamde 'scope 1' en 'scope 2' emissies. Directe uitstoot (scope 1) wordt veroorzaakt door processen binnen het bedrijf. Indirecte uitstoot (scope 2) wordt veroorzaakt door processen buiten het bedrijf; de opwek van elektriciteit door elektriciteitscentrales is hier een voorbeeld van. Binnen scope 2 valt in de metallurgische industrie ook de uitstoot van de elektriciteitscentrales van NUON in Velsen en IJmond. Deze centrales zetten namelijk restgassen van Tata Steel om in elektriciteit. Daarom worden deze emissies meegerekend bij de opgave van Tata Steel als indirecte (scope 2) emissies.

In de metallurgische industrie is de totale uitstoot van CO₂ in 2015 al met circa 20% afgenomen ten opzichte van 1990. De directe uitstoot is zelfs gedaald met 35%. Dit is met name te danken geweest aan een sterke reductie van perfluorkoolwaterstoffen (PFK's) in de aluminiumindustrie van ongeveer 2,6 Mton aan CO₂-equivalenten¹². De ambitie van 49% CO₂-reductie in 2030 vergt met name grote stappen in de reductie van CO₂ (zonder equivalenten), en blijft daarmee een uitdagende opgave.

Emissies basismetalaalindustrie in Mton CO₂-eq



Directe emissies: scope 1

Indirecte emissies: scope 2

NB: scope 3 (impact grondstoffen & producten in de keten) wordt niet kwantitatief meegenomen.

Bron: emissieregistratie.nl, CBS. Directe emissies naar lucht volgens IPCC rekenmethode, indirect emissies zijn berekend door het elektriciteitsverbruik te vermenigvuldigen met de emissiefactor van de elektriciteitsproductie volgens de "integrale methode" (specifiek per jaartal), inclusief de emissies van de Nuon centrale nabij Tata Steel. Emissiereductie tot 1995 voornamelijk in PFK's

Figuur 8. CO₂-emissies metallurgische industrie in CO₂-equivalenten. Equivalenten betreffen onder andere perfluorkoolwaterstoffen (PFK's), methaan (CH₄), distikstofoxide (N₂O).

¹¹ Emissieregistratie.nl, CBS. Directe emissies naar lucht volgens IPCC rekenmethode, indirect emissies zijn berekend door het elektriciteitsverbruik te vermenigvuldigen met de emissiefactor van de elektriciteitsproductie volgens de "integrale methode" (specifiek per jaartal), inclusief de emissies van de Nuon centrale nabij Tata Steel. Emissiereductie tot 1995 voornamelijk in PFK's.

¹² PFK-14 (perfluormethaan) en PFK-116 (perfluorethaan). Omgerekend naar CO₂-equivalenten.

2.2 Energieverbruik van de sector

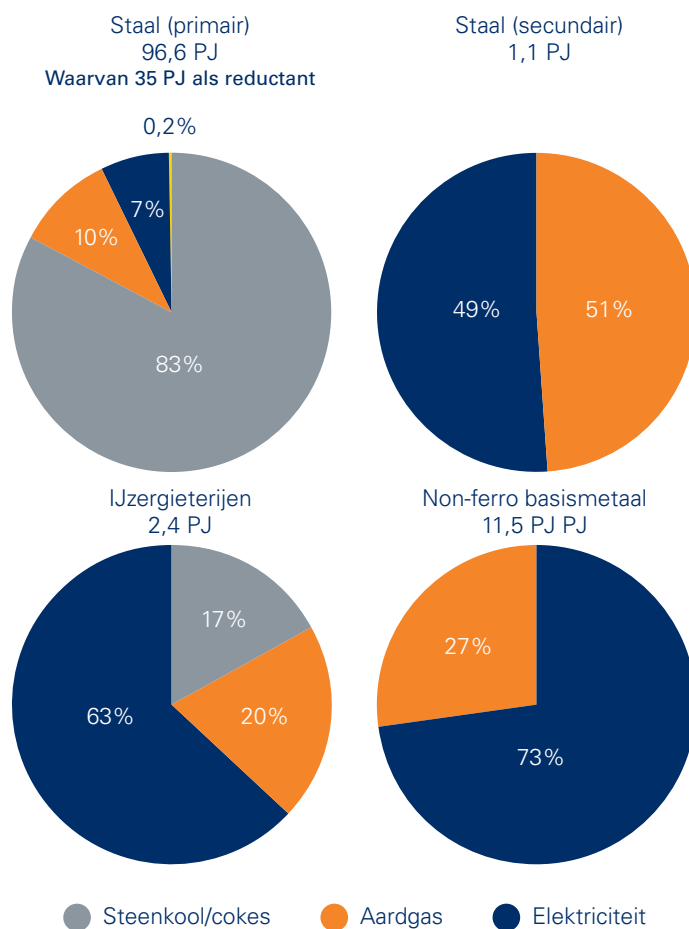
Binnen de metallurgische industrie zijn verschillende sectoren actief die elk een andere energiemix gebruiken. In dit rapport is de metallurgische industrie – vanwege de verscheidenheid aan processen en energieverbruik – in vier subsectoren onderverdeeld:

- Primaire staalproductie (Tata Steel)
- Secundaire staalproductie (zoals productie van buizen en pijpen)
- Non-ferro basismetaal
- (Ijzer)gieterijen

Deze indeling is tot stand gekomen op basis van de verschillende (basis)processen die in elk van deze sectoren plaatsvinden. Onder de primaire staalproductie vallen processen die zich toespitsen op het omzetten van ruwe ijzererts naar staal. Dit vindt uitsluitend plaats bij Tata Steel. De productie van half-fabricaten waarbij staal als grondstof wordt gebruikt valt onder de secundaire staalproductie. De omzetting van niet-ijzerhoudend erts in diverse metalen, zoals aluminium, zink en lood, valt onder non-ferro basismetaal. Resterend zijn ijzergieterijen. In deze subsector vinden voornamelijk processen plaats waarbij gietijzer tot producten wordt verwerkt¹³.

De voornaamste energiebronnen binnen de metallurgische industrie zijn steenkolenokes (met name staalproductie), elektriciteit en aardgas. In 2015 betref het totale energieverbruik voor de metallurgische industrie 111,8 PJ¹⁴. Dit staat gelijk aan het gemiddelde energieverbruik van 1,2 miljoen huishoudens in Nederland¹⁵. Verreweg het merendeel van de energie wordt gebruikt in de productie van staal (96,9 PJ¹⁶) vanwege de benodigde hoge-temperatuur warmte. Van dit totaal wordt ten minste 35 PJ niet ingezet als energie maar als reductant in de vorm van kolen en cokes. Reduceren is het verwijderen van zuurstof van de ijzerverbindingen. Hiervoor is een reductiemiddel (reductant) nodig, dat in reactie met de oxidische mineralen zelf zuurstof opneemt en aan de ijzerertsmineralen onttrekt. Tata Steel gebruikt kolen en cokes als reductant.

Kolen/cokes hebben daarmee meerdere functies: het reduceren van ijzeroxides, het dragen van de massa in de oven en het leveren van de energie die nodig is voor het smelten van alle materialen. Deze functies zijn in een hoogoven niet van elkaar te scheiden: door deze verbinding van functies is het niet mogelijk de reductie met kolen te doen en de andere functies met andere energiedragers. Het hoogovenproces is daarmee een geïntegreerd systeem en een energie-intensief proces. Voor drastische emissiereducties richting 2050 zal dan ook een radicale omslag van productiemethoden en herkomst van energie moeten plaatsvinden.



Figuur 9. Energieverbruik van de verschillende sub sectoren in de metallurgische industrie

¹³ NB: de gieterijen die uitsluitend aluminium of lood omsmelten vallen in deze categorisering onder de subsector 'non-ferro'.

¹⁴ CBS (2015). Energieverbruik van metallurgische industrie voor het jaar 2015.

¹⁵ CBS (2018). Energieverbruik van particuliere huishoudens. Gemiddeld verbruik van 1.479 m³ aardgas en 3.000 kWh stroom.

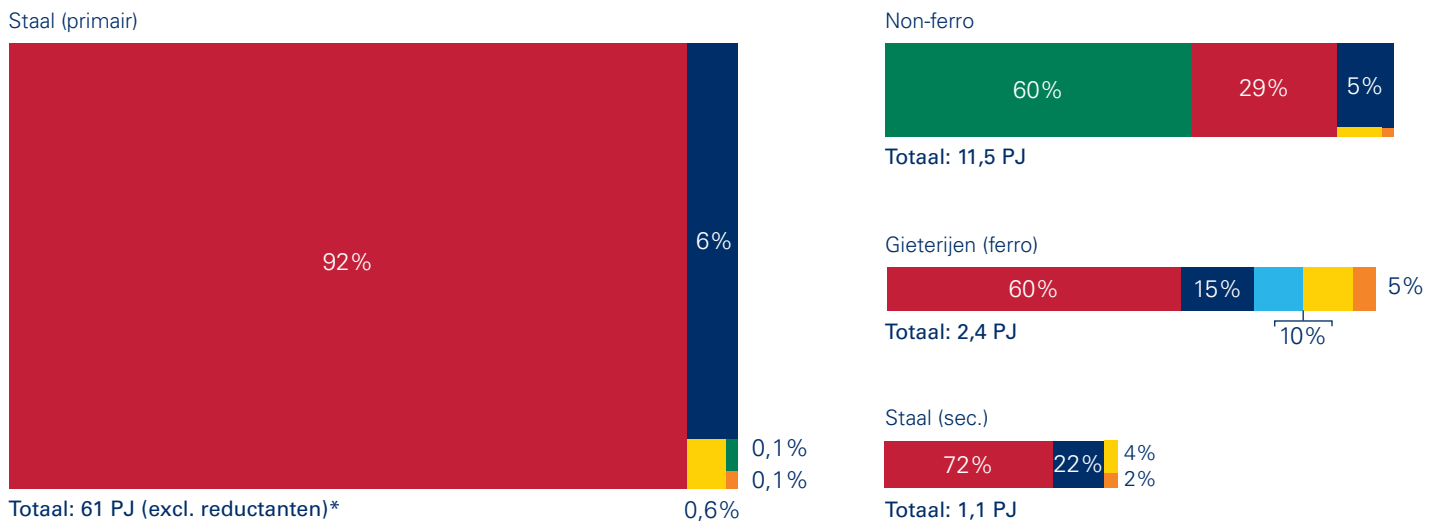
¹⁶ Eigen berekeningen Berenschot

2.3 Verdeling energieverbruik naar processen

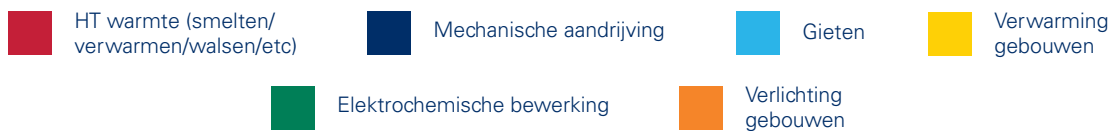
Binnen de metallurgische industrie zijn enkele substantiële verschillen tussen energieverbruik van subsectoren zichtbaar. Dit wordt veroorzaakt door de diversiteit aan productieprocessen. In gieterijen, de primaire en secundaire staalproductie wordt de meeste energie verbruikt bij het creëren van hoge temperaturen, veelal boven de 1000 graden Celsius.

Dit vindt plaats in verschillende type ovens, van hoogovens voor de primaire staalproductie tot koepelovens en inductieovens voor de omsmelting van metalen.

Met name in de non-ferro industrie behoren de elektrochemische bewerkingen tot de meest energie-intensieve processen. Hierbij gaat het vooral om het elektrolyseproces dat wordt ingezet in de (primaire) productie van zink en aluminium. In alle subsectoren vinden mechanische bewerkingen (e.g. lassen of pneumatisch stralen) plaats die gemiddeld 10% van het energieverbruik innemen. Het verwarmen (stoken op aardgas) en verlichten van gebouwen vergt tot slot een relatief klein deel van het totale energieverbruik¹⁵.



* Het staalproces is een geïntegreerd proces; gassen die vrijkomen bij verschillende processtappen moeten ter plaatse worden benut. Deze stappen kunnen dan ook niet los van elkaar worden gezien. CO₂-reductie is alleen mogelijk bij een radicale omslag van het proces.



Figuur 10. Energieverbruik onderverdeeld naar processen

Oplossingen voor CO₂-reductie in de metallurgische industrie

Hoofdstuk 3



CO₂-reductie kan met behulp van een groot scala aan maatregelen gerealiseerd worden. De maatregelen die specifiek in de metallurgische industrie genomen kunnen worden, komen in dit hoofdstuk aan de orde. Om de impact van deze maatregelen te bepalen is gebruik gemaakt van het energieverbruik van afzonderlijke processen. Deze methodologie is beschreven in Bijlage 2.

Binnen de metallurgische industrie heeft Tata Steel een bijzondere positie met ongeveer 87% van de totale energievraag¹⁵. Daarom worden in dit hoofdstuk de verduurzamingsmaatregelen van Tata Steel naast de maatregelen die mogelijk zijn in de rest van de metallurgische industrie gezet. De maatregelen voor de rest van de metallurgische industrie zijn daarbij dus ook nadrukkelijk exclusief Tata Steel.

De impact van de maatregelen is bepaald voor scope 1 en scope 2. Er wordt hierbij rekening gehouden met een groei van de metallurgische industrie van 2% en een verduurzaming van de elektriciteitsproductie volgens het Ontwerp Klimaatakkoord. Genoemde impact van maatregelen is dan ook gebaseerd op de uitstoot van het elektriciteitspark in 2030.

De genoemde getallen in dit hoofdstuk komen voort uit eigen berekeningen van Berenschot, met uitzondering van de maatregelen bij Tata Steel. Maatregelen ten aanzien van procesoptimalisatie zijn berekend door ToImprove.

Er wordt hiervoor onderscheid gemaakt in 6 oplossingsrichtingen:

- Duurzame energie
- Energiebesparing
- Inzet van nieuwe energietechnologie
- End-of-pipe (CCS & reststromen)
- Ecodesign
- Circulariteit

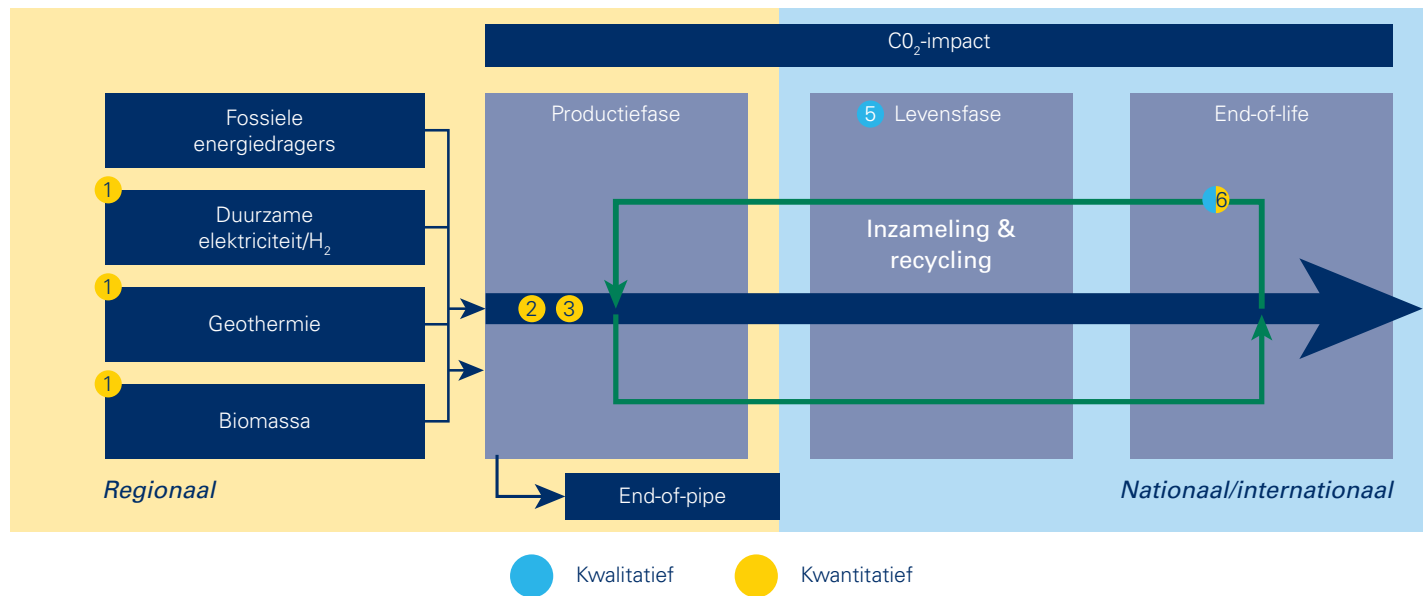
Deze oplossingsrichtingen zijn hieronder grafisch weergegeven. In het productieproces is energie nodig, momenteel bestaat deze energie nog voor het grootste deel uit fossiele energie. Door deze mix te verplaatsten naar duurzame energie kan CO₂-uitstoot bespaard worden (1). Energiebesparing tijdens het productieproces (2) en het inzetten van andere energietechnologieën (3) dragen bij aan het reduceren van de CO₂-uitstoot van de industrie door directe besparing of gebruik van een duurzame energietechnologie.

Daarnaast blijven er na productie reststromen- of gassen over (4), denk hierbij aan warmte of CO₂. Als deze reststromen afgevangen of nuttig ingezet worden, zorgt dit voor CO₂-reductie. Deze oplossingen noemen we 'end-of-pipe'.

Ook in de gebruiksfase van een product kan CO₂-uitstoot plaatsvinden. Denk bijvoorbeeld aan een auto met een verbrandingsmotor. De industrie kan het ontwerp van producten zodanig aanpassen dat deze gedurende hun levensduur minder uitstoten. Dit wordt ecodesign genoemd (5).

Tot slot, door producten na gebruik weer her te gebruiken kan de productiefase minder energie- en grondstoffen-intensief worden (6).

In onderstaande paragrafen wordt de impact en technische haalbaarheid van de verschillende oplossingsrichtingen voor de metallurgische industrie beschreven. In de routekaart zijn alleen de oplossingsrichtingen kwantitatief berekend die direct impact hebben op scope 1 en scope 2 van de CO₂-uitstoot. Maatregelen die in de keten effect hebben, zoals ecodesign en circulariteit, zijn kwalitatief beschreven.



Oplossingsrichtingen:

1. Duurzame energie 2. Energiebesparing
3. Inzet van nieuwe energietechnologie 4. End-of-pipe (CCS & reststromen) 5. Ecodesign 6. Circulariteit

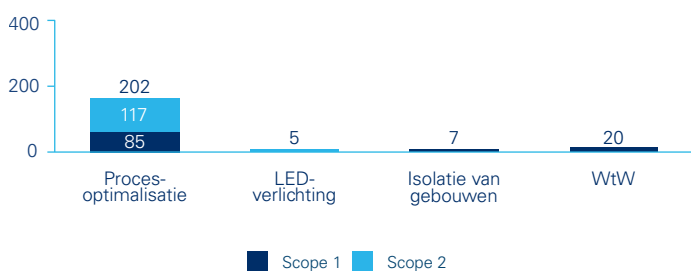
NB: niet alle richtingen hebben kwantitatief impact op de CO₂-afdruk in onze scope. Desalniettemin houden we kwantitatief en/of kwalitatief alle oplossingsrichtingen in het vizier

Figuur 11. Oplossingsrichtingen binnen de gehele keten.

3.1 Energiebesparing

Een belangrijke component in de energietransitie is efficiënter gebruik van energie zodat de totale vraag naar energie afneemt. Energiebesparing is mogelijk door een pakket aan maatregelen toe te passen in zowel processen als gebouwen. In dit rapport is de nadruk gelegd op procesoptimalisatie, HIsarna, LED-verlichting, isolatie en warmteterugwinning. Het technisch potentieel van elke maatregel is weergegeven in Figuur 12. Niet alle maatregelen kunnen overal en direct geïmplementeerd worden; HIsarna bijvoorbeeld vindt specifiek alleen bij Tata Steel plaats.

Technisch potentieel CO₂-reductie (in kton CO₂)

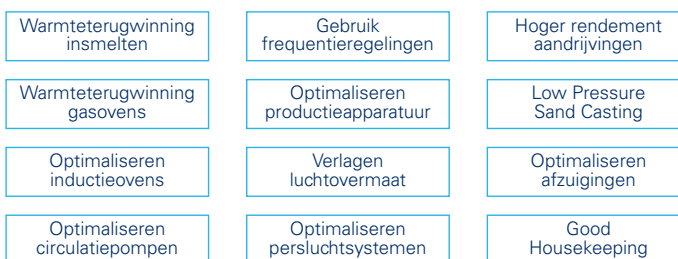


Figuur 12. Technisch potentieel CO₂-reductie energiebesparing in de metallurgische industrie. CO₂-reductie van maatregelen is niet altijd optelbaar. Enkele maatregelen zijn concurrerend.

3.1.1 Procesoptimalisatie

Procesoptimalisatie betreft een verzameling van een groot aantal maatregelen, met name mogelijk in productieprocessen, zie Figuur 13. Het verbeteren van processen leidt al jarenlang tot zowel economische besparingen als energiebesparingen. Vooral bij bedrijven waar nog veel gebruik wordt gemaakt van verouderde apparatuur kunnen aanzienlijke energiebesparingen worden gerealiseerd. Echter, bij bedrijven die de afgelopen jaren hebben geïnvesteerd in moderne apparatuur is het lastiger om zeer grote besparingen te realiseren.

Desondanks is het nog steeds zinvol om bedrijfsprocessen continu efficiënter te maken. In de metallurgische industrie is het met name van belang om efficiënt met warmte om te gaan. Voorbeelden hiervan zijn het verlagen van de luchtvermaat in ovens en het beperken van warmteverlies in ovens. Het constant houden van (optimale) operator instellingen is een manier om energie te besparen zonder dat grote investeringen vereist zijn. Omdat deze specifieke maatregelen en mogelijkheden per bedrijf enorm verschillen, is de totale CO₂-reductie van procesoptimalisatie als 2% energiebesparing per jaar tot 2030 verondersteld.



Figuur 13. Maatregelen behorende tot procesoptimalisatie

Als de groei van de metallurgische industrie (exclusief Tata Steel) van 2% per jaar wordt meegenomen dan stijgt het energieverbruik van 14,9 PJ in 2015 naar 20,0 PJ in 2030. 2% energiebesparing per jaar door procesoptimalisatie zorgt voor een daling van 5,1 PJ tot een totaal energieverbruik van 14,9 PJ in 2030. Daarmee wordt in totaal 202 kton CO₂ bespaard in 2030.

3.1.2 LED-verlichting

Het toepassen van LED-verlichting zorgt voor een grote afname van elektriciteitsverbruik voor verlichting. De totale energiebesparing ligt tussen de 30% en 70%, afhankelijk van het type verlichting dat vervangen wordt en de bedrijfsspecifieke situatie¹⁷. In dit rapport is uitgegaan van een gemiddelde energiebesparing van 60%. De metallurgische industrie heeft bedrijfshallen en kantoren waar LED-verlichting geplaatst kan worden. Verlichting vormt in vergelijking met andere processen slechts een klein deel van het energieverbruik. Hierdoor valt het potentieel van LED-verlichting laag uit ten opzichte van andere maatregelen.

Het energieverbruik voor verlichting in de metallurgische industrie wordt geschat op 0,17 PJ in 2015, zonder maatregelen zal dit stijgen tot 0,23 PJ in 2030. Door de toepassing van LED-verlichting daalt het elektriciteitsverbruik met 0,14 PJ tot een totaal van 0,09 PJ. Dit staat gelijk aan een reductie van 5 kton CO₂ in 2030.

Voorbeeld: optimalisatie van het walsproces

Enkele energie-analyses bij walsbedrijven laten zien dat het energieverbruik voor walsen voor circa 30% bestaat uit de aandrijving van de walsrollen en voor circa 70% uit energiegebruik van nevenapparatuur, zoals smeeroliepompen, afzuiging, hydrauliek etc. Het rendement van de hoofdaandrijving is over het algemeen behoorlijk hoog, omdat de hoofdaandrijving een groot vermogen heeft. Het rendement en de kwaliteit van aansturing van de randapparatuur is vrijwel zeker een stuk lager. Door verbetering van het rendement van de aandrijving en door slimmere aansturing van randapparatuur is nog zeker 20% besparing in het proces mogelijk.

¹⁷ Agentschap NL (2011). Slim licht werkt beter in bedrijfshallen.

3.1.3 Isolatie van gebouwen

Ook isolatie van gebouwen is in principe een effectieve methode om de CO₂-uitstoot te reduceren¹⁸. In de metallurgische industrie is het effect op de CO₂-uitstoot echter relatief gering. Het isoleren van utiliteitsgebouwen is met name zinvol bij kantoorgebouwen en bedrijfshallen die verwarmd worden tot 18°C of hoger. Ook het isoleren van bedrijfshallen die alleen verwarmd worden om vorst te voorkomen is nuttig (hoewel de CO₂-reductie hier kleiner zal zijn). Isoleren kan door middel van vloer-, muur- en dakisolatie, maar ook door het vervangen van het huidige glaswerk in ramen door HR++ isolatieglas. In bedrijfshallen spelen vooral muur- en dakisolatie een belangrijke rol, omdat vloerisolatie kostbaar is en het de constructie van het gebouw aan kan tasten. Daarnaast is het totale raamoppervlak meestal gering, waardoor het besparingspotentieel van HR++ glasisolatie verwaarloosbaar is binnen de metallurgische industrie. Dit neemt niet weg dat het aanwenden van HR++ glasisolatie, een effectieve manier is om energie te besparen. Vooral in kantoorpanden, waar het raamoppervlak een aanzienlijk gedeelte beslaat van het totale oppervlak, is HR++ glasisolatie een goede keuze.

Voor het technisch potentieel wordt er uitgegaan van toepassing van isolatie in gemiddeld 50% van de gebouwen. Dit zal zeker plaatsvinden bij nieuwbouw, waar isolatie eenvoudig toe te passen is. In de oudere gebouwen is de toepassing van isolatie vanwege de staat van de gebouwen ingewikkelder. Met isolatie wordt gemiddeld een reductie gerealiseerd van 50% van het energieverbruik voor gebouwverwarming. Dit levert een totale besparing op van 25% van het aardgasverbruik voor ruimteverwarming in de metallurgische industrie. Momenteel wordt het energieverbruik van ruimteverwarming in de metallurgische industrie geschat op 0,3 PJ dit zal zonder maatregelen groeien tot 0,5 PJ in 2030. Door het volledige benutten van het technische potentieel aan isolatie zal het energieverbruik voor ruimteverwarming dalen met 0,13 PJ. Dit levert een besparing op van 7 kton CO₂.

3.1.4 Warmteterugwinning

Vooral in de metallurgische industrie, waar veel hoge-temperatuur processen zijn, kan warmte teruggewonnen worden die vervolgens ingezet kan worden in een ander gedeelte van het proces waar het nog nuttig kan worden gebruikt. Warmteterugwinning speelt bij insmelten alleen een rol bij gasgestookte ovens en koepelovens. Bij de meeste ovens wordt de warmte uit de rookgassen al gebruikt voor het voorverwarmen van verbrandingslucht.

Bij de verzinkerijen wordt restwarmte vaak gebruikt voor het verwarmen van de droogoven. Dit is echter nog niet bij alle verzinkers toegepast. De nog aanwezige restwarmte in de rookgassen van gasgestookte ovens is ingeschat op 30% van het totale energieverbruik. Aangenomen is dat dit verlaagd zou kunnen worden naar 20% zodat een besparing van circa 10% ontstaat. Er zijn nagenoeg geen mogelijkheden om warmteverlies door transmissie via ovenwanden te verminderen.

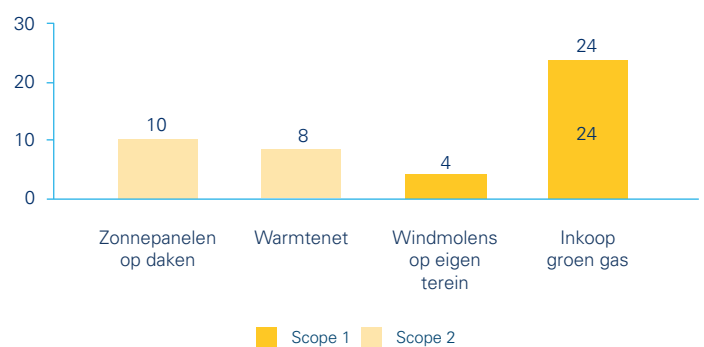
Bij gloeiovens, billetovens en plakkenovens is het warmteverlies via rookgassen in veel gevallen hoger dan volgens de stand der techniek nodig zou zijn. Afhankelijk van het temperatuurniveau zijn er in principe mogelijkheden om het rookgasverlies te verlagen door het verminderen van de luchtvermaat in de schoorsteen (beperken ventilatieverliezen), door betere afdichting of betere instelling van branders of door het gebruik van warmte uit de rookgassen om de verbrandingslucht voor te verwarmen. Binnen deze processen kan er mogelijk 15% energie bespaard worden.

In totaal kan met warmteterugwinning 0,35 PJ worden bespaard op alle smeltprocessen (die gezamenlijk 5,5 PJ in 2015 verbruiken). Dit levert een CO₂-reductie op van 20 kton in 2030. Dit is exclusief warmteterugwinning die bij Tata Steel plaatsvindt.

3.2 Duurzame energie

Een CO₂-reductie van 49% is lastig te realiseren zonder de herkomst van energie in acht te nemen. Inzet van duurzame energie is daarom essentieel. In de metallurgische industrie biedt de inzet van groen gas een kans omdat het ingevoerd kan worden in de huidige gasinfrastructuur. In totaal heeft deze categorie echter weinig impact op de reductie van CO₂.

Technisch potentieel CO₂-reductie (in kton CO₂)



Figuur 14. Technisch potentieel CO₂-reductie duurzame energie in de metallurgische industrie. CO₂-reductie van maatregelen is niet altijd optelbaar. Enkele maatregelen zijn concurrerend.

¹⁸ NB: Isolatie van ovens en andere installaties valt onder het onderwerp 'procesoptimalisatie'

3.2.1 Zonnepanelen op daken

Het totale dakoppervlak van de metallurgische industrie is beperkt ten opzichte van het energieverbruik. In totaal gaat het binnen de sector om ongeveer 1,5 miljoen m²¹⁹. De mogelijkheid van deze daken om een volledige constructie met zonnepanelen te dragen laat in de praktijk bovendien belemmeringen zien. Ingeschat wordt dat per vierkante meter dakoppervlak potentieel gemiddeld 47% benut kan worden voor zonnepanelen (de overige 53% is niet geschikt door obstakels, dakranden en de sterkte van de dakconstructie)²⁰. Verschillen op individueel bedrijfsniveau zijn uiteraard denkbaar. Met benutting van het volledige technisch potentieel kan 0,3 PJ elektriciteit worden opgewekt. Dit levert een besparing op van 10 kton CO₂ in 2030. Deze berekening is exclusief mogelijkheden voor zonnepanelen op braakliggend terrein.

3.2.2 Windmolens op eigen terrein

Mogelijkheden voor het plaatsen van windmolens op eigen terrein worden kleiner geacht, omdat er per windmolen van 3 MW ongeveer 1,6 ha nodig is. In gezamenlijkheid is de kans groter om een aantal windmolens neer te zetten, mogelijk door bijvoorbeeld Power-Purchase-Agreements. De inschatting is dat maar weinig bedrijven terrein braak hebben liggen waar een windmolen op geplaatst kan en mag worden. Het potentieel voor de metallurgische industrie wordt ingeschat op 15 windmolens van 3 MW. Deze windmolens leveren 0,23 PJ elektriciteit per jaar en besparen daarmee 8 kton CO₂ in 2030.

3.2.3 Collectieve duurzame warmte (Restwarmte, geothermie en biomassa)

Collectieve duurzame warmte kan voorzien in de behoefte aan ruimteverwarming in de metallurgische industrie. Afhankelijk van de lokale mogelijkheden kan deze warmte geleverd worden door restwarmte, geothermie, biomassa of een combinatie van deze drie bronnen.

Het maximale potentieel voor warmtenetten wordt geschat op 50 PJ²⁰. Op basis van vloeroppervlak en het aandeel industriegebouwen dat nu op warmtenetten is aangesloten, kan in 2030 0,06 PJ van de totale vraag voor ruimteverwarming (à 0,5 PJ in 2030) ingevuld worden door warmtenetten.

Invulling hiervan kan op drie manieren:

- **Geothermie.** In heel Nederland kan geothermie in 2030 20 van de 50 PJ van het potentieel van warmtenetten invullen.²⁰ Vertaald naar de 0,06 PJ beschikbare capaciteit voor de metallurgische industrie, is dus maximaal 0,024 PJ afkomstig van geothermie. Geothermie levert in de regel lage-temperatuur warmte op, dat geschikt is voor het verwarmen van gebouwen. De vraag naar hoge-temperatuur warmte in de metallurgische industrie is zeer beperkt, daarom wordt het potentieel van ultra-diepe geothermie (hoge-temperatuur warmte) als verwaarloosbaar ingeschat.
- **Restwarmte.** Restwarmte zal voornamelijk beschikbaar komen uit sectoren met hoge-temperatuur warmte processen, zoals de metallurgische industrie en de chemische industrie. Het restwarmte potentieel uit de industrie wordt in totaal ingeschat op zo'n 50 PJ²¹. Hiermee kan het ruimschoots invulling geven aan het potentieel van 0,06 PJ voor warmtenetten in de metallurgische industrie.
- **Biomassa.** Het binnenlandse potentieel voor groen gas in 2030 wordt geschat op 142,5 PJ²². De vraag naar aardgas in metallurgisch industrie is inclusief Tata Steel 1,7% van de totale Nederlandse vraag en exclusief Tata Steel 0,5%. Daarmee zou de metallurgisch industrie op basis van fairshare dus respectievelijk 2,4 PJ (incl. Tata Steel) en 0,7 PJ (excl. Tata Steel) groen gas toebedeeld krijgen. Daarmee kan ruimschoots worden voorzien in het volledig potentieel voor collectieve duurzame warmte van 0,06 PJ. Opgemerkt moet worden dat biomassa concurrerend is voor meerdere doeleinden. De genoemde getallen zijn daarmee hoogstwaarschijnlijk een overschatting van het potentieel.

De maximale potentie van collectieve duurzame warmte van 0,06 PJ uit de bovenstaande bronnen komt overeen met een CO₂-reductie van 4 kton.

19 LISA (2017).

20 Eigen analyse op basis van Vreugdenhil (2014). Een studie naar het potentieel van PV in Nederland. Wageningen, WUR.

21 Hoogervorst, N. (2017), Toekomstbeeld klimaatneutrale warmtenetten in Nederland, Den Haag: PBL.

22 Berenschot (2018), Strategische hubs voor de opschaling van groen gas in Nederland, Utrecht: Berenschot

3.2.4 Inkoop Groen gas

Het voordeel van groen gas is dat het direct ingevoerd kan worden in de huidige gasinfrastructuur. Hierdoor zijn rigoureuze ingrepen, zoals elektrificatie of transitie naar een waterstofinfrastructuur niet vereist. Helaas is groen gas maar in een beperkt volume beschikbaar, vanwege de benodigde biomassa. Het potentieel voor 2030 wordt geschat op 85 PJ waarvan op basis van fairshare (0,5% 1,7%) 0,4 PJ (inclusief Tata Steel 1,5 PJ) beschikbaar is voor de metallurgische industrie, waardoor een besparing van 24 kton CO₂ mogelijk is in 2030.

3.3 Inzet van nieuwe energietechnologie

Nieuwe energietechnologieën kunnen een significante bijdrage leveren aan CO₂-reductie. Op hoofdlijnen zijn er twee mogelijkheden: elektrificatie en de inzet van waterstof. De omschakeling naar elektriciteit kan ingezet worden op processen en op ruimteverwarming. Voor zowel elektrificatie als de inzet van waterstof is het van belang dat de aanvoer betrouwbaar is.

3.3.1 Elektrificatie algemeen

Elektrificatie resulteert voornamelijk in een dalende vraag naar aardgas en cokes in de metallurgische industrie. Dit resulteert niet automatisch in CO₂-besparing, aangezien in de energiesector fossiele energiedragers in elektriciteit worden omgezet met een efficiëntie van circa 40-50%. Alleen wanneer de gebruikte elektriciteit afkomstig is van duurzame bronnen, leidt elektrificatie tot CO₂-uitstootreductie. Naar verwachting zal dit pas tegen 2030 voldoende het geval zijn.

Om dergelijke ontwikkelingen in het elektriciteitspark te bevorderen kan de industrie een prima partner zijn voor windparken door selectief overschotten windstroom af te nemen tegen een voor beiden gunstige prijs, in zogenaamde Power Purchase Agreements (PPA's). Hierbij snijdt het mes aan twee kanten: het windpark wordt behoed voor te grote prijsdips bij overproductie, en de industrie kan selectief goedkope stroom op die momenten afnemen. Een knelpunt hiervoor is momenteel echter dat de huidige structuur van de nettarieven deze toepassing belemmert²³.

Energieflexen: Nyrstar

Door de inzet op duurzame energiebronnen, zoals zonne- en windenergie, zal het aanbod van duurzame elektriciteit in de toekomst toenemen. De verwachting is dat in 2030 circa 70 procent van de elektriciteitsproductie afkomstig is van intermitterende bronnen. Hierdoor zullen er momenten zijn waarbij hernieuwbare energie voor meer dan 100 procent in de vraag kan voorzien en momenten waarbij de vraag vrijwel volledig gedekt moet worden door andere bronnen dan weersafhankelijk hernieuwbaar vermogen, vanwege ongunstige weersomstandigheden. Een gevolg hiervan is een toename van de vraag naar flexibiliteit, waardoor het van belang is om voldoende flexibiliteitsopties tijdig van de grond te krijgen.

Metallurgische bedrijven spelen een mogelijke systeemrol in het creëren van flexibiliteit in het energiesysteem. Elektrificatie biedt namelijk de mogelijkheid tot flexibilisering van de elektriciteitsvraag. Dit zou een mogelijke oplossing zijn voor fluctuaties in het aanbod van groene stroom. Afschaling van de vraag bij de metallurgische industrie lijkt in sommige gevallen mogelijk. Zinkproducent Nyrstar in Budel doet dit momenteel al op momenten van piekvraag, waarbij het elektrolyseproces wordt teruggeschaald. Hiermee helpt het bedrijf bij het leveren van meer netstabiliteit. Voor opschaling is veel minder potentie, omdat de assets van de industrie moeilijker zijn terug te verdienen bij een lagere bezettingsgraad.

De kansen op CO₂-uitstootreductie zijn hoger bij opties waar elektrificatie direct leidt tot een inherente besparing van de energievraag. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij een warmtepomp, die een efficiëntiefactor van 400% of zelfs meer kan hebben afhankelijk van de situatie. In zulke gevallen produceert men veel efficiënter warmte dan met het stoken van op aardgas en leidt elektrificatie wél direct automatisch tot CO₂-uitstootreductie, zelfs nu al bij de huidige elektriciteitsopwekking. Naarmate het elektriciteitsproductiepark duurzamer wordt, gaat dat nog veel verder verbeteren. Warmtepompen zijn dus bij uitstek een vorm van elektrificatie met een sterke CO₂-uitstootreductie.

Voor de potentie van elektrificatie kijken we naar de verwachte uitstoot van het elektriciteitspark in 2030, onder andere zoals gesteld in de afspraken in het Ontwerp Klimaatakkoord. Volgens deze afspraken is elektriciteit in 2030 voor 70% afkomstig van duurzame bronnen²⁴.

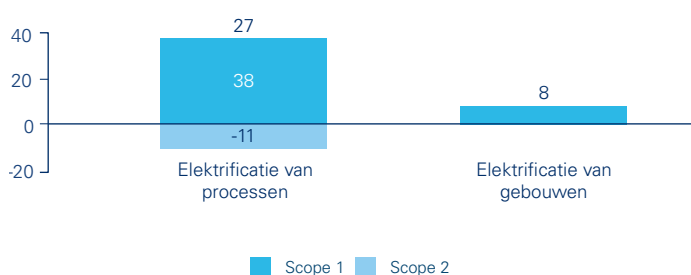
²³ Berenschot (2016). Onderzoek naar nettarieven en flexibiliteit. Genoemde oplossing is een "stoplicht systeem" waarbij de industrie vrijgesteld is van extra nettarifief bij elektrificatie in bijv. daluren.

²⁴ Ontwerp Klimaatakkoord (2018).

3.3.2 Elektrificatie van processen

Onder elektrificatie valt onder andere elektrificatie van thermische processen die plaatsvinden bij middelhoge tot hoge temperaturen; hieronder vallen onder andere smelten, insmelten, galvaniseren, moffelen en drogen. Hoge-temperatuur warmtepompen zouden een mogelijkheid bieden om deze energiebesparing te realiseren. Deze techniek moet echter nog verder ontwikkeld worden. Bij ijzergieterijen kunnen cokesovens vervangen worden door inductieovens, dit levert tevens een reductie in de totale energievraag op.

Technisch potentieel CO₂-reductie (in kton CO₂)



Figuur 15. Technisch potentieel van elektrificatie in de metallurgische industrie (excl. Tata Steel). CO₂-reductie van maatregelen is niet altijd optelbaar. Enkele maatregelen zijn concurrerend.

In potentie kan elektrificatie door de vervanging van 0,4 PJ cokes door 0,3 PJ elektriciteit 27 kton CO₂ besparen in 2030.

3.3.3 Hlsarna

Hlsarna is een nieuwe, vooruitstrevende technologie om staal te produceren waarbij twee essentiële processen van staalproductie worden gecombineerd. De technologie bestaat uit een reactor waar bovenin ijzererts wordt ingevoerd²⁵. Het erts wordt bij een hoge temperatuur vloeibaar gemaakt in een cycloon en druppelt op de bodem van de reactor waar steenkoolpoeder wordt geïnjecteerd. Het koolpoeder reageert met de gesmolten erts waarbij vloeibaar ruwijzer ontstaat als basismateriaal voor de productie van hoogwaardig staal. Het gas dat Hlsarna uitstoot, is geconcentreerd CO₂.

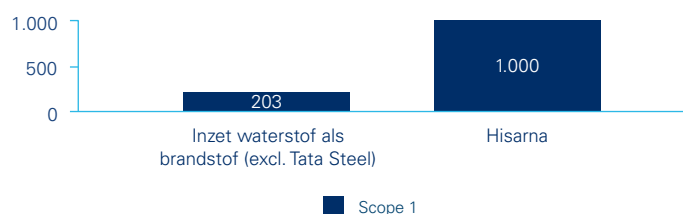
De technologie maakt een aantal voorbereidingsstappen overbodig en stelt minder strikte eisen aan de kwaliteit van de grondstoffen. Dit resulteert in een enorme efficiëntieverhoging. Het verlaagt het energieverbruik en dringt de CO₂-uitstoot terug met 20%. In combinatie met CC(U)S kan dit oplopen tot 80% CO₂-reductie. Bovendien verlaagt Hlsarna de uitstoot van fijnstof, zwaveldioxide en stikstofdioxide met 60% tot 80%²⁴.

Hlsarna kan alleen toegepast worden in de primaire staalproductie, waardoor het alleen implementeerbaar is bij Tata Steel. Momenteel heeft Tata Steel een operationele pilot Hlsarna-plant actief in IJmuiden.

3.3.4 Inzet waterstof als brandstof

Een maatregel die mogelijk richting de toekomst veel impact heeft is de inzet van waterstof, wat als brandstof kan dienen voor alle aardgasgedreven processen. Echter, voor dergelijke toepassingen is nog veel onderzoek nodig. De inzet van waterstof biedt met name kansen voor hoge-temperatuur processen, zoals voor het smelten van aluminium en productie van staal. Tata Steel verwacht deze optie pas na 2030 op grote schaal in te zetten. Ook bij lage-temperatuur processen is de inzet van waterstof mogelijk. De toepassing van waterstof voor ruimteverwarming wordt echter als verwaarloosbaar ingeschat, omdat ruimteverwarming met elektrificatie in alle gevallen efficiënter is. In deze studie gaan we ervan uit dat de waterstof groen of blauw kan zijn²⁶. Hierdoor is de CO₂-uitstoot van een kg waterstof 0 kg CO₂.

Technisch potentieel CO₂-reductie (in kton CO₂)



Figuur 16. Technisch potentieel van waterstof in de metallurgische industrie (excl. Tata Steel). CO₂-reductie van maatregelen is niet altijd optelbaar. Enkele maatregelen zijn concurrerend.

In potentie kan waterstof gebruikt worden als alternatief voor aardgas in alle productieprocessen, in 2030 is dit voor de metallurgische industrie exclusief Tata Steel mogelijk gegroeid naar 3,2 PJ. Met de inzet van 3,2 PJ waterstof in 2030, kan 202 kton CO₂ bespaard worden.

25 Tata Steel (2018). <https://www.tatasteel.nl/nl/innovatie/Hlsarna/Hoehet-werkt>

26 CE Delft en De Gemeiynt (2018). Routekaart CCS: CO₂-afvang en -opslag, een ongemakkelijk maar onmisbaar onderdeel van de energietransitie

3.4 End-of-pipe

Twee end-of-pipe oplossingen zijn Carbon Capture Usage and Storage (CC(U)S) en uitkoppeling van restwarmte.

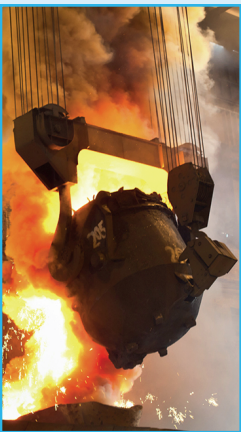
3.4.1 Carbon Capture Utilization and Storage

Bij Carbon Capture Utilization and Storage (CC(U)S) wordt CO₂ afgevangen en ondergronds opgeslagen of gebruikt. Hoewel CC(U)S onderwerp is van maatschappelijk debat, wordt de inzet ervan in veel studies als onmisbaar gezien voor het behalen van de klimaatdoelstellingen - met name voor toepassing in de staalindustrie²⁷. Tata Steel verwacht tot 2030 4 Mton CO₂ af te vangen, waarvan een deel wordt ingezet als grondstof. Vanwege de volumes in de metallurgische industrie is CC(U)S alleen haalbaar voor Tata Steel.

CO₂ als grondstof voor het maken van plastics

Tata Steel en chemieconcern Dow Benelux werken samen om de uitstoot van CO₂ terug te dringen door de inzet van CO₂ als grondstof voor het maken van plastics. De bedrijven hebben samen met Arcelor Mittal in Gent een procedé ontwikkeld waarbij rookgassen van de staalproductie dienen tot grondstof voor de productie van nafta, een grondstof die nu nog uit aardolie of lpg wordt gemaakt. Tot op heden zijn twee proefinstallaties ontwikkeld: de ene installatie 'wast' de koolmonoxide (CO) die als rookgas vrijkomt van de staalfabriek tot zuivere CO.

Deze koolmonoxide wordt nu nog in de elektriciteitscentrale van NUON ingezet. De tweede installatie maakt van dit CO-gas nafta, de grondstof voor een heel palet aan kunststoffen en chemicaliën. Wanneer de proefinstallaties succesvol blijken zijn de bedrijven voornemens om miljoenen tonnen broeikasgas om te zetten in grondstof voor plastic.

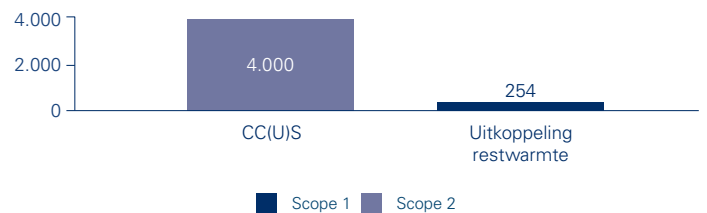


3.4.2 Uitkoppeling restwarmte

Een andere end-of pipe mogelijkheid in de metallurgische industrie betreft de uitkoppeling van restwarmte. Hierbij wordt warmte geleverd aan andere sectoren. Een gevolg hiervan is dat de CO₂-reductie van deze maatregelen niet merkbaar is bij de producent van de restwarmte, maar bij de gebruiker ervan. Het potentieel voor restwarmtelevering door de gehele Nederlandse industrie ligt rond de 50 PJ²⁰. Deze restwarmte wordt geleverd vanuit hoge-temperatuur warmteprocessen met een totaal energieverbruik van zo'n 380 PJ, het aandeel van de metallurgische industrie hierin is 9%²⁸.

Het totaal potentieel van restwarmtelevering door de metallurgische industrie wordt daarom geschat op 9% van het totale potentieel van 50 PJ restwarmte in de gehele industrie. Dit komt overeen met circa 4,5 PJ, als dit geheel in de metallurgische industrie gebruikt zou worden, levert dit een reductie op van 254 kton in 2030.

Technisch potentieel CO₂-reductie (in kton CO₂)



Figuur 17. Technisch potentieel CC(U)S en uitkoppeling van restwarmte. CO₂-reductie van maatregelen is niet altijd optelbaar. Enkele maatregelen zijn concurrerend.

3.5 Ecodesign

Ecodesign is het ontwikkelen van (eind)producten waarbij de impact op milieu gedurende de gehele levenscyclus in acht wordt genomen. In de metallurgische industrie is dit minder voor de hand liggend omdat metalen vrijwel nooit eindproducten zijn en wanneer deze verwerkt zijn, niet direct gekoppeld kunnen worden aan de uitstoot van CO₂. Echter, de ontwikkeling van bijvoorbeeld hogere kwaliteit staal of aluminium kan ervoor zorgen dat er minder van deze metalen benodigd is, waardoor er minder CO₂ wordt uitgestoten om hetzelfde te realiseren. Ook het nadenken over de end-of-life fase van het product, zodat het eenvoudig gerecycled kan worden met beperkte CO₂ uitstoot is een belangrijk onderdeel van eco-design. Deze impact valt niet onder scope 1 of 2 van CO₂-emissies en is daarom in deze routekaart niet gekwantificeerd.

²⁷ F.J. Rooijers et al. (2015), Denktank Energiemarkt: Industriële warmtemarkt, Delft: CE Delft

²⁸ Bureau of International Recycling (2016). Report on Environmental Benefits of Recycling.

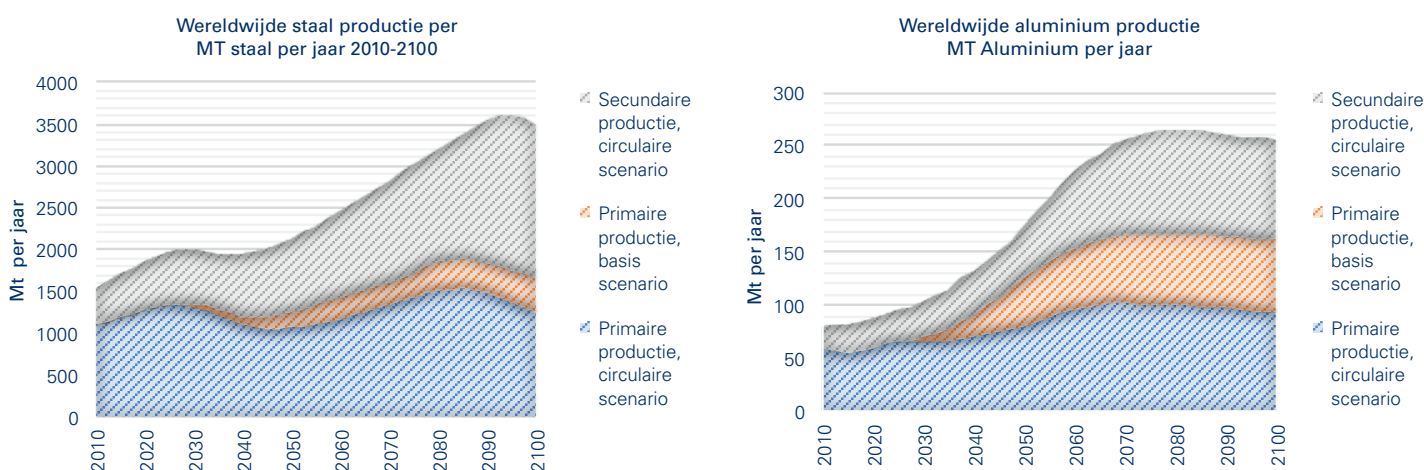
3.6 Circulariteit

Hoewel de metallurgische industrie energie-intensief is, heeft de sector veel potentie binnen een circulaire economie. De sterkte en slijtvastheid van metaal zorgt er immers voor dat oneindig hergebruik van het materiaal mogelijk is. Daarmee biedt de industrie in de basis een belangrijk perspectief voor duurzame groei.

Er zijn meerdere maatregelen die circulariteit en daarmee CO₂-reductie in de metallurgische industrie kunnen bevorderen. In de routekaart worden de maatregelen meegenomen die impact hebben op scope 1 en 2 van de CO₂-uitstoot: de inzet van schrot en het gebruik van reststromen als grondstof voor andere processen. Laatstgenoemde is reeds aan de orde gekomen in paragraaf 4.4.1. Het inzetten van schrot heeft als voordeel dat er minder energie voor benodigd is dan voor het produceren van ruwzinker. Metaal is momenteel het meest gerecyclede product ter wereld.

Zo werd in 2016 wereldwijd 35,5% staalschrot ingezet in de primaire staalproductie. In Europa ligt dit percentage op 55%²⁹. De inzet van gebruikte metalen in het smeltproces van gieterijen ligt zelfs nog hoger. Ook bij aluminium productie wordt een substantieel deel door schrot gevormd.

Hoewel de inzet van schrot de relatieve uitstoot van CO₂ reduceert, neemt de absolute CO₂-uitstoot volgens verwachtingen in deze routekaart niet af. Dit komt doordat zelfs in de meest progressieve circulariteitsscenario's³⁰, de mondiale primaire staal- en aluminiumproductie toeneemt door de stijgende vraag, zie Figuur 18. In deze scenario's neemt de inzet van schrot in staal- en aluminiumproductie in grote mate toe, maar betekent dit op lange termijn slechts een stabilisatie van de behoefte aan primaire staalproductie. Tot 2030 zullen beide industrieën (primaire en secundaire) groeien. Dit betekent dat de CO₂ impact in scope 1 en 2 niet afneemt.



Figuur 18. Scenario's primaire en secundaire staal- en aluminiumproductie. Bron: Material Economics (2018)

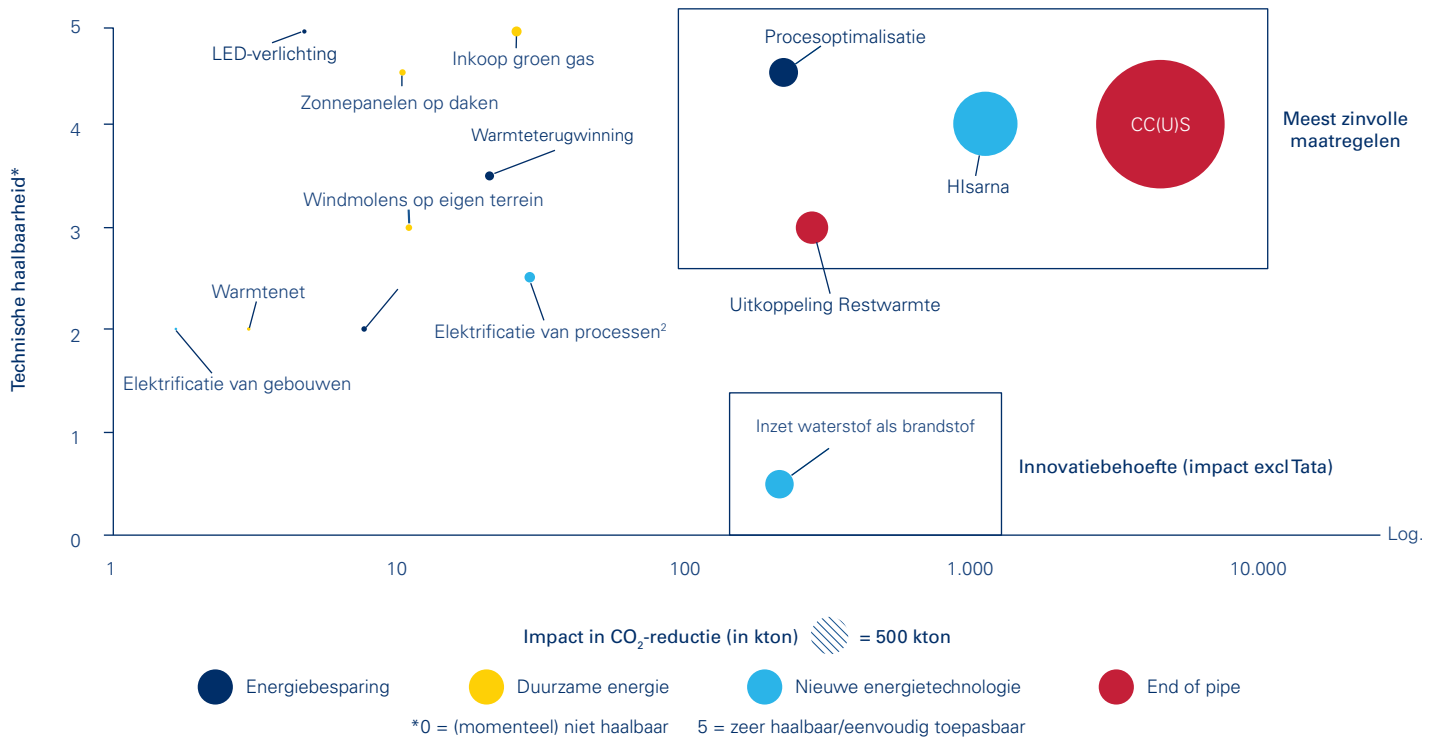
Wel heeft een toename van schrot op andere plaatsen in de keten effect. Door het inzetten van schrot dat lokaal verzameld is, wordt de uitstoot van transportgerelateerde CO₂ sterk gereduceerd. Daarnaast zorgt het voor minder snelle toenames van de wereldwijde primaire staal- en aluminiumproductie.

Ook andere circulariteitsvoorbeelden die effect hebben in de keten zijn in de metallurgische industrie denkbaar. Metaalbedrijven Nyrstar en Tata Steel werken bijvoorbeeld samen om het circulaire karakter van metalen over meerdere ketens heen te versterken.

In het Reclamet project wordt onderzocht hoe het bijproduct zink uit de staalproductie via Hisarna als voeding kan worden gebruikt voor de zinkproductie van Nyrstar. Ook kunnen ijzerrijke stromen uit de smelters van Nyrstar met dit project ingezet worden bij de staalproductie. Door deze circulaire oplossing dragen de bedrijven bij aan CO₂-besparing op primaire grondstoffen, transport, en recycling.

²⁹ Material Economics (2018).

³⁰ Op basis van eigen analyse Berenschot

Technisch potentieel van CO₂-besparing (in kton) en technische haalbaarheid per maatregel (schaal 0-5)

Figuur 19. Technisch potentieel van CO₂-besparing en technische haalbaarheid per maatregel.

3.7 Conclusies ten aanzien van technische haalbaarheid

Overkoepelend gezien zijn grote verschillen waarneembaar in de haalbaarheid en impact van verschillende maatregelen. Vanwege de grote verschillen in CO₂-uitstoot per subsector hebben vanzelfsprekend de maatregelen die bij de primaire staalproductie worden genomen het meeste impact. Hier gaat het om Hlsarna en CC(U)S. In de overige sectoren is vooral procesoptimalisatie een zinnige maatregel die technisch goed haalbaar is. Maatregelen die te maken hebben met de verduurzaming van gebouwen, zoals elektrificatie van gebouwen, de aansluiting op een warmtenet en de toepassing van LED-verlichting hebben in de metallurgische industrie weinig effect. Dit geldt in zekere zin ook voor de eigen opwekking van duurzame energie, hoewel oplossingen in de vorm van PPA's hierin meer mogelijkheid bieden. Een samenvatting van deze analyse is grafisch weergegeven in Figuur 15.

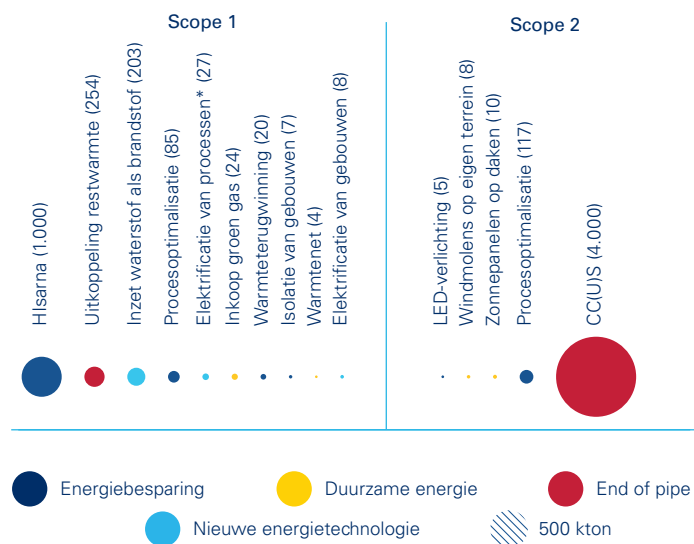
Dit figuur laat de impact in CO₂-reductie van de verschillende maatregelen zien in vergelijking met de technische haalbaarheid. De technische haalbaarheid van maatregelen is gescoord op een schaal van 0 t/m 5, waarbij 0 is ingeschat als 'niet haalbaar' en 5 als 'zeer haalbaar'³¹. Voor deze inschatting is een scope van 2030 aangehouden. Hieruit is onder andere op te maken dat de inzet van waterstof als brandstof op een termijn van nu tot 2030 als moeilijk haalbaar wordt ingeschat, met name vanwege de onbekendheid ten aanzien van inzet als verbranding voor processen en lage beschikbaarheid uit duurzame bronnen. Aan de andere kant biedt deze mogelijkheid wel een relatief grote oplossing voor CO₂-reductie in de metallurgische industrie.

31 Op basis van eigen analyse Berenschot

Procesoptimalisatie, Hlsarna en CC(U)S zijn zowel vanuit technologisch perspectief, als in de mate van impact het meest zinvol voor implementatie. Dit betekent niet dat voor deze opties geen innovatieontwikkeling meer benodigd is. Elektrificatie van processen levert in een deel van de industrie, met name de ijzergieterijen, een belangrijke bijdrage. Maatregelen als LED-verlichting, zonnepanelen en de elektrificatie van gebouwen hebben in de industrie als geheel weinig impact. Op bedrijfsniveau kunnen deze maatregelen echter wel de nodige oplossing bieden.

De maatregelen die in dit hoofdstuk zijn genoemd hebben wisselend impact op scope 1 en scope 2 emissies. Dit komt doordat sommige maatregelen alleen zorgen voor een verlaging van elektriciteitsverbruik, wat een indirecte reductie van CO₂-uitstoot tot gevolg heeft. Dit is grafisch weergegeven in Figuur 20. Aan de linkerkant van het figuur zijn reducties in scope 1 weergegeven, op volgorde van hun impact. Aan de rechterkant zijn reducties in scope 2 weergegeven, op volgorde van hun impact. De meeste maatregelen hebben impact op scope 1 emissies in de metallurgische industrie. CC(U)S wordt weergegeven bij scope 2 emissies, omdat het daarbij gaat om de restgassen die momenteel in de elektriciteitscentrale van NUON worden verbrand (en daarmee in de indirecte uitstoot vallen).

CO₂-besparing (kton) per maatregel verdeeld in scope 1 (L) en scope 2 (R)



Figuur 20. Verschil in CO₂-besparing per maatregel tussen scope 1 en scope 2 emissies

Economisch perspectief

Hoofdstuk 4



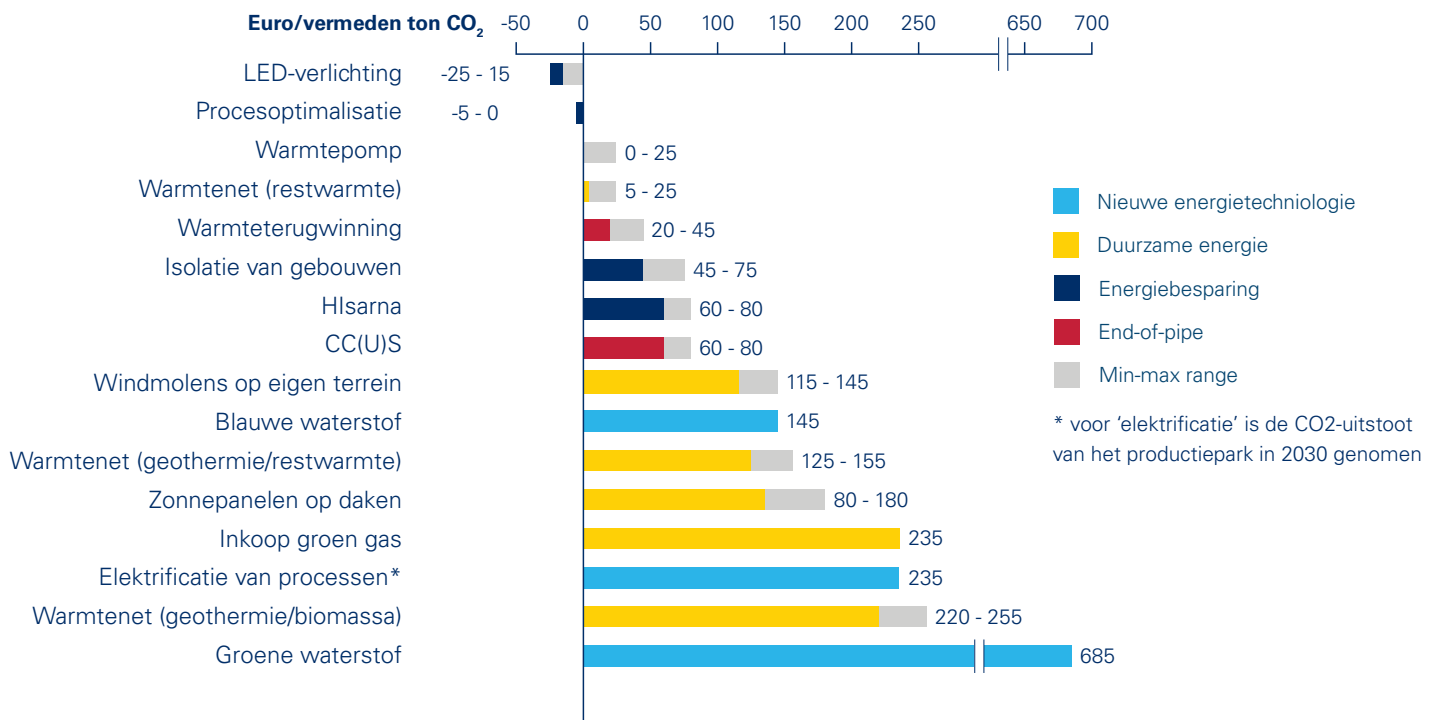
Naast de technische mogelijkheden is de bedrijfseconomische impact van de energietransitie zeer belangrijk. Alle CO₂-besparende maatregelen hebben immers ook een economische component. Hoewel sommige maatregelen zichzelf terugverdienen, is de energietransitie in veel gevallen geen kosteloze overgang naar een duurzamer bedrijfsproces. Bovendien bevinden bedrijven zich veelal in een 'brown-field' situatie, waardoor rekening gehouden moet worden met de praktische mogelijkheden (in het volgende hoofdstuk wordt hier dieper op in gegaan).

Het doel van dit hoofdstuk is om inzicht te verschaffen in de economische kant van maatregelen ten behoeve van CO₂-reductie, specifiek gericht op de metallurgische industrie. Daartoe wordt allereerst de macro kosteneffectiviteit van de maatregelen geschetst in hoofdstuk 3. Vervolgens wordt aan de hand van een aantal voorbeelden van business cases ingezoomd op microschaal (bedrijfsniveau).

4.1 Kosteneffectiviteit van maatregelen: een macro-economisch perspectief

Een belangrijke graadmeter voor de haalbaarheid van maatregelen betreft kosteneffectiviteit. Bij het bepalen van kosteneffectiviteit wordt een maatregel met behulp van CAPEX en OPEX afgezet tegen de CO₂-besparing van die maatregel. Kosten worden daarmee op 'macro-economisch' niveau beschouwd – en zijn niet één op één vergelijkbaar met een terugverdientijd op bedrijfsniveau. Figuur 21 laat de kosteneffectiviteit van CO₂-reductiemaatregelen zien voor de metallurgische industrie.

Over het algemeen geldt dat een negatief getal een directe besparing ten opzichte van de huidige situatie betekent; een positief getal betekent dat de maatregel in principe duurder is dan de huidige situatie. In dit geval kunnen maatregelen echter nog steeds (op langere termijn) worden terugverdiend; zoals bijvoorbeeld bij zonnepanelen.



Figuur 21. Kosteneffectiviteit per maatregel.

Hoe is kosteneffectiviteit bepaald?

Kosteneffectiviteit van maatregelen is berekend op basis van CAPEX, OPEX en CO₂-besparing per maatregel. CAPEX van maatregelen is bepaald op basis van literatuur, expertbeoordeling en uitvraag bij leveranciers. Voor OPEX zijn brandstofprijzen en onderhoudskosten meegenomen (als percentage van CAPEX). Kosteneffectiviteit wordt bepaald op basis van jaarlijkse meerkosten (aan de hand van levensduur, WACC, CAPEX & OPEX) ten opzichte van een (eventuele) alternatieve investering³². De CO₂-besparing is de optelsom van de directe CO₂-besparing en de indirecte "scope 2" CO₂-besparing voor 2017. In de berekening worden brandstofprijzen voor 2017 meegenomen. De kosten voor zowel CAPEX als OPEX zijn onzeker; uitkomsten zijn dan ook indicatief. Voor CAPEX is een gevoeligheid meegenomen van 10%, waarmee kosteneffectiviteit in een range zijn gepresenteerd.

Uit Figuur 21 komt het volgende beeld naar voren:

- Directe energiebesparing loont in bijna alle gevallen. Zo is LED-verlichting, hoewel de bijdrage aan CO₂-reductie relatief beperkt is, een investering die direct loont ten opzichte van de huidige situatie. Ditzelfde geldt in veel gevallen voor procesoptimalisatie, waarin maatregelen zich over het algemeen binnen een acceptabele termijn van 5 jaar terugverdienen. Uiteraard vergt een dergelijke analyse op bedrijfsniveau meer maatwerk.

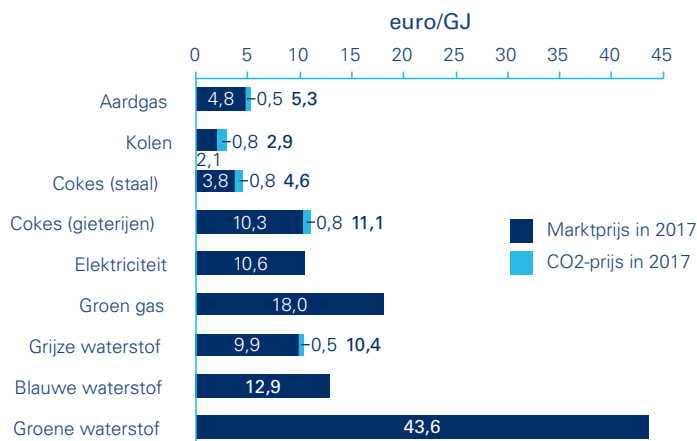
³² Elektrificatie is berekend op basis van een vervanging van aardgas voor elektriciteit. Hiervoor nemen we aan dat gelijke investeringen gelden; de aanname is dat bijvoorbeeld een aardgas gestookte badverwarming qua investering gelijk is aan elektrische badverwarming. In 2019 levert dat op zichzelf nog geen CO₂-besparing op, daarom rekenen we met de CO₂-uitstootfactor van elektriciteit in 2030. Nota bene: op dit moment zorgt de opwekking van 1 GJ elektriciteit zelfs voor meer CO₂-uitstoot dan de verbranding van 1 GJ aardgas. Elektrificatie waarbij ook het energieverbruik daalt, levert al snel veel meer CO₂-reductie op en is daarmee veel kosteneffectiever: zie bijvoorbeeld de warmtepomp.

- Warmteterugwinning en restwarmtegebruik zijn relatief goedkope technieken om CO₂ te besparen, hoewel ook deze investeringen op bedrijfsniveau om maatwerk vragen. Warmtenetten op geothermie en biomassa zijn kostbaarder, met name door de hoge CAPEX van geothermie en hoge OPEX van biomassa.
- De eigen opwekking van duurzame energie via zonnepanelen of windenergie is niet direct kosteneffectief, maar verdient zich op langere termijn wel terug. Bovendien zijn voor dergelijke investeringen veelal subsidies beschikbaar die de onrendabele top van de maatregel wegnemen.
- Nieuwe brandstoffen – zoals groen gas en waterstof – zijn bij het huidige kostenniveau niet kosteneffectief in vergelijking met aardgas. Bij groen gas komt dit door een combinatie van de huidige biomassaprijs en CAPEX van vergisting, vergassing en methanisering (het omzetten van biogas naar groen gas). Bij groene waterstof – waarbij waterstof wordt gemaakt uit duurzame elektriciteit – heeft dit te maken met een combinatie van de huidige prijs van windenergie en de huidige prijs van de omzetting van elektriciteit in waterstof via elektrolyse. Mogelijk zullen deze kosten richting de toekomst verder gaan dalen. Blauwe waterstof – waarbij waterstof wordt gemaakt uit aardgas met afvang van CO₂ – is bij huidige prijzen het meest kosteneffectief in vergelijking met aardgas. Deze optie zal echter altijd duurder blijven dan aardgas vanwege de kosten van CO₂-afvang.

- Bij de huidige brandstofprijzen is elektrificatie een dure maatregel die zichzelf niet terugverdient. Hierbij gaat het om elektrificatiemaatregelen waarbij de efficiëntie gelijk is aan het alternatieve proces op aardgas (ter vergelijking: een warmtepomp is een elektrificatiemaatregel waarbij een efficiëntiefactor van 3,5 geldt – deze maatregel verdient zichzelf dan ook op termijn terug). Maatregelen met een efficiëntiefactor van 1 zijn onder huidige omstandigheden niet rendabel, omdat elektriciteit duurder is dan aardgas. Deze verhouding kan uiteraard op den duur – bijvoorbeeld door een hogere CO₂-prijs in combinatie met verduurzaming van het centrale elektriciteitspark - verschuiven.

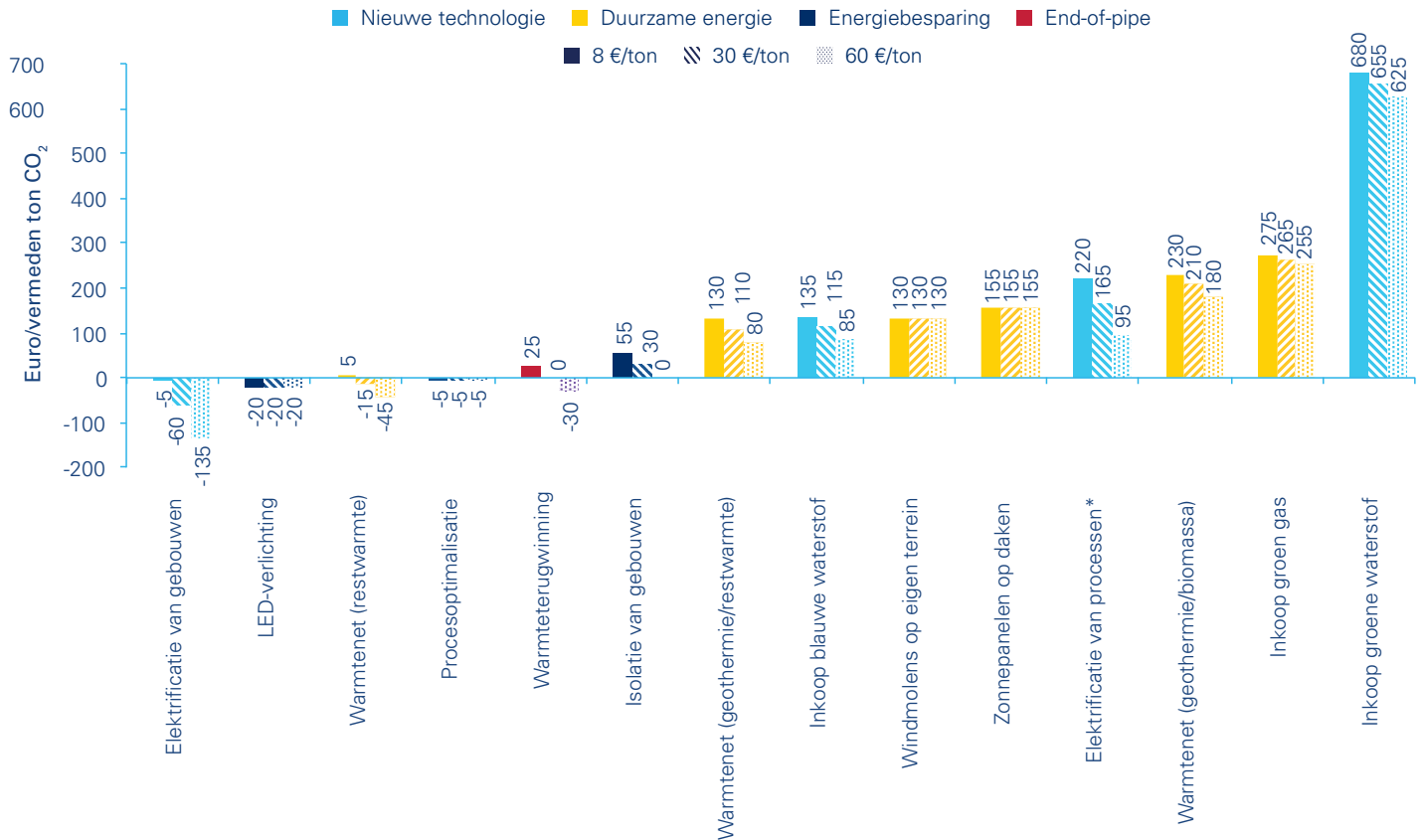
4.2 Gevoeligheid voor prijsstijgingen en verduurzaming van het elektriciteitspark

Voor het bepalen van kosteneffectiviteit van maatregelen zijn brandstofprijzen essentieel. Deze bepalen immers een groot deel van de operationele kosten. Figuur 22 toont de prijzen van verschillende brandstoffen in 2017, waarbij ook de ETS-prijzen van 2017 (8 €/ton CO₂) zijn toegevoegd³³. Op het moment van schrijven ligt de ETS-prijs al een stuk hoger (rond de 20 €/ton CO₂)³². Brandstofprijzen zijn aan grote veranderingen onderhevig en zeer moeilijk te voorspellen. Mogelijk zullen maatregelen die in het Ontwerp Klimaatakkoord worden genomen – zoals de grote groei van duurzame elektriciteitsproductie - van invloed zijn op de brandstofprijzen in de toekomst. Bovendien wordt op nationaal en Europees niveau gesproken over een verhoging van de CO₂-prijs. Hoewel deze verhoging in eerste instantie een negatief effect heeft op de elektriciteitsprijs (wanneer elektriciteit nog voornamelijk vanuit fossiele energiedragers wordt geproduceerd), zal dit op langere termijn ten goede komen aan verduurzamingsmaatregelen.



Figuur 22. Brandstofprijzen in 2017 in euro/GJ inclusief CO₂-prijs van €8/ton (niveau 2017)

De invloed van CO₂-beprijzing op de kosteneffectiviteit van maatregelen is weergegeven in Figuur 23. Hierin is de ETS-prijs uit 2017 van 8 €/ton vergeleken met mogelijke prijsniveaus van 30 en 60 €/ton respectievelijk. In dit figuur wordt zichtbaar dat de ETS-prijs van 8 €/ton CO₂ slechts een klein effect heeft op (een aantal) verduurzamingsmaatregelen. Een CO₂-prijs van 30 €/ton, zoals op enkele niveaus als basis wordt aangenomen voor 2030, heeft voor enkele maatregelen een grotere invloed op de kosteneffectiviteit. Hierbij is in de regel geen CO₂-besparing in het elektriciteitspark meegenomen. Elektrificatie van ruimteverwarming door een warmtepomp laat de grootste verschillen zien. Deze verschillen worden nog groter wanneer een prijs van 60 €/ton wordt verondersteld.



Figuur 23. Effect van de CO₂-prijs op kosteneffectiviteit

4.3 Voorbeeldcases

Om de financiële haalbaarheid van een maatregel aan te tonen zal voor elke CO₂-besparingsmaatregel op bedrijfsniveau een business case gemaakt moeten worden. In onderstaande paragrafen is een aantal voorbeeldcases uitgewerkt. Gebruikte getallen zijn gebaseerd op aannames en geven een indicatie van verwachte investeringen. Er wordt aangeraden altijd een eigen business case op te stellen.

Deze voorbeeldcases laten een ander perspectief zien ten opzichte van de kosteneffectiviteit op macro-economisch niveau zoals beschreven in de voorgaande paragrafen. De voorbeeldcases laten de effecten op het bedrijfsniveau beter zien en maken ook de afweging duidelijk die voor bedrijven van belang is. De warmtepomp bijvoorbeeld is een maatregel die qua kosteneffectiviteit redelijk goed naar voren komt; toch zal het bedrijf in onderstaand voorbeeld een warmtepomp pas na meer dan 10 jaar terugverdienen. Een ander voorbeeld: de vervanging van alle koepelovens voor inductieovens levert veel CO₂-besparing op tegen zo'n 85 €/ton CO₂. Maar op bedrijfsniveau zorgt deze vervanging voor stijgende operationele kosten. Waarschijnlijk zal de prijs per eenheid product hierdoor stijgen en zullen de winstmarges onder druk komen te staan. Een mogelijke onrendabele top subsidie op de investering, zal in dit geval dan ook geen uitkomst bieden.

4.3.1 LED-verlichting

Een bedrijf met een kantoor van 350 m² en een hal van 5000 m² kan in ongeveer 2 tot 2,5 jaar de investering in LED-verlichting terugverdienen³⁴. Deze maatregel heeft echter, zoals in voorgaande hoofdstukken gepresenteerd, relatief weinig impact op de CO₂-reductie van de sector.

	T8-TL	T8-LED
Enmalige kapitaaluitgaven (CAPEX)	€ 800	€ 16.000 (€ 14.000 met Energieinvesteringsaftrek (EIA))
Jaarlijkse operationele kosten (OPEX)	€ 8.200	€ 1.700
Energieverbruik	110.000 kWh	25.500 kWh
Terugverdientijd t.o.v. alternatieve investering		2,5 jaar (2 jaar met Energieinvesteringsaftrek (EIA))
CO₂-reductie		9800 kg

34 Elektriteitsprijs van € 0,071 per kWh (inclusief belastingen, excl. BTW); alleen kosten voor nieuwe armaturen aangenomen bij LED-verlichting, bij de Energie Investeringsaftrek (EIA) is uitgegaan van een percentage van 54,5% (2018) die volledig aftrekbaar is van de inkomsten- of vennootschapsbelasting.

4.3.2 Ruimteverwarming – Warmtepomp

Een bedrijf met een goed geïsoleerd kantoor van 350 m² en een goed geïsoleerde hal van 5000 m² kan in ongeveer 12 jaar tot 14 jaar de investering in een warmtepomp terugverdienen³⁵.

	LUCHT- VERWARMING	LUCHT/LUCHT WARMTEPOMP
Eenmalige kapitaaluitgaven (CAPEX)	€ 23.500	€ 104.000 (€ 90.000 met Energieinvesteringsaftrek (EIA))
Jaarlijkse operationele kosten (OPEX)	€ 16.500	€ 11.000
Energieverbruik	592.000 kWh (60.500 m ³ aardgas)	152.000 kWh
Terugverdientijd t.o.v. alternatieve investering		14 jaar (12 jaar met Energieinvesteringsaftrek (EIA))
CO₂-reductie		103.000 kg

4.3.3 Elektrificatie van processen – Inductieoven in plaats van koepeloven

De business case voor het vervangen van een koepeloven met een capaciteit van 23.500 ton vloeibaar ijzer voor een inductieoven heeft een terugverdientijd van rond de 9 jaar ten opzichte van de investering in een koepeloven³⁶. De kosten voor het verzwaren van de netaansluiting zijn in deze casus – vanwege de beduidende impact – meegenomen. De getallen in deze business case betreffen een benadering en zijn zeer afhankelijk van de bedrijfsspecifieke situatie.

	KOEPEL- OVEN	INDUCTIE- OVEN
Eenmalige kapitaaluitgaven (CAPEX)	€ 4.100.000	€ 4.500.000
Kosten netaansluiting		€ 2.500.000
Jaarlijkse operationele kosten (OPEX)	€ 1.230.000	€ 910.000
Energieverbruik	94 TJ cokes (11 TJ overige brandstoffen en 610.000 m ³ zuurstof)	54 TJ stroom (2 TJ overige brandstoffen)
Terugverdientijd t.o.v. alternatieve investering		9 jaar
CO₂-reductie		2.800.000 kg

4.4 Conclusies ten aanzien van economisch perspectief

Ook vanuit economisch perspectief bestaan grote verschillen tussen de haalbaarheid van maatregelen. Energiebesparende maatregelen als LED-verlichting en procesoptimalisatie zijn in veel gevallen – afhankelijk van het bedrijfsprofiel – in enkele jaren terug te verdienen. Andere maatregelen, zoals de eigen opwekking van zonne-energie, isolatie en elektrificatie van gebouwverwarming, kunnen op langere termijn rendabel zijn. Maatregelen die te maken hebben met de inzet van een alternatieve brandstof zijn over het algemeen onder huidige omstandigheden niet rendabel. De elektriciteitsprijs in vergelijking met de aardgasprijs, alsmede de ontwikkeling van de CO₂-prijs, speelt hierin een grote rol.

³⁵ Elektriciteitsprijs grijze stroom van € 0,071 per kWh, aardgasprijs € 0,272 per m³ (inclusief belastingen, excl. BTW); bij de Energie Investeringsaftrek (EIA) is uitgegaan van een percentage van 54,5% (2018) die volledig aftrekbaar is van de inkomsten- of vennootschapsbelasting; uitgaande van een verwarming tot 18 graden Celsius en een warmtepomp met 2500 vollasturen per jaar; warmteafgifte aan tapwater is niet meegenomen; ook eventuele net-aansluitingskosten zijn buiten beschouwing gelaten.

³⁶ Berekeningen op basis van aannames Berenschot en BMU (2013), *Ermittlung von branchenspezifischen Potentialen zum Einsatz von erneuerbaren Energien in besonders energieintensiven Industrie-sektoren am Beispiel der Gießerei-Industrie*. Elektriciteitsprijs €0,06 per kWh, cokes €310 per ton, aardgasprijs €0,272 per m³, aardolie €94,80 per vat, zuurstof €0,234 per m³ (inclusief belastingen, excl. BTW); bij de Energie Investeringsaftrek (EIA) is uitgegaan van een percentage van 54,5% (2018) die volledig aftrekbaar is van de inkomsten- of vennootschapsbelasting.

Voorbeeldroute naar -49%

Hoofdstuk 5



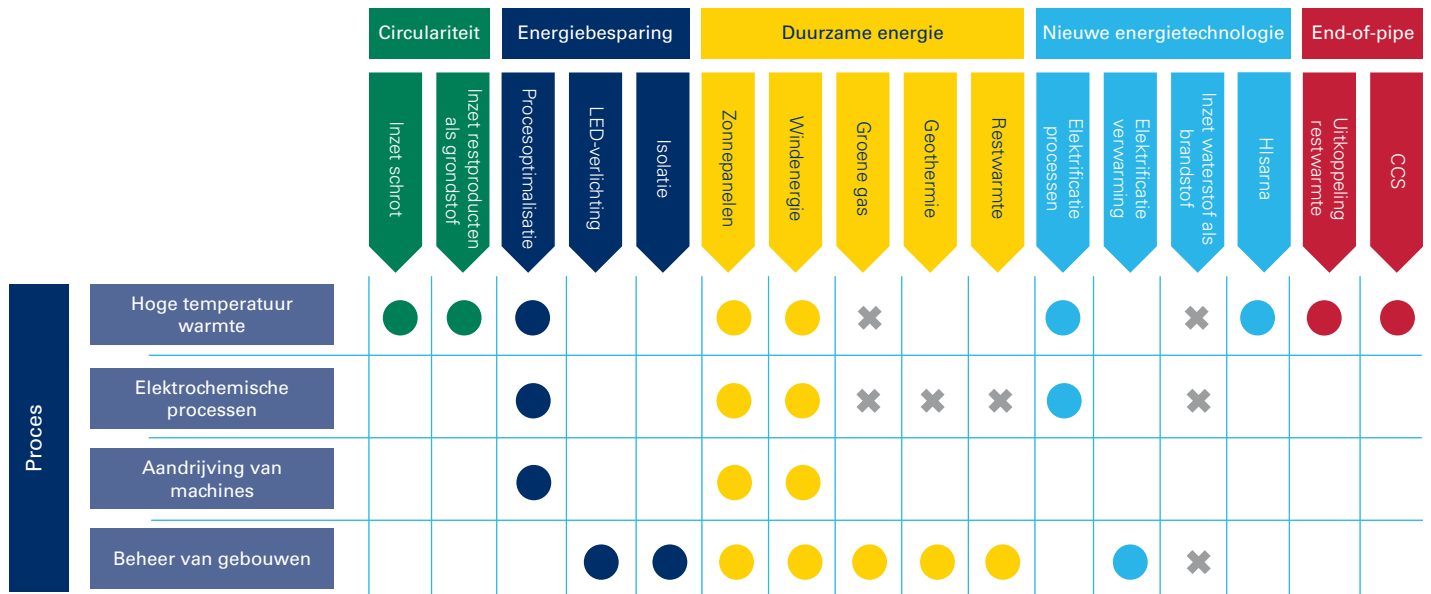
De bedrijven in de metallurgische industrie kennen allemaal hun eigen unieke situatie. Een aluminiumgieterij die een paar jaar terug heeft geïnvesteerd in een aardgasgestookte insmelter zal andere verduurzamingsmogelijkheden kennen dan een gieterij die ijzer smelt in een koepeloven. Om de hierboven benoemde maatregelen te implementeren zal elk bedrijf daarom een eigen afweging moeten maken om te bepalen welke CO₂-besparingsmaatregelen zij kan en wil invoeren. Het hieronder gepresenteerde voorbeeld geeft een mogelijke route om tot een 49% CO₂-besparing te komen. Hierbij wordt benadrukt dat er vele andere routes mogelijk zijn, zeker op het niveau van het individuele bedrijf.

Bij deze voorbeeldroutes wordt er uitgegaan van een verduurzaming van het elektriciteitspark in lijn met het Ontwerp Klimaatakkoord. De voorgestelde maatregelen worden daarnaast in een tijdlijn gepresenteerd, waarbij rekening wordt gehouden met de mogelijke ontwikkeling van brandstofprijzen (elektrificatie wordt bijvoorbeeld later in de tijd voorgesteld dan LED-verlichting).

5.1 Voorbeeldroute: mix van maatregelen

Om tot een voorbeeldroute te komen is er een pakket aan maatregelen geselecteerd. Deze maatregelen zijn bepaald door te kijken naar de kosteneffectiviteit en tijdige beschikbaarheid van deze maatregelen.

In de metallurgische industrie is procesoptimalisatie de meest kosteneffectieve methode om CO₂ te besparen. Staalproducent Tata Steel heeft de ambitie om een grotere HIsarna-plant bouwen in IJmuiden, waarmee grote besparingen mogelijk zijn. Daarnaast zal bij de productie van staal CO₂ afgevangen worden. Deze CO₂ kan gedeeltelijk gebruikt worden om chemische producten van te maken, een ander deel zal worden opgeslagen.



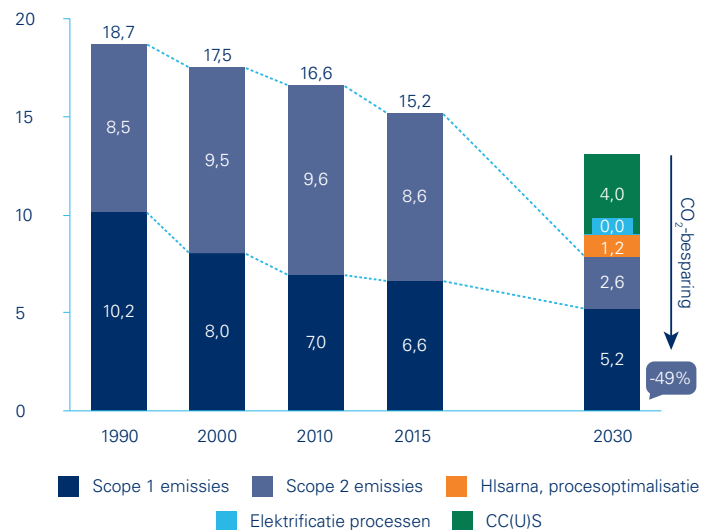
Figuur 24. Overzicht van maatregelen in de voorbeeldroute.

Waar mogelijk zullen de andere bedrijven die cokes gebruiken over gaan op elektrische processen of aardgas gestookte processen. Elektrificatie van het insmeltproces is een optie onder de voorwaarde dat elektriciteit goedkoper wordt dan aardgas.

In het voorbeeldscenario houden we rekening met strengere normen voor gebouwen in de komende jaren. Daarnaast zullen door de gebouwen door plaatsing van warmtepompen gedeeltelijk elektrificeren. Daar waar lokale warmtenetten een goede optie zijn, zullen de metallurgische bedrijven restwarmte uitkoppelen of ook hun eigen ruimteverwarming aansluiten op deze warmtenetten.

In deze voorbeeldroute gaan we ervan uit dat waterstof tot 2030 niet grootschalig ingezet zal worden in de metallurgische industrie. Door het ontbreken van een landelijke infrastructuur en door de hogere kosten, zal in de meeste gevallen waterstof nog geen grootschalige optie zijn. Richting 2050 wordt waterstof echter één van de weinig opties om de CO₂-doelen te behalen, daarom achten we kleinschalige experimenten met waterstof als zeer relevant. Voor de inzet van groen gas geldt qua kostenniveau hetzelfde; de hogere kosten hiervoor lijken inkoop van groen gas in de weg te staan. Daarnaast is op basis van fairshare de CO₂-reductie in de metallurgische industrie slechts beperkt (3% van het aardgas kan vervangen worden door groen gas). Deze optie wordt dan ook in de voorbeeldroute niet meegenomen.

Metallurgische industrie – CO₂eq-uitstoot (Mton)



Figuur 25. CO₂-reductie in de metallurgische industrie bij de voorbeeldroute

Met het pakket van maatregelen zoals hierboven beschreven bespaart de metallurgische industrie ongeveer 5,3 Mton. CC(U)S vanuit de staalproductie brengt de meeste reductie met zich mee: 4 Mton. Door Hlsarna en procesoptimalisatie daalt de CO₂-uitstoot daarnaast met 1,2 Mton. De overige maatregelen zoals elektrificatie, gebouw gebonden maatregelen en lokale duurzame opwek zorgen voor 0,1 Mton CO₂-reductie. Daarmee is het effect van deze maatregelen op het totaal klein, maar op het niveau van het individuele bedrijf wel degelijk belangrijk.

De investering van deze omschakeling komt excl. Tata Steel uit op 55 miljoen euro. Voor investeringen in Hlsarna en de CCU fabriek van Tata Steel en Dow worden investeringen in de miljarden euro's verwacht ³⁷.

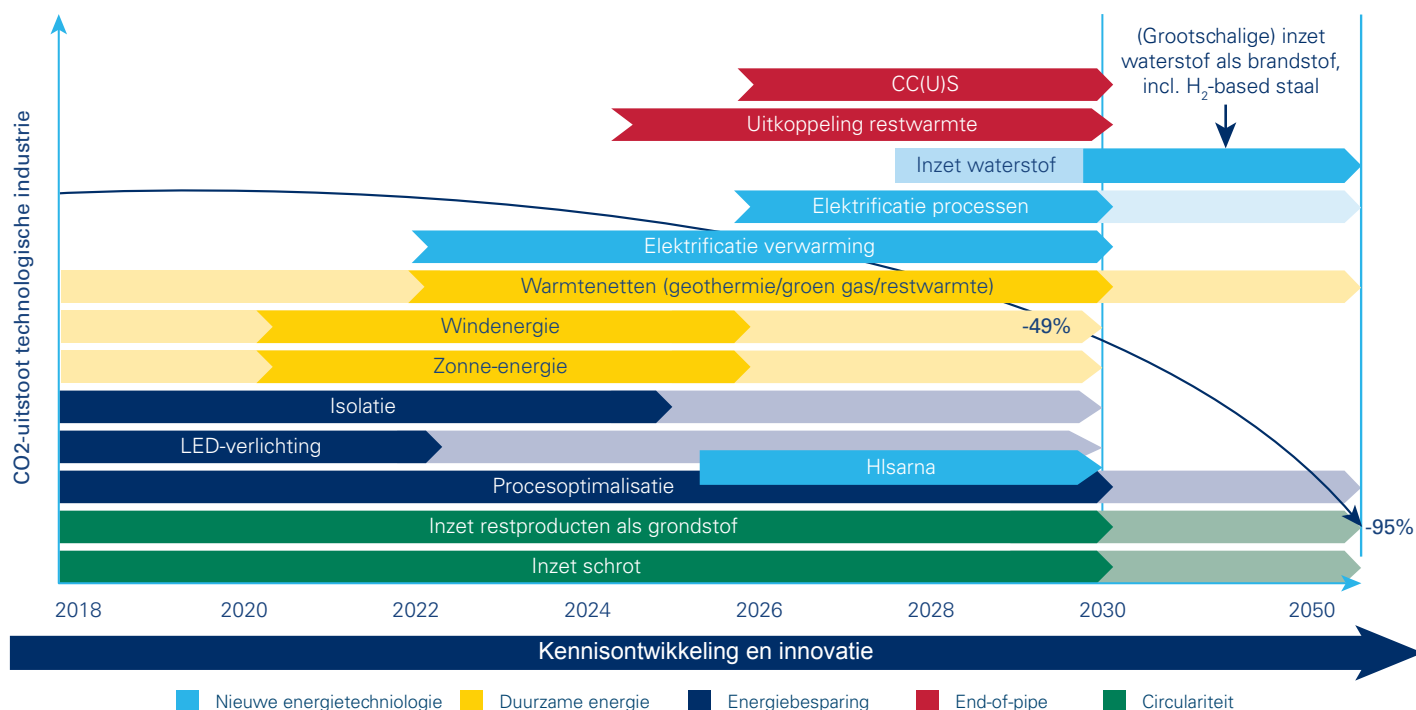
Procesoptimalisatie en circulariteit blijven tot 2030 voortdurend belangrijk. Snelle adaptatie van LED-verlichting en isolatie zijn nodig om aan de gebouwnormen te voldoen. Na isolatie is het vaak ook pas mogelijk om de ruimteverwarming te elektrificeren. Verdere opschaling van decentrale opwek zorgt vanaf 2020 voor een toevoeging van lokale duurzame elektriciteit, hoewel dit aandeel voor de metallurgische industrie beperkt is. Warmtenetten zijn nu nog vaak in een verkennende fase. Vanaf 2022 zal dit versnellen, vanaf dat moment zal ook uitkoppeling van restwarmte mogelijk worden. Tot slot zal richting 2030 elektrificatie van processen mogelijk kunnen lonen, sterk afhankelijk van de elektriciteitsprijs en ontwikkelingen in het elektriciteitspark. Hlsarna en CC(U)S zitten nog in de ontwikkelingsfase, daarom is in deze voorbeeldroute gekozen voor een implementatie vanaf 2026.

5.2 Doorkijk naar 2050

Waar CO₂-reductie in de metallurgische industrie tot 2030 mogelijk is met een combinatie van procesoptimalisatie en CC(U)S, is de opgave na 2030 zeer groot. Waar op dit moment veel processen nog met behulp van kolen en aardgas van energie worden voorzien, zullen deze richting 2050 plaats moeten maken voor waterstof en elektriciteit. Waar eventueel nog fossiele brandstoffen gebruikt worden, worden de reststromen geleverd aan de chemische industrie. Dergelijke ontwikkelingen kennen een grote innovatiebehoefte.

Om de transitie naar elektriciteit en waterstof mogelijk te maken, juist ook in processen die draaien op hoge temperaturen, zullen veel onderzoeks- en demonstratieprojecten plaats moeten vinden. Ook van belang is het inzetten op verdere kostenreducties van windmolens en zon-pv-installaties. Deze zorgen voor de daling van de prijs van waterstof en elektriciteit.

Voorbeeldroute naar 2030: zwaartepunt van oplossingen in de tijd



Figuur 26. Tijdslijn van maatregelen voor de voorbeeldroute. Pijlen geven een indicatie van waar het zwaartepunt van de maatregelen ligt.

³⁷ <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/tata-en-dow-gaan-rookgassen-omzetten-in-grondstof-voor-plastic~b6c6c30d/>; BFI (2018). Smart Carbon Usage, Process Integration and Carbon Capture and Usage

Conclusies, versnellende factoren en randvoorwaarden

Hoofdstuk 6



Voorgaande hoofdstukken laten zien hoe de opgave van de metallurgische industrie ten aanzien van CO₂-reductie met diverse maatregelen kan worden ingevuld. Daarbij is op basis van technisch-inhoudelijke inzichten en economisch perspectief een beeld geschetst van de mogelijke inzet van oplossingen richting 2030, met doorkijk naar 2050. Overkoepelend leidt deze analyse tot belangrijke inzichten. Niet alleen ten aanzien van de haalbaarheid van deze oplossingen, maar ook ten aanzien van afhankelijkheden, randvoorwaarden en de positie van de industrie in een wereldwijd opererende markt. Deze gevolgtrekkingen worden in dit hoofdstuk gepresenteerd.

6.1 Overkoepelende conclusies ten aanzien van CO₂-reductie

De metallurgische industrie is een energie-intensieve industrie die in grote mate wordt gedreven door mondiale ontwikkelingen. Gelet op de mondiale groei in bevolking en welvaart in opkomende landen, wordt verwacht dat de vraag naar metalen de komende decennia blijft groeien. Bovendien zorgt de energietransitie, waarin de grootschalige vraag naar duurzame energie centraal staat, voor een stijgende vraag naar metalen.

Deze stijgende vraag naar metalen maakt de opgave groter om in 2050 een absolute CO₂-reductie van 95% ten opzichte van 1990 te behalen. Bovendien is de metallurgische industrie nu nog grotendeels gebaseerd op fossiele grondstoffen.

Enerzijds vraagt dit om een radicale aanpassing van productieprocessen; innovatie speelt hierbij een sleutelrol. Anderzijds biedt de inzet van metalen vanuit circulair oogpunt juist een belangrijk perspectief. Door de eigenschappen van metaal, die oneindig hergebruik mogelijk maken, zijn er grote kansen ten aanzien van hergebruik van schrot om de vraag naar primaire grondstoffen te beperken. De verbeterde scheiding en opscheiding van gebruikt materiaal is hierbij essentieel.

6.1.1 Technische haalbaarheid

Wanneer we de metallurgische industrie als geheel beschouwen is een reductie van 49% CO₂-uitstoot in 2030 ten opzichte van 1990 haalbaar – bij een verwachte groei van 2% op jaarbasis – met een combinatie van procesoptimalisatie, elektrificatie van processen (mits opgewekt met groene stroom) en de afvang en hergebruik van CO₂ in de primaire staalindustrie.

De mogelijkheden op het gebied van CO₂-reductie bij Tata Steel, zoals de verdere ontwikkeling van HIsarna en plannen voor CO₂-opslag en hergebruik in de chemische industrie, spelen hierbij een belangrijke rol. Meer gebouwgebonden maatregelen in de industrie, zoals LED-verlichting, elektrificatie van gebouwen en de opwek van duurzame energie zijn per gebouw belangrijk, maar dragen voor de totale reductie relatief weinig bij. Desalniettemin kan de industrie een rol spelen in de totale groei van zon- en windenergie in Nederland, waarmee dergelijke investeringen altijd ten goede komen aan het elektriciteitssysteem.

De subsectoren binnen de industrie laten onderling een verschillend beeld zien, met name wanneer de primaire staalproductie los van de andere activiteiten in de metallurgische industrie wordt beschouwd. In de non-ferro industrie wordt zichtbaar dat 49% CO₂-reductie in 2030 door de reductie van CO₂-equivalenten (PFK's) in de jaren 2000-2010 al is behaald³⁸. Wanneer deze equivalenten buiten beschouwing worden gelaten zien we dat de indirecte uitstoot door het relatief hoge elektriciteitsgebruik in elektrochemische processen (voor zink en aluminium) het meest van belang is.

Dit maakt dat deze subsector in grote mate afhankelijk is van de beschikbaarheid van groene stroom richting 2030 voor het behalen van de doelstellingen in scope 2. Voor een drastische verlaging van CO₂ op langere termijn (richting 2050) is ook de directe uitstoot in scope 1 nog van belang. Die wordt in de non-ferro industrie met name veroorzaakt door gasgestookte ovens (bijvoorbeeld voor het insmelten van aluminium). Voor dergelijke ovens lijkt elektrificatie een moeilijk haalbare maatregel vanwege de beschikbare groottes en volumes van dergelijke ovens. Op lange termijn kan de inzet van waterstof in dit type oven een oplossing bieden, hoewel meer onderzoek hiernaar benodigd is. Ook moet uit onderzoek blijken in hoeverre waterstof voor dergelijke ovens een beter alternatief is dan de verdere ontwikkeling van elektrische ovens voor hoge temperaturen en grote volumes.

De secundaire staalindustrie en ijzergieterijen hebben een relatief klein aandeel in de totale uitstoot van de metallurgische industrie. Desalniettemin is de opgave in deze sectoren op bedrijfsniveau van belang. In de secundaire staalindustrie is op korte termijn een combinatie van procesoptimalisatie en warmteterugwinning een belangrijke maatregel.

Op langere termijn is de elektrificatie van processen of de inzet van waterstof noodzakelijk om de CO₂-emissies volledig terug te dringen. Voor de ijzergieterijen geldt een vergelijkbaar perspectief. Echter, om in deze sector in 2030 de emissies met 49% te reduceren ten opzichte van 1990 – en op langere termijn volledig uit te bannen – is in deze sector de omschakeling van koepelovens op cokes naar inductieovens op elektriciteit noodzakelijk. Deze maatregel is technisch mogelijk, maar zorgt wederom voor een afhankelijkheid van de beschikbaarheid van groene stroom. Bovenal zorgt dit voor een slechter bedrijfs-economisch perspectief, omdat bij de huidige brandstofprijzen de operationele kosten toenemen en de marges dus kleiner worden. Elektrificatie van de ijzergieterijen op cokes is daarmee zonder wezenlijke veranderingen in brandstofprijzen of zonder slimme financieringsconcepten onhaalbaar.

Voor de metallurgische industrie als geheel geldt dat een reductie van CO₂ van 49% tot 2030 haalbaar is met het optimaliseren van productieprocessen en de afvang van CO₂. Wanneer de uitstoot in deze industrie op langere termijn naar 95% dient te worden gereduceerd, zijn radicalere aanpassingen benodigd. Het optimaliseren van productieprocessen kan dit niet leveren, en dus heeft de sector een omslag te maken in de manier waarop producten worden gemaakt en de energietechnologie die daarbij wordt ingezet. Voor deze omslag lijkt een combinatie van elektrificatie en waterstof essentieel te worden. Deze ontwikkeling kent echter nog een grote innovatiebehoefte en vraagt op termijn om grote hoeveelheden duurzame elektriciteit. Dergelijke innovaties en de verdere ontwikkeling van de beschikbaarheid van groene stroom zullen al op korte termijn aandacht nodig hebben om doelstellingen voor de langere termijn te kunnen halen.

6.1.2 Economisch perspectief

Overkoepelend geldt dat in de metallurgische industrie – waar winstmarges sinds de economische crisis dun zijn – een spanning bestaat tussen gezonde bedrijfsvoering en extra kosten voor CO₂-reductie. Investerings in verbeterde productiemiddelen kunnen vaak pas gedaan worden nadat de oude productiemiddelen hun economische levensduur hebben bereikt. Bovendien zijn veel bedrijven voor hun investeringsbeslissingen afhankelijk van een moederorganisatie in het buitenland. In deze gevallen wordt vaak een terugverdiendtijd van enkele jaren als economisch acceptabel beschouwd.

³⁸ Faillissementen en herstarten van bedrijven in de metallurgische industrie in het verleden kunnen het beeld vertroebelen. In deze routekaart gaan we ervan uit dat CO₂-reductie in Nederland te behalen is met een groeiende metallurgische industrie.

Gelet op de kosteneffectiviteit van CO₂-reductie zijn per maatregel grote verschillen waarneembaar. Hoewel veel maatregelen met betrekking tot procesoptimalisatie zich binnen enkele jaren terugverdienen, geldt voor een groot aantal andere maatregelen een onrendabele top. Met name voor de maatregelen die het meeste effect sorteren, zoals de elektrificatie van processen, de inzet van waterstof of de afvang van CO₂, is dit relevant. Met een kosteneffectiviteit vanaf 60 euro per vermeden ton CO₂ zijn deze maatregelen nog niet binnen de gezonde marges van bedrijfsvoering te nemen. Op de korte termijn zijn hiervoor samenwerkingen en externe financieringsconstructies gewenst. Op de langere termijn zal een verhoging van de internationale CO₂-prijs – volgens de onderzoekers – de interne investeringsbeslissing kunnen laten kantelen.

Een belangrijke factor in het economisch perspectief van een maatregel betreft de elektriciteitsprijs in vergelijking met de aardgasprijs of kolenprijs. Veel elektrificatiemaatregelen zijn momenteel niet rendabel vanwege de hogere operationele energiekosten. Met name voor de investeringsafweging van ovens, die een belangrijk deel innemen van het productieproces en bijbehorende operationele kosten in deze sector, is deze factor essentieel.

Gelet op een levensduur van ovens van 30 tot 40 jaar maakt de ontwikkeling van brandstofprijzen een grote factor uit in de investeringsbeslissing van een bedrijf. Met huidige brandstofprijzen is de investering in een elektrische oven voor een bedrijf in de metallurgische industrie in veel gevallen verliesgevend. De ontwikkeling van de marktprijs van elektriciteit, alsmede een subsidiëring van de onrendabele top, is benodigd om de investeringsbeslissing te laten kantelen.

6.2 Versnellende factoren en randvoorwaarden tot 2030

De implementatie van CO₂-reducerende maatregelen in de metallurgische industrie kent uitdagingen. Hoewel deze uitdagingen voor een groot deel financieel van aard zijn, komen ook andere belemmerende factoren aan de orde. Bijvoorbeeld factoren die te maken hebben met wet- en regelgeving, de beschikbaarheid van infrastructuur of de betrouwbaarheid van technologie. Onderstaand schema geeft een samenvatting van veelgenoemde punten en mogelijke oplossingsrichtingen die de implementatie van CO₂-reducerende maatregelen kunnen versnellen.

	Financiering	Wet- en regelgeving & bestuurlijke keuzes	Infrastructuur	Kennis & innovatie	Interne organisatie
Uitdaging	<ul style="list-style-type: none"> • Onrendabele top voor financiering CO₂-reducerende maatregelen • Hoge OPEX in brandstofprijzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoge kosten voor netaansluiting bij elektrificatie • REACH regels hinderen hergebruik schrot • Draagvlak voor CO₂-reductie-technieken, zoals CCS. 	<ul style="list-style-type: none"> • Afhankelijkheid van infrastructuur voor elektriciteit, CO₂ en waterstof (+beschikbaarheid groene stroom) 	<ul style="list-style-type: none"> • Afhankelijkheid beschikbare technologie & risico's t.a.v. betrouwbaarheid 	<ul style="list-style-type: none"> • Mandaat en urgentie vanuit moederbedrijf/interne organisatie voor investeringsbeslissingen
Versnellende factoren	<ul style="list-style-type: none"> • 'SDE++' voor CO₂-reducerende maatregelen • Slimme financieringsconcepten / Off balance financiering 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibele nettarieven & socialisering netverzwaringen • Verruiming REACH regels en optimalisatie van schrootketen • Techniekneutrale keuzes CO₂-reductie 	<ul style="list-style-type: none"> • Helderheid over toepassing infrastructuur (landelijk /regionaal) • Helderheid over benodigde rollen 	<ul style="list-style-type: none"> • Onderzoek naar toepassing waterstof / demo's voor elektrificatie en H₂ • Samenwerken tussen bedrijven voor kennisoverdracht 	<ul style="list-style-type: none"> • Leiderschap interne organisatie en etaleren succesfactoren • Invoering branche-programma voor ondersteuning en agendering

Figuur 27. Genoemde uitdagingen en versnellende factoren voor de implementatie van CO₂-reducerende maatregelen

Een uitdaging die bij veel bedrijven in de metallurgische industrie wordt herkend is allereerst de betrouwbaarheid van technologie. Veel nieuwe technologieën die nog relatief kort commercieel beschikbaar zijn, zijn nog op weinig plekken bewezen. Met name in deze industrie, waar investeringen voor 30 of 40 jaar worden gedaan en een hoge bezettingsgraad cruciaal is voor het commercieel succes, is de betrouwbaarheid van technologie een essentiële randvoorwaarde.

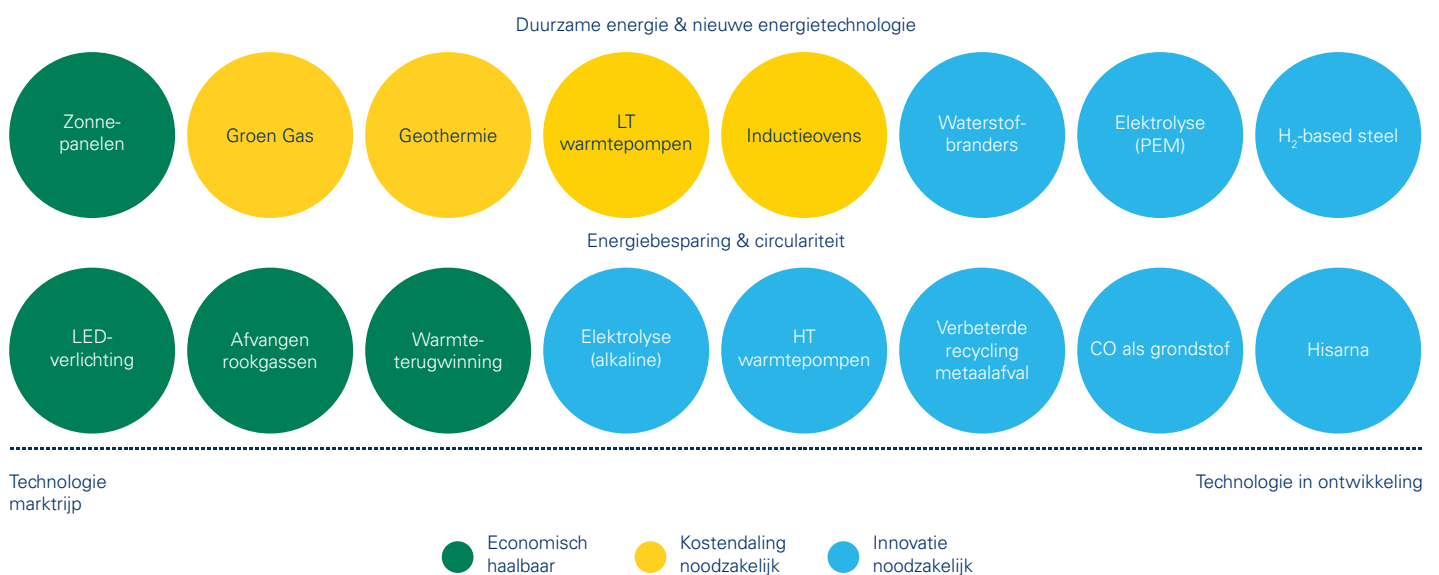
Daarnaast betreft een belangrijke factor in bovenstaand schema de afhankelijkheid van infrastructuur. De elektrificatie van processen kan alleen als een verzwaarde netaansluiting ook op tijd aangelegd kan worden. Met name voor de langere termijn, waarin waterstof mogelijk een belangrijkere rol gaat spelen, is de aanwezigheid van een dekkende waterstofinfrastructuur van groot belang. Maar ook de beschikbaarheid van waterstof en daarmee de beschikbaarheid van groene stroom is essentieel. Om op tijd de juiste middelen voorhanden te hebben is samenwerking met de (landelijke en regionale) overheid, de energiesector en kennisinstellingen de komende jaren extra relevant. Met kennisinstellingen kan worden samengewerkt aan het onderzoek naar de toepassing van waterstof en het opstarten van demo-projecten, die relevant zijn voor het vergroten van de (perceptie van) betrouwbaarheid van technologie. Met de energiesector kan daarnaast worden nagedacht over het gezamenlijk vergroten van duurzame elektriciteitsproductie en omzetting naar waterstof. En op landelijk niveau is met meerdere partijen samenwerking vereist in de dekking van infrastructuur voor waterstof.

Daarnaast zien we een belangrijke rol weggelegd voor externe financieringspartijen en overheden om de haalbaarheid van investeringen te vergroten. Aan de ene kant biedt een verbreding van de SDE+ naar een subsidie voor alle CO₂-reducerende maatregelen een belangrijk instrument waarmee een versneling teweeg kan worden gebracht in de transitie van de metallurgische industrie. Aan de andere kant is de rol van externe financieringspartijen van belang om de drempel voor leningen voor CO₂-reducerende maatregelen te verlagen.

6.3 Innovatiebehoefte

Met name om tot 2050 tot een CO₂-neutrale metallurgische industrie te komen, maar ook voor de opgave tot 2030, is de innovatieagenda van groot belang. De belangrijkste elementen op deze agenda in de sector betreft de ontwikkeling van waterstof als brandstof en elektrificatietechnieken die een hogere efficiëntie hebben dan vergelijkbare systemen op aardgas. Denk daarbij aan (hoge temperatuur) warmtepompen, die door hun hoge efficiëntie in operationele kosten voordeel hebben boven aardgasgedreven alternatieven.

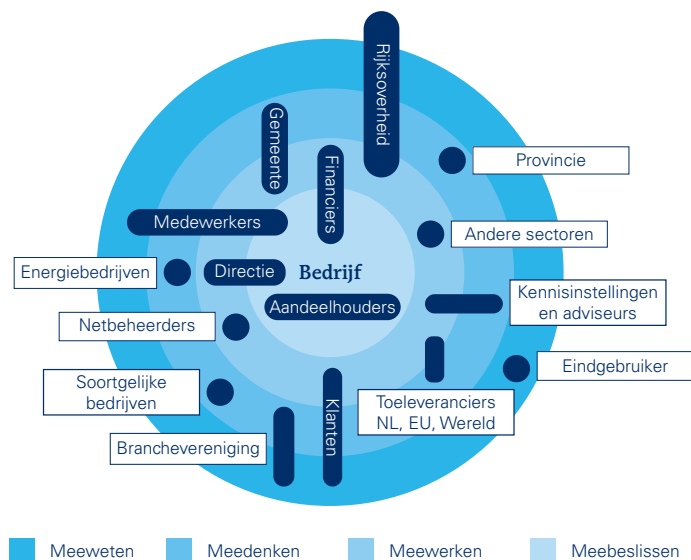
Ook het waterstof-gebaseerde staalproces vergt nog een grote innovatiebehoefte, alsmede de ontwikkeling van HIsarna en de inzet van CO₂ als grondstof voor het maken van plastics. Figuur 28 toont een overzicht van de innovatiebehoefte in de metallurgische industrie.



Figuur 28. Innovatiebehoefte in de metallurgische industrie

6.4 Belangrijke stakeholders in de energietransitie

De energietransitie is een transitie die veel samenwerking vraagt op verschillende niveaus. Sommige stakeholders beslissen mee over de invulling van de transitie, anderen werken mee om de transitie gedaan te krijgen. Vervolgens zijn er partijen die mee kunnen denken en andere partijen die moeten 'meeweten' (op de hoogte moeten worden gehouden).



Figuur 29. Stakeholders voor de energietransitie binnen een bedrijf. De blauwe bollen en blokken geven aan op welk niveau deze stakeholders betrokken zijn: van meebeslissen tot aan meeweten.

Grofweg onderscheiden we een aantal categorieën stakeholders:

- **Interne stakeholders.** Intern zijn met name de directie en aandeelhouders verantwoordelijk voor het nemen van een investeringsbeslissing aangaande de energietransitie. Maar ook medewerkers hebben soms een belangrijke rol in het meedenken over de juiste keuzes en het meewerken om deze keuzes gedaan te krijgen. Daarom speelt de betrokkenheid van interne stakeholders op alle niveaus een rol.
- **Overheid.** Vaak zijn oplossingen in de energietransitie lokale aangelegenheden; denk bijvoorbeeld aan de bouw van een zonnepark of de aanleg van een warmtenet. Gemeenten spelen hierin een meedenkende en soms meewerkende rol om de juiste partijen bij elkaar te brengen. Ook de regels die rijksoverheid stelt hebben invloed op de energietransitie van het bedrijf, denk bijvoorbeeld aan het besluit om van het Groninger gas af te stappen. Daarmee is de landelijke overheid op alle niveaus betrokken.

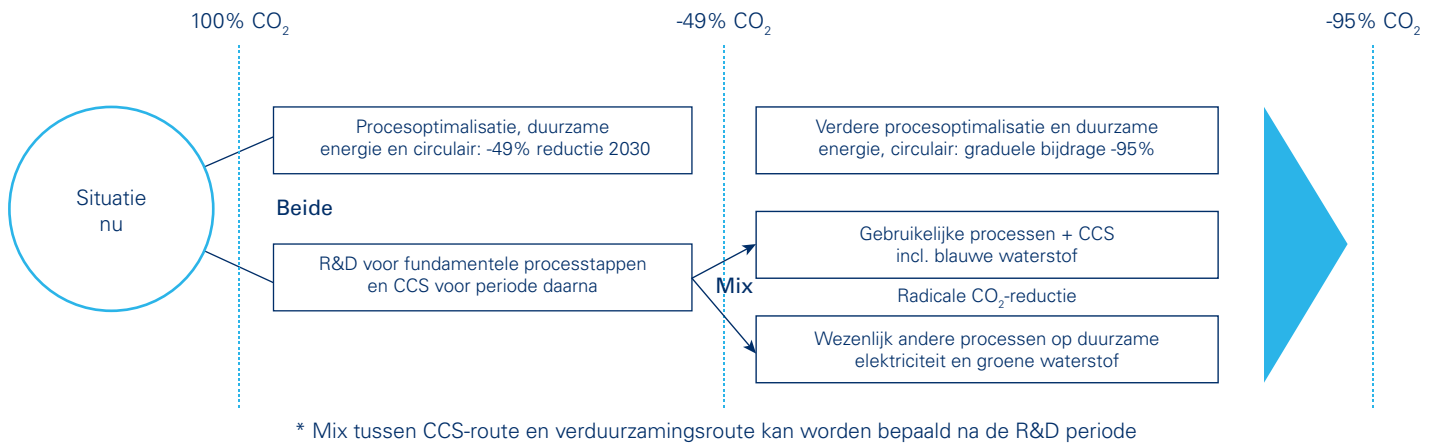
- **Financiers.** Hoe financiers willen omgaan met de financiële risico's van investeringen voor de energietransitie wordt de komende jaren erg belangrijk, zoals bijvoorbeeld de beschikbaarheid en voorwaarden van groene leningen. De financiers zullen moeten meebeslissen en meewerken om de energietransitie van een bedrijf een succes te maken.
- **Innovatie en de sector.** De innovaties die nodig zijn voor de energietransitie kunnen uit verschillende hoeken komen. Kennisinstellingen en adviseurs kunnen meedenken welke mogelijkheden er zijn en meewerken om deze te ontwikkelen. Daarnaast kunnen toeleveranciers uit Nederland, maar ook van daarbuiten, de juiste technieken aanleveren voor het bedrijf. Daarnaast zou de branchevereniging een rol kunnen vervullen om het bedrijf in contact te brengen met innovaties en soortgelijke bedrijven die wellicht al een stap voor zijn. Klanten zullen op meerdere niveaus belangrijk zijn in de energietransitie. Niet alleen willen zij weten waar het bedrijf mee bezig is, maar wellicht kunnen zij deze ook mogelijk maken door partnerships aan te gaan. Klanten spelen dan ook zowel een meedenkende als meewerkende rol.
- **Overige sectoren.** Bij verschillende maatregelen binnen de energietransitie is juist de verbinding tussen verschillende sectoren belangrijk. Denk bijvoorbeeld aan de aanleg van een warmtenet, waar een bedrijf restwarmte aan levert. Of de productie van waterstof voor het bedrijf, maar ook voor de mobiliteitssector. Samenwerking over de sectoren heen is hiervoor essentieel.

6.5 Aanbevelingen

Bovengenoemde conclusies en versnellende factoren leiden tot een aantal overkoepelende aanbevelingen ten aanzien van CO₂-uitstootreductie. Deze aanbevelingen zijn afzonderlijk weergegeven voor de metallurgische industrie en overige partijen (o.a. energiesector, netbeheerders, financieringspartijen en beleidsmakers).

Voor de metallurgische industrie zijn deze aanbevelingen in de vorm van een actieagenda weergegeven.

Een schematische samenvatting met de hoofdelementen is weergegeven in Figuur 30.



Figuur 30. Handelingsperspectief ten aanzien van implementatie en innovatie.

Voor de metallurgische industrie:

NU – 2021	2022-2026	2027-2030
Zet maximaal in op procesoptimalisatie en verduurzaming van de primaire staalproductie door Hlsarna en CC(U)S	Inventariseer in samenwerking met de energiesector aantrekkelijk mogelijkheden voor gezamenlijke Power Purchasing Agreements – bijvoorbeeld voor de investering in een windpark;	Zet maximaal in op elektrificatie van processen
Werk voor de opgave ná 2030 aan innovatie op het gebied van waterstof en elektrificatie – bijvoorbeeld in een groot innovatieprogramma in samenwerking met andere partijen;	Werk samen met de branche aan kennis- en innovatieprogramma's, onder andere door aantoonbare demonstratieprojecten om de betrouwbaarheid van technologie te vergroten	Investeer waar mogelijk in de opslag van elektriciteit om bij te dragen aan de balansering van het net
Investeer via eigen middelen of externe financieringsconstructies in zonnepanelen op daken	Optimaliseer in samenwerkingsverbanden de mogelijkheden voor inzet van schrot	Onderzoek mogelijkheden voor de inzet van waterstof
Ontwikkel een eenduidige methode om ketenbesparingen te kwantificeren	Inventariseer in samenwerking met de energiesector de mogelijkheden voor gezamenlijke Power Purchasing Agreements	
Etaleer succesfactoren en voorbeeldprojecten om leiderschap te demonstreren		

Voor overige partijen:

- Zet in op continue verduurzaming van het elektriciteitspark;
- Werk aan toegankelijkheid van toepassen van elektrificatie, onder andere door een aanpassing in tariefstructuren bij netverzwaringen;
- Ontwikkel gezamenlijk met partijen een eenduidige methode om ketenbesparingen (in het kader van circulaire economie) te kwantificeren.
- Werk samen met de branche aan kennis- en innovatieprogramma's, onder andere door aantoonbare demonstratieprojecten om de betrouwbaarheid van technologie te vergroten;
- Ontwikkel aantrekkelijke financieringsconstructies om de investering in duurzame energietechnologieën te vergemakkelijken.
- Werk samen met de rijksoverheid aan het wegnemen van beleidsbelemmeringen voor elektrificatie in de nettarieven.

Bijlagen

Bijlage 1. Ontwikkelingen in het elektriciteitspark

Het elektriciteitspark van Nederland bestaat nu nog grotendeels uit energiecentrales die kolen en aardgas verstopen. Deze elektriciteitscentrales hebben een rendement op de omzetting van kolen en aardgas naar elektriciteit van circa 40-50%. Daardoor ligt de uitstoot van grijze stroom met 137.1 kg CO₂/GJ³⁹ (volgens de integrale methode) hoger dan de verbranding van kolen 97.5 kg CO₂/GJ⁴⁰ en aardgas 56.5 kg CO₂/GJ³⁹ voor warmte.

In het Klimaatakkoord is afgesproken dat er 84 tot 110 TWh duurzame elektriciteit opgewekt gaat worden uit zonne- en windenergie. Daarmee stijgt het aandeel duurzame elektriciteit van nu 13,8%⁴¹ naar ongeveer 80% in 2030 (met aangenomen extra groei in vraag naar elektriciteit van 12 tot 38 TWh). Hiermee daalt ook de uitstoot van elektriciteit (volgens de integrale methode) naar 32,3 kg CO₂/GJ. Elektriciteit wordt daarmee duurzamer dan de verbranding van kolen en aardgas⁴².

De keerzijde van de grote toename van elektriciteit uit duurzame bronnen, is dat deze elektriciteit niet gegarandeerd beschikbaar is. In 2030 zullen er nog elektriciteitscentrales nodig zijn die kunnen bijspringen op momenten dat er weinig zon en/of wind is. Een dergelijk systeem kan van invloed zijn op de prijs van elektriciteit. In zo'n markt kan bij overschotten elektriciteit de prijs sterk dalen (mogelijk zelfs negatief worden)⁴³ en andersom kan de prijs sterk stijgen als er niet voldoende elektriciteit wordt opgewekt uit duurzame bronnen. De voorspellingen van duurzame productie zullen zeer belangrijk worden.



Figuur 31. Aanpak voor het behalen van CO₂ reductie potentieel

Flexibilisering van de elektriciteitsprijzen biedt ruimte voor aanbieders van flexibel vermogen (afschalbaar en volledig regelbaar) om hier een business case rond te bouwen. Ook in het huidige elektriciteitssysteem vervullen sommige bedrijven een dergelijke rol al.

Bijlage 2. Methodologie

Deze routekaart gebruikt 1990 als referentiekader voor de gestelde CO₂-reductie doelen. CO₂-cijfers en energieverbruik zijn op basis van CBS data van 1990 tot 2015, impact van maatregelen is berekend vanaf basisjaar 2015 tot 2030. Om deze impact van maatregelen te berekenen en een routekaart voor de metallurgische industrie op te stellen zijn er 4 stappen genomen (zie Figuur 31).

Deze bijlage geeft verdere uitleg bij deze methode:

STAP 1

Bepalen van energieverbruik per sub-sector en per proces

STAP 2

Bepalen van het technisch potentieel per maatregel gebaseerd op het energieverbruik in de sub-sectoren

STAP 3

Bepalen van kosteneffectiviteit van de maatregelen gefocust op CAPEX en OPEX

STAP 4

Analyse van het haalbare potentieel en route tot 2030

39 CBS (2018). Rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2016

40 RVO (2017). Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO₂ emissiefactoren

41 CBS (2018). Meer stroom uit wind en zon

42 Berekening Berenschot op basis van PBL (2018). Achtergrondrapport analyse elektriciteit voorstel voor hoofdlijnen klimaatakkoord

43 Energeia (2017) Winderige kerst zorgt voor negatieve Duitse stroomprijzen

Stap 1. Bepalen van energieverbruik per sub-sector en per proces

In stap 1 is het energieverbruik per sub-sector en per proces bepaald. In de metallurgische industrie wordt de volgende onderverdeling gemaakt: metaalproducten, elektrotechnische-en machine-industrie, en transportmiddelenindustrie.

Voor elke sub-sector wordt het totaal energieverbruik meegenomen dat afgeleid kan worden uit data van het CBS. Met behulp van MJA sectorrapporten, emissieregistratie, literatuur een enquête voor aangesloten bedrijven, en expert judgement vanuit Berenschot is vervolgens een verdere verdeling naar proces gemaakt.

Voor de onderverdeling naar verschillende processen is er gekeken naar zowel de eigenschap van het proces (chemisch, thermisch, mechanisch en elektrochemisch) als naar het energieverbruik en energiedrager per specifiek proces. Vanuit deze analyse zijn de volgende 5 standaard proces indelingen gemaakt:

- Hoge-temperatuur warmte
- Mechanische aandrijving
- Elektrochemische bewerking
- Verwarming van gebouwen
- Verlichting van gebouwen

Stap 2. Bepalen van het technisch potentieel per maatregel gebaseerd op het energieverbruik in de sub-sectoren

In stap 2 is vanuit het huidige energieverbruik het technisch haalbare potentieel van alle maatregelen bepaald voor de verschillende sub-sectoren. De verschillende maatregelen zijn onderverdeeld in 6 groepen: Energiebesparing, Duurzame energie, Nieuwe energietechnologieën, End-of-pipe oplossingen, Ecodesign en Circulariteit. Elke van de te nemen maatregelen zijn van toepassing op een of meerdere processen binnen de verschillende sub-sectoren van de metallurgische industrie (zie Figuur 32). Op basis van literatuur, MJA sectorrapporten, BAG data, interviews en expert schattingen vanuit Berenschot zijn vervolgens de potentiële impact van deze maatregelen ingeschat. Het totaal aan CO₂-reductie per maatregel wordt bepaald door de besparing op energiedragers om te zetten naar besparing in CO₂-uitstoot. Voor elektriciteit is de verduurzaming van het elektriciteitspark ook meegenomen.

Stap 3. Bepalen van kosteneffectiviteit van de maatregelen gefocust op CAPEX en OPEX

In stap 3 zijn de verschillende maatregelen afgewogen tegen de kosten (CAPEX & OPEX) om zo de kosteneffectiviteit van elk afzonderlijke maatregel te kunnen bepalen. De kosten van een maatregel zijn opgebouwd uit CAPEX en OPEX kosten. Deze kengetallen zijn samengesteld met de hulp van expert interviews, uitvraag aan leveranciers en literatuuronderzoek.

De kosteneffectiviteit hangt af van de jaarlijkse meerkosten ten opzichte van (eventuele) alternatieve investeringen. Hierbij worden jaarlijkse meerkosten berekend aan de hand van (meer-) investering, levensduur, WACC (aan de CAPEX-kant) en onderhoud, beheer en brandstofkosten (aan de OPEX-kant). Voor de berekening van brandstofprijzen zijn gemiddelde prijzen van 2017 als basis genomen. Uit deze analyse komt vervolgens een rangschikking op basis vermijdingskosten van CO₂ per maatregel om zo de kosteneffectiviteit van een maatregel te kunnen vaststellen. Dit zijn macro-economische getallen. Daarnaast zijn voor een aantal maatregelen ook business cases op bedrijfsniveau berekend (op basis van dezelfde getallen).

Stap 4. Analyse van het haalbare potentieel en route tot 2030

In de laatste stap is een voorbeeldroute tot 2030 uitgestippeld. Met behulp van de kosteneffectiviteit van alle maatregelen, de stand der techniek en een validatie-bijeenkomst is een haalbaar maatregelenpakket samengesteld met als doel om tot een CO₂-reductie van 49% te komen in 2030. Om uiteindelijk tot een route tot 2030 te komen voor de metallurgische industrie zijn de verschillende maatregelen in de tijd geplott, waarbij gekeken is waar het zwaartepunt van deze maatregelen logischerwijs zal liggen in de tijd.

Bijlage 3. Gehanteerde aannames

BEDRAG	EENHEID	WAARDE
Algemeen		
Totaal oppervlakte metallurgische industrie	m ²	1.457.973
Energetische onderwaarde aardgas	MJ/m ³	31,65
Energetische bovenwaarde aardgas	MJ/m ³	35.17
ZON-PV		
Aanschaf en installatiekosten zon-PV	€/Wp	€ 0,83
Beschikbaar dakoppervlak voor zon-PV van totaal	%	33%
Piekvermogen zonnepaneel	kWp/m ²	0,1665
Gemiddelde opbrengst per jaar per piekvermogen	kWh/kWp	770
Afschrijvingstermijn zon-PV	Jaren	25
Isolatie		
Gasverbruik bedrijfshallen	m ³ /m ² /jaar	4,66
Gasverbruik kantoren en winkels	m ³ /m ² /jaar	16,0
Afschrijving isolatie	Jaren	10
WACC Isolatie	%	10%
Onderhoudskosten	%/CAPEX/jaar	1%
Kosten isolatie bedrijfshallen	€/m ²	€ 6 - € 12,90
Kosten isolatie kantoren en winkels	€/m ²	€ 11,90 - € 21,80
Technisch potentieel in bedrijfshallen	%	12% - 26%
Technisch potentieel in kantoren en winkels	%	7% - 65%
Warmtepomp		
Afschrijving warmtepompen	Jaren	10
WACC warmtepompen	%	10%
COP warmtepompen (afhankelijk van type)		3,5 - 8,0
Aanschaf en installatiekosten (afhankelijk van type)	€/kW	€ 1.413 - € 2.400
Vollasturen warmtepompen	Uren	3650
Onderhoudskosten warmtepomp	%/CAPEX/jaar	10%
LED verlichting		
Besparing LED T.O.V. conventioneel verlichting	%	60%
LED kosten (OPEX)	€/m ² /jaar	€ 0,14 - € 0,25
LED kosten (CAPEX)	€/m ²	€ 0,08 - € 0,13
WACC LED	%	4%
Afschrijving ledverlichting	Jaren	10

BEDRAG	EENHEID	WAARDE
Geothermie		
Draaiuren Geothermie	Uren	3.672
Geothermie vermogen	MW	2.198
Elektrisch vermogen	MW	0,096
Thermisch vermogen	MWth	8,5
Investering Geothermie	€/KWth	€ 800
Operationele kosten Geothermie	€/KWth/jaar	€ 50
Levensduur Geothermie systeem	Jaren	30
WACC	%	10%
Investering per PJ Geothermie	€/PJ	€ 60.511.607
Onderhoudskosten per PJ Geothermie	€/PJ	€ 3.781.975
Warmtenet		
Investering Warmtenet per aansluiting	€/aansluiting	€ 6.000
Operationele kosten warmtenet per jaar	€/jaar	5%
Levensduur Warmtenet	Jaren	30
WACC Warmtenet	%	7%
Totale Investering per PJ Warmtenet	€/PJ	€ 118.860.000
Onderhoudskosten warmtenet per PJ	€/PJ	€ 478.925
Groengas		
Groengas potentieel Nederland in 2030	PJ	85,5
Fairshare groengas technologische/ metallurgische industrie	%	3%
WACC Groengas	%	0,1%
Levensduur Groengas systeem	Jaren	10
Investering per PJ Groengas	€/PJ	€ 16.453.390
Onderhoudskosten per PJ Groengas	€/PJ	€ 246.800
Biomassa		
Draaiuren Biomassaketel in 2030	Uren	3.943
Thermisch vermogen biomassaketel	MWth	5
Investering biomassaketel	€/KWth	€ 6,61
Vaste onderhoudskosten Biomassaketel	€/KWth/jaar	€ 2
Variabele onderhoudskosten Biomassaketel	€/KWh/jaar	€ 0,001
Levensduur Biomassaketel	Jaren	25
WACC biomassaketel	%	10%
Investering per PJ	€/PJ	€ 4.227.273
Onderhoudskosten per PJ Biomassaketel	€/PJ/jaar	€ 160.622
Emissiefactoren		
Steenkool en bruinkool	kgCO2/GJ	97,5
Cokesovengas	kgCO2/GJ	42,8
Overige koolproducten	kgCO2/GJ	89,8
Aardgas	kgCO2/GJ	56,5
Restgassen uit olie	kgCO2/GJ	70
Nafta	kgCO2/GJ	73,3
Lpg	kgCO2/GJ	66,7
Benzine	kgCO2/GJ	72
Kerosine	kgCO2/GJ	71,5
Gas-, dieselolie en lichte stookolie	kgCO2/GJ	74,3
Zware stookolie	kgCO2/GJ	77,4
Overige aardolieproducten	kgCO2/GJ	73,3
Elektriciteit CO ₂ uitstoot 1990	kgCO2/GJ	151,46
Elektriciteit CO ₂ uitstoot 2017	kgCO2/GJ	137,11
Elektriciteit CO ₂ uitstoot 2030	kgCO2/GJ	32,25

Bijlage 4. Bronnen

In dit overzicht zijn zowel de referenties in het rapport en als de bronnen gebruikt voor berekeningen weergegeven. Hierdoor staan er bronnen in de literatuurlijst waar niet naar verwezen wordt in het rapport.

- Agentschap NL (2011). Slim licht werkt beter in bedrijfshallen.
- Albernesi et al (2011). Steel intensity of Power Technologies.
- Arasu (2009). Energy consumption studies in cast iron foundries.
- Berenschot (2016). Onderzoek naar nettarieven en flexibiliteit.
- Berenschot (2018). Strategische hubs voor de opschaling van groen gas in Nederland.
- BFI (2018). Smart Carbon Usage, Process Integration and Carbon Capture and Usage.
- BMU (2013). Ermittlung von branchenspezifischen Potentialen zum Einsatz von erneuerbaren Energien in besonders energieintensiven Industriesektoren am Beispiel der Gießerei-Industrie.
- British Geological Survey (2018). World Mineral Production.
- BuildDesk (2011). CO₂-besparingpotentieel ESCo's in utiliteitsbouw.
- Bureau of International Recycling (2016). Report on Environmental Benefits of Recycling.
- CBS (2015). Energieverbruik van metallurgische industrie voor het jaar 2015.
- CBS (2018). Energieverbruik van particuliere huishoudens.
- CBS (2018). Statline, Arbeidsrekening; arbeidsvolume naar bedrijfstak en geslacht; 1969-2016.
- CBS (2018). Statline, Banen van werknemers; bedrijfsgrootte en economische activiteit (SBI 2008).
- CBS (2018). Statline, Bedrijven; bedrijfstak.
- CBS (2018). Statline, Groeirekening; nationale rekeningen.
- CBS (2018). Zonnestroom naar regio.
- CBS (2018). Rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2016
- CBS (2018). Aandeel hernieuwbare energie naar 6,6%
- CE Delft (2015). Denktank Energiemarkt: Industriële Warmtemarkt.
- CE Delft (2018). Waterstofroutes Nederland; Blauw, Groen en Import.
- CE Delft en De Gemeynt (2018). Routekaart CCS: CO₂-afvang en -opslag, een ongemakkelijk maar onmisbaar onderdeel van de energietransitie.
- CO₂ emissiefactoren (2018). Lijst met emissiefactoren.
- Dutch New Energy Research (2018). Nationaal warmtepomp trendrapport 2018.
- ECN (2014). Verbetering referentiebeeld utiliteitssector.
- ECN (2017). Het besparingspotentieel van Elektrische Aandrijfsystemen in de Nederlandse industrie en dienstensector.
- Emissieregistratie (2018). De Nederlandse emissies naar lucht, water en bodem: Rijksoverheid.
- Energieia (2017) Winderige kerst zorgt voor negatieve Duitse stroomprijzen
- European Commission (2005). Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry.
- Global steel report (2016). Global steel Trade monitor.
- Hoogervorst, N. (2017). Toekomstbeeld klimaat neutrale warmtenetten in Nederland, Den Haag: PBL.
- LISA (2017). Oppervlakte vestigingen SBI 24-30.
- Material Economics (2018). The Circular Economy. A Powerful Force for Climate Mitigation.
- Nationale Energieverkenning (2017).
- PBL/DNV GL (2014). Het potentieel van zonnestroom in de gebouwde omgeving van Nederland.
- PBL (2018). Achtergrondrapport analyse elektriciteit voorstel voor hoofdlijnen klimaatakkoord
- Quintel (2018). Energietransitiemodel (parameters wind op zee).
- RVO (2011). Compressiewarmtepomp.
- RVO (2014). Brochure Efficiënte Elektrische Aandrijvingen.
- RVO (2015). Best Practice efficiënte elektrische aandrijvingen.
- RVO (2016). Energiezuinige HF-verlichting in bedrijfshallen.
- RVO (2016). MJA Energie-efficiëntieplannen 2013-2016. Gieterijen.
- RVO (2016). Zonnestroom voor de industrie.
- RVO (2017). Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO₂ emissiefactoren
- RVO (2018). MJA3 Sectorrapport 2017. Gieterijen.
- RVO (2018). MJA3 Sectorrapport 2017. Oppervlakte behandelende industrie.
- RVO (2018). MJA3 Sectorrapport 2017. Metallurgische industrie.
- RVO (2018). Verkenning groeimarkten EEA en ICT.
- SenterNovem (2005). Potentieel en kansen voor CO₂-reductie bij bedrijfshallen.
- SenterNovem (2007). Cijfers en tabellen 2007.
- Tata Steel (2018). <https://www.tatasteel.nl/nl/innovatie/HIsarna/Hoe-het-werkt>.
- Voorstel hoofdlijnen Klimaatakkoord (2018).
- Volkskrant (2018). Tata en Dow gaan rookgassen omzetten in grondstof voor plastic.
- Vreugdenhil, C. (2014). Een studie naar het potentieel van PV in nederland, Wageningen; WUR.
- Wikipedia (2018). Aardopwarmingsvermogen.



Berenschot

Berenschot is een onafhankelijk organisatieadviesbureau met 350 medewerkers wereldwijd. Al 80 jaar verrassen wij onze opdrachtgevers in de publieke sector en het bedrijfsleven met slimme en nieuwe inzichten. We verwerven ze en maken ze toepasbaar. Dit door innovatie te koppelen aan creativiteit. Steeds opnieuw. Klanten kiezen voor Berenschot omdat onze adviezen hen op een voorsprong zetten.

Ons bureau zit vol inspirerende en eigenwijze individuen die allen dezelfde passie delen: organiseren. Ingewikkelde vraagstukken omzetten in werkbare constructies. Door ons brede werkterrein en onze brede expertise kunnen opdrachtgevers ons inschakelen voor uiteenlopende opdrachten. En zijn we in staat om met multidisciplinaire teams alle aspecten van een vraagstuk aan te pakken.

Berenschot Groep B.V.

Europalaan 40, 3526 KS Utrecht

Postbus 8039, 3503 RA Utrecht

030 2 916 916

www.berenschot.nl

[in /berenschot](https://www.linkedin.com/company/berenschot)