



Dutch  
Green Building  
Council

# Routekaarten voor een duurzame bouw

HAALBAARHEID CO<sub>2</sub>-  
REDUCTIE STRATEGIE  
BOUWMATERIALEN  
INDUSTRIEËN



Metabolic  
Consulting

# Colofon

**Onderzoeksteam:**

Toni Kuhlmann  
Reinout Heisma  
Mink Rohmer

**Grafisch ontwerp:**

Svetlana Lezina  
Twin de Rooy

**Publicatiedatum:**

Mei 2023

## DGBC

Stichting Dutch Green Building Council (DGBC) is de landelijke maatschappelijke organisatie die zich inzet om de gebouwde omgeving in hoog tempo toekomstbestendig te maken. Wij doen dit vanuit de gedachte dat klimaatverandering sneller dan gedacht gaat en dat de urgentie tot het verduurzamen elke dag groter wordt. Aan de hand van vier centrale thema's ontwikkelen we impactvolle programma's op het gebied van CO<sub>2</sub>-reductie (Paris Proof), circulariteit, gezondheid en klimaatadaptatie. DGBC organiseert daarnaast opleidingen en evenementen over actuele duurzaamheidsthema's. En we ontwikkelen en beheren BREEAM-NL, het meest gebruikte keurmerk in Europa om de duurzaamheidsprestaties van gebouwen en gebieden te beoordelen en te meten. De stichting met ANBI-status is in 2008 opgericht op initiatief van de markt en heeft bijna 400 partners. DGBC is onderdeel van de World Green Building Council.

[www.dgbc.nl](http://www.dgbc.nl)

## METABOLIC

Metabolic is een consultancybedrijf en venture ontwikkelaar die systeemdenken inzet om grote uitdagingen op het gebied van duurzaamheid aan te pakken. Onze overkoepelende missie is het transformeren van de economie naar een fundamenteel duurzame - en circulaire - staat. Op ons hoofdkantoor in Amsterdam werken wij met een internationaal en interdisciplinair team en bieden we strategisch advies en software tools met een data gedreven perspectief. Onze aanpak ontwikkelt zich in reactie op de duurzaamheidsuitdagingen waar we aan werken en is erkend door overheden, bedrijven en non-profit organisaties van over de hele wereld.

[www.metabolic.nl](http://www.metabolic.nl)

### **Disclaimer**

*De informatie in deze publicatie is gebaseerd op betrouwbaar geachte bronnen. DGBC en Metabolic kunnen niet verantwoordelijk worden gesteld voor eventuele fouten. De uitingen zijn uitsluitend afkomstig van de auteurs; ze mogen niet worden aangepast zonder goedkeuring vooraf. Het gebruik van (delen van) dit rapport is alleen toegestaan met duidelijke bronverwijzing. Voor het vermenigvuldigen of openbaar maken van deze publicatie is de nadrukkelijke toestemming vooraf vereist van DGBC en Metabolic.*

# Inhoudsopgave

01.	SAMENVATTING	6
02.	ANALYSE TRANSITIEPADEN	10
03.	ANALYSE INTERVENTIES	15
04.	CONCLUSIE	22
05.	APPENDIX	24

# Voorwoord

De Nederlandse bouw- en vastgoedsector heeft een grote opgave om de doelen van het klimaatakkoord van Parijs rondom CO<sub>2</sub>-reductie te behalen. DGBC agendeert deze uitdaging via het programma #BuildingLife, en draagt hulpmiddelen en methodieken voor aan de markt en overheid. Voor een CO<sub>2</sub>-neutrale bouwkolom, net zero carbon, zijn we onder andere afhankelijk van de verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, waar de energietransitie van de industrie een belangrijk onderdeel van is.

De gebouwde omgeving heeft een groot aandeel in de materiaalconsumptie en CO<sub>2</sub>-emissie, zo blijkt ook uit de analyse van het Economisch Instituut voor de Bouw (EIB) en Metabolic (2022)<sup>1</sup>. De Nederlandse overheid heeft hiervoor, net als de industrieën zelf, reductiedoelen gesteld. Inzicht in hoe deze doelstellingen zich tot elkaar verhouden, met het oog op de urgentie van de klimaatopgave helpt daarbij, daarom hebben we Metabolic gevraagd om dit onderzoek uit te voeren.

In de verkenning komt als eerste aan bod welke materialen binnen de burgerlijke en utiliteitsbouw tijdens hun productie de meeste impact hebben. Voor de vijf meest impactvolle materialen volgt een analyse van de sectorale transitiepaden. Welke net zero carbon routekaarten hebben deze sectoren? Hoe concreet zijn deze plannen, en wat kunnen we als bouwsector dus verwachten van de verduurzaming van deze bouwmaterialen? Daarbij is er behoefte aan inzicht, namelijk wat de toekomstperspectieven zijn van deze bouwmaterialen. De beoogde doelstellingen van de sectoren zijn in het rapport vergeleken met de Nederlandse doelen van 60 procent reductie in 2030 en 100 procent in 2050.<sup>29</sup> Tenslotte volgt een kritische reflectie op de haalbaarheid van interventies in de sectorale transitiepaden.

Willen we naar CO<sub>2</sub>-reductie in de bouw, dan moet de industrie de bouwmaterialen verduurzamen, maar daarmee redt onze sector niet de gewenste CO<sub>2</sub>-doelstellingen die al vóór 2050 liggen. We moeten daarom de bouwsector stimuleren tot versnelde verduurzaming van de productie van bouwmaterialen. Niet alleen de bouwmaterialensector heeft hier de verantwoordelijkheid, maar ook opdrachtgevers en adviseurs die hier in de inkoopprocessen op kunnen en moeten sturen.

De bouw- en vastgoedsector heeft zelf ook de taak om te transformeren naar CO<sub>2</sub>-armere, circulaire oplossingen en bouwmethodieken.

We hebben hier expliciet gekozen om naar de hele bouw- en vastgoedsector te kijken, en niet alleen de nadruk te leggen op nieuwbouw van woningen. Dat maakt duidelijk dat er ook een opgave ligt bij het verduurzamen van toegepaste bouwmaterialen voor de verduurzaming van woningen. En dat is precies de complexe realiteit van de opgave naar een CO<sub>2</sub>-neutrale bouwkolom.

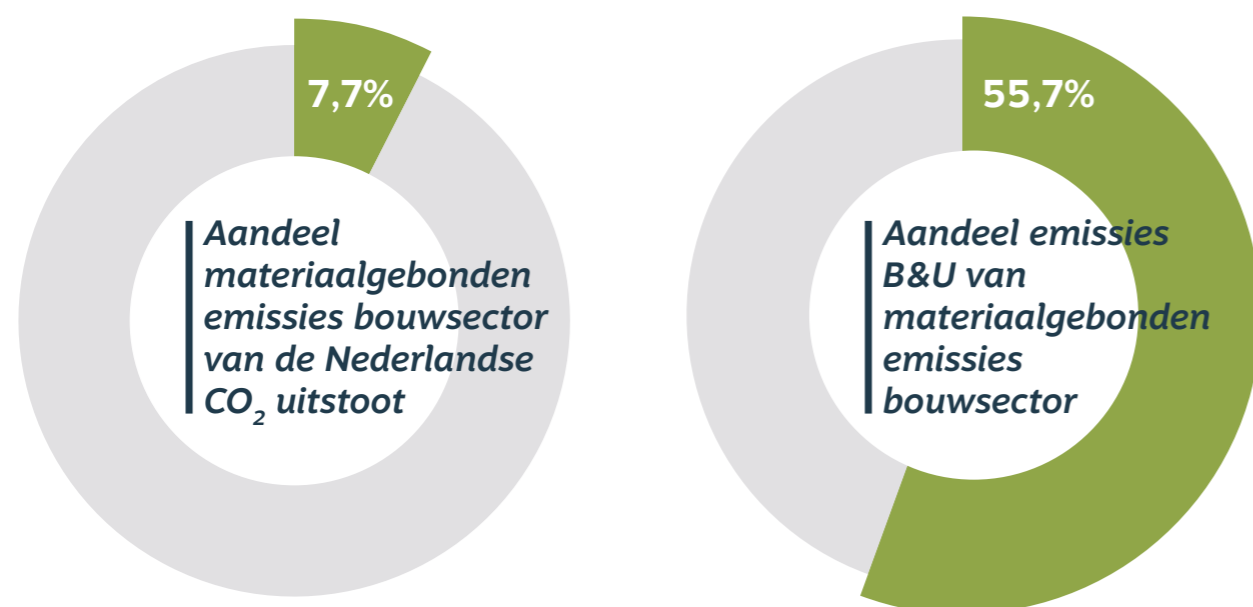
**Laetitia Nossek en Ruben Zonnevrije**  
*Dutch Green Building Council*

# 01 Samenvatting

# Staal, beton & installaties samen 60% van de materiaalgebonden B&U emissies (A1-A3)

Voor het bepalen van de meest impactvolle sectoren koppelen we de A1-A3 emissies aan bouwmaterialen van de Nederlandse bouwopgave. Dit op basis van de studie die Metabolic in samenwerking met het EIB uitvoerde.<sup>1</sup> De A1-A3 emissies zijn de emissies die worden veroorzaakt tijdens het produceren van een product en worden doorgaans de materiaalgebonden emissies genoemd. Hierbij focussen we ons specifiek op de data van de B&U. Het peiljaar voor de materiaalvraag is 2019.

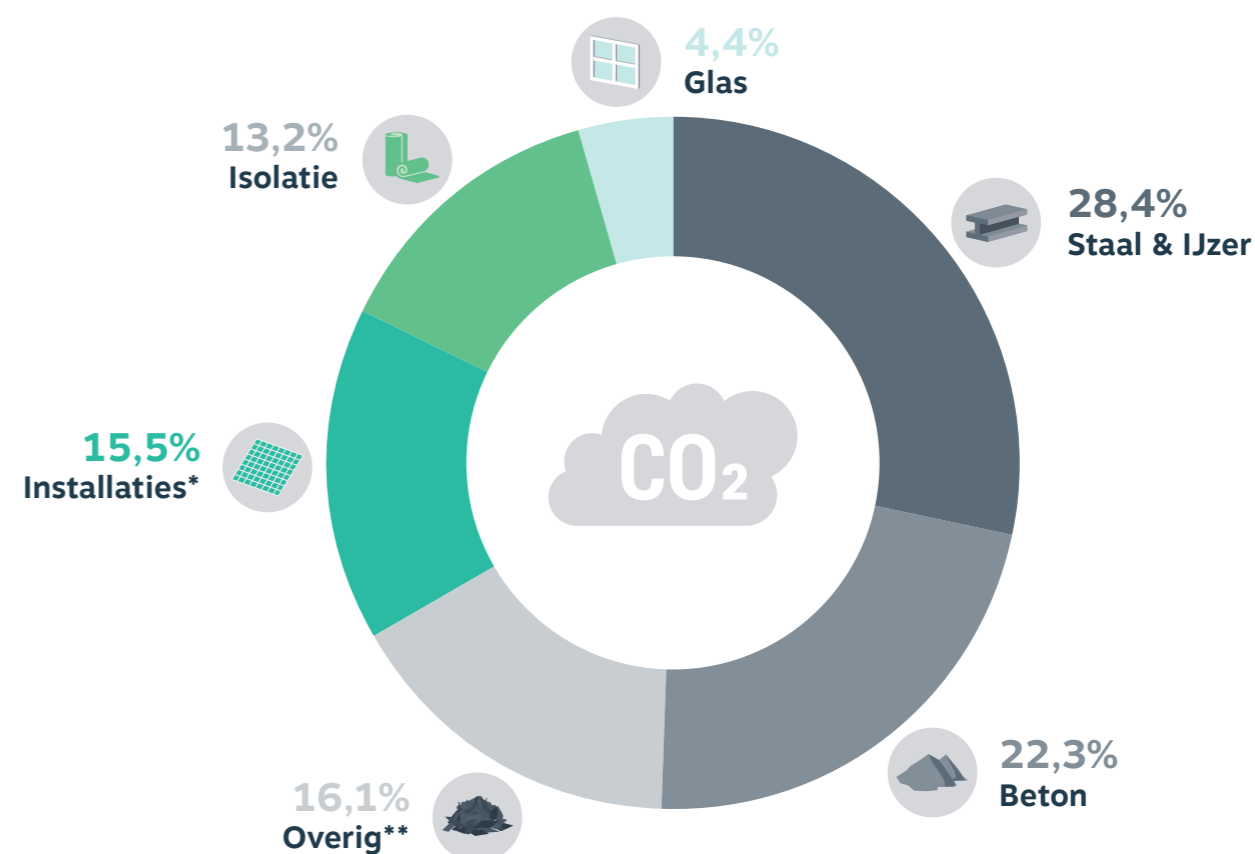
De materiaalgebonden emissies van de hele bouwsector (B&U en GWW) waren in 2019 14 Mton CO<sub>2</sub> eq. Dat zijn 7,7% van de totale Nederlandse CO<sub>2</sub> uitstoot (180,7 Mton CO<sub>2</sub> eq.) (zie Fig. 1). Hiervan zijn meer dan de helft van emissies (55%), namelijk 7,8 Mton CO<sub>2</sub> eq., verbonden aan de B&U sector (zie Fig. 1).



Figuur 1 Aandelen CO<sub>2</sub> emissies bouwsector

De meest impactvolle materialen binnen de materiaalgebonden B&U emissies zijn staal, beton, installaties\*, isolatie en glas (zie Fig. 2). Staal, beton en installaties zorgen samen voor ruim 60% van de materiaalgebonden B&U emissies.

64,6% van de materiaalgebonden B&U emissies worden veroorzaakt door nieuwbouw en de overige 34,5% worden veroorzaakt door renovaties.



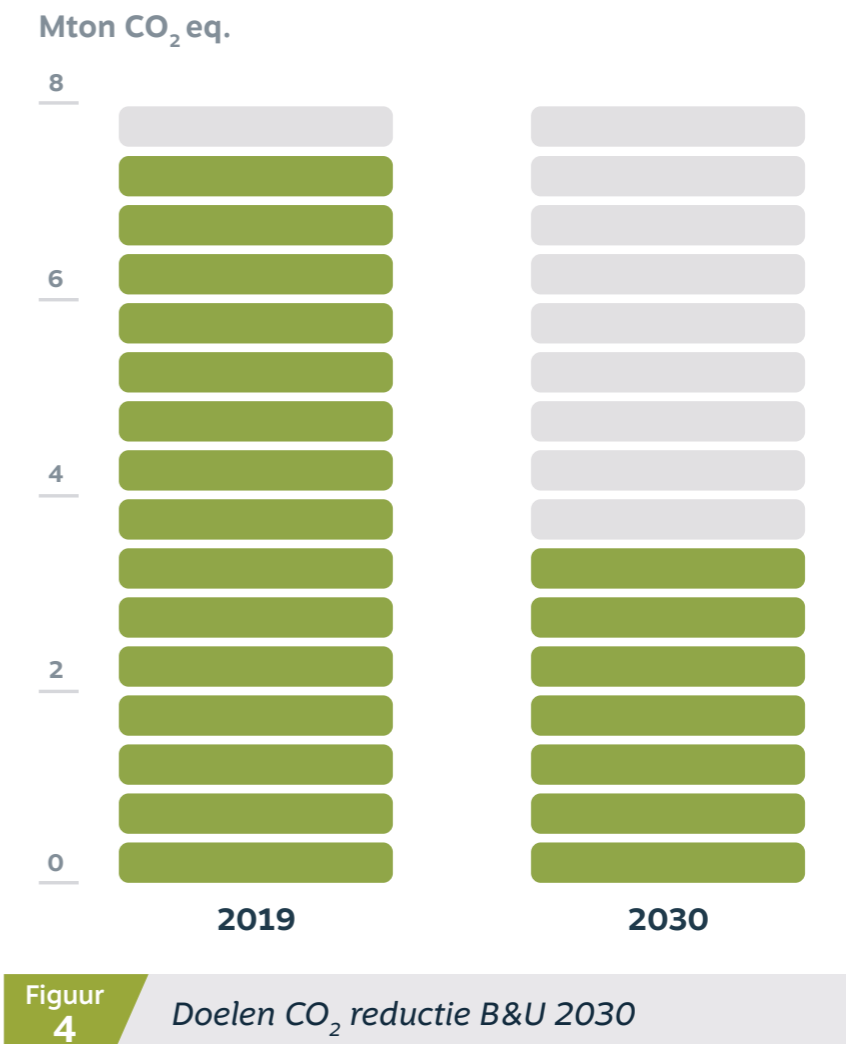
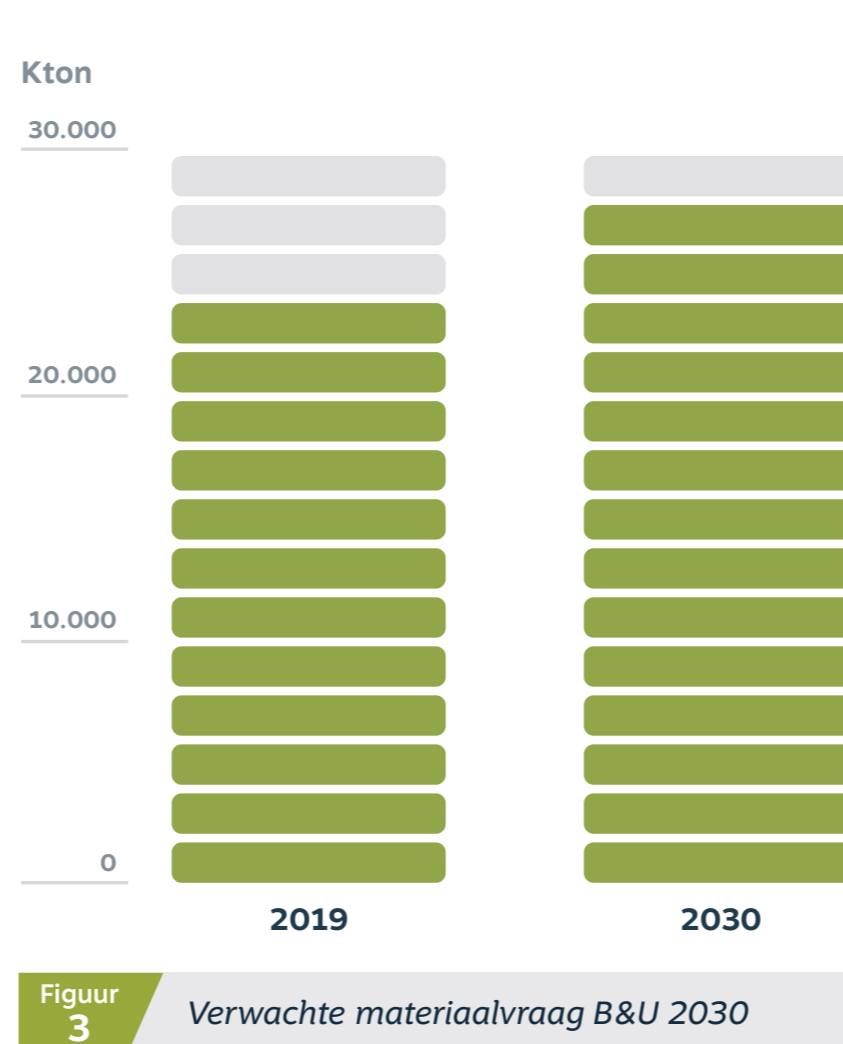
\*Binnen de installaties zijn 88% van de emissies gelinkt aan PV panelen

\*\*De grootste drie materialen onder overig zijn baksteen, hout en kunststoffen

Figuur 2 Materiaalgebonden B&U emissies (A1-A3)

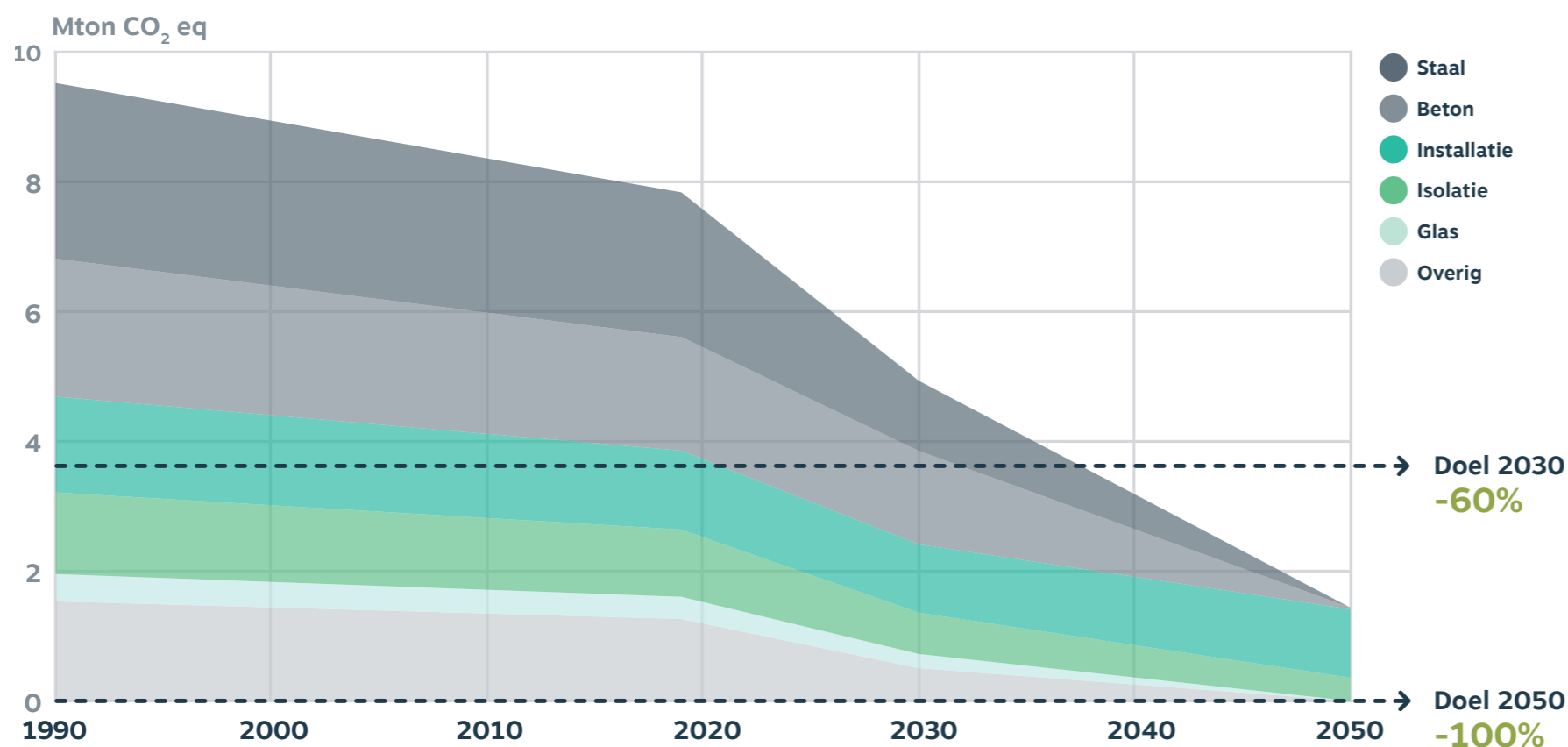
# Door toenemende materiaalvraag is het reductiedoel per kg materiaal niet 60%, maar 72% in 2030

De totale materiaalvraag voor B&U in 2019 is 22.800 kton. Naar verwachting zal deze vraag in de toekomst toenemen. Om dit te kwantificeren wordt er gekeken naar de woningbouwopgave<sup>2</sup>, gesteld door het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, en het toegenomen gebruik van PV panelen<sup>3</sup> voor de reductie van het operationele energiegebruik van gebouwen tot 2030. Door de woningbouwopgave van bijna 1 miljoen woningen tot 2030 is de materiaalvraag in 2030 minimaal 18,75% hoger dan in 2019. De groei van PV panelen tot 25.800 Megawatt geïnstalleerd vermogen in 2030 betekent dat de materiaalvraag voor PV 2,35% hoger is dan in 2019. Gezamenlijk leiden deze twee trends tot een materiaalvraag van 27.611 kton in 2030 (zie Fig. 3). Deze groeiende materiaalvraag staat in spanning met de reductiedoelen voor CO<sub>2</sub> emissies (zie Fig. 4). Per kg materiaal zijn de reductiedoelen dus significant hoger, namelijk 72% in plaats van 60%. Onder andere gezien de hoge impact van PV panelen zou de stijgende materiaalvraag met de huidige productiemethoden een verdubbeling van de uitstoot betekenen.





# Huidige sectorale transitiepaden halen 60% reductie in 2030 niet



Cumulatief gaan de sectoren van de meest impactvolle bouwmaterialen, namelijk staal, beton, installaties (PV panelen), isolatie en vlakglas, volgens de sectorale transitiepaden de reductiedoelen van de Nederlandse overheid voor 2030 niet behalen (zie Fig. 5). Gezamenlijk wordt er 1,12 Mton CO<sub>2</sub>eq. te weinig gereduceerd. De reductie in 2030 is dus 48% in plaats van 60%. Ook in 2050 worden de doelen niet behaald. Hier wordt 1,44 Mton CO<sub>2</sub>eq. te weinig gereduceerd. De reductie in 2050 is dus 82% in plaats van 100%. Dit blijkt uit de analyse van de sectorale transitiepaden (vanaf pagina 8).

Gezien de urgentie van de klimaatopgave voor 2030 is vooral het niet behalen van de 2030 reductiedoelen problematisch.

Voor elke sector zijn ook de meest relevante door de sectoren genoemde interventies om de emissies te reduceren geanalyseerd (vanaf pagina 13). Dit laat zien dat de meeste sectoren mogelijk ook de zelf gestelde doelen niet kunnen behalen. De daadwerkelijke emissiereductie zou significant lager kunnen zijn dan in Fig. 5 weergegeven.

**Figuur 5** Huidige sectorale reductiedoelen en Nederlandse reductiedoelen

# 02 Analyse Transitiepaden

# Analyse van sectorale transitiepaden

1

## Tussendoelen

De tussendoelen zijn consistent en dragen bij aan klimaatneutraal in 2050

2

## Plan van aanpak

De manier waarop de doelen bereikt worden is duidelijk aangegeven

3

## Scope

De transitiepaden omvatten alle relevante emissies

4

## Transparantie

De huidige emissies zijn in te zien en de bronnen zijn aangegeven en betrouwbaar

5

## Verificatie

Er vindt verificatie plaats door een onafhankelijke instantie

6

## Terugkoppeling

De transitiepaden worden regelmatig herzien en aangescherpt






Van de vijf meest impactvolle materialen worden de sectorale transitiepaden geanalyseerd en vergeleken met de Nederlandse reductiedoelen. Hierbij worden de volgende stappen gezet.

1. **Beoordeling van de sectorale transitiepaden** op basis van de links gepresenteerde indicatoren. Het toepassen van de indicatoren geeft inzicht in de betrouwbaarheid en reikwijdte van de plannen
2. **Bepalen van algemene reductiedoelen** voor de hele sector op basis van de inzichten uit stap 1
3. **Vergelijken van de reductiedoelen** van de sectoren met de door Nederland gestelde reductiedoelen (zie pagina 7)

Voor de beoordeling van de sectorale transitiepaden worden op de volgende pagina de resultaten getoond (Tab. 1). Per sector bevindt zich op de daarop volgende pagina's een nadere uitleg over de beoordeling volgens de indicatoren. In de eerste kolom zijn de algemene reductiedoelen voor de hele sector weergegeven. Deze doelen worden in Fig. 5 vergeleken met de Nederlandse reductiedoelen van 60% reductie van de CO<sub>2</sub> uitstoot in 2030 en 100% reductie in 2050.



# Analyse van sectorale transitiepaden

	<b>Doelen 2030</b> <i>De tussendoelen zijn consistent en dragen bij aan klimaatneutraal in 2050</i>	<b>Plan van aanpak</b> <i>De manier waarop de doelen bereikt worden is duidelijk aangegeven</i>	<b>Scope</b> <i>De transitiepaden omvatten alle relevante emissies</i>	<b>Transparantie</b> <i>De huidige emissies zijn in te zien en de bronnen zijn aangegeven en betrouwbaar</i>	<b>Verificatie</b> <i>Er vindt verificatie plaats door een onafhankelijke instantie</i>	<b>Terugkoppeling</b> <i>De transitiepaden worden regelmatig herzien en aangescherpt</i>
 <b>Staal</b>	55-60%					
 <b>Beton</b>	47%					
 <b>PV</b>	13%					
 <b>Isolatie</b>	<30%					
 <b>Glas</b>	48%					

■ Goed
 ■ Voldoende
 ■ Slecht

Tabel 1 Analyse sectorale transitiepaden

# Analyse van sectorale transitiepaden

## STAAL

De Nederlandse staalsector heeft in het Bouwakkoord Staal het **doel** in 2030 60% reductie te realiseren.<sup>4</sup> De Europese staalsector wil in lijn met de Europese doelen een besparing van 55% behalen.<sup>5</sup> Het **plan van aanpak** hoe de staalsector de doelen wil bereiken is duidelijk aangegeven, zowel in het Bouwakkoord Staal<sup>4</sup> en bij de branchevereniging<sup>5</sup> en bij de producenten (Tata Steel<sup>6</sup> en Arcelor Mittal<sup>7</sup>). De doelen bevatten in alle gevallen de **Scope 1** en 2 emissies, met de intentie om ook de scope 3 emissies te reduceren. Er is **transparantie** van de huidige emissies van de staalproducenten. Voor de plannen van de twee grootste staalproducenten (Tata Steel en Arcelor Mittal) is er geen **verificatie**. Ze werken wel mee om in 2023 een SBT (Science Based Target) op te stellen voor de producenten van staal.<sup>30</sup> Er vindt **terugkoppeling** plaats op de opgestelde doelen. De doelen van de 2 grootste producenten (Tata Steel en Arcelor Mittal) zijn recentelijk aangescherpt. Ook is het Bouwakkoord Staal is recentelijk opgesteld.

## BETON

De Nederlandse betonsector heeft in 2018 het betonakkoord gesloten. Door **terugkoppeling** is na twee aanscherpingen (in 2021 en 20227) het **doel** gesteld om in 2030 CO<sub>2</sub>-neutraal te zijn.<sup>7</sup> Het betonakkoord laat **transparant** zien waar in de betonketen het meeste uitstoot plaatsvindt. Cement vormt 56% van de uitstoot van beton.<sup>9</sup> Bij de ondertekening in 2018 is een zogenaamde side-

letter<sup>10</sup> gepubliceerd over de **scope** waarin staat beschreven dat CO<sub>2</sub> van geïmporteerd cement niet wordt meegeteld. Het is niet bekend of deze nog van kracht is. Het zou gaan om bijna al het cement: Nederland kent slechts één cementproducent (ENCI, onderdeel van Heidelberg). De grote Europese cementproducenten, waarvan dus cement wordt geïmporteerd, hebben minder hoge reductiedoelen dan het betonakkoord (25 tot 47% CO<sub>2</sub> reductie in 2030). Voor de decarbonisatie tot 2030 presenteert het betonakkoord een **plan van aanpak** met 28 zogenaamde handelingsperspectieven. Er is geen **verificatie** van de roadmap<sup>11</sup> uitgevoerd door een externe, onafhankelijke organisatie zoals het SBTi (Science Based Target Initiative).

## INSTALLATIES (PV PANELEN)

Volgens deze analyse zorgen PV panelen voor 88% van de impact binnen de categorie installaties.\* Daarom ligt de focus in het vervolg op de sectorale transitiepaden van PV panelen. Er bestaan geen routekaarten voor de PV sector als geheel. Daarom zijn de reductiedoelen van de 9 producenten met gezamenlijk 75% marktaandeel geanalyseerd.<sup>18</sup> Maar 4 van deze 9 producenten hebben überhaupt **doelen** opgesteld. Deze bevatten alleen de **scope 1** en 2 emissies. Deze 4 producenten geven aan om in 2030 volledig hernieuwbare energie te gebruiken in de productieprocessen. Voor deze doelen is er een **plan van aanpak** en de **transparantie** is hoog. Voor maar 3 van de 9 geanalyseerde producenten vindt verificatie plaats door SBTi. Er lijkt op dit moment geen **terugkoppeling** plaats te vinden tussen de opgestelde doelen en de behaalde prestaties.

*\*Sinds het uitvoeren van de studie die ten grondslag ligt aan de analyse in dit rapport zijn er enkele updates geweest aan de impactkaarten van installaties in de NMD. Met name de impact van warmtepompen is sterk veranderd na deze update. Hierdoor is het relatieve aandeel van deze installaties groter. Het werkelijke aandeel van PV panelen zal dus lager dan 88% zijn.*



# Analyse van sectorale transitiepaden

## ISOLATIE

De isolatiesector bestaat uit bedrijven die minerale wol (steenwol/glaswol) of kunststof (EPS/XPS/pur) isolatie produceren. Voor de isolatiesector bestaat geen sectorbrede roadmap of een convenant met reductie- doelstellingen die zijn opgesteld door een branchevereniging of consortium. Daarom zijn de CO<sub>2</sub> reductiedoelstelling van de 8 grootste isolatieproducten producenten uit Europa onderzocht.<sup>14</sup> De 2030 doelen van deze producenten zijn minder ambitieus dan de Nederlandse en Europese doelstellingen. De transparantie over de huidige emissies is laag en de scope van de reductiedoelstellingen is bij de meeste producenten niet duidelijk weergegeven. Alleen Rockwool<sup>6</sup> en Saint Gobain Isover<sup>13</sup> hebben een duidelijk plan van aanpak en laten verificatie op hun plannen uitvoeren door SBTi.

## GLAS

De VNG (Vereniging Nederlandse Glasproducenten) heeft een routekaart van 2012 waarin geen reductiedoelen specifiek voor CO<sub>2</sub> benoemd zijn.<sup>15</sup> Er wordt wel gewerkt aan een update van deze routekaart. De Europese brancheverenigingen (Glass Alliance<sup>16</sup> en Glass for Europe<sup>17</sup>) hebben routekaarten, maar daarin zijn geen concrete doelen meegenomen. De leden van verenigingen stellen zelf doelen op. Daarom wordt in de analyse gekeken naar 3 grote producenten (AGC Glass Europe<sup>31</sup>, NCG Group<sup>32</sup> & Saint Gobain<sup>33</sup>). Deze 3 grote glasproducenten hebben het doel om ongeveer 30% reductie te behalen rond 2030 (t.o.v. 2017/18/19). Ze geven het plan van aanpak aan hoe ze deze doelen willen bereiken en de doelen omvatten scope 1, 2 en 3 emissies. De huidige emissies zijn transparant. Daarnaast vindt er verificatie plaats op de plannen door SBTi. Er vindt terugkoppeling plaats; de doelen zijn recentelijk of opgesteld of aangescherpt.



# 03 Analyse Interventies

# Analyse van interventies

Om een inschatting te kunnen maken of de reductiedoelstelling gehaald worden met de door de sectoren voorgestelde interventies, worden deze geanalyseerd. Dit wordt gedaan aan de hand van 3 indicatoren, namelijk de potentiële CO<sub>2</sub>-reductie, technische haalbaarheid en economische haalbaarheid.

## Potentiele CO<sub>2</sub> reductie

De impact die interventies kunnen maken is het reductiepotentieel (% potentiële CO<sub>2</sub> reductie voor de sector voor Nederland) dat deze interventies kunnen realiseren geanalyseerd. De impact van een maatregel is niet altijd exact te bepalen omdat dit van veel factoren afhankelijk is.

## Technische volwassenheid

Deze indicator geeft aan hoe volwassen de techniek is aan de hand van de TRL (*Technology Readiness Level*). Dit wordt gemeten in verschillende levels (level 1-9) waarin 1 staat voor een nog niet volwassen techniek en 9 voor een techniek die zich al breed bewezen heeft.

## Economische haalbaarheid

De economische haalbaarheid wordt uitgedrukt in reductiekosten (€) per ton vermeden CO<sub>2</sub> emissie. Als deze cijfers niet beschikbaar zijn wordt er gekeken naar de relatieve grootte van de investering die benodigd is om de interventie te implementeren.

Voor elke sector zijn de belangrijkste voorgestelde interventies bepaald. Aan de hand van de indicatoren wordt bepaald hoe waarschijnlijk het is dat deze interventies bijdragen aan het behalen van de door de sectoren gestelde doelen en hoe groot deze bijdrage zou kunnen zijn. Deze inzichten worden per sector vertaald naar een realistische reductie marge voor 2030 en 2050. Dit geeft een duidelijk inzicht in de haalbaarheid van de interventies en doelen van de sectorale transitiepaden en routekaarten. Aangezien dat het bij het opstellen van nieuwe meer realistische doelen gaat om *marges* is het niet nuttig om deze voor alle sectoren bij elkaar op te tellen.





# Staal

Interventie	Impact	TRL	Economische haalbaarheid
<b>Recycling:</b> Verhoogd recycling van lage kwaliteit schroot	0-58% <sup>36</sup>	9 <sup>19</sup>	Economisch haalbaar <sup>19</sup>
<b>DRI-EAF:</b> Aardgas (potentieel met een hoog aandeel H <sub>2</sub> )	20 <sup>19</sup> -66 <sup>28%</sup>	7 <sup>19</sup>	Relatief hoge investering <sup>19</sup>
<b>Bioenergy:</b> Hoogoven met biomassa	20-45% <sup>28</sup>	7 <sup>19</sup>	Relatief hoge investering <sup>19</sup>
<b>CCUS:</b> Hoogoven en converteren afgas tot brandstof of afgas verrijking met waterstof en/of CO <sub>2</sub> verwijderen voor gebruik of opslag	63-90% <sup>36</sup>	5-8 <sup>19</sup>	Relatief hoge investering <sup>19</sup>

Ondanks dat de verschillende interventies potentieel een grote impact hebben op de CO<sub>2</sub> uitstoot van de staalproductie is de TRL relatief laag en zijn investeringskosten relatief hoog. Behalve een verhoogd recyclingpercentage zullen de interventies pas na 2030 een effect hebben op de CO<sub>2</sub> uitstoot. We nemen daarom aan dat voor 2030 alleen recycling zal bijdragen aan de reductie van de emissies van staalproductie. Na 2030 leiden de drie overige interventies tot een meer significante reductie (zie Fig. 6). Er lijkt een gat te zitten tussen de beoogde reductiedoelen en de haalbare reductie op basis van de voorgestelde interventies.

Er zijn verschillende interventies die de CO<sub>2</sub> impact van de productie van staal kunnen verlagen. Algemeen geldt dat staal al voor 85% recycling plaatsvindt en dit percentage is voor staal uit gebouwen hoger.<sup>34</sup> De productie van staal uit

schroot vergt maar een achtste van de energie die nodig is om staal van ijzererts te produceren.<sup>19</sup> Hoge kwaliteit schroot wordt op dit moment al volledig gerecycled. Verhoogd recycling van lage kwaliteit schroot heeft potentieel grote impact. Echter, er komt maar beperkt schroot van lage kwaliteit vrij.

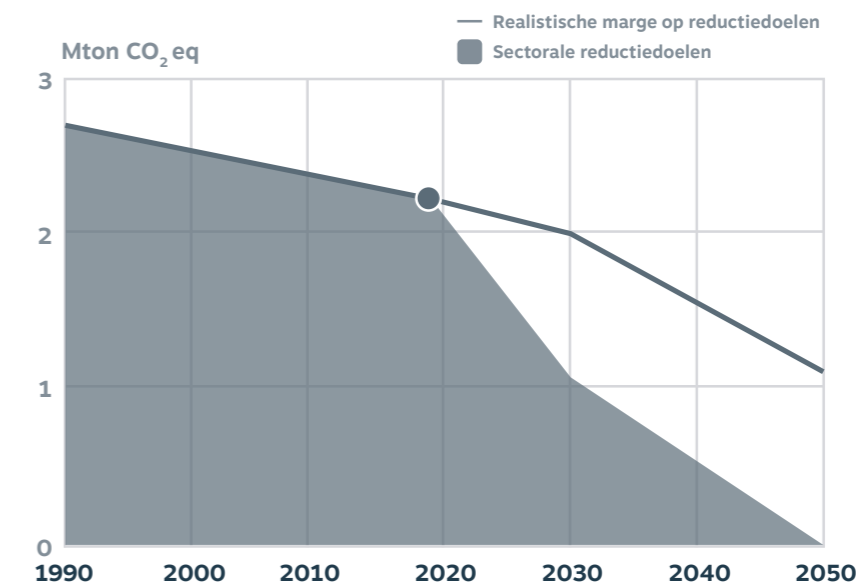
De productie van staal door middel van **DRI-EAF (Direct reduced iron\* met electric arc furnace)** met aardgas leidt tot ongeveer 20% minder emissies ten opzichte van de conventionele productie methode.<sup>19</sup> Het toepassen van waterstof kan de impact nog verder verlagen. DRI-EAF zal waarschijnlijk pas na 2030 bijdragen aan het verlagen van de CO<sub>2</sub> impact van de staalproductie.<sup>19</sup>

**Bioenergy** refereert naar het toepassen van biomassa in hoogovens. Hierdoor kan de CO<sub>2</sub> impact worden verlaagd. De potentie voor het

verlagen van de impact is afhankelijk van de beschikbaarheid van duurzame biomassa. Echter, er zal een hoge competitie zijn op deze grondstof vanuit industrieën waar minder alternatieven zijn<sup>19</sup>.

**Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS)** heeft in de toekomst de potentie om de impact van staalproductie te verlagen (zie pagina 24). Volgens een analyse van de International Energy Agency zullen in 2030 maar 1% van de directe emissies van de staalsector worden vastgelegd.<sup>19</sup>

*\*Directe reductie van ijzer is het verwijderen van zuurstof uit ijzererts in vaste toestand, dus zonder te smelten, zoals in de hoogoven. De reductiemiddelen zijn koolmonoxide en waterstof.*



Figuur 6

Vertaling reductiedoel staalsector

# Beton

Interventie	Impact	TRL	Economische haalbaarheid
<b>Verandering van de betonsamenstelling:</b> Korrelpakking, CEMX, CSA-Beliet, Supergesulfateerd beton, Alternatief CSH, Geopolymeer	14% <sup>12</sup>	4-9 <sup>12</sup>	Economisch haalbaar <sup>12</sup>
<b>Gebruik van gerecyclede materialen/onderdelen:</b> Bodemas, Thermische/Mechanische cementrecycling	13% <sup>12</sup>	9 <sup>12</sup>	Economisch haalbaar <sup>12</sup>
<b>Vastleggen van CO<sub>2</sub> in beton:</b> Mineraal CO <sub>2</sub> , Carbon8, Solidia, Carbstone	21-31% <sup>12</sup>	4-9 <sup>12</sup>	Economisch haalbaar <sup>12</sup>
<b>CCUS bij cementproductie</b>	56 <sup>12</sup>	1-9 <sup>12</sup>	Relatief hoge investering <sup>12</sup>

Bij betonproductie vallen kleine CO<sub>2</sub>-reducties te behalen door een andere betonsamenstelling, recycling en CO<sub>2</sub> vastlegging. De grote reductie kan bij de cementproductie behaald worden. Maar CCUS, de voornaamste techniek om dit te bereiken, heeft zich nog niet bewezen. We nemen daarom aan dat tot 2030 een relatief kleine reductie zal plaatsvinden. Na 2030 leiden het vastleggen van CO<sub>2</sub> in beton en CCUS tot een grotere reductie (zie Fig. 7). Er lijkt een gat te zitten tussen de beoogde reductiedoelen en de haalbare reductie op basis van de voorgestelde interventies.

Het betonakkoord stelt 287 handelingsperspectieven voor die grofweg onder 4 categorieën vallen. In een studie van CE-Delft zijn 17 van deze verschillende interventies onderzocht op impact en technische en economische haalbaarheid.<sup>12</sup> 15 hiervan hebben betrekking op fase A1-A3. Deze interventies kunnen niet allen tegelijk worden

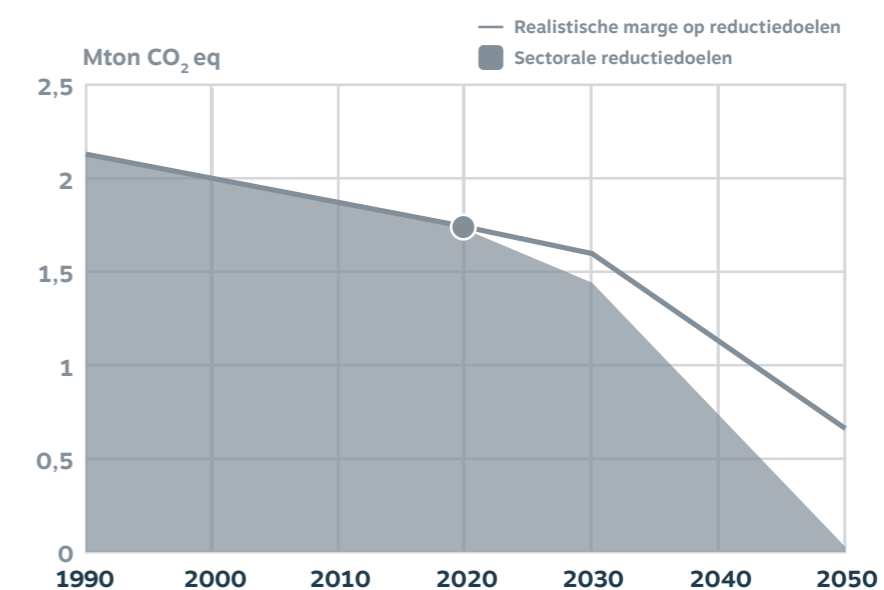
ingezet bij een bedrijf omdat ze elkaar uitsluiten. Een voorbeeld: beton kan niet met 2 verschillende technieken tegelijk gerecycled worden. Om de mogelijke impact te bepalen zijn de interventies met de hoogst mogelijke CO<sub>2</sub>-reductie, die elkaar niet uitsluiten, bij elkaar opgeteld<sup>2</sup>.

Door een **verandering van de beton-samenstelling**<sup>12</sup>, bijvoorbeeld door het gebruik van alternatieve binders of een lager aandeel cement, kan de CO<sub>2</sub> uitstoot worden gereduceerd. Verschillende technieken zijn in verschillende TRL levels.

Door het **gebruik van gerecyclede materialen/onderdelen**<sup>12</sup> kan ook CO<sub>2</sub> worden gereduceerd. Echter, er komt maar beperkt beton uit sloop vrij waar cement uit kan worden teruggewonnen. Bij afvalverbrandingscentrales komt bodemas vrij; dit kan als vuller met bindende eigenschappen worden ingezet.

Er zijn technologieën die zorgen voor het **vastleggen van CO<sub>2</sub> in beton**. Solidia en Carbstone zijn bijvoorbeeld alternatieve binders die CO<sub>2</sub> vastleggen bij de bindingsreactie. Carbon<sup>8</sup> is een alternatief voor grind die ook CO<sub>2</sub> heeft vastgelegd. Deze verschillende interventies hebben verschillende TRL levels. Het grootste deel van de CO<sub>2</sub> is gerelateerd aan de productie van cement.

Bij de cementsector wordt vooral **Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS)** aangedragen als interventie die de uitstoot van de cementproductie kan verlagen door CO<sub>2</sub> op te vangen en te gebruiken. Verschillende technieken in de CCUS keten zijn nog niet vergevorderd of mogelijk om overal toe te passen. Ook vergt implementatie grote investeringen en grootschalige CCUS installaties bij cementfabrieken zullen daarom niet voor 2030 in grote mate gerealiseerd zijn (zie pagina 24).



Figuur 7 Vertaling reductiedoel betonsector

# Installaties (PV panelen)

Interventie	Impact	TRL	Economische haalbaarheid
Hernieuwbare energie van het net / Power Purchase Agreements	94%*27	9	Geen inzicht in de businesscase
PV panelen voor eigen gebruik in productie	94%*27	9	Geen inzicht in de businesscase
Efficiëntieverbetering	26% <sup>20, 21</sup>	-	Geen inzicht in de businesscase

\*van scope 1 & 2 emissies

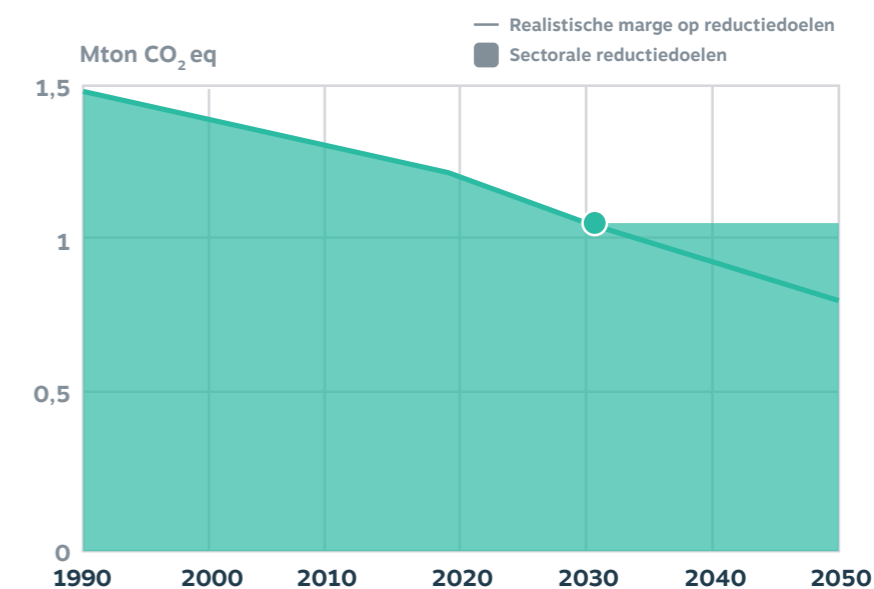
Gezien maar 4 van de 9 geanalyseerde producenten reductiedoelstellingen hebben en deze maar gaan tot 2030 lijkt het volgens dat analyse van de sectorale transitiepaden alsof de sector na 2030 niet verder gaat verduurzamen. Echter, het is aannemelijk dat andere producenten de vier koplopers gaan volgen. Daarnaast is ook door de verduurzaming van het net een verdere mitigatie van de ingebodde impact van PV panelen te verwachten. Daarom wordt ervan uitgegaan dat de reductie tot 2030 die door het behalen van de reductiedoelen van de koplopers gerealiseerd wordt doorzet tot 2050 (zie Fig. 8). De verwachte reductie van de emissies van de productie van PV panelen lijkt groter dan de reductie volgens de huidige plannen. De daadwerkelijke reductie is verder ook afhankelijk van de toename aan geïnstalleerd vermogen.

De reductiedoelen voor de productie van PV panelen betreffen momenteel alleen de scope

1 en 2 emissies. 94% van de scope 1 en 2 impact van PV panelen wordt veroorzaakt door geïmporteerde elektriciteit. Interventies om deze impact te verlagen zijn het gebruiken van **hernieuwbare energie van het net**, of het afsluiten van **Power Purchase Agreements**. Ondanks dat zonnestroom in China netpariteit heeft bereikt is de meeste stroom van het net geproduceerd door fossiele brandstoffen.<sup>35</sup> Tot 2030 zal het aandeel van zonnestroom wel gaan toenemen.<sup>18</sup> Power Purchase Agreements kunnen er voor zorgen dat dit aandeel voor het produceren van zonnepanelen nog verder wordt verhoogd.

Producenten van PV panelen geven ook aan om zelf **PV panelen** te installeren en de geproduceerde stroom daarvan in de productie van nieuwe panelen te gebruiken. Dit kan theoretisch de impact volledig mitigeren, maar dit potentieel wordt verminderd door een mogelijk ruimtegebrek op de productielocatie.

Op de huidige ingebodde impact per kWh zonnestroom wordt tot 2050 nog een verdere afname van ruim 20% verwacht. Deels door het toepassen van hernieuwbare energie in de productie, maar deels ook door **efficiëntieverbetering** en andere technische innovaties.<sup>20,21</sup> Het is aannemelijk dat de producenten met een doelstelling voor 100% gebruik van hernieuwbare energie in 2030 deze doelstelling gaan halen.



Figuur 8

Vertaling reductiedoel installatiesector

# Isolatie

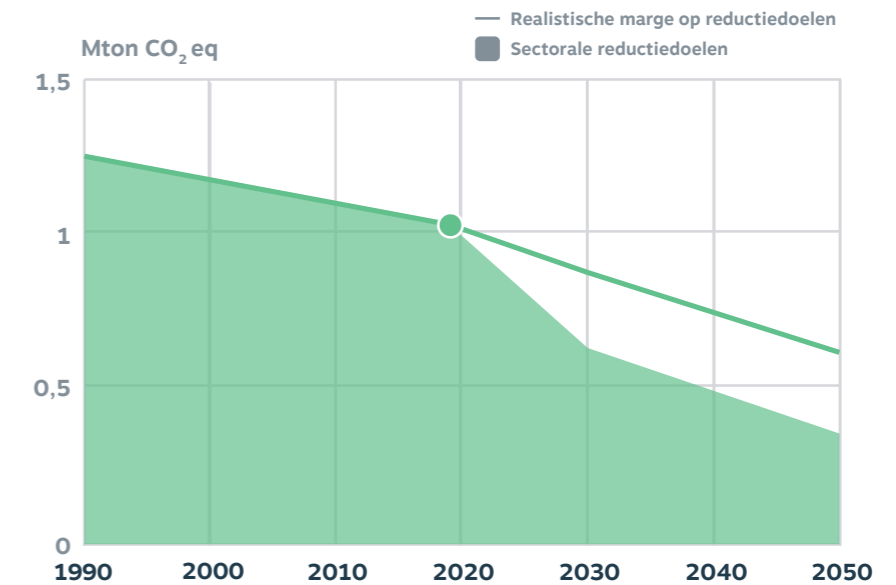
Interventie	Impact	TRL	Economische haalbaarheid
<b>Recycling/ hergebruik isolatiemateriaal:</b> doel is 50% aandeel gerecycled materiaal (steenwol)	Niet bekend	8-9	Geen inzicht in de businesscase
<b>Elektrische ovens:</b> Electric-melting techniek	80% <sup>8</sup>	9 <sup>43</sup>	Relatief hoge investering
<b>Alternatieve brandstoffen:</b> Waterstof, biochar en oxy-fuel gas	7-20% <sup>16</sup>	8-9 <sup>16</sup>	Geen inzicht in de businesscase

De interventies voor CO<sub>2</sub> reductie van de isolatie-industrie leunen zwaar op de beschikbaarheid van hernieuwbare energie. Significante CO<sub>2</sub> reductie in 2030 lijkt daarom moeilijk te realiseren (zie Fig. 9). Pas in 2050 kunnen deze interventies significante reductie opleveren. Recycling van minerale wol kan een, nog onbekende, bijdrage leveren aan CO<sub>2</sub>-reductie. De techniek voor recycling van kunststof isolatie is nog weinig toegepast.<sup>17</sup>

De isolatie sector noemt 3 interventies om tot decarbonisatie te komen. De eerste interventie is recycling/hergebruik van isolatiemateriaal.<sup>6</sup> Bij sloop herwonnen minerale wol kan worden hergebruikt. Voor kunststof isolatie (EPS/XPS) is de techniek voor recycling nog niet ver ontwikkeld.<sup>17</sup> Volgens de milieudatabase is de huidige recyclingpercentage nog maar 10%<sup>38</sup>. Daarnaast komt er maar beperkt isolatiemateriaal uit sloop vrij.

Minerale wol wordt op dit moment op een energie-intensieve manier gemaakt door steen of glas en andere mineralen tot hoge temperaturen te verhitten met fossiele brandstoffen (bijvoorbeeld coke fuel). Elektrische ovens passen de electric-melting<sup>15</sup> techniek toe en behalen 20% minder energieverbruik. Deze technologie kan aanzienlijke CO<sub>2</sub>-reductie behalen (80%) onder de voorwaarde dat gebruikte elektriciteit/grid-mix van elektriciteit geheel uit hernieuwbare energie bestaat. Dit is voor 2030 voor de hele sector niet haalbaar.<sup>37</sup>

De impact van de coke fuel ovens zou ook gereduceerd kunnen worden door het toepassen van **alternatieve brandstoffen**<sup>16</sup> zoals waterstof, biochar en oxy-fuel gas. Echter, deze brandstoffen zijn op dit moment en waarschijnlijk ook in 2030 nog niet in grote hoeveelheid beschikbaar.



Figuur 9 Vertaling reductiedoel isolatiesector



# Vlakglas

Interventie	Impact	TRL	Economische haalbaarheid
Recycling van glas	7% <sup>23</sup>	9	Economisch haalbaar
Alternatieve brandstoffen en hernieuwbare energie	75% <sup>23</sup>	8-9	Relatief hoge investering
CCUS	25% <sup>23</sup>	1-9	Relatief hoge investering

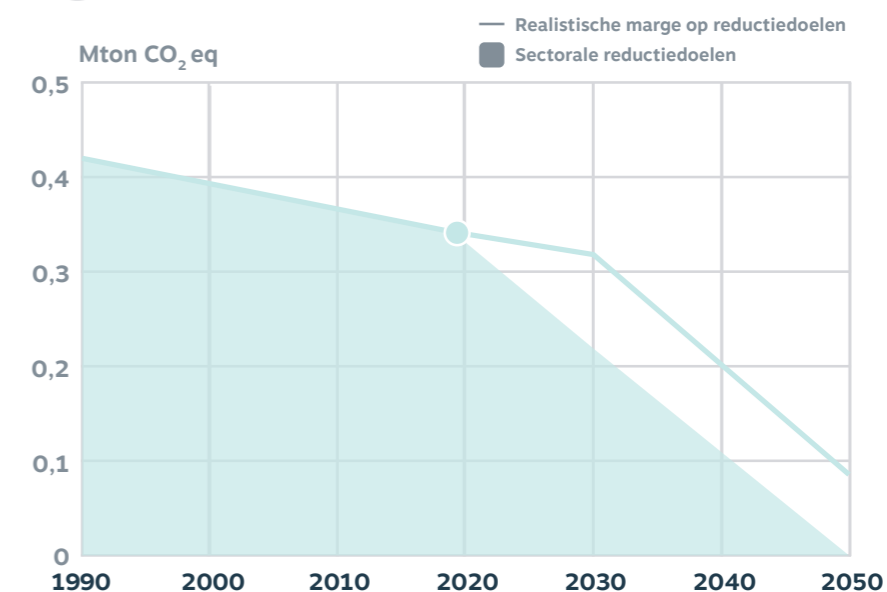
De enige interventie die voor 2030 waarschijnlijk effect heeft op het verlagen van de impact van de glasproductie is een toenemende recyclingspercentage. Het toepassen van hernieuwbare energie in electric melting processen en het mitigeren van de impact door CCUS zal pas na 2030 zorgen voor een verlaagde CO<sub>2</sub> uitstoot door glasproductie. We nemen aan dat de impact van de productie van glas tot 2030 relatief weinig zal afnemen. Tot 2050 zijn er een meer significante reductie mogelijk (zie Fig. 10).

De glassector presenteert 3 interventies om tot decarbonisatie te komen.<sup>23</sup> **Recycling van glas** vermindert de impact. Op dit moment is het aandeel hergebruikt glas al 24%. Dit kan in de komende jaren, in het meest positieve scenario, tot 37% worden opgehoogd. Dit zou een CO<sub>2</sub>-reductie van 7% betekenen. 75% van de uitstoot van glasproductie is het gevolg van het gebruik van fossiele brandstoffen.

**Hernieuwbare energiebronnen** zoals biogas, waterstof en elektriciteit bieden een belangrijk reductiepotentieel. De productieprocessen zijn echter nog niet aangepast aan deze nieuwe energiebronnen. Het zogenaamde 'electric melting', wat potentieel de glasindustrie kan elektrificeren, is nog niet op grote schaal mogelijk.

Ook zijn er kwantitatief gezien, zeker voor 2030, niet voldoende hernieuwbare energiebronnen beschikbaar.

**Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS)** zou een oplossing kunnen zijn voor de resterende 25% van de huidige procesemissies die niet kunnen worden vermeden door alternatieve energiebronnen. Er zijn echter vele barrières om dit te kunnen implementeren (zie pagina 24).<sup>24</sup>



Figuur 10 Vertaling reductiedoel glassector



# 04 Conclusie



# Conclusie

In dit onderzoek zijn de vijf meest impactvolle bouwmaterialen geïdentificeerd, namelijk staal, beton, installaties (met name PV panelen), isolatie en glas. De sectoren van deze materialen leveren een significante bijdrage aan de emissies van de bouwsector. Inzicht in transitiepaden van deze sectoren is daarom erg belangrijk.

Als eerste zijn daarom de sectorale transitiepaden geanalyseerd en zijn sectorale reductiedoelen bepaald. Deze sectorale reductiedoelen zijn vergeleken met de reductiedoelen van de Nederlandse overheid, namelijk 60% in 2030 en 100% reductie in 2050. Hieruit blijkt dat de sectoren cumulatief de doelen van 2030 en 2050 niet zullen behalen. Er wordt volgens de sectorale transitiepaden een reductie van 48% in 2030 en 82% in 2050 behaald.

Verder zijn de door de sector voorgestelde interventies geanalyseerd met zicht op het reductiepotentieel en de haalbaarheid. Hieruit blijkt dat de meeste sectoren mogelijk de sectorale doelen niet zullen behalen.

Gezien de urgentie van de klimaatopgave is met name het niet behalen van de 2030 doelen problematisch. Een verdere aanscherping van de sectorale reductiedoelen en het implementeren van impactvolle en haalbare interventies is noodzakelijk.

Dit onderzoek biedt inzicht in de bijdrage van bepaalde sectoren aan de materiaalgebonden emissies van de bouwsector. We zien de mate waarin de sectorale transitiepaden zullen leiden tot het behalen van de Nederlandse reductiedoelen. De analyse van de door de sectoren voorgestelde interventies geeft een duidelijk overzicht van het reductiepotentieel en de haalbaarheid.

# 05 Appendix



# Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS)

Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS) wordt zowel door de beton, staal als glassector gepresenteerd als voornaamste interventie voor decarbonisatie van deze industrieën. Vooral voor de cementindustrie lijkt CCUS de meest significante optie voor CO<sub>2</sub>-reductie. Terwijl de staal- of glasindustrie hun productieprocessen kunnen verduurzamen met bijvoorbeeld groene waterstof lijkt het productieproces van cement (calcinatie) niet te kunnen worden vervangen door een alternatief proces. Het IEA ziet daarom ook een grote rol voor CCUS voor de decarbonisatie van de cement-industrie.<sup>26</sup>

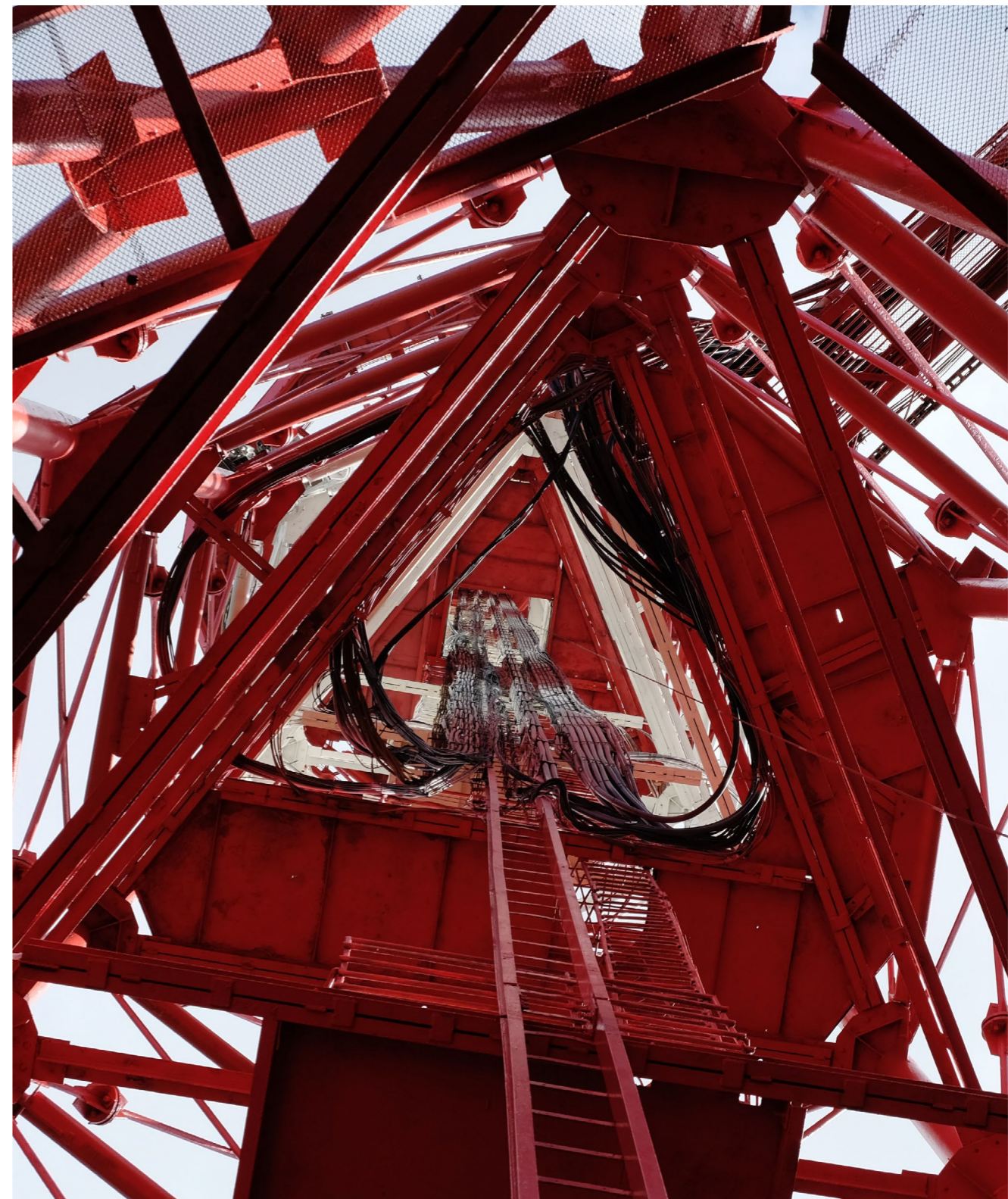
CCUS heeft tot nu toe zijn belofte niet waargemaakt. De TRL (Technological Readiness Level) van verschillende CCS-technologieën zijn nog laag en de kosten zijn relatief hoog. Er is meer onderzoek en er zijn meer pilotprojecten nodig om deze technologieën verder te ontwikkelen.<sup>24</sup>

De huidige koolstofprijzen zijn lager dan de kosten van CO<sub>2</sub>-sequestratie via CCUS. Naast hogere koolstofprijzen is ook het verlagen van de kosten (mogelijk door overheidssubsidies) van CCUS noodzakelijk voor de grootschalige implementatie van CCUS.<sup>24</sup>

Daarnaast is CCUS alleen haalbaar door het realiseren van een gehele geïntegreerde koolstofketen. In de nabijheid van productielocaties van cement, staal en glas en zullen er ook geschikte afnemers of opslag infrastructuur beschikbaar moeten zijn. Hoewel er momenteel wel subsidie aan individuele projecten gegeven wordt, ontbreekt de gehele CO<sub>2</sub>-infrastructuur vaak nog.

Er zijn andere sectoren die CO<sub>2</sub> mogelijk kunnen gebruiken in hun processen zoals de glastuinbouw, levensmiddelenproducenten of chemiebedrijven. Echter blijkt het dat cement- en staalbedrijven meer CO<sub>2</sub> produceren dan kan worden gebruikt door afnemende industrie.<sup>26</sup>

Technische doorontwikkeling en investeringen zijn nodig om de verwachte bijdrage van CCUS aan CO<sub>2</sub> reductie te realiseren. Daarnaast moet het in een geïntegreerde keten moeten worden toegepast.<sup>26</sup> CCUS zal het altijd bovenop andere CO<sub>2</sub>-reductie interventies moeten worden geïmplementeerd en alleen om onvermijdelijke emissies te kunnen reduceren.



# Aannames - Algemeen

Item	Aanname
<b>Transitiepaden</b>	De geanalyseerde bedrijven en/of roadmaps representeren de gehele markt voor de vijf meest impactvolle materialen en het marktaandeel van de geanalyseerde producten is gelijk verdeeld.
<b>Transitiepaden van de sectoren van de overige materialen</b>	De sectoren van overige materialen (niet de 5 meest impactvolle materialen) behalen de door de Nederlandse overheid gestelde reductiedoelen.
<b>Representativiteit van interventies</b>	De geanalyseerde interventies representeren het overgrote deel van de mogelijke interventies en daarmee het reductiepotentieel.
<b>Haalbaarheid interventies</b>	Hoe haalbaar de verschillende interventies zijn is een inschatting op basis van de 3 indicatoren op pagina 14. Wij nemen aan dat deze indicatoren doorslaggevend zijn voor de haalbaarheid van de interventies.
<b>Nederlandse CO<sub>2</sub> uitstoot 1990</b>	220,5 Mton CO <sub>2</sub> eq. <sup>22</sup>
<b>Nederlandse CO<sub>2</sub> uitstoot 2019</b>	180,7 Mton CO <sub>2</sub> eq. <sup>22</sup>
<b>Materiaalgebonden emissies bouwsector 2019</b>	14,0 Mton CO <sub>2</sub> eq. <sup>1</sup>
<b>Materiaalgebonden emissies bouwsector &amp; Emissies B&amp;U A1-A3 1990</b>	Aandeel bouwsector 1990 gelijk aan 2019
<b>Materiaalvraag 2030</b>	Voor de materiaalvraag in 2030 is alleen rekening gehouden met de woningbouwopgave en de toename gebruik PV panelen. Hierbij gaan we uit van de huidige bouwwijze (2019).
<b>Woningbouwopgave</b>	Woningbouwopgave is over de jaren 2022-2030 gelijkmatig verdeeld
<b>Toename gebruik PV</b>	PV in gebouwde omgeving stijgt evenveel als andere locaties

# Aannames - Sectoren

Item	Aanname
 <b>Staal</b>	
<b>Reductiedoelen</b>	Tata Steel Nederland en Arcelor Mittal hebben het Bouwakkoord Staal getekend. Voor het bepalen van de sectorale routekaarten zijn de in het Bouwakkoord Staal beschreven doelen aangehouden (i.p.v. de doelen van de individuele bedrijven).
 <b>Beton</b>	
<b>Interventies</b>	De geanalyseerde interventies komen voornamelijk uit een studie uit 2016. We nemen aan dat de haalbaarheid nog up to date is.
 <b>Installaties (PV panelen)</b>	
<b>Scope 3 emissies</b>	De scope 3 emissies van de producenten van PV panelen zijn 70% van de totale emissies.
 <b>Isolatie</b>	
<b>Hergebruik</b>	Het is aangenomen dat hergebruik geen significant grote bijdrage zal kunnen leveren aan CO <sub>2</sub> -reductie.
 <b>Vlakglas</b>	
<b>Referentiejaar</b>	Het is aangenomen dat het peiljaar voor alle geanalyseerde producten 2018 is.

# Bronnen

1. **EIB & Metabolic.** [Materiaalstromen in de bouw en infra \(2022\).](#)
2. **Rijksoverheid.** [Woningbouwkaart toont bouwlocaties tot 2030 \(2021\).](#)
3. **PBL.** [Klimaat- & Energieverkenning 2022.](#)
4. **Bouwakkoord Staal (2022).**
5. **Eurofer.** [A Green Deal on Steel \(Update\).](#)
6. **Rockwool (2021).** [Sustainability report.](#)
7. **Betonakkoord (2022).**
8. **Luk'yashchenko & Messerle (2019).** [Technology of Electric Melting of Basalt for Obtaining Mineral Fiber.](#)
9. **CE Delft (2020).** [Klimaatimpact van betongebruik in de Nederlandse bouw Vergelijking 1990, 2010 en 2017.](#)
10. **Side letter betonakkoord - 2018.**
11. **Road Map Betonakkoord (2021).**
12. **CE Delft (2016).** [Update prioritering handelingsperspectieven verduurzaming betonketen.](#)
13. **Saint Gobain Isover (n.d.).** [Sustainable Isolation.](#)
14. **Pavel & Blagoeva (2018).** [Competitive landscape of the EU's insulation materials industry for energy-efficient buildings.](#)
15. **Paroc (2021).** [Environmental benefits of electric melting.](#)
16. **Krijgsman & Marsidi (2019).** [Decarbonisation Options For The Dutch Stone Wool Industry.](#)
17. **DutchNews.nl (2021).** [Innovative PolyStyreneLoop Plant Will Recycle Polystyrene Foam Demolition Waste and Recover Valuable Resources.](#)
18. **IAE (2022).** [Share of cumulative power capacity by technology, 2010-2027.](#)
19. **IAE (2020).** [Iron and Steel Technology Roadmap Towards more sustainable steelmaking.](#)
20. **Louwen et al (2016).** [Re-assessment of net energy production and greenhouse gas emissions avoidance after 40 years of photovoltaics development.](#)
21. **Etude (n.d.)** [The \(low\) embodied carbon of solar PV.](#)
22. **RIVM (2021).** [Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2019.](#)
23. **Glass for Europe (2020).** [Flat Glass in Climate Neutral Europe.](#)
24. **The Oxford Institute for Energy Studies (2022).** [The role of CCUS in decarbonising the cement industry.](#)
25. **IEA (n.d.).** [A new era for CCUS.](#)
26. **Monteiro & Roussanaly (2022).** [CCUS scenarios for the cement industry: Is CO<sub>2</sub> utilization feasible?.](#)
27. **Canadian Solar (2021).** [Sustainability report.](#)
28. **European Parliament (2021).** [Moving towards Zero-Emission Steel.](#)
29. **Rijksoverheid (n.d.).** [Voortgang Klimaatdoelen.](#)
30. **SBTI (n.d.).** [Steel.](#)
31. **AGC (n.d.).** [AGC Sets Reduction Target for Scope 3 GHG Emissions.](#)
32. **Pilkington (2022).** [NSG Group's carbon pledges certified as UK arm leads industry towards decarbonisation.](#)
33. **Saint Gobain (2019).** [Saint-Gobain Net-Zero Carbon By 2050.](#)
34. **Tata Steel (n.d.).** [De toekomst is circulair.](#)
35. **South Pole (2022).** [Renewable energy in China - here's what you need to know.](#)
36. **Commission Staff Working Document (2021).** [Towards competitive and clean European steel.](#)
37. **Europees Parlement (2023).** [Hernieuwbare energie.](#)
38. **Nationale Milieudatabase (2020).** [Forfaitaire waarden.](#)



**Metabolic**

+31 (0) 203690977  
info@metabolic.nl  
www.metabolic.nl

Klimopweg 150  
1032HX Amsterdam  
The Netherlands