



# Vermindering broeikasgassen door circulaire maatregelen

Wereldwijd en op Nederlands grondgebied



**CE Delft**

*Committed to the Environment*

# Vermindering broeikasgassen door circulaire maatregelen

Wereldwijd en op Nederlands grondgebied

Dit rapport is geschreven door:

Geert Warringa, Josefiën van der Laan, Pascal Bouwman, Marijn Bijleveld

Delft, CE Delft, februari 2025

Publicatienummer: 25.240540.055

Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Uw kenmerk: 5200000691-14

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Geert Warringa (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

## **CE Delft**

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



# Inhoud

	Samenvatting	3
1	Inleiding	4
	1.1 Aanleiding	4
	1.2 Doelstelling	4
	1.3 Aanpak	4
	1.4 Leeswijzer	4
2	Resultaten	5
	2.1 Overzicht	5
	2.2 Mondiale emissiereductie	5
	2.3 Emissiereductie op Nederlands grondgebied	6
	2.4 Additionaliteit ten opzichte van bestaand beleid	7
	2.5 Conclusie	7
3	Conclusies en aanbevelingen	8
	3.1 Conclusies	8
	3.2 Aanbevelingen	8
	Literatuur	10
A	Hergebruik van betonconstructies en minimumpercentage recycalaat in beton	11
B	Subsidieregeling onrendabele top circulaire maatregelen	15
C	Afvalverbranding onder EU-ETS	20
D	Reparatiebonus huishoudelijke elektronica	24



# Samenvatting

De ministeries van I&W, VRO en KGG overwegen circulaire klimaatmaatregelen te treffen. Deze maatregelen kunnen bijdragen aan het doel van de regering om 55% emissiereductie te behalen in 2030. Het gaat om:

1. Tijdelijke tegemoetkoming onrendabele top circulair.
2. Normeren hergebruik en recycling in de bouw.
3. Stimuleren reparaties met reparatiebonus.
4. Toevoegen van de AVI-sector aan EU ETS.

Het ministerie van I&W heeft CE Delft gevraagd om de CO<sub>2</sub>-emissiereductie van vier circulaire beleidsmaatregelen te berekenen. Alhoewel het voor het klimaat niet uitmaakt, is het voor de 55%-reductiedoelstelling wel relevant welk deel van de reductie door de maatregelen aan Nederland kan worden toegeschreven. Daarom zijn zowel de binnenlandse als mondiale emissiereducties berekend. De resultaten van het onderzoek zijn gepresenteerd in Tabel 1. De CO<sub>2</sub>-emissiereductie is additioneel ten opzichte van bestaand en geagendeerd beleid.

Tabel 1 - Effect van de maatregelen op broeikasgasemissies in 2030 (kton), in CO<sub>2</sub>-equivalenten\*

Maatregel	Broeikasgasemissie mondiaal (kton CO <sub>2</sub> -eq.)	Waarvan emissie in Nederland (kton CO <sub>2</sub> -eq.)
1. Normeren hergebruik en recycling in de bouw	-350 tot -400	Beperkt
2. Tijdelijke tegemoetkoming onrendabele top circulair	-1.800 tot -1.600	-1.800 tot -1.100
3. Afvalverbranding onder EU ETS	-1.000 tot 0	-1.000 tot 0
4. Reparatiebonus	-70 tot 0	-15 tot 0
<b>Totale bandbreedte*</b>	<b>-3.100 tot -2.000</b>	<b>-2.800 tot -1.100</b>

\* De maatregelen overlappen deels, waardoor het effect van de maatregelen niet direct bij elkaar opgeteld kan worden. Dit getal is indicatief.

De circulaire maatregelen leiden tot een mondiale emissiereductie van -3.100 tot -2.000 kton. De grootste winst wordt gerealiseerd door de tijdelijke tegemoetkoming om de onrendabele top van circulaire maatregelen te vergoeden (subsidierегeling), gevolgd door het onder EU ETS brengen van afvalverbranding. De effecten van het normeren van hergebruik en recycling in de bouw en de reparatiebonus zijn relatief wat kleiner in verhouding met de overige twee.

De emissiereductie op Nederlands grondgebied is -2.800 tot -1.100 kton en is kleiner dan de mondiale reductie, omdat een deel van de emissiereductie van ketenemissies in het buitenland plaatsvindt. Hier staat tegenover dat Nederland ook profiteert van emissiereducties door circulaire maatregelen die in het buitenland worden genomen. Daarom kan het ook vanuit een nationaal perspectief gunstig zijn om circulair beleid te voeren. Ook kan het vanuit nationaal perspectief gunstig zijn om op internationaal niveau in te zetten op circulair beleid.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De ministeries van I&W en KGG overwegen circulaire klimaatmaatregelen te treffen. Deze maatregelen kunnen bijdragen aan het doel van de regering om 55% CO<sub>2</sub>-emissiereductie te behalen in 2030. Het gaat om:

1. Tijdelijke tegemoetkoming onrendabele top circulair.
2. Normeren hergebruik en recycling in de bouw.
3. Stimuleren reparaties met reparatiebonus.
4. Toevoegen van de AVI-sector aan EU-ETS.

Het ministerie van I&W heeft CE Delft gevraagd om de CO<sub>2</sub>-emissiereductie van vier circulaire beleidsmaatregelen te berekenen. Dit rapport geeft de resultaten weer.

## 1.2 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is het in kaart brengen van de CO<sub>2</sub> emissiereductie van vier circulaire beleidsmaatregelen. Het gaat hierbij zowel om de mondiale emissiereductie als de emissiereductie op Nederlands grondgebied.

## 1.3 Aanpak

Om de emissiereductie van de maatregelen te berekenen, hebben we de volgende stappen ondernomen:

- In de eerste stap hebben we interviews afgenomen met beleidsmedewerkers van I&W. Hierin zijn de achtergronden van de maatregelen toegelicht en de beleidsmaatregelen zoveel mogelijk geconcretiseerd. Aannames die we hebben gemaakt om de effecten te kunnen berekenen, zijn expliciet in het rapport vermeld.
- In de tweede stap hebben we per maatregel berekend wat de mondiale emissiereductie is. Hiertoe hebben we eerst bepaald welke invloed het beleid heeft op technische maatregelen. Vervolgens hebben we gebruik gemaakt van onder andere LCA-studies (levenscyclusanalyses) om de klimaatwinst van de technische maatregelen en circulair gedrag over de hele keten in beeld te brengen.
- In de derde stap hebben we een toedeling gemaakt van de emissiereductie die in Nederland zou kunnen plaatsvinden en welk deel in het buitenland. Ook beschrijven we, waar mogelijk, in hoeverre de maatregelen additioneel zijn ten opzichte van bestaand beleid.
- In de vierde stap hebben we resultaten gepresenteerd in deze rapportage.

## 1.4 Leeswijzer

De opzet van het rapport is als volgt:

- in Hoofdstuk 2 presenteren we de resultaten;
- in Hoofdstuk 3 presenteren we de conclusies en aanbevelingen.

## 2 Resultaten

### 2.1 Overzicht

De resultaten van het onderzoek zijn gepresenteerd in Tabel 2. In Bijlage A tot en met D is de achtergrond van de berekeningen opgenomen.

Tabel 2 - Effect van de maatregelen op broeikasgasemissies in 2030 (kton), in CO<sub>2</sub>-equivalenten\*

Maatregel	Broeikasgasemissie mondiaal (kton CO <sub>2</sub> -eq.)	Waarvan emissie in Nederland (kton CO <sub>2</sub> -eq.)
1. Normeren hergebruik en recycling in de bouw	-350 tot -400	Beperkt
2. Tijdelijke tegemoetkoming onrendabele top circulair	-1.800 tot -1.600	-1.800 tot -1.100
3. Afvalverbranding onder EU-ETS	-1.000 tot 0**	-1.000 tot 0**
4. Reparatiebonus	-70 tot 0	-15 tot 0
<b>Totale bandbreedte***</b>	<b>-3.100 tot -2.000</b>	<b>-2.800 tot -1.100</b>

\* Een minteken impliceert emissiereductie, een positief getal is extra uitstoot.

\*\* Er is in 2030 geen effect van deze nationale maatregel als de AVI-sector vanaf 2028 al vanuit Europees verband onder EU-ETS wordt gebracht (is nog onzeker). Tot 2028 is er sowieso een effect.

\*\*\* De maatregelen overlappen deels, waardoor het totale effect van de maatregelen iets kleiner is dan de som van de afzonderlijke maatregelen. Dit getal is indicatief.

### 2.2 Mondiale emissiereductie

De totale mondiale emissiereductie bedraagt naar schatting -3.100 tot -2.000. De grootste winst wordt gerealiseerd door de tijdelijke tegemoetkoming om de onrendabele top van circulaire maatregelen te vergoeden (subsidierегeling), gevolgd door afvalverbranding onder EU-ETS brengen. De effecten van het normeren van hergebruik en recycling in de bouw en de reparatiebonus zijn relatief wat kleiner in verhouding met de overige twee.

De mondiale emissiereductie van *normeren recycling en hergebruik in de bouw* bedraagt -350 tot -400 kton. Het gaat om wettelijke en/of via (rijks)inkoop verplichte percentages betonrecycleat in nieuw beton en hergebruik van beton. Uitgangspunt in de berekening is dat in 2030 maximaal 10% tot 12,5% virgin cement wordt vervangen door gerecycled cement en dat 10% betonpuin wordt hergebruikt. Dit levert vooral uitstootbesparing op bij de productie van primair cement.

De mondiale emissiereductie van een *jaarlijkse subsidierегeling voor circulaire technieken* is geschat op -1.800 tot -1.600 kton. De subsidierегeling vergoedt de onrendabele top van circulaire technieken, waardoor deze circulaire technieken vaker rendabel zijn. We hebben de emissiereductie berekend op basis van een jaarlijks subsidiebedrag van 120 tot 150 miljoen euro per jaar en voorbeeldtechnieken CCU-mineralisatie, torreficatie en geopolymeren in beton. Dit zijn technieken gericht op de nuttige toepassing van CO<sub>2</sub> en de inzet van duurzame en biobased materialen. We benadrukken hierbij dat het om een schatting gaat. De CO<sub>2</sub>-reductie per eenheid subsidie is onder andere sterk afhankelijk van de technieken die worden gesubsidieerd, de kostprijsontwikkeling van deze technieken, de marktprijzen van het fossiele alternatief (die zeer volatiel zijn). De totale CO<sub>2</sub>-reductie kan daarmee ook sterk fluctueren.

De mondiale emissiereductie van *afvalverbranding onder EU-ETS* is geschat op -1.000 kton. Deze maatregel houdt in dat Nederland de AVI-sector onder het EU-ETS brengt (opt-in) voordat dit in 2028 mogelijk voor alle Europese lidstaten gaat gelden. Als afvalverbranding onder het emissiehandelssysteem komt te vallen, wordt de totale hoeveelheid rechten binnen het systeem groter, en daarmee ook de totale emissiereductie van het EU-ETS-systeem als het plafond jaarlijks wordt afgebouwd. De -1.000 kton in 2030 is de emissiereductie binnen het emissiehandelssysteem, uitgaande van een plafond dat jaarlijks met 4,4% daalt. Het is op voorhand niet te voorspellen of de emissiereductie zal optreden binnen de AVI-sector zelf of bij andere sectoren binnen het EU-ETS. Als de prijs van rechten hoog genoeg is om nascheiding van plastics en CO<sub>2</sub>-afvang te stimuleren, vindt de emissiereductie bij de AVI's plaats<sup>1</sup>. Als de prijs lager is, dan zullen de eigenaren van AVI's emissierechten opkopen en zullen elders binnen het EU-ETS emissiereducties plaatsvinden.

De emissiereductie van 1.000 kton ligt mogelijk ook hoger, omdat het voor de hand ligt dat ook buiten het Europese emissiehandelssysteem reducties plaatsvinden. Eigenaren van AVI's zullen de gestegen kosten voor CO<sub>2</sub>-credits (in ieder geval op langere termijn) namelijk hoogstwaarschijnlijk doorberekenen in de poorttarieven van het afval dat ze verbranden. Hiermee wordt sortering en recycling competitiever ten opzichte van verbranding, waardoor productie van virgin materialen wordt uitgespaard. De uitstootreductie kan deels binnen en deels buiten EU-ETS plaatsvinden. Als het gaat om Europese industriële productie binnen EU-ETS (bijvoorbeeld Europese plastics) vindt de reductie binnen EU-ETS plaats. Als het gaat om productie buiten het EU-ETS, zoals Chinese plastic producten of kleine Nederlandse bedrijven, is er additionele reductie. Hier staat tegenover dat de uitstoot buiten het EU-ETS ook kan toenemen door extra energieverbruik voor recycling. De effecten op emissies buiten het EU-ETS zijn niet gekwantificeerd in dit rapport.

De mondiale emissiereductie van een *reparatiebonus voor huishoudelijke elektronica* hebben we geschat op -70 kton tot 0 kton. Een reparatiebonus vergoedt (een deel van) de reparatiekosten en leidt zo tot lagere reparatiekosten voor de consument. Meer consumenten zullen hierdoor kiezen voor reparatie. Hiermee wordt de levensduur van bestaande huishoudelijke elektronica verlengd en de CO<sub>2</sub>-impact van productie van nieuwe elektronica vermeden als ook de impact van afvalverwerking door uitstel van afdanking. Bij de berekening zijn we uitgegaan van een levensduurverlenging van elektronische apparaten van 11% tot 44% bij aanvraag van de reparatievoucher. Deze schatting is gebaseerd op het verschil tussen de huidige actuele levensduur, de technische levensduur en de gewenste levensduur van elektronische producten (EPRS, 2022). Het aantal reparaties is gebaseerd op ervaringen uit Oostenrijk (230.000 tot 315.000 gerepareerde mobieltjes en 700.000 tot 950.000 overige apparaten).

## 2.3 Emissiereductie op Nederlands grondgebied

Alle maatregelen leiden tot mondiale emissiereductie. De reductie op Nederlands grondgebied is onzekerder en bedraagt -2.800 tot -1.100 kton. De emissiereductie is kleiner dan de mondiale reductie, omdat waarschijnlijk een deel van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door de productie van primaire materialen en afvalverbranding over de grens wordt vermeden.

---

<sup>1</sup> Het effect op nascheiding is naar verwachting beperkt. De kosten van nascheiding zijn hoger dan de verwachte marginale prijsprikkels uit ETS, waardoor het niet voor de hand ligt dat een verhoging van de CO<sub>2</sub>-kosten een grote invloed heeft op investeringen in nascheiding. Het effect op CO<sub>2</sub>-afvang is mogelijk groter. Er vindt emissiereductie in Nederland plaats als (1) AVI's nog geen CO<sub>2</sub> afvangen en CCS gaan toepassen of (2) als ze nu aan tuinbouw leveren én additioneel CO<sub>2</sub> gaan opslaan. Dit wordt ook gesubsidieerd door de SDE++.



Ook de vermeden uitstoot door minder cementproductie zal voornamelijk over de grens plaatsvinden. Hierdoor zullen andere landen profiteren bij het behalen van de nationale klimaatdoelstellingen van circulair beleid dat in Nederland wordt gevoerd. Hier staat tegenover dat Nederland ook profiteert van emissiereducties door circulaire maatregelen die in het buitenland worden genomen. Daarom kan het ook vanuit een nationaal perspectief gunstig zijn om circulair beleid te voeren. Nederlands beleid kan zorgen voor een vliegwieleffect en Nederland - maar ook andere landen - aansporen tot het nemen van beleidsmaatregelen.

## 2.4 Additionaliteit ten opzichte van bestaand beleid

De maatregelen zijn grotendeels additioneel ten opzichte van bestaand beleid:

- Ook het effect van de maatregel gericht op normering van recycelaat en hergebruik van beton heeft aanvullende effecten op bestaand beleid. Op dit moment zijn er nog geen instrumenten die de inzet hiervan verplichten.
- De subsidieregeling die de onrendabele top van circulaire initiatieven vergoedt is ook grotendeels additioneel. Op dit moment zijn de prikkels vanuit ander beleid, zoals EU-ETS, nog onvoldoende om de onrendabele top van circulaire technieken te dekken. Daarbij richten huidige subsidieregelingen (met uitzondering van de MIA\Vamil en de Regeling Groenprojecten) zich nog op de innovatiefase van circulaire projecten, in plaats van opschaling. Op dit moment passen nog niet alle circulaire technieken goed binnen de bestaande subsidieregelingen. Bij het selecteren van circulaire technieken hebben we rekening gehouden met additionaliteit ten opzichte van bestaand beleid. De geselecteerde en doorgerekende technieken vallen niet onder bestaande normering, en de geschatte klimaateffecten zijn daarmee additioneel. Op het moment dat een maatregel toch al wordt doorgevoerd - zonder subsidie - omdat het door een normering verplicht wordt, zijn de klimaateffecten mogelijk niet additioneel. Wel zorgt de subsidie er dan voor dat de concurrentienadelen van de normeringen gemitigeerd kunnen worden. Dit is belangrijk, omdat er voor veel circulaire bedrijven (bijvoorbeeld plastic recyclers) nog geen sluitende businesscase bestaat (CE Delft, 2024a).
- Voor AVI's is het nog onzeker of deze vanaf 2028 vanuit Europees beleid verplicht onder het EU-ETS komen. Een opt-in heeft daarom alleen een additioneel effect in 2030 als de maatregel niet in Europees verband wordt ingevoerd. Sowieso is er tot 2028 een additioneel effect<sup>2</sup>.
- Op dit moment is er nog nauwelijks nationaal beleid dat hergebruik en reparatie van elektronica (of andere producten) financieel stimuleert. Hierdoor is het voor consumenten nog niet aantrekkelijk om producten te repareren in plaats van vervangen. Een bonus kan hier verandering in brengen. Ook draagt een reparatiebonus bij aan bewustwording van consumenten, omdat consumenten zo op een laagdrempelige manier kennis kunnen maken met reparatie (en de circulaire economie).

## 2.5 Conclusie

De hier gepresenteerde circulaire maatregelen leiden tot een mondiale emissiereductie. De emissiereductie op Nederlands grondgebied is wat kleiner. Het effect is grotendeels additioneel.

<sup>2</sup> Het additionele klimaateffect is, naast het Europese beleid, mede afhankelijk van de prijs die AVI's zullen betalen voor de DPR's. We verwachten dat de prijs voor DPR's om en nabij de 23 euro per ton liggen. In een dergelijk geval ligt het klimaateffect aan de bovenkant van de bandbreedte. De prijs voor DPR's is echter onzeker én ligt mogelijk hoger. Bij een hoge prijs voor de DPR's zal het klimaateffect kleiner zijn van het opt-in-mechanisme.





# 3 Conclusies en aanbevelingen

## 3.1 Conclusies

De belangrijkste conclusies zijn:

***Het beleidspakket kan tot mondiale emissiereducties leiden van in totaal -3.100 tot -2.000 kton.***

Met name de subsidieregeling voor de vergoeding van de onrendabele top en AVI's onder EU-ETS kunnen een grote emissiereductie realiseren. Het effect van de reparatiebonus en recycling en hergebruik van beton is relatief kleiner ten opzichte van de andere twee maatregelen.

***De reductie op Nederlands grondgebied is onzekerder en bedraagt -2.800 tot -1.100 kton.***

De emissiereductie op Nederlands grondgebied is kleiner dan de mondiale reductie, omdat waarschijnlijk een deel van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door de productie van primaire materialen en afvalverbranding over de grens wordt vermeden. Hier staat tegenover dat Nederland ook profiteert van emissiereducties door circulaire maatregelen die in het buitenland worden genomen. Daarom kan het ook vanuit een nationaal perspectief gunstig zijn om circulair beleid te voeren.

## 3.2 Aanbevelingen

De belangrijkste aanbevelingen zijn:

***Stem realistische verplichte minimumpercentages recycelaat in beton met de branche af.***

In dit rapport hebben we het effect van betonrecycling en hergebruik gebaseerd op een eerste schatting van het potentieel. We bevelen aan om nader met de branche te onderzoeken welke percentages haalbaar zijn. Houd hierbij rekening met technische mogelijkheden voor toepassing. Voor het verkrijgen van de zeer fijne fractie (cementvervanger) is het bijvoorbeeld noodzakelijk dat de slimbrekentechniek grootschalig beschikbaar is en in de praktijk wordt toegepast.

***Reken de subsidieregeling ook door voor andere circulaire technieken.***

We hebben het effect van de subsidieregeling berekend op basis van een aantal voorbeeld-technieken. Het klimateffect van de maatregel is echter zeer afhankelijk van de gekozen techniek. Het valt daarom aan te bevelen om meer verschillende circulaire technieken door te rekenen om een meer nauwkeurige bandbreedte van het effect te bepalen. Hiervoor dient er meer data verzameld te worden over de onrendabele top van verschillende circulaire technieken.

***Bestudeer de handel in dispensatierechten.***

Het effect van het onderbrengen van AVI's bij emissiehandel is ook afhankelijk van de prijs waarvoor de sector dispensatierechten kan inkopen. Als de AVI-sector dispensatierechten voor nu al voor een hoge prijs moet inkopen, zal het effect van emissiehandel kleiner zijn. We bevelen daarom aan om de handelsprijs voor dispensatierechten nader te onderzoeken. Dit biedt meer inzicht in het te verwachten klimateffect van het opt-in-mechanisme voor AVI's.



***Leer van andere landen, zoals Denemarken en Zweden, over de werking van het opt-in-mechanisme.***

Nederland is niet het eerste land dat AVI's onder het EU-ETS plaatst. Denemarken en Zweden hebben al gebruik gemaakt van de opt-in voor AVI's. Dit bevat mogelijk interessante leerpunten voor de Nederlandse overheid.

***Kijk bij levensduurverlenging ook naar andere instrumenten dan reparatievoucher.***

Naast de reparatievoucher zijn er ook andere beleidsinstrumenten die een langere levensduur kunnen stimuleren. Voorbeelden zijn tariefdifferentiatie op basis van garantietermijn binnen UPV en een langere wettelijke garantieperiode. Deze reparatievoucher kan ook goed werken als aanvullend instrument in een beleidspakket. De reparatievoucher is namelijk een laagdrempelige manier om kennis te maken met het repareren van goederen. Veel mensen repareren nog helemaal niet. Het klimaateffect is wellicht niet groot, maar draagt wel bij aan bewustwording en gedragsverandering. Dit kan helpen om op termijn meer dwingende maatregelen in te voeren.



# Literatuur

- Betonhuis. (2021). *Hergebruik betonreststromen 2030-2050*.  
<https://betonhuis.nl/system/files/2021-06/presentatie-hergebruik-betonreststromen-22-juni-2021.pdf>
- CE Delft. (2020a). *Circulaire en biobased opties in de SDE++*.  
<https://ce.nl/publicaties/circulaire-en-biobased-opties-in-de-sde/>
- CE Delft. (2020b). *Klimaatimpact van betongebruik in de Nederlandse bouw*.
- CE Delft. (2021). *Klimaatimpact van afvalverwerkroutes in Nederland: CO2-kentallen voor recyclen en verbranden voor 13 afvalstromen*.  
<https://ce.nl/publicaties/klimaatimpact-van-afvalverwerkroutes-in-nederland-co2-kentallen-voor-recyclen-en-verbranden-voor-13-afvalstromen/>
- CE Delft. (2023). *Impacts of allocation rules on chemical recycling: Consequences on the environment and maximum circularity of plastics*.  
<https://cedelft.eu/publications/impacts-of-allocation-rules-on-chemical-recycling/>
- CE Delft. (2024a). *STREAM Personenvervoer. Emissiekentallen modaliteiten 2023*.  
<https://ce.nl/publicaties/stream-persoonvervoer-2023/>
- CE Delft. (2024b). *Suggesties voor aanvullend circulaire economiebeleid*.
- EPRS. (2022). *Lifetime of electric and electronic products*.  
<https://epthinktank.eu/2022/02/10/right-to-repair-policy-podcast/lifetime-of-electric-and-electronic-products/>
- EUWID. (2023). *Reparaturbonus in Österreich: Schon über halbe Million Geräte repariert*.  
<https://www.euwid-recycling.de/news/international/reparaturbonus-in-oesterreich-schon-ueber-halbe-million-geraete-repariert-280423/>
- Laitala, K., Klepp, I. G., Haugrønning, V., Throne-Holst, H., & Strandbakken, P. (2021). *Increasing repair of household appliances, mobile phones and clothing: Experiences from consumers and the repair industry*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620353944>
- Ministerie van KEGG. (2024). *Verloop openstelling SDE++ 2024*.  
<https://open.overheid.nl/documenten/e4936613-3575-4922-b38b-639e6984ec67/file>
- NWP. (2024). *Bijna € 250 miljoen OWE-subsidie voor 7 Nederlandse waterstofprojecten*.  
<https://www.nationaalwaterstofprogramma.nl/themas/thema+productie/2718162.aspx>
- Rijksoverheid. (2024). *Wetsvoorstel Belastingplan 2025*.  
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2024/09/17/wetsvoorstel-belastingplan-2025>
- SGS Intron B.V. (2021). *Ontwikkelingen betreffende hoofdbestanddelen voor klinkergebaseerde cementen en geopolymeren*. <https://www.betonakkoord.nl/wp-content/uploads/sites/43/166796/a117240-r20201150a-rws-grondstoffen-cement.pdf>
- Svensson-Hoglund, S., Richter, J. L., Maitre-Ekern, E., Russell, J. D., Pihlajarinne, T., & Dalhammar, C. (2021). *Barriers, enablers and market governance: A review of the policy landscape for repair of consumer electronics in the EU and the U.S.*  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620355347>



# A Hergebruik van betonconstructies en minimumpercentage recycalaat in beton

## Beschrijving van het instrument

Om de belasting van het milieu en de afhankelijkheid van fossiele energie en schaarse grondstoffen te verminderen, zijn in verschillende gremia, zowel Europees als nationaal, doelen vastgesteld voor de circulaire transitie en verduurzaming. Nederland heeft zich ten doel gesteld om in 2050 volledig circulair en klimaatneutraal te zijn. Dit geldt voor zowel de burgerlijke- en utiliteitssector (B&U) als voor de grond-, weg- en waterbouwsector (GWW). De impact van bouwprojecten op het milieu in termen van grondstofverbruik zijn relatief groot. Het rijksbrede programma Nederland circulair in 2050, rekent ons voor dat de bouw (GWW en B&U) in Nederland naar schatting 50% van het grondstoffenverbruik voor zijn rekening neemt. En daarnaast 40% van het totale energieverbruik, 30% van het totale waterverbruik en circa 35% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Vorig jaar is voor het eerst de Integrale Circulaire Economie Rapportage (ICER) verschenen. Uit deze rapportage blijkt dat het grondstoffenverbruik in Nederland sinds 2010 nauwelijks is veranderd. Belangrijk advies in dit rapport is om meer in te zetten op beleid gericht op 'drang en dwang'. Overheden kunnen daarmee een stevige invloed hebben op de ontwikkeling van de bouw.

**Gewenste situatie:** Versnellen van CO<sub>2</sub>-emissiereductie in de industrie, als gevolg van het weer inzetten van secundaire materialen<sup>3</sup>. Daardoor minder primaire (fossiele) grondstoffen produceren en gebruiken, waardoor er minder afval ontstaat en daardoor minder milieudruk. Dit realiseren door aanscherping van het beleid voor circulaire economie in de bouw (NPCE), specifiek het institutionaliseren van de CA-maatregel Stimuleren hergebruik en recycalaat in bouwmaterialen met rijksinkoop: normering (en mogelijk beprijzing) van de inzet van secundaire materialen in de bouw draagt bij aan versnelde CO<sub>2</sub>-reductie.

De maatregel bestaat uit twee delen:

1. Onderzoeken van wettelijke en/of via (rijks)inkoop verplichte percentages betonrecycalaat in nieuw beton. De maatregel stuurt op projectniveau en is bindend via nationale regelgeving. Om voldoende beschikbaarheid van betonrecycalaat te borgen, worden in ieder geval de volgende maatregelen betrokken bij het onderzoek:
  - circulair slopen een verplichtend karakter geven ten behoeve van hergebruik van elementen en hoogwaardig recyclen van beton;
  - verbieden van het gebruik van zuiver betongranulaat in wegfunderingen en het verbieden van hogere percentages betongranulaat dan minimaal benodigd in menggranulaat.
2. Daarnaast onderzoeken welke aanvullende normering is in te voeren voor het stimuleren van hergebruik. Daarbij is te denken aan maatregelen als een verplichting tot het uitvoeren van een herbruikbaarheidsscan, een terugnameverplichting van bepaalde producten (installaties) en/of UPV-constructies voor bepaalde bouwproducten.

<sup>3</sup> Afkomstig uit eerder gebruik of uit afval en het is bedoeld om primaire grondstoffen te vervangen - [www.milieudatabase.nl/faq/begrippenlijst](http://www.milieudatabase.nl/faq/begrippenlijst)

De maatregel bestaat zodoende uit meerdere onderdelen:

- verder onderzoeken en bepalen/vaststellen van verplichte percentages recycalaat in beton;
- onderzoeken van aanvullende mogelijkheden voor het stimuleren van hergebruik via normering;
- flankerende maatregelen op gebied van circulair slopen.

## Focus op maatregelen gericht op beton

CE Delft heeft indicatieve berekeningen kunnen uitvoeren voor de Maatregelen 1 en 2, toegepast op beton. Voor hergebruik van installaties, en 'UPV-constructies voor bepaalde bouwproducten' is meer informatie nodig om berekeningen te kunnen uitvoeren. De aanpak en resultaten van de berekeningen staat in de volgende paragrafen toegelicht.

## Toelichting aanpak berekening minimumpercentage recycalaat

Er is nog geen minimumpercentage recycalaat vastgesteld door I&W. We hebben de analyse uitgevoerd op basis van minimale en maximale beschikbare hoeveelheid aan recyclaten. De potentieel beschikbare hoeveelheid is afgezet tegen de behoefte aan grondstoffen voor beton. Recyclaten worden verkregen door het (slim) breken van vrijkomend beton en zijn: grove fractie (grindervanger), fijne fractie (zandervanger), en zeer fijne fractie (cement-ervanger).

Een minimaal en maximaal haalbare toepassing van recycalaat (zie Tabel 3) is bepaald op basis van de volgende gegevens (Betonhuis, 2021):

- Hoeveelheid jaarlijks betongebruik in de Nederlandse bouw.
- Hoeveelheid jaarlijks vrijkomend beton.
- Opbrengst aan gerecycled zand, grind en cement door recycling van vrijkomend beton in deze componenten, via conventionele recycling tot grove fractie betongranulaat (grind-ervanging) en fijne fractie (zandervanging) en via innovatieve technieken waaruit ook cement vrijgemaakt kan worden.
- De percentages voor het minimumscenario zijn berekend op basis van beschikbaarheid van materiaal volgens Betonhuis (2021).
- In Betonhuis (2021) staan ook maximale hoeveelheden vrijkomend materiaal, waarmee 80% van de behoefte aan zand en grind kan worden gedekt, en 25% van de cement-behoefte. Deze cijfers representeren nog geen (verplicht) percentage recycalaat; ze zouden een onrealistisch hoog verplicht percentage recycalaat vormen. Daarom hebben we het maximale scenario opgesteld op basis van de helft van de maximale beschikbaarheid, dus: 40% gerecycled zand en gerecycled grind, en 12,5% gerecycled cement.

De emissiereductie is vervolgens bepaald door middel van de samenstelling van beton nu (CE Delft, 2020b) versus de veranderde samenstelling met meer recycalaat. Er is rekening gehouden met emissie van recyclewerkzaamheden (breken) in de impact van recycalaat.

Tabel 3 - Minimale en maximale mogelijke toepassing van betonrecycalaat in 2030

	Huidig	Minimaal scenario (2030)	Maximaal scenario(2030)
Aandeel zand vervangen door gerecycled zand uit beton	0%	26%	40%
Aandeel grind vervangen door gerecycled betongranulaat	6,5%	26%	40%
Aandeel cement (CEM I) te vervangen door gerecycled cement, verkregen via slim breken	0%	10%	12,5%
Aandeel cement (CEM III A/B) te vervangen door gerecycled cement, verkregen via van slim breken	0%	10%	12,5%

## Toelichting aanpak berekening hergebruik betonconstructies

Een deel van het vrijkomende beton zal geschikt zijn voor hergebruik.

- De totale hoeveelheid beton dat vrijkomt in 2025 wordt geschat op 13.200 kton en in 2030 op 15.000 kton (Betonhuis, 2021).
- Momenteel komt hergebruik van betonpuin nog weinig voor, maar er is potentie voor casco's, kanaalplaten (beide gewapend) en ongewapende betonproducten zoals tegels, stoepranden en pollers. Uit kort literatuuronderzoek en de interviews zijn geen gegevens over de hergebruikpotentie van betonproducten en betonnen constructies naar voren gekomen. Bij wijze van vingeroefening zijn we daarom uit gegaan van 5% hergebruik in 2025 en 10% in 2030.
- Ook over de verhouding gewapend en ongewapend beton binnen de totale hoeveelheid hergebruikt beton waren geen concrete gegevens te vinden. Deze hebben we geschat op respectievelijk 75 en 25%.
- De klimaatimpact van beton is gemiddeld 177 kg CO<sub>2</sub>-eq./m<sup>3</sup> voor ongewapend beton en 236 kg CO<sub>2</sub>-eq./m<sup>3</sup> voor gewapend beton (CE Delft, 2020b).
- Uitgaande van een soortelijk gewicht (exclusief wapeningsstaal) van 2,37 ton/m<sup>3</sup> en een gemiddelde toepassing van 0,043 ton/m<sup>3</sup> wapeningsstaal gaat het om 5,5 miljoen m<sup>3</sup> betonpuin in 2025 en 6,2 miljoen m<sup>3</sup> betonpuin in 2030.
- In Nederland is de klimaatimpact van de productie van beton en cement zeer beperkt, omdat er geen producenten zijn die cement produceren inclusief klinkers (de ENCI in Maastricht is gesloten). De emissiereductie op Nederlands grondgebied is daarom waarschijnlijk zeer beperkt.

De berekende potentiële klimaatwinst, met de hiervoor genoemde aannames, is dan als volgt:

Tabel 4 - Hergebruik potentie betonpuin en klimaatwinst

Berekend aspect (indicatief)	Momenteel	potentie 2030	Eenheid
Aanname: beschikbaarheid voor hergebruik van vrijkomend beton	5%	10%	
Hoeveelheid beschikbaar beton voor hergebruik, op basis van aanname beschikbaarheid	273.632	621.891	m <sup>3</sup>
Klimaatwinst door hergebruik (aanname: 75% betreft constructie met wapeningsstaal)	60	140	kton CO <sub>2</sub> -eq.



## Binnenlandse en mondiale CO<sub>2</sub>-reductie

De te behalen reductie, op basis van de eerdergenoemde aanpak is:

Tabel 5 - Effect van maatregelen (range) in kton CO<sub>2</sub>-eq. per jaar

	Hergebruik		Minimumpercentage recycklaat			
	2025	2030	2025		2030	
			Laag	Hoog	Laag	Hoog
Klimaatwinst in Nederland	-40	-80	Beperkt	Beperkt	Beperkt	Beperkt
Klimaatwinst totaal (mondiaal)	-60	-140	-190	-460	-200	-240

De totalen voor 2030 zijn:

Tabel 6 - Effect totaal (range) in kton CO<sub>2</sub>-eq. per jaar (afgerond)

	Mondiaal	In Nederland
Totaal minimum	-350	Beperkt
Totaal maximum*	-400	Beperkt

\* Let op:

- Stem realistische verplichte minimumpercentages recycklaat met de branche af. Houd hierbij rekening met technische mogelijkheden voor toepassing. Voor het verkrijgen van de zeer fijne fractie (cementvervanger) is het noodzakelijk dat de slimbrekentechniek grootschalig beschikbaar is en in de praktijk wordt toegepast.
- Vrijkomend beton dat gerecycled wordt, kan niet worden hergebruikt en vice versa.



# B Subsidieregeling onrendabele top circulaire maatregelen

## Beschrijving van het instrument

De maatregel beoogt een tijdelijke subsidie beschikbaar te stellen voor innovatieve circulaire businesscases. Kansrijke circulaire technieken kunnen er zo in slagen om voldoende financiering aan te trekken. Door deze tijdelijke extra steun, worden de aanloopkosten deels afgedekt en wordt een circulaire start-up of scale-up financierbaar. De maatregel richt zich ook op bedrijven in prioritaire sectoren in het beleid voor de circulaire economie waar CO<sub>2</sub>-reductie en dus klimaatwinst gerealiseerd kan worden: kunststoffen, bouw, textiel en innovatieve toepassing van reststromen.

In tegenstelling tot bijvoorbeeld hernieuwbare energietechnieken en CO<sub>2</sub>-opslag, zijn er op dit moment nog geen of nauwelijks directe subsidies beschikbaar voor de opschaling van marktrijpe circulaire technieken. Wel zijn er subsidies voor innovatieve maatregelen in een eerdere fase van de ontwikkeling van een technologie (met een zogenaamde lager Technology Readiness Level), zoals de DEI+, maar er zijn nog geen directe subsidies die ervoor zorgen dat technieken in een latere fase kunnen opschalen in de markt. Voor opschaling in de markt zijn er weliswaar fiscale voordelen (MIA\Vamil), maar die zijn niet voor alle technieken voldoende om de onrendabele top te dekken.

In een eerder onderzoek hebben we berekend dat de CO<sub>2</sub>-reductie kan oplopen tot 3,1 mton in Nederland bij een beschikbaar budget van 500 miljoen euro (CE Delft, 2024b). In deze maatregel is echter een jaarlijks budget opgenomen van circa 150 miljoen euro.

## Budgettering

In Tabel 7 staan de kas- en contractuele verplichtingen beschreven. De verplichtingen betreft het maximale subsidiebedrag dat in de subsidiebeschikking gegeven wordt op contractsluitingsmoment. Kas betreft het moment of de momenten van uitbetaling. Kas en verplichtingen zijn standaard gelijk aan elkaar maar verplichtingen moeten eerst aangegaan worden voordat kasuitgaven kunnen plaatsvinden. Soms wijkt de aangegane verplichtingenruimte af van het kasbudget. I&W verwacht dat ze in de eerste twee jaar nog niet tot volledige uitbetaling van aangegane verplichtingen zullen komen. Om die reden loopt de kasreeks later op.

Tabel 7 - Kas- en contractuele verplichtingen

	Cumulatief	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Verder
Kas		2	4	25	100	150	150	PM
Verplichting		2	4	75	150	150	150	PM
Ondergrens		N.v.t.	N.v.t.	52,5	120	120	120	PM
Bovengrens		N.v.t.	N.v.t.	75	150	150	150	PM



## Planning

In 2025 en 2026 wordt de regeling nader uitgewerkt en wettelijk vastgelegd. Hierbij is budget voor uitvoeringskosten (beleids-fte en extern onderzoek) benodigd. In 2027 kan een eerste ronde worden opengesteld. Per 2028 is de regeling effectief van kracht en worden de subsidies uitgekeerd. We rekenen de klimaateffecten daarom uit vanaf 2027.

## Verstrekken van subsidiegelden

Mogelijk worden in de eerste jaren niet alle subsidiegelden benut in verband met een gebrek aan aanvragen. We zien dit fenomeen recentelijk ook bij de huidige SDE++ optreden (Ministerie van KEGG, 2024). We rekenen daarom met een bandbreedte. We gaan uit van een minimaal aandeel aan subsidiegeld wat geïncasseerd wordt van 70% (2027) en 90% (2028, 2029 en 2030)<sup>4</sup>. Bij het vaststellen van de bovenbandbreedte nemen we aan dat alle subsidiegelden direct kunnen worden benut. We gaan hierbij uit van de aangegane verplichting, omdat dit de gelden zijn die toegekend worden aan de circulaire initiatieven én dus op enig moment uitbetaald worden.

## Overige aannames voor berekening

We volgen de aannames uit ons eerdere onderzoek bij de berekening van de CO<sub>2</sub>-effecten:

- De subsidie vergoedt de onrendabele top van marktrijpe circulaire technieken, dus de meerkosten ten opzichte van fossiel. Hieronder verstaan we verschillende circulaire en biobased technieken, die nog geen plek kennen binnen de huidige SDE++. Denk bijvoorbeeld aan: betonrecycling, vergassing, CCU, pvc-recycling, gasfermentatie, biobased isolatiemateriaal, etc.
- We rekenen de klimaateffecten van de subsidieregelingen uit door te kijken naar een aantal voorbeeldtechnieken, die in aanmerkingen komen voor de subsidieregeling. We kiezen hierbij voor CCU-mineralisatie, torreficatie en geopolymeren in beton als voorbeeldtechnieken.
- Subsidiebudgetten worden langjarig toegekend (dus voor de gehele looptijd), anderzijds ervaren circulaire initiatieven mogelijk nog steeds te weinig investeringszekerheid.
- Zowel circulaire als biobased technieken komen hiervoor in aanmerking.
- Technieken die leiden tot alleen mondiale CO<sub>2</sub>-reductie komen ook in aanmerking voor subsidie.
- De berekeningen zijn gebaseerd op CE Delft (2020a). In deze studie is op basis van het onrendabeletopmodel van het PBL (rekenmodel voor bepaling hoogte SDE++-subsidies), de subsidiebehoefte en de kosteneffectiviteit van subsidies (CO<sub>2</sub>-reductie per euro) voor circulaire en biobased technieken in kaart gebracht, zowel mondiaal als op Nederlands grondgebied.

De CO<sub>2</sub>-reductie is vastgesteld op basis van LCA's, waarbij de effecten over de gehele keten in beeld zijn gebracht. De voorbeeldtechnieken worden hierna beschreven.

---

<sup>4</sup> We zien echter bij subsidieregelingen voor andere duurzame technieken met een lastige businesscase, zoals de productie van groene waterstof dat het aantal subsidieaanvragen vaak geen probleem vormt. Deze percentages moeten daarom worden gezien als de ondergrens (NWP, 2024).



Tabel 8 - Omschrijving voorbeeldtechnieken

Techniek	Omschrijving
CCU mineralisatie	Carbon Capture and Utilisation (CCU) is het afvangen van CO <sub>2</sub> om vervolgens te verwerken in producten en daarmee (tijdelijk) op te slaan in bijvoorbeeld bouwmaterialen, plastics en mierenzuur. Wij gaan hier uit van langcyclische opname van CO <sub>2</sub> via mineralisatie in bouwmaterialen. We gaan in dit voorbeeld uit van opslag met de Carbstone-technologie. Allereerst worden rookgassen afgevangen bij afvalverbrandingsinstallaties of fabrieken. Hieruit wordt CO <sub>2</sub> afgescheiden met diverse technieken. In het geval er een pijpleiding ligt naar de afnemer van de CO <sub>2</sub> , kan het in gecompriëerde toestand vervoerd worden. Bij vervoer per vrachtwagen dient de CO <sub>2</sub> vloeibaar te worden gemaakt. De afgevangen CO <sub>2</sub> wordt ingezet in combinatie met staalslakken (restproduct staal) voor de productie van allerlei producten, waaronder stenen. In het productieproces worden de staalslakken gecarboniseerd waarna zand en grind worden toegevoegd om stenen te produceren.
Torreficatie	Bij het huidige productieproces van staal in Nederland wordt gebruik gemaakt van poederkool. Door de poederkool (deels) te vervangen door getorreficeerde biomassa, kan CO <sub>2</sub> -winst worden gerealiseerd. Deze CO <sub>2</sub> -winst zou administratief volledig in Nederland worden gerealiseerd. De inzet van getorreficeerde biomassa is technisch bewezen en kan in de praktijk worden toegepast. Het staalbedrijf ArcelorMittal heeft een demoproject (genaamd Torero) ontwikkeld, waarmee in Gent 120 kton afvalhout gaat worden omgezet in getorreficeerde biomassa (biokolen) die poederkool kunnen vervangen in het staalproces.
Geopolymeren in beton	Geopolymeer is de populaire aanduiding voor de groep van alternatieve materialen om cement te produceren. Het gaat om een wijde range van materialen die sterk kunnen verschillen in samenstelling, productiemethode en gebruik. Soms is er sprake van geopolymercementen die toegevoegd kunnen worden aan betonmengsels op een manier die vergelijkbaar is met de manier waarop huidige cementen gebruikt worden. We gaan er in onze berekening vanuit dat de geopolymeren worden gebruikt om Portland-cement te vervangen.

## Binnenlandse en mondiale CO<sub>2</sub>-reductie

We berekenen de mondiale klimaatwinst van een jaarlijkse subsidieregeling voor circulaire technieken op basis van de financiële begroting (120 tot 150 miljoen euro per jaar).

We benadrukken hierbij dat het om een schatting gaat. De benodigde subsidiekosten zijn onder andere sterk afhankelijk van de technieken die worden gesubsidieerd, de kostprijsontwikkeling van deze technieken, de marktprijzen van het fossiele alternatief (die zeer volatiel zijn). De CO<sub>2</sub>-reductie per eenheid subsidie kan daarmee ook sterk fluctueren.

Tabel 9 - Effecten op CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2030 (kton) op basis van de voorbeeldtechnieken geopolymere in beton, torreficatie en CCU

Techniek	Aantal	Productie-capaciteit	Effecten op CO <sub>2</sub> -uitstoot mondiaal	Effecten op CO <sub>2</sub> -uitstoot Nederlands grondgebied
Geopolymeren in beton <sup>5</sup>	3-5	180-300 kton	-120 tot -80 kton	Beperkt
Torreficatie voor staal	1	350 kton	-550 kton	-650 kton
CCU-mineralisatie	5-6	500-600 kton	-1150 tot -950 kton	- 1150 tot -400 kton
			<b>-1.800 tot -1.600 kton</b>	<b>-1.800 tot -1.100 kton</b>

De effecten op mondiale CO<sub>2</sub>-uitstoot zijn -1.800 tot -1.600 kton. De maximale emissie-reductie is nationaal iets kleiner. De klimaatwinst op Nederlands grondgebied treedt op als er primaire productie in Nederland wordt uitgespaard en/of verbrandingsemissies in AVI's worden vermeden. Daarentegen kan er ook extra uitstoot plaatsvinden van recycling- en biobased processen in Nederland.

#### Tekstkader 1 - Onderbouwing nationale emissiereductie per techniek

##### Geopolymeren in beton

De cementfabriek in Nederland, waarin cement inclusief klinkers wordt geproduceerd is gesloten (ENCI Maastricht). De inzet van geopolymere zal daarom vooral klinker- en cementproductie in het buitenland uitsparen. Het klimaateffect op Nederlands grondgebied is daarom beperkt.

##### CCU-mineralisatie

Door de afvang van CO<sub>2</sub> vindt er sowieso CO<sub>2</sub>-reductie in Nederland plaats. Waar de vermeden productie van cement en de productie van bouwmaterialen plaatsvindt, is onzeker. In de case van Twence wordt de CO<sub>2</sub> in het buitenland ingezet bij de productie van stenen. Het is echter niet uit te sluiten dat bij opschaling of nieuwe projecten de CO<sub>2</sub> in Nederland wordt ingezet. Daarom hanteren we een brede bandbreedte.

##### Torreficatie

De reductie van torreficatie is in Nederland groter dan de wereldwijde reductie. Als de getorreficeerde biomassa in het buitenland wordt geproduceerd, vinden de emissies over de levenscyclus van de biomassa in het buitenland plaats (emissies voor het oogsten, transport en torreficeren van de biomassa). Bij de benadering dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot in Nederland (administratief) nul bedraagt, is de CO<sub>2</sub>-winst 2,6 ton per ton vermeden inzet van poederkool.

<sup>5</sup> Geopolymeren zijn alkali-geactiveerde bindmiddelen. Er zijn breed uiteenlopende waarden voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot van alkali-geactiveerde bindmiddelen. De uitstoot van beton op basis van alkali-geactiveerd bindmiddel kan variëren van 97% lager tot 14% hoger dan de uitstoot van beton die is gemaakt met CEM I. De CO<sub>2</sub>-uitstoot is afhankelijk van de samenstelling van het bindmiddel, en bij alkali-geactiveerde bindmiddelen is er een grote variatie in de grondstoffen die worden gebruikt en de hoeveelheden waarin die worden gebruikt. Voor een aanzienlijke vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot moeten de meest geschikte grondstoffenbron, locatie en transport worden geselecteerd. We rekenen daarom met een gemiddelde CO<sub>2</sub>-reductie van 50%. Hierbij nemen we aan dat er andere grondstoffen voor geopolymercement worden gebruikt dan hoogovenslakken (SGS Intron B.V., 2021).



## Onzekerheid basisbedrag en CO<sub>2</sub>-reductie

Het klimaateffect van de subsidieregeling laat zich lastig voorspellen, want deze zijn afhankelijk van de subsidieaanvragen uit de markt. De CO<sub>2</sub>-reductie is namelijk sterk afhankelijk van techniek en de sector. De CO<sub>2</sub>-reductie van chemische recycling is bijvoorbeeld lager ten opzichte van mechanische recycling (CE Delft, 2023), én dit zijn alleen al technieken die zich richten op één specifieke sector, namelijk de plasticsector. De CO<sub>2</sub>-effecten zijn daarom zeer onzeker.

Een andere beperking is het vaststellen van het basisbedrag. Om het basisbedrag met zekerheid te kunnen vaststellen is bedrijfsgevoelige informatie nodig. Deze informatie is niet openbaar toegankelijk. In deze doorrekening is daarom gerekend met benaderingen van het basisbedrag op basis van openbare gegevens - zie CE Delft (2020a) voor meer informatie.



# C Afvalverbranding onder EU-ETS

## Beschrijving van het instrument

Nederland kan AVI's met het opt-in-mechanisme onder ETS1 plaatsen door gebruik te maken van Artikel 24 van de ETS-richtlijn. Nederland maakt op dit moment nog geen gebruik van deze clausule, maar kan dit wel gaan doen. Andere landen zoals Denemarken en Zweden maken wel gebruik van de opt-in voor AVI's (Rijksoverheid, 2024). Dit betekent dat ze emissierechten moeten inleveren voor hun geverifieerde emissies en gratis emissierechten kunnen aanvragen voor geleverde warmte. Hiertoe moeten de AVI's haar CO<sub>2</sub>-uitstoot omlaag brengen door het cap and trade mechanisme en/of uitstootrechten aankopen.

Op dit moment vallen AVI's reeds onder de binnenlandse CO<sub>2</sub>-heffing. Ook wordt het aardgasverbruik vanaf 2027 belast onder ETS2. Hierdoor ervaren de AVI's reeds een prijsprikkel om te verduurzamen. *Het opt-in-mechanisme heeft drie aanvullende voordelen:*

### 1. Investeringszekerheid duurzaamheid

Sinds 2024 hebben AVI's de verplichting vanuit ETS1 hun emissies te monitoren en te rapporteren. Ze nemen echter nog niet deel aan de emissiehandel. In 2026 volgt een herziening van de ETS-richtlijn. Hierin wordt besloten of AVI's vanaf 2028 volledig deel moeten nemen aan ETS1. Het is nog onzeker of de commissie gaat voorstellen om AVI's in ETS1 te plaatsen (en of dit stand houdt in de onderhandeling met de lidstaten en het parlement). Hierdoor blijft er onzekerheid bestaan over de verduurzamingsopgave en de winstgevendheid van verduurzamingsmaatregelen voor de AVI's.

### 2. Voorkomen dubbele belasting

Het aardgasverbruik wordt vanaf 2027 belast onder het ETS2<sup>6</sup>. In de CO<sub>2</sub>-heffing bestaat hier geen correctie voor, waardoor het aardgasverbruik van AVI's dubbel wordt belast. Indien Nederland de AVI's onder het ETS1 plaatst, dan hoeven de AVI's geen belasting meer te betalen onder ETS2 voor het aardgasverbruik. Ook zijn de kosten vanuit het ETS1 aftrekbaar van de binnenlandse CO<sub>2</sub>-heffing. Hierdoor verdwijnt het risico voor een dubbele heffing.

### 3. Stabieler CO<sub>2</sub>-prijs

Op dit moment vallen de AVI's alleen onder de binnenlandse CO<sub>2</sub>-heffing. AVI's genieten daardoor een gunstige positie in de markt voor dispensatierechten (DPR). Voor ETS1-bedrijven vertegenwoordigt een DPR het verschil tussen de prijs van de CO<sub>2</sub>-heffing en ETS1, maar voor AVI's de volle prijs van de CO<sub>2</sub>-heffing. AVI's kunnen relatief goedkoop aanschaffen en zo het volle CO<sub>2</sub>-heffingstarief vermijden. De prijsprikkel om te verduurzamen ligt in dergelijk geval dus naar alle waarschijnlijkheid (beduidend) lager dan de CO<sub>2</sub>-prijs binnen de binnenlandse CO<sub>2</sub>-heffing.

<sup>6</sup> De gasleveringen aan AVI's vallen hier ook onder, én worden dus indirect beprijsd. Dit betreft echter een klein deel van de emissies van AVI's. Omdat AVI's mogelijk deelnemen aan het ETS1 vanaf 2028 via het Commissievoorstel, is de dubbele heffing mogelijk kort van duur. Hiermee is het verwachte effect van de dubbele heffing beperkt voor de AVI's. NB: Het is onzeker of én op welke termijn de AVI's onder het ETS1 worden gebracht.



## Binnenlandse en mondiale CO<sub>2</sub>-reductie

### *Emissiereductie binnen EU-ETS*

Bij de berekening van de emissiereductie bepalen we het additionele effect ten opzichte van de CO<sub>2</sub>-heffing. Op dit moment vallen de AVI's alleen onder de binnenlandse CO<sub>2</sub>-heffing. Dit betekent dat in de huidige situatie AVI's ook vanuit de CO<sub>2</sub>-heffing een prikkel hebben om te verduurzamen. We zetten daarom een situatie met EU-ETS in combinatie met de CO<sub>2</sub>-heffing (opt-in) af ten opzichte van alleen de CO<sub>2</sub>-heffing (zonder opt-in). Omdat de prikkel van de CO<sub>2</sub>-heffing zonder EU-ETS gelijk is aan de extra prikkel bovenop EU-ETS, valt het effect van de binnenlandse CO<sub>2</sub>-heffing per saldo weg<sup>7</sup>.

#### Tekst kader 2 - uitleg prijsprikkels vanuit CO<sub>2</sub>-heffing

AVI's vallen momenteel alleen onder de binnenlandse CO<sub>2</sub>-heffing. AVI's genieten daardoor een gunstige positie in de markt voor dispensatierechten (DPR). Voor ETS1-bedrijven vertegenwoordigt een DPR het verschil tussen de prijs van de CO<sub>2</sub>-heffing en ETS1 (respectievelijk 23 euro per ton CO<sub>2</sub> in 2026). AVI's kunnen deze DPR's relatief goedkoop aanschaffen en zo het volle CO<sub>2</sub>-heffingstarief vermijden. De verwachting is dat de prijs voor DPR's binnen de CO<sub>2</sub>-heffing om en nabij de 23 euro per ton CO<sub>2</sub> zal liggen, want dit bedraagt de minimale waarde van DPR's voor ETS1-bedrijven<sup>8</sup>.

Indien de AVI's onder het ETS1 worden geplaatst kunnen de AVI'S de ETS-kosten in mindering brengen op de binnenlandse CO<sub>2</sub>-heffing. Hierdoor ontstaat er een marginale prijsprikkel van 23 euro per ton CO<sub>2</sub>. Deze prijsprikkel is berekend op basis van het verschil tussen de prijs van de CO<sub>2</sub>-heffing en ETS1. Hiermee is de prijsprikkel vanuit de CO<sub>2</sub>-heffing in beide scenario's hetzelfde. Deze prijsprikkels komen overeen en kunnen dus niet als additioneel worden gezien. In de milieukundige berekening is de prijsprikkel van 23 euro per ton CO<sub>2</sub> daarom niet meegenomen.

De mate waarin AVI's dispensatierechten kunnen opkopen hangt af van de markt van dispensatierechten. Op basis van de economische theorie verwachten we dat de marktmacht vooral bij de AVI's zal liggen. In totaal zijn er ongeveer 350 Nederlandse ETS1-bedrijven (deze partijen hebben in de huidige situatie een prikkel om DPR's te verkopen), terwijl er slechts twaalf AVI's onder de Nederlandse CO<sub>2</sub>-heffing vallen (deze partijen hebben in de huidige situatie een prikkel om DPR's te kopen). In een dergelijke situatie lijkt een CO<sub>2</sub>-prijs van circa 23 euro per ton aannemelijk.

De handel in dispensatierechten is echter relatief onzeker, want het betreft een opkomende markt. Opkomende markten zijn in het begin vaak illiquide, waardoor de handel in DPR's mogelijk beperkt is. Tegelijkertijd zien we dat de vraag naar dispensatierechten toeneemt, want er bestaat op dit moment een algemeen tekort aan dispensatierechten binnen de CO<sub>2</sub>-heffing. Wanneer er te weinig dispensatierechten worden aangeboden ten opzichte van de vraag van AVI'S, bestaat de kans dat AVI's een hoger tarief moeten betalen dan de eerder genoemde 23 euro per ton CO<sub>2</sub>. Dit kan zelfs oplopen tot het volledige tarief binnen de CO<sub>2</sub>-heffing. De theoretische bandbreedte is dus groot.

<sup>7</sup> We nemen hierbij aan dat de uitstoot van AVI's hoger is dan het aantal dispensatierechten dat wordt toegekend aan de AVI's. Indien de uitstoot van AVI's lager is dan het aantal dispensatierechten zal in beide gevallen - met én zonder opt-in - de prijsprikkel vanuit de CO<sub>2</sub>-heffing verdwijnen. Deze aanname heeft dus geen effect op de milieukundige berekening in Tabel 10 en 11.

<sup>8</sup> Dit is zeer onzeker. In werkelijkheid zal er onderhandeld worden over de prijs van dispensatierechten. Mogelijk ligt de werkelijke prijs hoger ten opzichte van de 23 euro per ton CO<sub>2</sub>. Beide partijen (AVI's en ETS1-bedrijven) hebben echter wel een prikkel om tot een overeenkomst te komen.

Wanneer AVI's onder het ETS1 komen, wordt éénmalig het plafond verhoogd om ruimte te maken voor hun emissies. Het ETS1-uitstootplafond daalt met 4,4% per jaar. Gemiddeld zullen alle sectoren in ETS1 met dat percentage dalen. Dit wordt vervolgens jaarlijks met hetzelfde percentage verminderd.

Indien AVI's langzamer reduceren dan de jaarlijkse daling, zal er extra emissiereductie worden gevraagd van andere sectoren in het ETS1, en vice versa. Daarom kan dit de verwachte daling van het plafond worden gebruikt als geraamde emissiereductie door de opt-in van de AVI's. Vanaf 2028 wordt de AVI-sector mogelijk voor alle lidstaten onder EU-ETS gebracht. Het additionele effect vanaf 2028 is daarom sterk afhankelijk van het beleid in de autonome situatie.

Tabel 10 - Mondiale CO<sub>2</sub>-reductie | opt-in mechanisme

	2026	2027	2028	2029	2030
CO <sub>2</sub> -reductie op basis van ETS1-plafond (kton CO <sub>2</sub> /jaar)	-300	-500	-700 tot 0*	-800 tot 0*	-1.000 tot 0*

\* Vanaf 2028 valt de AVI-sector mogelijk onder ETS1 door EU-beleid. In dat geval is een nationale maatregel niet meer nodig.

Door de werking van het EU-ETS is het onzeker of alle CO<sub>2</sub>-reductie plaatsvindt bij AVI's en/of in Nederland. Eigenaren van AVI's hebben twee handelingsperspectieven voor CO<sub>2</sub>-reductie. Ze kunnen ervoor kiezen om (1) CCS toe te passen of (2) meer na te scheiden<sup>9</sup>. Een alternatief is om niet te reduceren maar CO<sub>2</sub>-rechten in te kopen.

Als de afvalsector maatregelen kan treffen (CCS of meer nascheiden van afval) die goedkoper zijn dan de CO<sub>2</sub>-prijs, zal de emissiereductie vooral binnen de Nederlandse landsgrenzen plaatsvinden. Als de maatregelen duurder zijn dan de CO<sub>2</sub>-prijs, zal de afvalsector emissierechten opkopen van andere partijen en vindt de emissiereductie elders binnen het EU-ETS plaats.

Er vindt emissiereductie in Nederland plaats als (1) AVI's nog geen CO<sub>2</sub> afvangen en CCS gaan toepassen of (2) als ze nu aan tuinbouw leveren én additioneel CO<sub>2</sub> gaan opslaan. Hier bestaat binnen de SDE++ een aparte subsidie categorie voor, waarbij de afgevangen CO<sub>2</sub> deels aan de glastuinbouw wordt geleverd en deels wordt opgeslagen onder de grond. Deze subsidieregeling kan ook gebruikt worden door afvalcentrales.

### *Emissiereductie buiten EU-ETS*

Additioneel zal ook emissiereductie buiten EU-ETS1 plaatsvinden. Afvalbedrijven zullen de kosten voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot namelijk doorberekenen in de poorttarieven van het afval. Hierdoor wordt sorteren en recyclen van afval competitiever, waardoor productie van virgin materialen wordt uitgespaard (en emissies van afvalverbranding, maar die vallen binnen het EU-ETS). De uitstootreductie kan deels binnen en deels buiten EU-ETS plaatsvinden. Als het gaat om Europese industriële productie binnen EU-ETS (bijvoorbeeld Europese plastics) vindt de reductie binnen EU-ETS plaats en is er overlap met de effecten gepresenteerd in Tabel 10. Als het gaat om productie buiten het EU-ETS, zoals Chinese plastic producten, is er additionele reductie ten opzichte van Tabel 10.

<sup>9</sup> Het effect op nascheiding is naar verwachting beperkt. De kosten van nascheiding zijn hoger dan de verwachte marginale prijsprikkel uit ETS, waardoor het niet voor de hand ligt dat een verhoging van de CO<sub>2</sub> kosten een grote invloed heeft op investeringen in nascheiding.



Hier staat tegenover dat de uitstoot buiten het EU-ETS ook kan toenemen door energieverbruik voor recycling. De effecten op emissies buiten het EU-ETS zijn niet gekwantificeerd in dit rapport.

### *Binnenlandse CO<sub>2</sub>-reductie/opt-in-mechanisme*

De CO<sub>2</sub>-reductie vindt plaats binnen een Europees systeem (het ETS1), daardoor is het onzeker of alle CO<sub>2</sub>-reductie plaatsvindt bij AVI's of in NL. Aangezien AVI's en andere Nederlandse bedrijven onderhavig zijn aan extra klimaatbeleid (door de binnenlandse CO<sub>2</sub>-heffing), lijkt het aannemelijk dat in ieder geval een deel van de CO<sub>2</sub>-reductie wordt ingevuld door deze Nederlandse AVI's en andere Nederlandse bedrijven. De Nederlandse bedrijven ervaren namelijk een grotere prijsprikkel door de binnenlandse CO<sub>2</sub>-heffing. De mate waarin de AVI's deze CO<sub>2</sub>-reductie zullen realiseren is echter van vele factoren afhankelijk én zeer onzeker<sup>10</sup>. We reken daarom met een zeer grote bandbreedte voor de CO<sub>2</sub>-reductie op Nederlandse bodem.

Tabel 11 - Schatting binnenlandse CO<sub>2</sub>-reductie/opt-in-mechanisme

	2026	2027	2028	2029	2030
CO <sub>2</sub> -reductie op basis van ETS1-plafond (Mt CO <sub>2</sub> /jaar)	-300 tot 0	-500 tot 0	-700 tot 0	-800 tot 0	-1000 tot 0

<sup>10</sup> Denk bij deze factoren bijvoorbeeld aan de prijs en beschikbaarheid van CO<sub>2</sub>-reductieopties en ETS1-uitstootrechten.





# D Reparatiebonus huishoudelijke elektronica

## Beschrijving van het instrument

Het invoeren van een reparatiebonus voor consumenten beoogt de financiële drempel te verlagen om huishoudelijke elektronica te laten repareren in plaats van weg te gooien en het betaalbaarder nieuwe alternatief aan te schaffen. De levensduur van huishoudelijke elektronica wordt op deze manier verlengd waardoor de vraag naar nieuwe materialen afneemt. De vraag naar reparatie neemt hierdoor naar verwachting toe, de relatieve vraag naar materialen en producten af en direct daaraan gekoppeld de materiaalafhankelijkheid en broeikasgassen die daarmee gepaard gaan. Een reparatiebonus is bedoeld om producten die repareerbaar zijn (bijvoorbeeld omdat daar repareerbaarheidseisen voor gelden) ook daadwerkelijk te laten repareren. Er blijft nu een kans onbenut om materiaalverbruik en broeikasgasemissies te verlagen, omdat deze elektronica nu sneller vervangen wordt. De maatregel zou zo vormgegeven kunnen worden dat consumenten online een voucher downloaden om in te leveren bij de uitvoering van een reparatie (tot bijvoorbeeld een maximum van € 200 zoals elders in de EU gebeurt) van huishoudelijke elektronica die buiten de garantieperiode vallen, bij erkende reparateurs<sup>11</sup>.

## Toelichting van de aanpak

We zijn uitgegaan van drie verschillende scenario's: conservatief, midden, en optimistisch. Deze scenario's verschillen in aantal gerepareerde producten, percentage levensduurverlenging en de vermeden impact van afvalverwerking. De berekening is opgesplitst in mobieltjes en overige elektrische apparaten, omdat daarvoor afzonderlijke informatie beschikbaar is. Voor exacte getallen die gebruikt zijn in de berekening zie Tabel 12 en

Tabel 13. Voor de verantwoording van de gebruikte getallen zie Tabel 14.

Tabel 12 - Scenario's mobieltjes

	Conservatief	Midden	Optimistisch
Aantal producten gerepareerd (afgerond)	233.000	274.000	315.000
Percentage levensduurverlenging	11%	33%	44%
Impact productie nieuw apparaat (kg CO <sub>2</sub> -eq./product)	40	40	40
Impact van reparatie - vervangend onderdeel (kg CO <sub>2</sub> -eq./product)	4	4	4
Impact reparatie - transport en reparatiehandeling (kg CO <sub>2</sub> -eq./product)	1	1	1
Vermeden impact afvalverwerking (kg CO <sub>2</sub> -eq./product)	-0,27	-0,32	-0,37

<sup>11</sup> Zie bijvoorbeeld wetenschappelijke literatuur over de vraag naar reparatie en reparateurs en de wettelijke achtergronden voor reparatie: Svensson-Hoglund et al. (2021). Voor consumentengedrag zie: Laitala et al. (2021).

Tabel 13 - Scenario's overige elektrische apparaten

	Conservatief	Midden	Optimistisch
Aantal producten gerepareerd	698.308	821.538	944.769
Percentage levensduurverlenging	11%	33%	44%
Impact productie nieuw apparaat (kg CO <sub>2</sub> -eq./product)	151	151	151
Impact reparatie - vervangend onderdeel (kg CO <sub>2</sub> -eq./product)	15	15	15
Impact reparatie - transport (kg CO <sub>2</sub> -eq./product)	6	6	6
Vermeden impact afvalverwerking (kg CO <sub>2</sub> -eq./product)	38	44	50,3

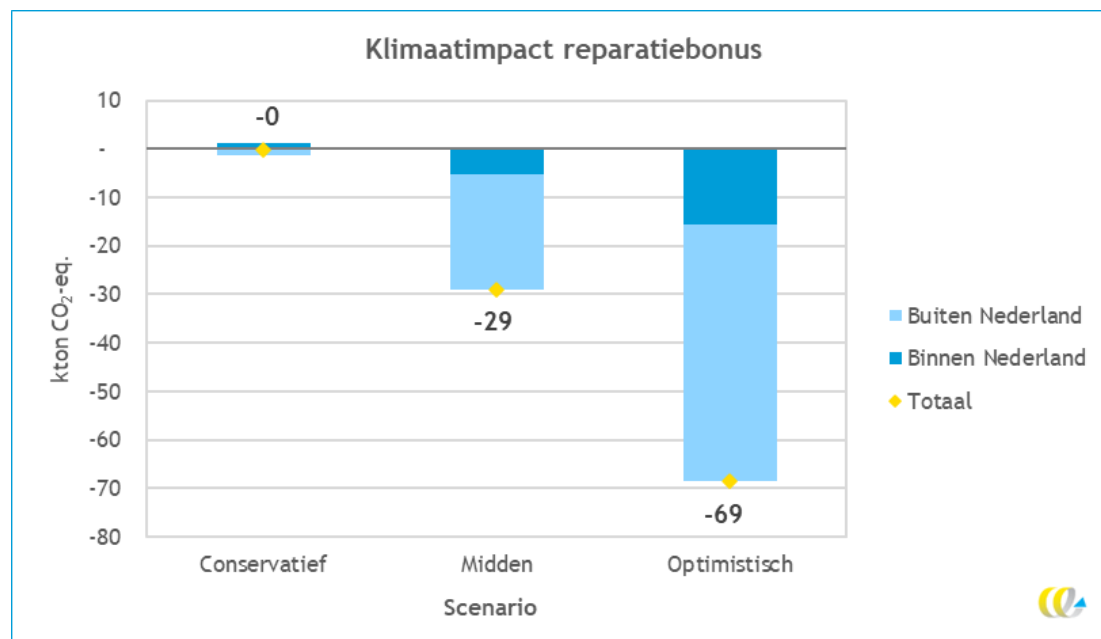
Tabel 14 - Verantwoording gebruikte data

Data	Verantwoording
Aantal producten gerepareerd	Het aantal gerepareerde producten is gebaseerd op data van aantal gerepareerde apparaten per jaar uit Oostenrijk (EUWID, 2023). Bij het conservatieve scenario zijn we uit gegaan van 15% minder, bij het midden-scenario van evenveel en in het optimistische scenario van 15% meer dan in Oostenrijk.
Percentage levensduurverlenging	Schatting gebaseerd op het verschil tussen de huidige actuele levensduur, de technische levensduur en de gewenste levensduur van vier typen elektronische producten op basis van een studie van de European Parliamentary Research Service (EPRS, 2022). Het kleinste verschil hebben we in het conservatieve scenario gebruikt; het grootste verschil in het optimistische scenario; het middenscenario is gebaseerd op de gemiddelden van diverse producten.
Impact productie nieuw apparaat (kg CO <sub>2</sub> -eq./product)	Bron: Ecoinvent database. Mobieltjes op basis van smartphone, overige apparaten op basis van gemiddelde van: tablet, televisie, laptop, stofzuiger, wasmachine, wasdroger, vaatwasser, haardroger, koffiezet-apparaat, waterkoker, magnetron, koelkast, printer.
Impact reparatie - vervangend onderdeel (kg CO <sub>2</sub> -eq./product)	Schatting: 10% van de impact van productie nieuw apparaat.
Impact reparatie - transport (kg CO <sub>2</sub> -eq./product)	CE Delft (2024a), mobieltjes op basis van 10 km met auto, overige apparaten op basis van 50 km met auto.
Vermeden impact afvalverwerking (kg CO <sub>2</sub> -eq./product)	CE Delft (2021), verbranding elektrisch en elektronisch apparaat in AVI, conservatief scenario op basis van 'ongunstig', gemiddeld scenario op basis van gemiddelde 'gunstig' en 'ongunstig' en optimistisch scenario op basis van 'gunstig'.

## Binnenlandse en mondiale CO<sub>2</sub>-reductie

Een reparatiebonus heeft als effect dat de levensduur van bestaande huishoudelijke elektronica wordt verlengd. Hiermee wordt impact van productie van nieuwe elektronica vermeden als ook de impact van afvalverwerking door uitstel van afdanking. We hebben indicatief berekend hoeveel CO<sub>2</sub>-reductie dit oplevert (zie Figuur 1).

Figuur 1 - Klimaatimpact reparatiebonus



Volgens deze berekeningen leidt een reparatiebonus naar verwachting tot een totale emissiereductie tussen de 0 en -69 kton per jaar. De reductie wordt vooral gerealiseerd door de vermeden impact van de productie van nieuwe elektronische apparatuur. Deze reductie vindt grotendeels plaats in het buitenland. De impact van de productie van de vervangende materialen vindt ook plaats in het buitenland. Totale emissiereductie *in het buitenland* verwachten we daardoor tussen de -1 en -53 kton per jaar.

In het conservatieve scenario is de totale impact van de maatregel verwaarloosbaar. In dit scenario is de levensduurverlenging slechts beperkt, tegenover een relatief hoge impact van vervangende componenten. We denken dat dit conservatieve scenario in de praktijk niet erg realistisch is, omdat we verwachten dat er ook veel reparaties zullen zijn waarbij een klein component vervangen wordt en aanzienlijke levensduurverlenging mogelijk is. Maar het is wel een aandachtspunt: voorkom reparaties waarbij slechts korte extra levensduur wordt bereikt, maar waarvoor wel nieuwe componenten nodig zijn.

De scenario's leiden tot een bandbreedte *in Nederland* van +1 en -15 kton per jaar. In het midden- en optimistische scenario is er een emissiereductie in Nederland. Dit komt omdat de langere levensduur leidt tot minder afvalverwerking (waaronder verbranding) in Nederland.

**Aandachtspunten, om rekening mee te houden bij beleidsvorming:**

1. De impact van het vervangende onderdeel moet in verhouding staan tot de vermeden impact door langere levensduur van het product. Als het vervangende onderdeel een impact heeft van 25% van het product, dan moet ook een levensduurverlenging van minstens 25% behaald worden, om de reparatie te rechtvaardigen. Anders is er een klimaatimpact in plaats van klimaatwinst. Een reparatie van een groot onderdeel (met relatief hoge impact) dat tot geringe levensduurverlenging leidt zal leiden tot een klimaatimpact in plaats van een milieuwinst.



2. Reparatie van oude, onzuinige apparatuur, die veel energie verbruiken ten opzichte van nieuwe apparatuur, kan leiden tot juist meer uitstoot, in plaats van minder. Het verschilt per apparaat hoe de energiezuinigheid zich heeft ontwikkeld in het verleden, en hoe de energiezuinigheid zich nog verder kan ontwikkelen. Om reparatievouchers zinvol in te voeren als beleidsmaatregel, zal er een jaargrens moeten komen, per type product, waaronder geen reparatievouchers worden verstrekt. Dit vergt nader (literatuur)onderzoek, dat niet binnen de scope van dit project past.

