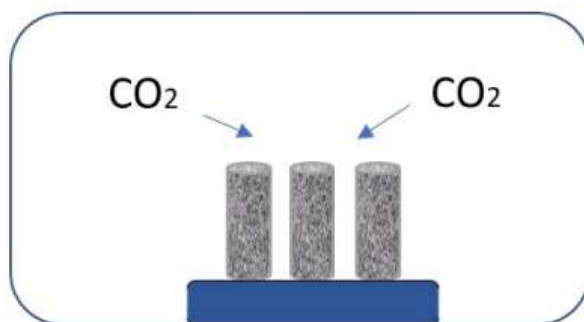




Openbare samenvatting

Pilot- en demoproject CO₂-reductie 2021 (DEI+) [DEI121042]



Pilotproductie van betonblokken op basis van LD- staalslak met CO₂ als bindmiddel (CO₂CRETE)

30 september 2024

Een DEI pilotproject voor de Topsector Energie van:

Pelt & Hooykaas B.V.
Bijlstraat 5
3087 AA Rotterdam

Pelt & Hooykaas IJmuiden B.V.
Wemkebachstraat 1
1951 JZ Velsen-Noord

De Hoop Terneuzen B.V.
Duitslandweg 2
4583 BK Terneuzen

1. Gegevens project

TSE subsidieregeling:
Programmalijn:

Demonstratie energie- en klimaatinnovatie (DEI+)
1. CO₂-reductie industrie

Maatregel:

CCU (S) (Carbon Capture, Utilization and Storage) is een noodzakelijke brugtechnologie om de energie-intensieve industrie tijdig en kosteneffectief te verduurzamen. Op korte en middellange termijn zal dit vooral gebeuren door de afgevangen CO₂ permanent (CCS) op te slaan. De CO₂ kan ook gebruikt worden voor nieuwe producten of toepassingen (CCU), mits dit leidt tot een netto CO₂-reductie. De door Pelt & Hooykaas-IJmuiden en De Hoop Terneuzen ontwikkelde versnelde carbonatatietechniek reduceert de CO₂-uitstoot van de bouw- en cementindustrie door: 1) CO₂ als grondstof in bouwmaterialen te gebruiken en 2) de benodigde hoeveelheid cement in bouwmaterialen te verminderen. Vanwege de potentiële CO₂- besparing in de industrie door CO₂-benutting is deze pilot primair gekoppeld aan programmalijn 4: CCU (S) (Carbon Capture, Utilization and Storage) binnen het programma Energie, klimaat en industrie.

Soort project:

Pilotproject

Referentienummer:

DEI121042

Projecttitel:

CO₂CRETE

Penvoerder:

Pelt & Hooykaas B.V.

Medeaanvragers:

Pelt & Hooykaas IJmuiden B.V.

De Hoop Terneuzen B.V.

Begin- en einddatum project:

1 juni 2021 – 1 juli 2024

2. Projectaanpak, resultaten en perspectief

2.1 Samenvatting

Het pilotproject heeft de resultaten uit een eerder laboratoriumonderzoek bevestigd en in aanvulling hierop ook nieuwe inzichten opgeleverd die voldoende vertrouwen lijken te geven voor verdere opschaling. Door omstandigheden zijn niet alle onderzoeken in deze fase afgerond. Zo wordt o.a. nog gewacht op onderzoekresultaten die de milieu hygiënische geschiktheid (uitloogonderzoek) moeten bevestigen.

Veelbelovend zijn de hoge sterktes die kunnen worden bereikt in combinatie met de hoeveelheid CO₂ die wordt gebruikt. Op basis van dit pilotproject wordt geconcludeerd dat de productie van bouwblokken met een negatieve CO₂-footprint mogelijk is.

De resultaten van dit TSE CCU (S) pilotproject zijn vertrouwelijk en bedoeld voor intern gebruik door de projectpartner en voor selectieve communicatie naar belanghebbenden, partners, potentiële klanten en potentiële investeerders, alsook voor rapportage aan RVO.

2.2 Uitgangspunten

In 2018 werd in Nederland 160,6 miljoen ton kooldioxide (CO₂) uitgestoten¹. In het vierde kwartaal van 2019 was de CO₂-uitstoot van de cluster landbouw, delfstoffenwinning, industrie en bouw 2,6 procent hoger dan in hetzelfde kwartaal in 2018. Dit cluster van industrieën was goed voor ruim 26 procent van de totale uitstoot². Het klimaatakkoord van Parijs stelt strenge eisen aan de vermindering van de wereldwijde CO₂-uitstoot en Nederland streeft ernaar om in 2030 de CO₂-uitstoot met 49 procent te verminderen³. Een transitie naar minder CO₂-uitstotende industriële processen is nodig om alle industrieën in Nederland de gestelde doelen te laten bereiken. Hergebruik van CO₂ als industriële grondstof in producten of productieprocessen (CCU (S)) kan leiden tot een netto CO₂-reductie en daarmee bijdragen aan de realisatie van de landelijke CO₂-reductiedoelstellingen. In de bouwsector is het potentieel mogelijk om CO₂ als bindmiddel te gebruiken in plaats van cement. Dit is mogelijk door de reactie van CO₂ met alkalische mineralen die in staat zijn om producten te vormen die vergelijkbaar zijn met beton, hierbij fungeert de CO₂ in feite als bindmiddel. In Nederland draagt de cementindustrie jaarlijks circa 2,8 miljoen ton CO₂ bij aan de totale CO₂-uitstoot. Dit is een percentage van 1,7% van de nationale CO₂-uitstoot. Wereldwijd wordt meer dan 4 miljard ton cement geproduceerd, goed voor ongeveer 8% van de wereldwijde CO₂-uitstoot⁴. Een vermindering van de cementbehoefte kan direct leiden tot een vermindering van CO₂-uitstoot. Een chemische reactie genaamd "carbonatatie" ligt ten grondslag aan de mogelijkheid om CO₂ als bindmiddel te gebruiken. Carbonatatie is een chemische reactie die, onder de juiste omstandigheden en met het gebruik van de juiste mineralen, de potentie heeft om CO₂ af te vangen uit de buitenlucht en daarmee op te nemen in de daarbij ontstane producten. Het carbonatatieproces brengt een aantal chemische omzettingen met zich mee van calciumhydroxiden en calciumsilicaten naar calciumcarbonaten in reactie met b.v. CO₂ en H₂O:

1. $3 \text{ (Ca, Mg) O} \cdot \text{SiO}_2 \text{ (s)} + 3 \text{ CO}_2 \text{ (aq)} + \mu \text{H}_2\text{O (aq)} \Rightarrow \text{SiO}_2 \cdot \mu \text{H}_2\text{O} + 3 \text{ CaCO}_3 \text{ (traag)}$
2. $2 \text{ (Ca, Mg) O} \cdot \text{SiO}_2 \text{ (s)} + 2 \text{ CO}_2 \text{ (aq)} + \mu \text{H}_2\text{O (aq)} \Rightarrow \text{SiO}_2 \cdot \mu \text{H}_2\text{O} + 2 \text{ CaCO}_3 \text{ (traag)}$
3. $\text{(Ca, Mg) (OH)}_2 \text{ (aq)} + \text{CO}_2 \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{O (aq)} \Rightarrow \text{(Ca, Mg) CO}_3 \text{ (s)} + \text{H}_2\text{O (aq)} \text{ (snel)}$

In de derde chemische reactie wordt calcium (of magnesium) hydroxide Ca (OH)₂ in reactie met CO₂ en water omgezet in calcium- of magnesiumcarbonaat (CaCO₃). Na deze reactie resulteert dit in een uitgehard materiaal dat vergelijkbare eigenschappen heeft als beton.

LD-staalslak is een bijproduct van verschillende staalproductieprocessen en bevat een hoge concentratie aan mineraaloxiden. Wereldwijd wordt jaarlijks meer dan 400 miljoen ton

ijzer- en staalslakken geproduceerd. Staalslak bestaat uit een mengsel van mineralen op basis van silica, calciumoxide, magnesiumoxide, aluminium en ijzeroxides⁵.

In Nederland worden LD-staalslakken, een type staalslak die vrijkomt bij de productie van staal volgens het Linz-Donawitz principe (figuur 2.1, ook wel bekend als het oxystaalprocedé), geproduceerd als bijproduct bij Tata Steel in IJmuiden op een schaal van ~ 700 kiloton per jaar. Harsco Metals Holland BV haalt het overgebleven staal uit de slak terwijl Pelt & Hooykaas-IJmuiden de resterende slakfracties ontvangt. De huidige toepassing van LD-staalslakken betreft voornamelijk de toepassing als toeslagmateriaal en voor de versterking van wegen. Door LD-staalslakken echter als minerale bron voor de carbonatie-reactie te laten fungeren en de staalslakken uit te laten harden met CO₂ als bindmiddel, ontstaat de mogelijkheid om betonproducten te produceren t.b.v. de bouwsector zonder het gebruik van cement.



Figuur 2.1 Slakvorming tijdens Het Linz-Donawitz-proces, ook bekend als het oxystaalprocedé.

Hiermee ontstaat een toepassing met een hogere toegevoegde waarde dan de huidige. Tevens wordt er daardoor niet alleen langdurig CO₂ opgeslagen in een nieuw bouw materiaal, maar wordt ook bespaard op de emissie van CO₂ die vrijkomt bij de productie van cement. Tenslotte draagt de oplossing bij aan een toenemende behoefte, namelijk de noodzaak van een hoogwaardige en duurzame toepassing van staalslak. Dit is ook van belang voor het behoud van de staalproductie in Nederland, die onder meer afhangt van de mate waarmee de CO₂-uitstoot kan verminderen.

1. <https://www.clo.nl/indicatoren/nl016537-emissies-broeikasgassen-1990-2019>
2. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/13/uitstoot-co2-was-hoger-in-het-vierde-kwartaal-van-2019>
3. <https://www.government.nl/topics/climate-change/climate-policy>
4. <https://reader.chathamhouse.org/making-concrete-change-innovation-low-carbon-cement-and-concrete#>
5. https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:1b916a6d-06fd-4e84-b35d-c1d911d18df4/Fact_By-products_2018.pdf

2.3 Doelstelling

Het doel van dit pilotproject is het onder praktijkomstandigheden testen en doorontwikkelen van een nieuw productieproces voor de productie van cementvrije betonproducten met industriële LD-staalslakken als actief mineraal en CO₂ als bindmateriaal. In dit project wordt CO₂ afgevangen en in het eindproduct, de cementvrije betonproducten, opgeslagen.

Het doel van deze pilot was om CO2CRETE te testen binnen een reële praktijksituatie, alvorens er significant wordt geïnvesteerd in de doorontwikkeling.

2.4 Technische resultaten en perspectief

2.4.1 Conclusies

In dit pilotproject is het onder praktijkomstandigheden testen en door ontwikkelen van een nieuw productieproces voor de productie van cementvrije betonproducten met industriële LD-staalslakken als actief mineraal en CO₂ als bindmateriaal zeer goed gelukt. Ten opzichte van de LD-staalslakkenmassa wordt tenminste 5% CO₂ opgenomen in het eindproduct en in deze cementvrije beton opgeslagen (gebonden). Veelbelovend zijn de hoge sterktes die kunnen worden bereikt in combinatie met de hoeveelheid CO₂ die wordt opgeslagen. Het pilotproject heeft de resultaten van de laboratoriumtesten bevestigd en nieuwe inzichten opgeleverd. Het pilotonderzoek is nog niet afgerond vanwege vertragingen en wordt gecontinueerd buiten dit subsidieproject om.

2.4.2 Spin-off mogelijkheden

Het onderzoek heeft aangetoond dat staalslak CO₂ bindt. Voor dit onderzoek wordt deze reactie benut om bouwblokken te produceren. Het onderzoek heeft ook aangetoond dat staalslakken in los gestorte vorm ook CO₂ bindt. Dit is als spin-off van dit onderzoek verder onderzocht door Tauw en biedt interessante mogelijkheden voor permanente CO₂ opname waarbij staalslakken langdurig blootgesteld worden aan (lage) CO₂ concentraties.

2.5 Vervolgstappen

Het huidige projectteam blijft verder werken aan dit project, conform de planning. Ondanks dat we in afwachting zijn van de uitloogresultaten, voor aantoning milieu hygiënische geschiktheid, lopen de opschalingsonderzoeken door en worden voorbereidingen getroffen voor een demonstratieproject. De volgende fasen, het door ontwikkelen en finetunen van het productieproces en demonstratie, zal zich voornamelijk afspelen in 2025 en 2026.

2.6 Kennisverspreiding en PR

De werkzaamheden binnen het project CO2CRETE zijn alleen binnen het projectteam verspreid. Hier liggen twee redenen aan ten grondslag:

- De onderzoeken zijn nog niet afgerond;
- Het gebruik van staalslak is gedurende de duur van het onderzoek onder negatieve publiciteit gekomen. De argumenten die in de publiciteit zijn gekomen zijn voor de specifieke toepassing niet relevant, maar kunnen in het publieke debat toch negatief uitstralen op de beoogde producten.

Zodra de tijd hiervoor rijp is zal de opgedane kennis vertaald moeten gaan worden naar de markt. Een belangrijk voordeel van de CO2CRETE producten is de CO₂ opname die permanent wordt vastgelegd in de producten. Verwacht wordt dat bij een verdere aanscherping van de bouweisen ten aanzien van de CO₂ uitstoot, de vraag naar producten met een negatieve CO₂ uitstoot sterk zal gaan toenemen.

3 Bijdrage aan de doelstelling van de TSE-regeling

3.1 CO₂ verbruik volgens projectplan

Het potentieel voor koolstofemissiereductie van dit proces op wereldwijde schaal is groot omdat een groot deel van het geproduceerde staal wordt gemaakt in zuurstofovens¹, wat een soortgelijk principe is als het Linz-Donawitz-proces. Jaarlijks wordt meer dan 400 miljoen ton ijzer en staalslak geproduceerd waarvan ongeveer 60% afkomstig is van het oxystaalprocedé, wat resulteert in een beschikbare hoeveelheid staalslakken van ongeveer 240 miljoen ton. Onderzoek toont echter aan dat verschillende soorten staalslakken een verschillende mineralogie hebben.

Bij berekeningen bij de start van het projectplan zijn de volgende aannames gemaakt:

- 10% CO₂-opname(m/m). Is 100 kg CO₂-opname per ton staalslak.

Bij het projectplan is het volgende resultaat verkregen:

- Uit het onderzoek volgt dat het optimale CO₂ gebruik lager is dan de theoretische berekende hoeveelheid. De realistische CO₂-optimaliteit ligt op ca. 5% (m/m) van de hoeveelheid staalslak die wordt gebruikt. Is 50 kg CO₂-opname per ton staalslak.
- Vanuit verdere ontwikkeling is het mogelijk hogere percentages te behalen.

Toelichting gebruikte schalen:

- Dutch-scale omvat de Nederlandse beschikbare hoeveelheid staalslak, zijnde 700 kiloton staalslak/jaar.
- Full scale omvat de verwerking van 500 kiloton LD-staalslak/jaar van Tata Steel IJmuiden.
- Wereldwijd is er een aanvoer van 240 miljoenton LD-staalslak/jaar die mogelijk als substraat voor het voorgestelde proces kan worden gebruikt. De resultaten van volledige schaal worden geëxtrapoleerd naar wereldwijde schaal.

Berekeningen voor een volledig industrieel carbonatatieproces:

Het koolstofbenuttingspotentieel dat bij een volledige industrieel carbonatatieproces behaald kan worden is:

- Nederland: 700 kiloton LD-staalslak/ jaar * 5% = 35 kiloton/jaar CO₂-gebruik
- Tata Steel IJmuiden: 500 kiloton LD-staalslak / jaar * 5% = 25 kiloton/jaar CO₂-gebruik
- Wereldwijd: 240 miljoenton LD-staalslak/ jaar * 5% = 12 miljoenton/jaar LD-staalslak/ jaar CO₂-gebruik

Het werkelijke CO₂-reductiepotentieel is hoger in het product vanwege de reductie voor de behoefte aan cement.

Verwacht energieverbruik tijdens de productie

Vanwege de taaie maalbaarheid van staalslakken kost voorbehandeling energie die nog steeds inherent is gekoppeld aan CO₂-uitstoot, aangezien energie nog steeds wordt opgewekt met fossiele brandstoffen. De voorbehandeling bestaande uit breken en malen levert respectievelijk 5 kg·CO₂/ton en 47 kg CO₂/ton op waarvan de laatste uitgaat van 100 kWh/ton benodigd.²

Een maalproces specifiek gemaakt voor het malen van staalslak naar beoogde fijnheid, zal op lagere energieverbruik uitkomen. Uitgaande dat de benodigde staalslak-processing 24 kg·CO₂/ton staalslak produceert, blijft er voldoende ruimte voor CO₂-reductie → 50 (CO₂ opname) - 24 (CO₂ productie door presstappen) = 26 kg·CO₂/ton product.

¹ Smil, Vaclav. *Still the iron age: iron and steel in the modern world*. Butterworth-Heinemann, 2016

² Smil, Vaclav. *Still the iron age: iron and steel in the modern world*. Butterworth-Heinemann, 2016

3.2 Resultaat pilotproject

Tabel 1 De potentiële CO₂-emissiereductie van het eindproduct per schaal.

	Dutch scale	Full- scale	Worldwide scale
LD- staalslak omgezet (kiloton/jaar):	700	500	240.000
Opslag van koolstofdioxide (kiloton/jaar):	35	25	12.000
Netto CO ₂ -reductie worst case scenario (kiloton/jaar):	18	13	6.240

Hierbij wordt geen rekening gehouden met de besparing op CO₂ stoot van het bouw materiaal dat vervangen wordt.