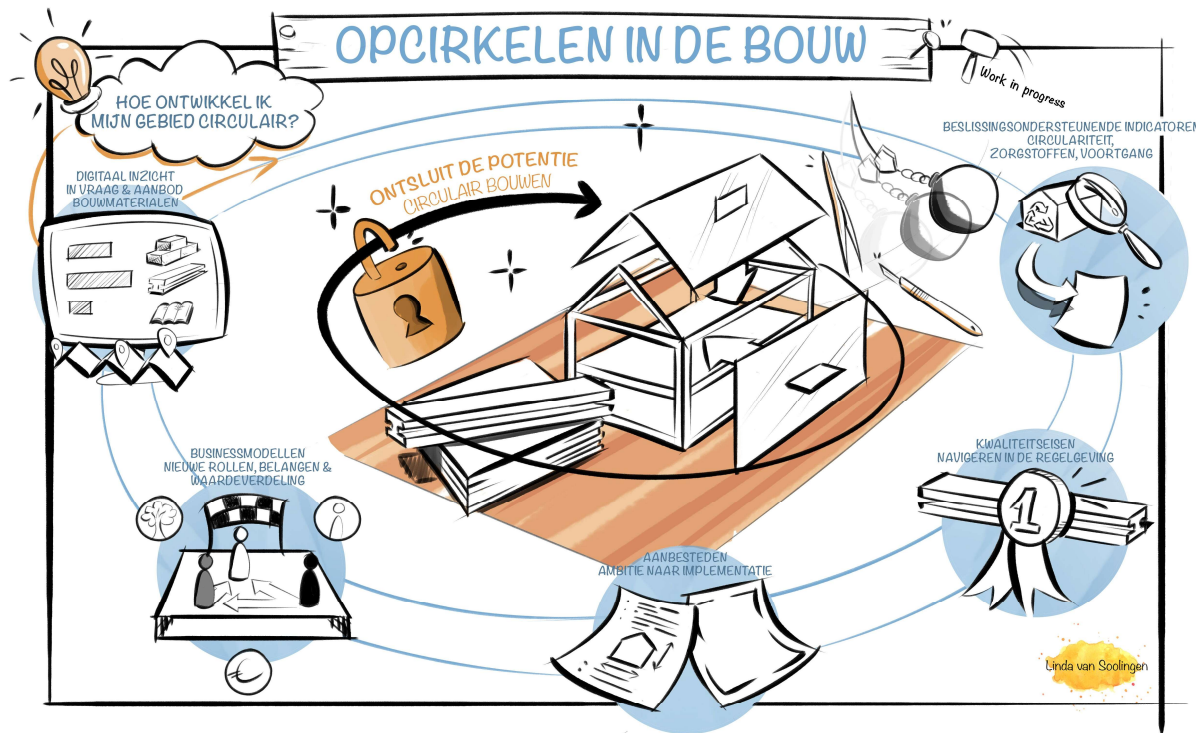


Opcirkelen in de bouw, deelrapport

Opwerkingstechnieken voor secundaire materialen

Sanne van Leeuwen, Anna Schwarz, Peter Kuindersma (TNO)

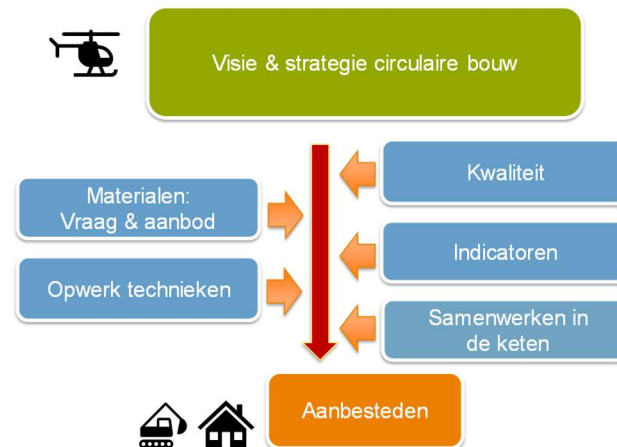


Opcirkelen in de Bouw

In de periode 2018-2020 heeft een gezelschap van in totaal 19 bedrijven en instituten in het kader van de Nationale Wetenschapsagenda gewerkt aan het project "Opcirkelen in de Bouw." Doelstelling van het project was:

- Een tastbare bijdrage leveren aan opschaling van circulariteit in de bouw;
- Met focus op het optimaal inzetten van secundaire bouwmaterialen uit bestaande bouw
- En een reductie van de uitstoot van broeikasgassen gerelateerd aan het gebruik van bouwmaterialen.

Dit rapport gaat in op een van de vijf deelonderwerpen en wel het inzicht in de **opwerktechnieken** om secundaire materialen te hergebruiken. In een apart deelrapport komen de opties voor opwerkopties voor gebouwen aan de orde.



Inhoud

Inleiding.....	4
1. Beton.....	5
2. Baksteen.....	6
3. A Hout	7
4. Glas.....	8
5. Natuursteen	9
6. Gips	10
7. Kalkzandsteen	11
8. PVC (kozijnen)	12
9. Aluminium (profielen/kozijnen).....	13
10. Dakbedekking keramisch	14
11. Dakbedekking bitumineus	15

Inleiding

In dit deelrapport wordt ingegaan op verschillende opwerkingstechnieken. Het doel hiervan is te beschrijven welke manieren van recyclen en hergebruik er mogelijk zijn. Er is gekozen om hier te focussen op een aantal veel voorkomende materialen die nu en in de komende jaren vrijkomen uit de bestaande bouw. Voor 11 materialen is een aantal mogelijkheden van opwerking kort beschreven. Als resultaat is hierbij weergegeven welke milieu-impact dan wel milieuwinst hierbij bereikt wordt.

Of een materiaal of bouwelement in de praktijk herbruikbaar is hangt van vele aspecten af: o.a. technische prestaties, eisen die aan een materiaal worden gesteld vanuit de nieuwe toepassing, haalbaarheid vanuit perspectief van slooptechniek of economische aspecten. In dit deelrapport laten we al deze aspecten buiten beschouwing en worden er geen uitspraken gedaan over de praktische (on)mogelijkheden opwerking die dit met zich meebrengt. De focus ligt dus op de milieu impact van de verschillende opwerkingstechnieken. Kort samengevat: je hebt een ton vrijkomend materiaal X, wat kan je daarmee en welke milieu-impact bereik je? Per materiaal is een aantal opwerkingstechnieken geselecteerd waarvan onze inschatting is dat deze techniek nu of op de korte termijn opschaalbaar beschikbaar is.

De resultaten zijn weergegeven in een grafiek per materiaal met de milieu-impact uitgedrukt in de milieukosten indicator (MKI)¹. Deze resultaten zijn tot stand gekomen door middel van een Levenscyclus analyse (LCA) waarbij de impact van verschillende fasen getoond zijn (demontage, transport, uitsparing van materialen door hergebruik en verwerking). De MKI geeft de totale schaduwprijs weer van alle milieueffecten bij elkaar opgeteld.

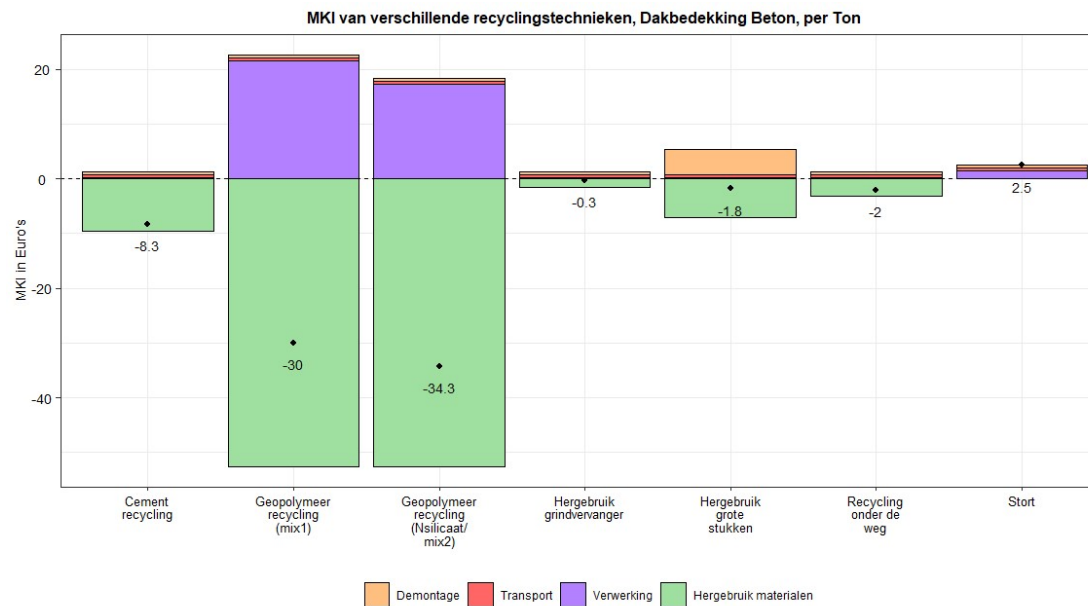
¹ Milieukosten indicator uitgelegd: <https://ecochain.com/nl/knowledge-nl/milieukosten-indicator-mki/>

1. Beton

Beton kan worden ingezet

- 1) Bij cement recycling wordt een deel van het beton hergebruikt als grondstof voor de cementindustrie. Een deel van de primaire grondstoffen van cement wordt uitgespaard
- 2) Bij geopolymer recycling wordt beton- en baksteenpuin, in combinatie met chemicaliën, opgewerkt tot nieuwe baksteen. Deze nieuwe bakstenen hoeven niet gebakken te worden door aanwezigheid van chemicaliën (deze methode komt in 2 varianten). Hiermee wordt primair baksteen uitgespaard. Door het uitsparen van veel bakstenen met geopolymer recycling is de bonus voor dit materiaal hoog en de MKI negatief; het heeft een sterk positief effect.
- 3) Bij hergebruik als grindvervanger wordt het beton klein gemalen en ingezet als grindmateriaal. Hierbij wordt primair grind uitgespaard.
- 4) Bij hergebruik van grote stukken wordt het materiaal als een groot stuk verwijderd en vervolgens als geheel hergebruikt. Hiermee wordt primair beton uitgespaard.
- 5) Bij recycling onder de weg wordt het materiaal gemalen en het granulaat gebruikt als fundering. Hiermee wordt primair zand en cement uitgespaard.
- 6) Bij stort wordt het materiaal begraven op een stortplaats. Hierbij wordt er geen materiaal uitgespaard.

Resultaat milieu-impact:

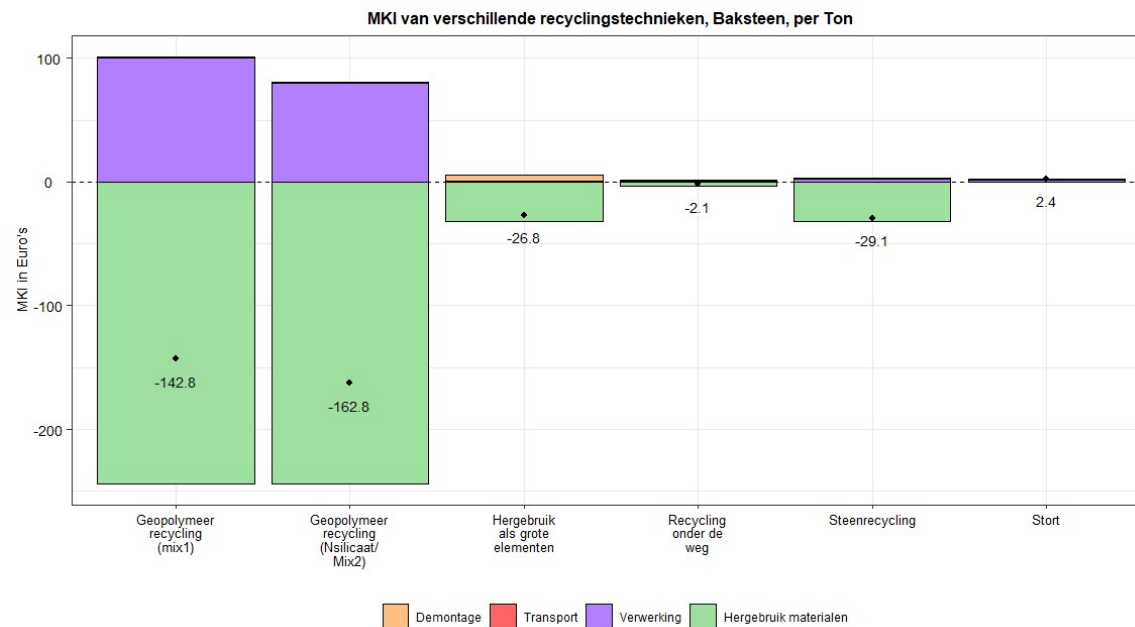


2. Baksteen

Baksteen kan als volgt worden gerecycled:

- 1) Bij geopolymer recycling wordt beton- en baksteenpuin, in combinatie met chemicaliën, opgewerkt tot nieuwe baksteen. Deze nieuwe bakstenen hoeven niet gebakken te worden door aanwezigheid van chemicaliën (deze methode komt in 2 varianten). Hiermee wordt primair baksteen uitgespaard. Door het uitsparen van veel bakstenen met geopolymer recycling is de bonus voor dit materiaal hoog en de MKI negatief; het heeft een sterk positief effect.
- 2) Bij hergebruik van grote stukken wordt het materiaal als een groot stuk verwijderd en vervolgens als geheel hergebruikt. Hiermee wordt primair baksteen uitgespaard.
- 3) Bij steenrecycling wordt gebroken en gesorteerde baksteen extra fijn gemalen. Vervolgens wordt het baksteengruis opnieuw gebakken tot bakstenen. Door het fijnmalen is slechts 80% van de warmte nodig vergeleken met het bakken van baksteen uit klei. Er worden nieuwe bakstenen uitgespaard in module D; De gerecyclede bakstenen zouden 70% van het nieuwe klei kunnen vervangen in nieuwe bakstenen.
- 4) Bij recycling onder de weg wordt het materiaal gemalen en het granulaat gebruikt als fundering. Hiermee wordt primair zand en cement uitgespaard.
- 5) Bij stort wordt het materiaal begraven op een stortplaats. Hierbij wordt er geen materiaal uitgespaard.

Resultaat milieu-impact:

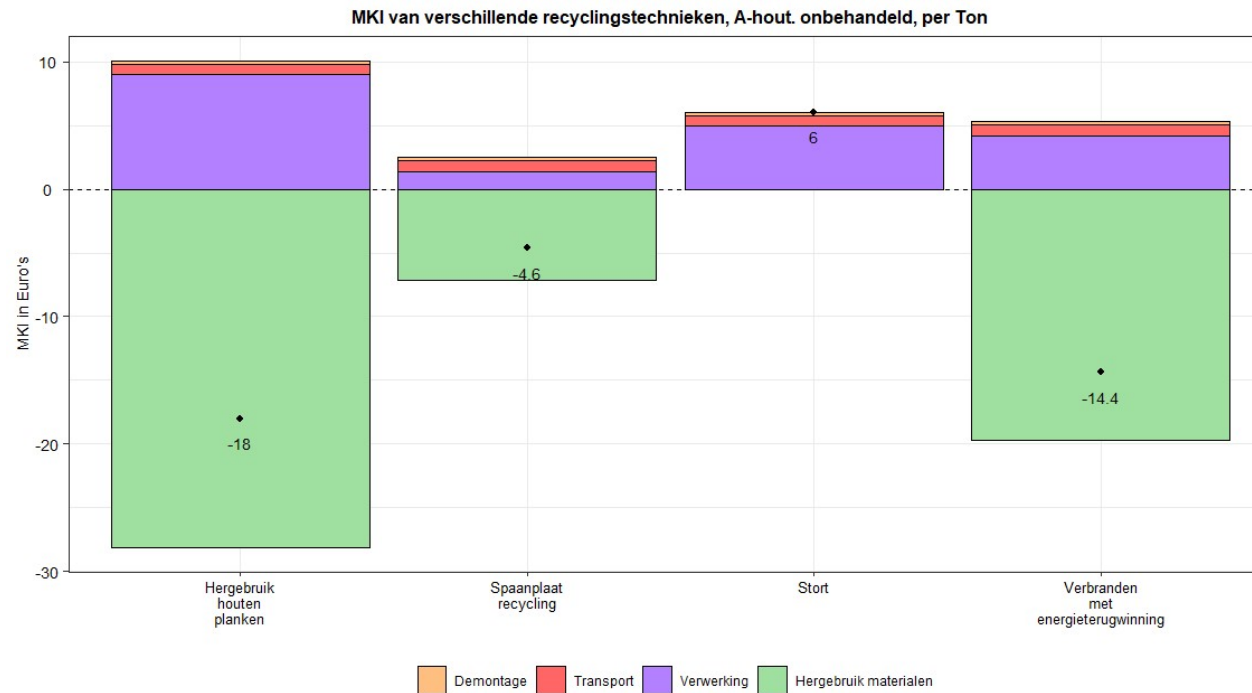


3. A Hout

A hout kan worden verwerkt met de volgende methoden:

- 1) Spaanplaat recycling: Hout wordt verwerkt tot spaanplaat product door middel van versnipperen en persen van het materiaal in de C3 fase, waardoor er in de D fase droge houtsnippers worden uitgespaard, die worden gebruikt voor de spaanplaat industrie. Ook B hout kan worden gerecycled tot spaanplaat.
- 2) Hergebruik: Hout wordt opgewerkt zodat het weer kan worden hergebruikt als houten balken. Tijdens de opwerking in de C3 wordt het hout gezaagd, geschuurd en opnieuw gelijmd. Hierbij wordt nieuw hout uitgespaard. Ook B hout kan worden ingezet voor hergebruik.
- 3) Bij verbranding wordt het materiaal naar de vuilverbranding (AVR) gebracht en verbrandt. De energie die vrijkomt door de verbranding wordt deels opgevangen en gebruikt als restwarmte en elektriciteit, dit wordt in module D uitgespaard. In de C3 worden de emissies meegenomen, de Co2 emissies zijn in dit geval laag vanwege het biogene karakter van hout.
- 4) Bij stort wordt het materiaal begraven op een stortplaats. Hierbij wordt er geen materiaal uitgespaard.

Resultaat milieu-impact:

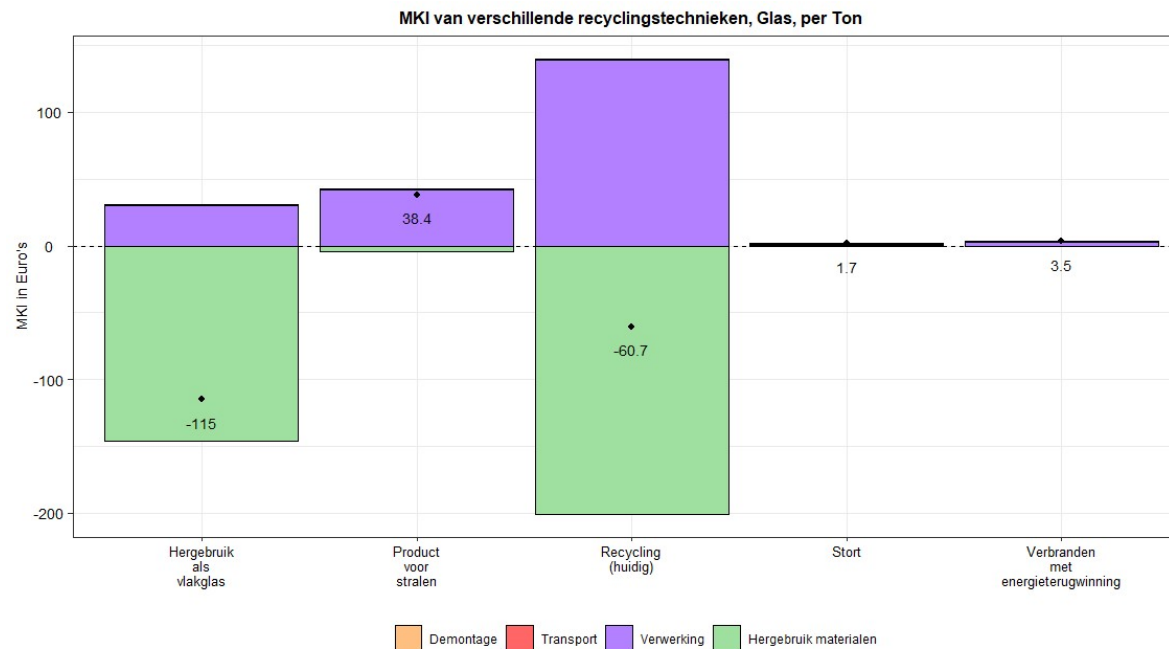


4. Glas

Glas kan op de volgende manieren worden gerecycled:

- 1) Recycling: Het vlakglas wordt gerecycled volgens de huidige methode van het recyclen van 100% primair vlakglas. Door middel van de gebruikelijke recycling wordt aangenomen dat 15% van het materiaal kan worden hergebruikt als vlakglas, 72% als verpakkingsglas en 13% als glaswol in isolatie.
- 2) Hergebruik als glasbeads. Met glasbeads worden onder andere gevels schoongemaakt, voornamelijk gevels met zachte materialen en zware vervuiling. Van belang hierbij is dat de glasbeads allemaal goed gereinigd zijn en van gelijke grootte. Er vindt in de opwerkfase het volgende plaats: breken, schoonmaken, hittebehandeling en zeven. Het wordt aangenomen dat het glas hierbij ongeveer 3 kg zand vervangt.
- 3) Hergebruiken als vlakglas: Het glas wordt hierbij opnieuw in zijn geheel ingezet in een laagwaardige functie, zoals bij een binnenmuur of bij een schuur. Het glas wordt hierbij schoongemaakt en vervolgens gepolijst om de krassen te verwijderen. Met deze verwerking wordt vlakglas uitgespaard.
- 4) Bij verbranding wordt het materiaal naar de vuilverbranding (AVR) gebracht en verbrandt. De energie die vrijkomt door de verbranding wordt deels opgevangen en gebruikt als restwarmte en elektriciteit, dit wordt in module D uitgespaard. Omdat glas vrijwel inert is, is uitgespaarde energie in module D en emissies in module C3 laag.
- 5) Bij stort wordt het materiaal begraven op een stortplaats. Hierbij wordt er geen primair materiaal uitgespaard.

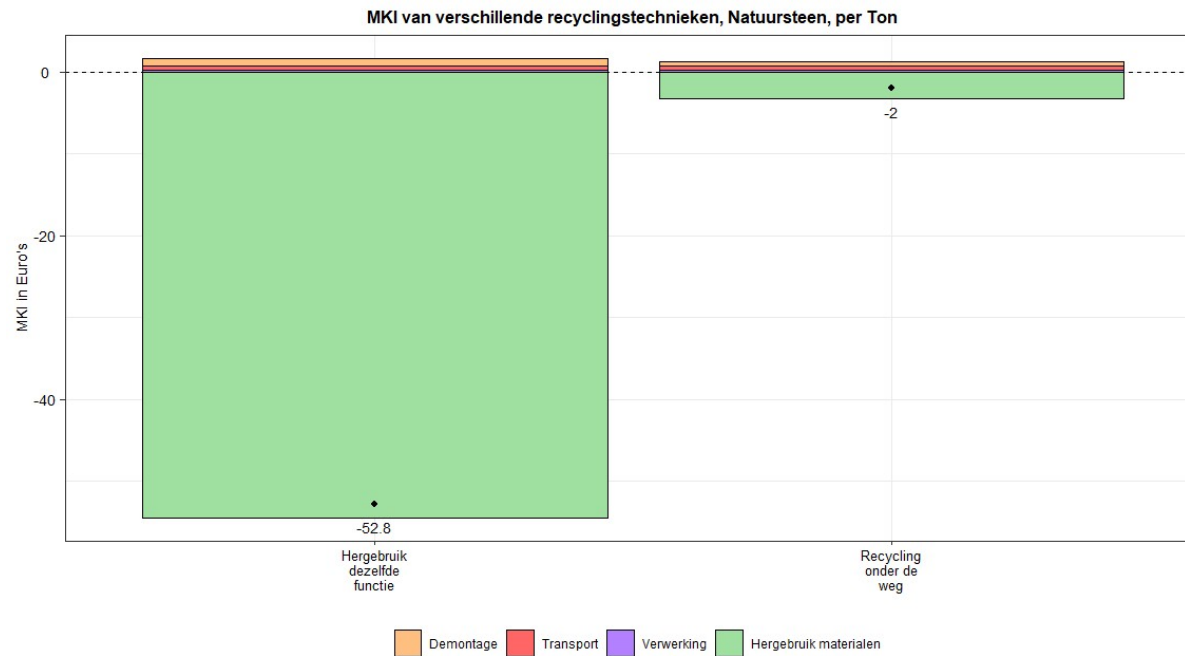
Resultaat milieu-impact:



5. Natuursteen

- 1) Bij hergebruik van grote stukken wordt het materiaal als een groot stuk verwijderd en vervolgens als geheel hergebruikt. Hiermee wordt primair natuursteen uitgespaard.
- 2) Bij recycling onder de weg wordt het materiaal gemalen en het granulaat gebruikt als fundering. Hiermee wordt primair zand en cement uitgespaard.

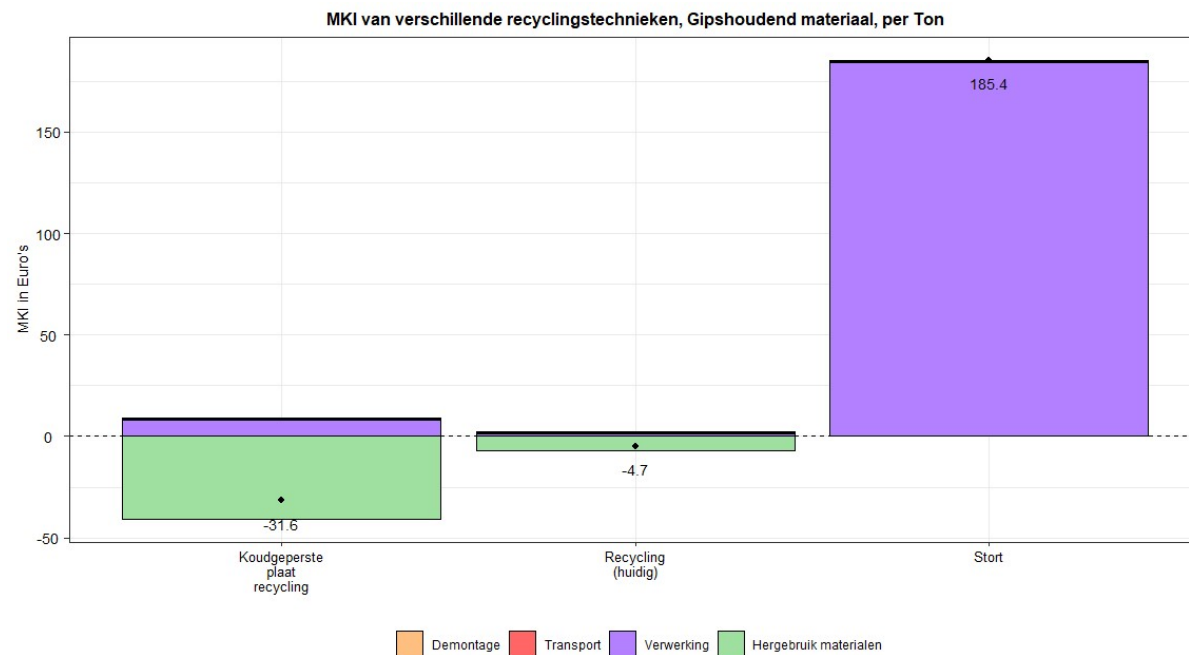
Resultaat milieu-impact:



6. Gips

- 1) Huidige recycling: Voor deze methode van gips recyclen wordt het gesloopte en gesorteerde gips na verzamelen vermalen in een speciale vermaler. Een mix van gips en papier, wat ongeveer 10% is van het gipsmateriaal, wordt met een extra zeefstap gescheiden. Wat overblijft is een zeer fijne gipsachtige poeder dat opnieuw kan worden gebruikt voor gipsplaten. 5% papier en 95% gipspoeder worden allebei hergebruikt. Daarnaast is dit proces een mobiel proces, waardoor de transportkilometers sterk omlaag gaan.
- 2) Bij de koudgeperste plaat methode wordt het vrijgekomen en gesorteerde gipspoeder geperst tot een nieuwe plaat. Hiervoor wordt minder warmte gebruikt, vandaar dat het product koudgeperst is. Met deze stap worden er gipsplaten uitgespaard in plaats van slechts alleen gipspoeder.
- 3) Bij stort wordt het materiaal begraven op een stortplaats. Hierbij wordt er geen materiaal uitgespaard.

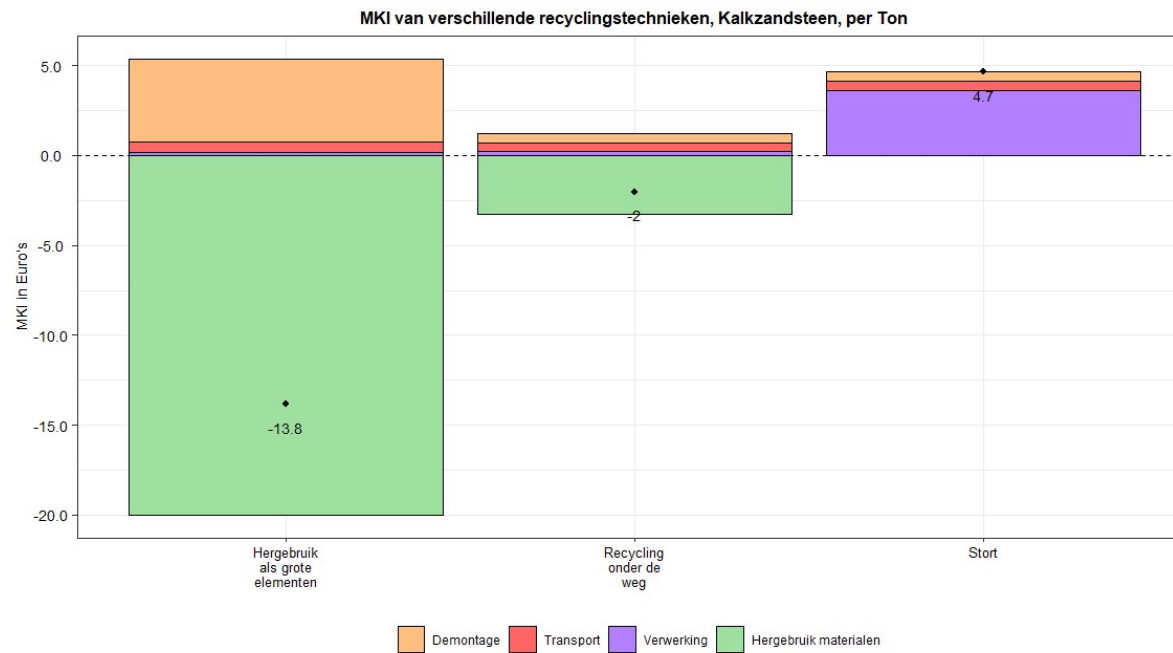
Resultaat milieu-impact:



7. Kalkzandsteen

- 1) Bij recycling onder de weg wordt het materiaal gemalen en het granulaat gebruikt als fundering. Hiermee wordt primair zand en cement uitgespaard.
- 2) Bij stort wordt het materiaal begraven op een stortplaats. Hierbij wordt er geen materiaal uitgespaard.

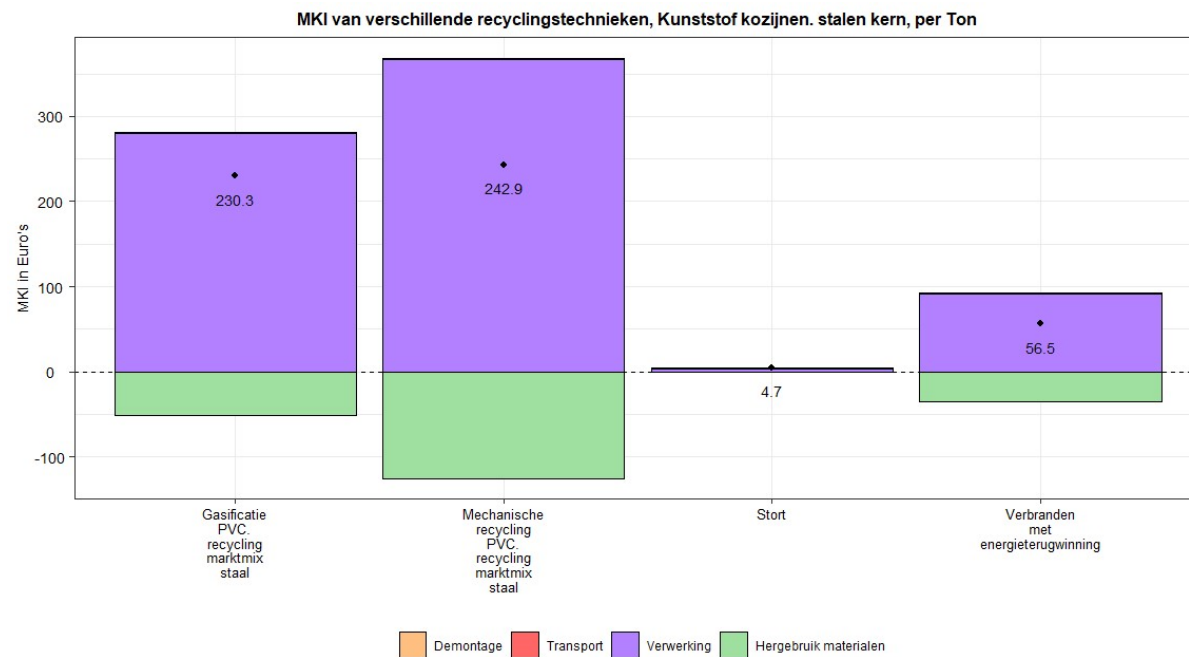
Resultaat milieu-impact:



8. PVC (kozijnen)

- 1) Mechanisch recycelen: Het PVC materiaal dat vrijkomt uit de kozijnen wordt versnipperd, schoongemaakt en tot slot wordt omgesmolten tot gerecyclede PVC pellets. Van dit proces kan ongeveer 90% van het PVC worden hergebruikt, de rest wordt verbrand met energierugwinning. Het staal wordt gerecycled via de staalrecycling.
- 2) Voor de gasificatie wordt het PVC in een zuurstofloos milieu en onder hitte en druk gezet. Uit dit proces komt vervolgens HCL gas en synthetisch gas vrij. Synthetisch gas kan worden gebruikt als vervanging voor gewoon gas (verwarmen en koken). HCL gas kan in de industrie worden gebruikt voor industriële processen, zoals het maken van nieuwe chemicaliën. Het staal wordt gerecycled via de staalrecycling.
- 3) Bij verbranding wordt het materiaal naar de vuilverbranding (AVR) gebracht en verbrandt. De energie die vrijkomt door de verbranding wordt deels opgevangen en gebruikt als restwarmte en elektriciteit, dit wordt in module D uitgespaard.
- 4) Bij stort wordt het materiaal begraven op een stortplaats. Hierbij wordt er geen materiaal uitgespaard.

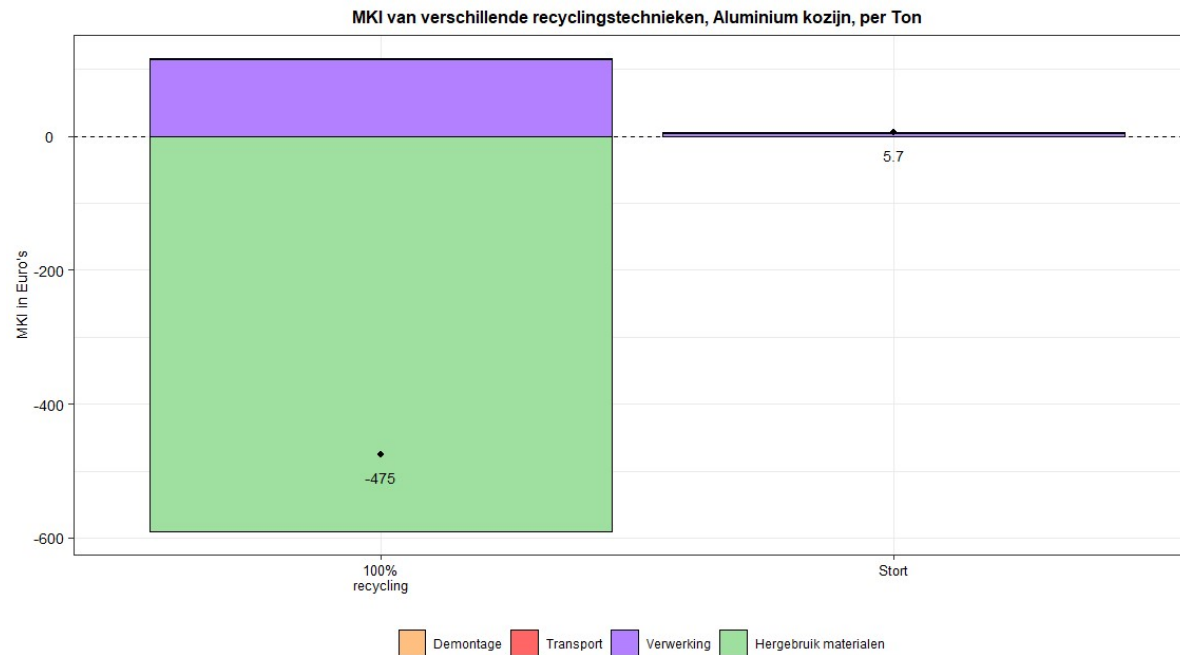
Resultaat milieu-impact:



9. Aluminium (profielen/kozijnen)

- 1) Aluminium wordt gerecycled door het mee te smelten met primair aluminium en vervolgens kan het materiaal opnieuw worden ingezet als aluminium. In dit scenario wordt er vanuit gegaan dat het gebruikte aluminium in kozijnen 68% primair is (marktmix), en dat dus maar 68% primair aluminium wordt uitgespaard in module D.
- 2) Bij stort wordt het materiaal begraven op een stortplaats. Hierbij wordt er geen materiaal uitgespaard.

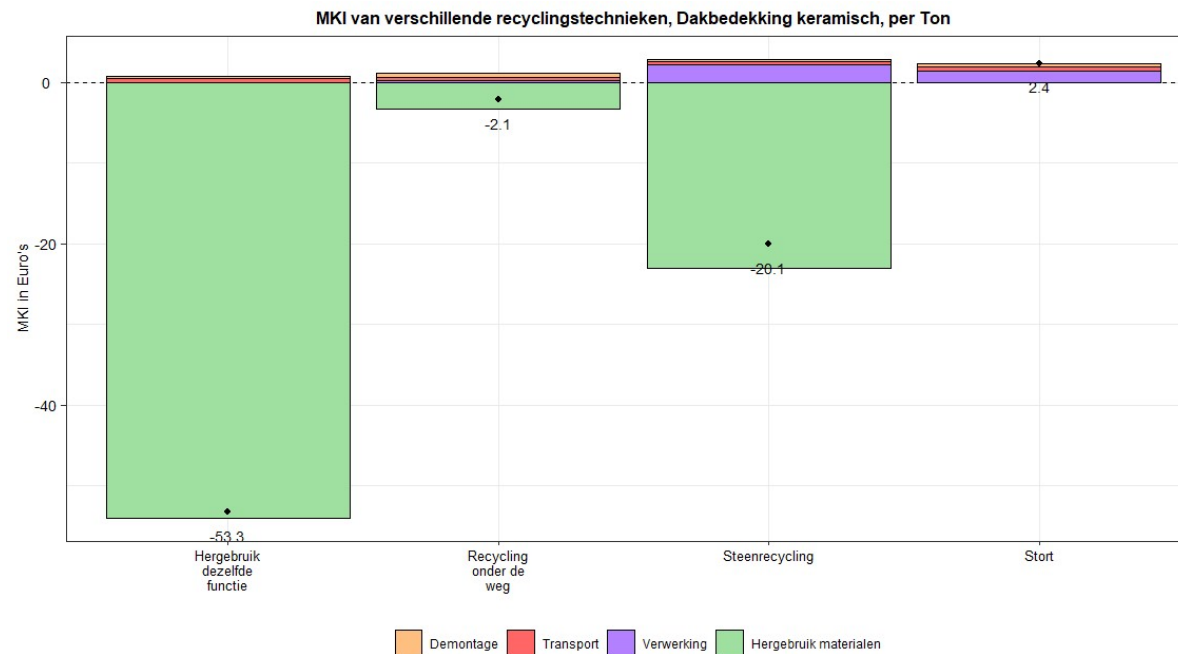
Resultaat milieu-impact:



10. Dakbedekking keramisch

- 1) Bij hergebruik wordt aangenomen dat de dakpannen worden ingezameld en volledig opnieuw kunnen worden hergebruikt. In de C3 zijn geen processen toegevoegd; er is vanuit gegaan dat de dakpannen met de hand worden schoongemaakt.
- 2) Bij steenrecycling wordt gebroken en gesorteerde baksteen extra fijn gemalen. Vervolgens wordt het baksteengruis opnieuw gebakken tot bakstenen. Door het fijnmalen is slechts 80% van de warmte nodig vergeleken met het bakken van baksteen uit klei. Er worden nieuwe bakstenen uitgespaard in module D; De gerecyclede bakstenen zouden 70% van het nieuwe klei kunnen vervangen in nieuwe bakstenen.
- 3) Bij recycling onder de weg wordt het materiaal gemalen en het granulaat gebruikt als fundering. Hiermee wordt primair zand en cement uitgespaard.
- 4) Bij stort wordt het materiaal begraven op een stortplaats. Hierbij wordt er geen materiaal uitgespaard.

Resultaat milieu-impact:



11. Dakbedekking bitumineus

- 1) Voor het hergebruik van het bitumen uit dakleer in nieuwe daken (roof2roof) of in wegen (roof2road), worden de oude dakbanen tweemaal versnipperd en éénmaal gezeefd. Hierdoor blijft een fijn gemalen materiaal over en kan het bitumen en de polymeren worden gescheiden van de rest van het materiaal. Het uitgespaarde product is een mix van de bitumen met de overgebleven polymeren. Er is aangenomen dat de bitumen uit het dakleer, samen met de polymeren (samen 50%) van het dakleer kan worden hergebruikt. Het uitgespaarde product is daarvoor koude bitumen. De rest van het materiaal wordt verwerkt als inert afval. Deze gerecyclede bitumen zou in de praktijk 30% van nieuwe bitumen in dakleer kunnen vervangen.
- 1) Bij stort wordt het materiaal begraven op een stortplaats. Hierbij wordt er geen materiaal uitgespaard.
- 2) Bij verbranding wordt het materiaal naar de vuilverbranding (AVR) gebracht en verbrandt. De energie die vrijkomt door de verbranding wordt deels opgevangen en gebruikt als restwarmte en elektriciteit, dit wordt in module D uitgespaard. Emissies vna de verbranding zijn in de C3 gemodelleerd.

