

Kwantitatieve LCA berekening van renovatie scenario's

Screening LCA van de eerste ontwerpvoorstellen

Seppe Van den Broeck, Matthias Buyle, Amaryllis Audenaert

18 december 2024



Interreg
Vlaanderen-Nederland



Gefinancierd door
de Europese Unie

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Verkennde studie over de materialisatie bij renovaties	4
2.1	Verkennde analyse isolatiematerialen	4
2.1.1	Goal & scope	5
2.1.2	Levenscycluseffecten beoordeling (LCIA)	5
2.1.3	Conclusie	7
2.1.4	verder onderzoek	7
2.2	Verkennde analyse buitenschrijnwerk	8
2.2.1	Goal & scope	8
2.2.2	Levenscycluseffecten beoordeling (LCIA)	8
2.2.3	conclusie	10
2.3	Verkennde analyse buitenschil afwerking	10
2.3.1	Goal & scope	10
2.3.2	Levenscycluseffecten beoordeling (LCIA)	11
2.3.3	conclusie	12
A	mid-point resultaten isolatie materialen	14

1 Inleiding

Om de en milieu-impact over de levensduur van verschillende strategieën ten opzichte van de referentiescenario kwantitatief te evalueren, is er een objectief en wetenschappelijk onderbouwde aanpak nodig. Binnen dit onderzoek wordt een levenscyclusanalyse (LCA) uitgewerkt binnen het Social Holistic Retrofit (SHR) project. Een LCA kan gedefinieerd worden als “*een verzameling en beoordeling van de input en output en de totale [milieu]impact van een productsysteem op zijn omgeving doorheen zijn volledige levenscyclus*” [1]. Cruciaal hierbij is dat een dergelijk systeem wordt beschreven op basis van een te leveren functie en niet zozeer door een (fysieke) eindproduct. Hierdoor kunnen zowel intrinsiek verschillen de producten als diensten met elkaar vergeleken worden, zolang ze maar dezelfde functie vervullen. Met andere woorden, LCA is een analytische methode om het milieuprofiel van producten en diensten te kwantificeren, vanaf de ontginning van grondstoffen tot en met de uiteindelijke afvalverwerking, recyclage en/of hergebruik.

Specifiek wordt er binnen SHR getracht om een antwoord te formuleren op de vraag: ‘*Wat is het meest efficiënte renovatiepad richting 2050, weg van fossiele brandstof en dit vanuit een sociaal-, economisch perspectief en milieuperspectief?*’. Op het vlak van het reduceren van de milieu-impact, de focus van WP6, en bij uitbreiding onze klimaatdoelstellingen te halen staat het vast dat we massaal afscheid moeten nemen van fossiele brandstof, ook voor het verwarmen van onze woningen. Enkel dit zal leiden tot het beoogde reduceren van onze CO₂-voetafdruk. Daarnaast moet er ook sterk worden ingezet op materiaal-efficiëntie, waarbij circulair bouwen een centrale rol speelt. De vraag rijst, wat is nu de impact van een diepgaande renovatie? Wat zijn de netto baten vanuit een levenscyclusperspectief? Heeft de meerkost aan materialen om het verlagen van energie verbruik altijd voordelen voor het milieu? Of is er een kantelpunt waar de bijkomende milieu impact van materialen niet opweegt tegen de verlaging in energie gebonden impacten.

2 Verkennende studie over de materialisatie bij renovaties

Om geïnformeerde keuzes te maken bij het ontwerpen van de renovatie scenario's en het totaal aantal optie te beperken, kunnen de gebouwelementen eerst op componentniveau vergeleken worden. Op deze manier kan er een selectie gemaakt worden van relevante materialen en componenten zonder duizenden combinaties te vergelijken.

2.1 Verkennende analyse isolatiematerialen

Isolatiematerialen maken een belangrijk deel uit van een energetische renovatie, echter zijn er een aanzienlijke hoeveelheid typen materialen beschikbaar. Eerst zullen de isolatie materialen onderling vergeleken worden, het is hierbij niet de bedoeling om een LCA-studie op gebouwniveau uit te voeren, maar eerder op component-niveau, specifiek voor de functie van isoleren. Dit hoofdstuk zal zowel de meest voorkomende als de innovatieve isolatiematerialen analyseren.¹

Het doel is om goed presterende isolatiematerialen te selecteren die verder worden onderzocht binnen de mogelijke renovatiescenario's. In Tabel 1 worden de isolatiematerialen weergegeven die in de studie zijn opgenomen.

materiaal	$\lambda[W/mK]$	$\rho[kg/m^3]$	naam
steenwol	0.038	n.a.	Knauf Insulation Smartroof
	0.035	45	Knauf Insulation ROCK4ALL
glaswol	0.034	n.a.	Knauf Insulation Tp 430kd
	0.035	n.a.	Knauf Insulation MULTIFIT 035
	0.032	31	Knauf Insulation NATUROLL 032
supafil	0.040	18	Knauf Insulation supafil
PIR	0.022	32	Utherm Floor LE
	0.022	32	Utherm Wall L
	0.022	32	Ussystem OS
	0.022	32	Utherm Roof LE
in situ gespoten PUR	0.027	36	Royaux ISOTRIE 240-S
EPS	0.032	17	Knauf EPS 032
	0.031	n.a.	ISOMOTHERM EPS 100 SE 20
XPS	0.033	37.5	sopra-xps-500
	0.034	30	EFYOS XPS WF 20mm
UF-schuim	0.035	12	Aminotherm ²
	0.035	14.1	Thermofoam
cellulose	0.038	45	iQ3 cellulose insulation
	0.039	45	Isocell
houtwol	0.041	145	Soprema pavatex isolair multi
vlas	0.035	120	Isovlas PN
katoen	0.039	20	Soprema Pavatextil P

Tabel 1: geanalyseerde isolatiematerialen

¹Vanwege het ontbreken van gegevens over de chemische samenstelling en LCI-data is er geen analyse uitgevoerd voor aerogel en hennepisolatie.

2.1.1 Goal & scope

Functionele eenheid:

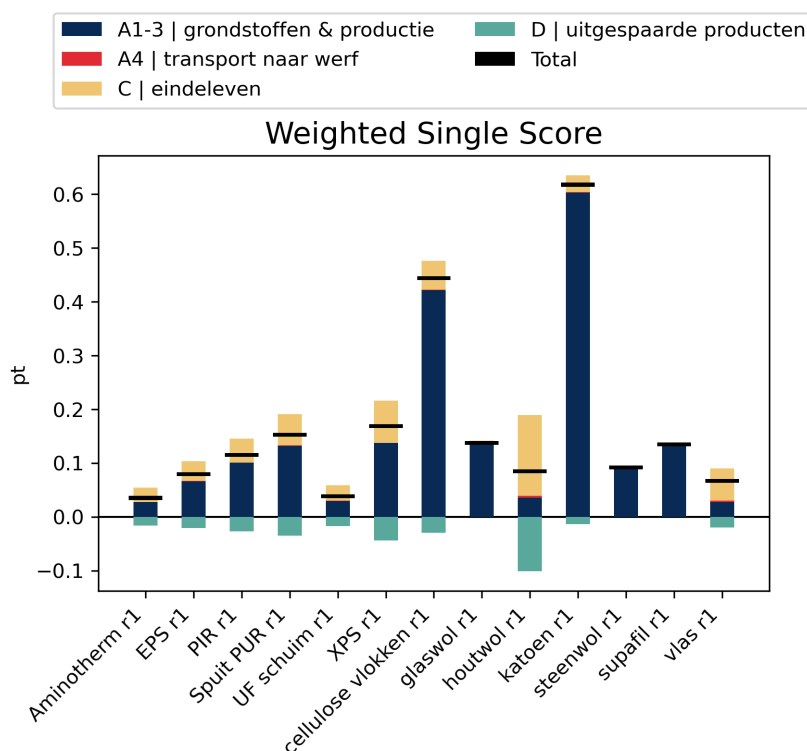
A: [isolatie materialen] 1m² muur isolatiemateriaal met een isolatiewaarde van R=1 m²K/W over een studieperiode van 40 jaar.

geanalyseerd scenario:

Voor deze eerste iteratie worden geen bijkomende scenario's geanalyseerd. Het basisscenario bestaat uit het isoleren van 1 m² muur met een isolatiewaarde van R=1 m²K/W. Deze keuze is gemaakt om ervoor te zorgen dat er geen verschil in warmteverlies optreedt tussen de isolatiematerialen, zodat de verschillen in verwarmingstechnieken hiervoor buiten beschouwing kan blijven. Er wordt aangenomen dat de er geen beperkingen zijn met betrekking tot de maximale isolatie dikte. Aan het einde van de levensduur worden de isolatiematerialen³ verwerkt volgens de scenario's zoals beschreven in TOTEM.

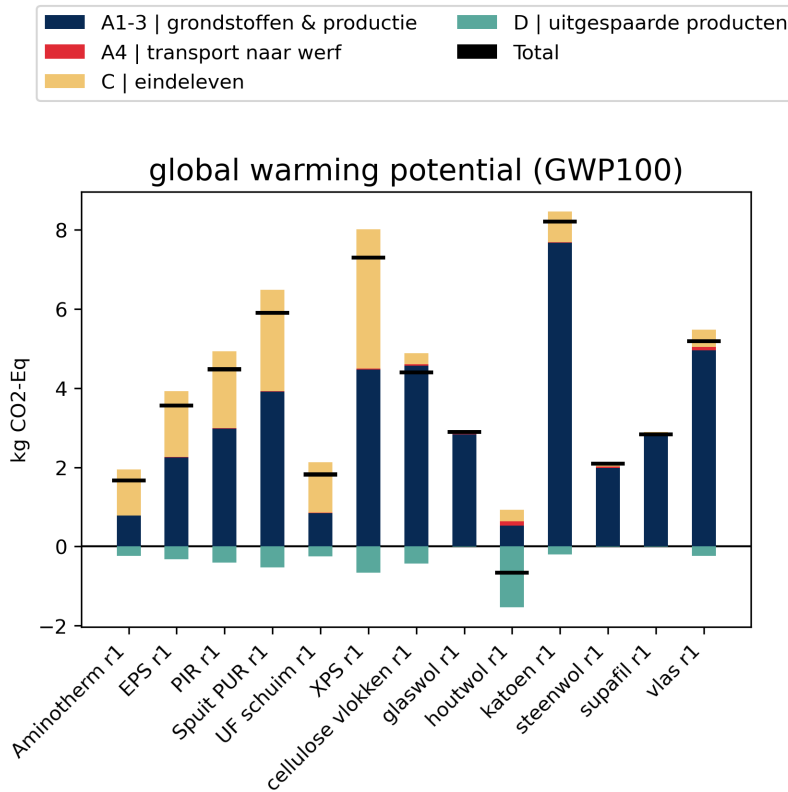
2.1.2 Levenscycluseffecten beoordeling (LCIA)

Hieronder worden de resultaten weergegeven van de levenscyclus effecten beoordeling.



Figuur 1: Single score impact van de geanalyseerde isolatie materialen met functionele eenheid: 1m² muur isolatiemateriaal met een isolatiewaarde van R=1 m²K/W over een studieperiode van 40 jaar.

³Specifieke bevestigingsmaterialen worden niet meegenomen in de analyse.



Figuur 2: broeikasgas uitstoot van de geanalyseerde isolatie materialen met functionele eenheid: 1m² muur isolatiemateriaal met een isolatiewaarde van R=1 m²K/W over een studieperiode van 40 jaar.

cellulose vlokken De hoge impact van cellulose vlokken isolatie in de gewogen score (Figuur 1) wordt voornamelijk veroorzaakt door het productieproces. Omdat gerecycled papier een krimpende markt kent met een inelastische vraag, leidt een afname in aanbod ertoe dat elders primaire grondstoffen worden ingezet. Binnen het Consequential LCA-model wordt verondersteld dat de productie volledig gebaseerd is op primaire grondstoffen, direct afkomstig uit de papierproductie, wat een aanzienlijk beslag legt op landoppervlakte (Bijlage A). Ook binnen de niet-geaggregeerde impactcategorieën heeft cellulose-isolatie een hoge uitstoot in vergelijking met andere isolatiematerialen in de onderzochte groep (Bijlage A).

XPS & EPS XPS-isolatie heeft een aanzienlijk grotere impact dan de EPS tegenhanger (Figuur 1), ondanks dat deze uit dezelfde basisstof bestaan. De voornaamste reden ligt hierbij de hogere massadichtheid van XPS ($\rho = 33.75\text{kg/m}^3$) en een gelijkaardige isolatiewaarde ($\lambda = 0.0335\text{W/mK}$) ten opzichte van EPS ($\rho = 17\text{kg/m}^3$, $\lambda = 0.0315\text{W/mK}$). Door de hogere densiteit is er dus een grotere massa XPS nodig om dezelfde warmteweerstand te bekomen. Een groot aandeel aan de gewogen score komt door de uitstoot van broeikasgassen (GWP) tijdens de verwerking op het einde van de levensduur (isolatiematerialen Figuur 2).

PIR & PUR PIR-isolatie platen en gespoten PUR lijken volgens de gewogen score in de middenklasse te zitten. Maar de broeikasgas uitstoot van PIR en PUR zijn respectievelijk de 2de en vierde hoogste in de onderzochte groep (Figuur 2). Ook bij water ecotoxiciteit (FETP), bodem ecotoxiciteit (TETP) en mariene eutrofiëring (MEP) scores beide slecht op (Bijlage A).

UF-schuim UF-schuim isolaties, waaronder Aminothersm ook valt, hebben algemeen een beperkte uitstoot binnen de onderzochte groep (Figuur 1). Al is de lambda waarde van UF-schuim ($\lambda = 0.035\text{W/mK}$) hoger dan alternatieven, door de lage massadichtheid van UF-schuim ($\rho = 13.05\text{kg/m}^3$) is er een beperkte hoeveelheid van dit isolatiemateriaal nodig.

Mineraal wol Mineraal wol isolatie varianten zoals; glaswol, steenwol en supafill (glaswol) zitten in de middenklasse van de onderzochte isolatiematerialen (Figuur 1). Het grootste aandeel komt

vanuit de productiefase. De impact van de eindeleven fase blijft eerder beperkt omwille van het inerte gedrag van de materialen.

houtwol Houtwol heeft als enigste onderzocht materiaal een negatieve global warming potential (Figuur 2). Dit is omwille van de opgenomen CO₂ tijdens de groeifase die de vrijgekomen CO₂ tijdens de verbranding op einde levensfase neutraliseert. Daarnaast wordt er energie in de vorm van warmte en elektriciteit opgewekt bij het verbranden, wat alternatieve opwekking substitueert. Echter is dit op grote schaal te nuanceren, aangezien de uitstoot van CO₂ ongeacht de herkomst voor klimaat opwarming zorgt, daarnaast zal bij toekomstige verbranding de opgewekte elektriciteit een andere en mogelijke groenere variant substitueren, wat minder voordelig is. Een diepgaander onderzoek is vereist om de uitgespaarde producten (energie en warmte opwekking) op het einde van levensduur op lange termijn te bepalen.

katoen Net zoals cellulose vlokken is katoen isolatie van gerecycleerd materiaal gemaakt. Door de het Consequential LCA model, moet er rekening gekeken worden met het aanbod van gerecycleerd katoen. Voor gerecycleerd katoen blijkt dit een beperkt aanbod te zijn, er is dus met primaire katoen productie gerekend. Dit leidt tot een zeer hoge impact zowel in het gewogen gemiddelde als bij global warming potential.

vlas ⁴ Ondanks de hoge broeikasgas uitstoot (Figuur 2) van vlas, is het gewogen gemiddelde het derde laagste. Doordat vlas als bijproduct veevoeder produceert worden de minst efficiënte voeder alternatieven uitgespaard. Dit verklaart de negatieve impact bij het landgebruik (Bijlage A). Het landgebruik heeft bij dit materiaal een grote invloed op het gewogen gemiddelde. Daarom dient er ook gekeken te worden naar de individuele impact categorieën, om geen vertekend beeld te krijgen.

2.1.3 Conclusie

Uit de LCA-studie is het duidelijk dat Cellulose vlokken en Katoen isolatie de hoogste productie impacten hebben. Door dat gerecycleerd papier en katoen een beperkt aanbod heeft wordt er dus vanuit gegaan dat elders primaire productie nodig is, om de effectieve mark vraag te beantwoorden. XPS is ook een te vermijden materiaal en wordt best enkel toegepast in situatie waar de technische eigenschappen van XPS echt nodig zijn (vochtige omgevingen). PIR en PUR moeten vermeden worden, met uitzondering wanneer er beperkingen zijn op de isolatiedikte. Vanwege hun lage warmtegeleiding is het mogelijk dat de energiebesparing groter is dan de toename in impact ten gevolgen van het isolatiemateriaal.

UF-schuimen, Aminotherm en houtwol worden over het algemeen beschouwd als de meest effectieve isolatiematerialen in termen van klimaatimpact. Vanwege hun hogere warmtegeleiding vereisen ze echter een grotere dikte, wat voldoende ruimte vereist. Voor UF-schuimen is het toepassingsgebied beperkter, met de nadruk voornamelijk op het na-isoleren van spouwmuuren. UF-schuimen vertonen ook een afname van de isolatiewaarde gedurende de levenscyclus als gevolg van scheurvorming. Houtwol heeft als technisch nadeel dat dit een brandbaar isolatiemateriaal is, waar zeker rekening met gehouden moet worden.

Alternatieven voor UF-schuim of Aminotherm op plaatsen waar deze niet toegepast kunnen worden, of als de technische eigenschappen niet gewenst zijn, zijn EPS en de mineraal wol varianten. Met elk zijn voor- en nadelen maar een gelijkaardige klimaat impact.

2.1.4 verder onderzoek

Na het selecteren van de mogelijke materialen in de scenario analyse van de gebouwschil zal er een diepgaand onderzoek worden uitgevoerd. Hierbij zal worden geëvalueerd: de mogelijkheden voor recycling en hergebruik scenario's aan het einde van de levensduur, de benodigde bevestigingsmaterialen, de invloed van de plaatsing van isolatie op de herbruikbaarheid van aangrenzende bouwlagen, en of bij

⁴De dichtheid en isolatiewaarde is afhankelijk van de isolatie dikte, dit maakt dat het wijzigen van de R-waarde in de functionele eenheid invloed heeft op de relatieve ranking van het isolatiemateriaal. De volgende bespreking is gebaseerd op de huidige functionele eenheid.

beperkte ruimte een isolatiemateriaal met een betere isolatiewaarde maar mogelijk minder duurzaamheid een geschikte keuze is.

2.2 Verkennende analyse buitenschrijnwerk

Om een milieubewuste keuzen te maken over het buiten schrijnwerk, is er een component analyse gemaakt van drie relevante buitenschrijnwerk materialen (Tabel 2). Ramen met deze materialen zijn geanalyseerd over de hele levenscyclus met een zelfde functionele eenheid.

gebouwdeel	opties
buitenschrijnwerk	PVC
	aluminium
	hout

Tabel 2: Geanalyseerde buitenschrijnwerk materialen

2.2.1 Goal & scope

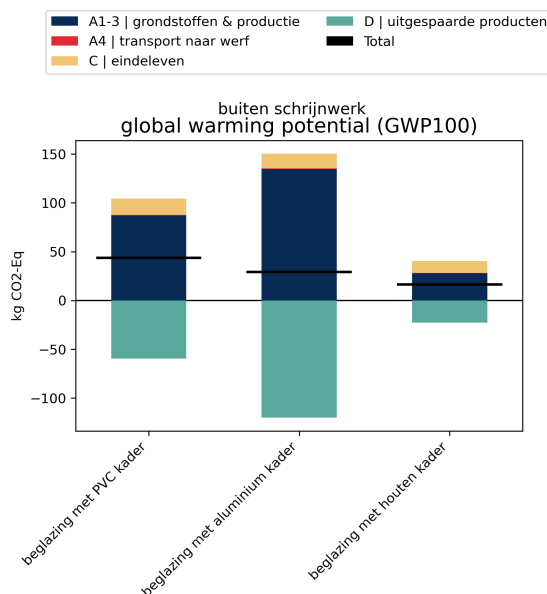
Functionele eenheid:

B: [buitenschrijnwerk] 1m² raamoppervlakte met buitenschrijnwerk waarvan isolatiewaarde van $U=1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ en beglazing waarvan isolatiewaarde van $U=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, over een studieriode van 20 jaar.

geanalyseerd scenario:

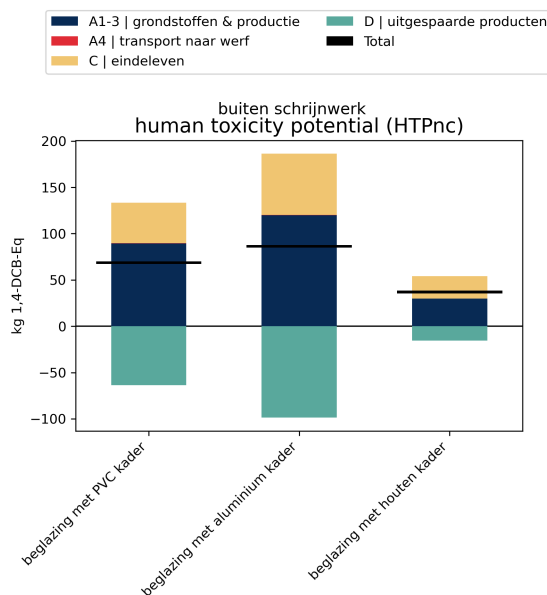
Voor deze eerste iteratie worden er geen verschillende scenario's geanalyseerd. Het basis scenario bestaat uit het plaatsen van 1m² beglazing met $U=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ voor het glas en $U=1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ voor de profielen, deze keuze is gemaakt zodat er geen verschil is in warmteverlies tussen de verschillende materialen en de benodigde energie hiervoor buiten beschouwing kan blijven. Met aanname dat de opbouw van de raamkaders niet voorgeschreven is. Specifieke bevestigingsmateriaal wordt buiten beschouwing gelaten. Op het einde van het leven worden de ramen verwerkt volgens de scenario's beschreven in EN 17213.

2.2.2 Levenscycluseffecten beoordeling (LCIA)

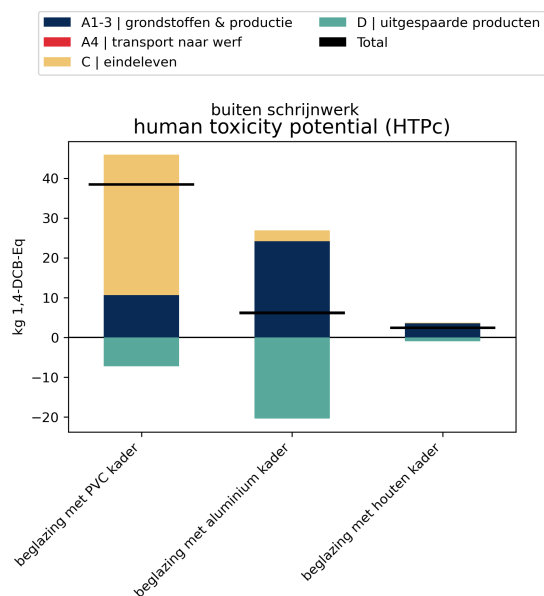


Figuur 3: broeikasgas uitstoot van de geanalyseerde ramen van 1m² met $u=1.5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Aluminium buitenschrijnwerk, heeft de hoogste productie CO₂-Eq uitstoot, met 2de hoogste totaal CO₂-Eq dankzij de recyclage van het aluminium. Voor Het recyclage proces van aluminium producten is in deze analyse is er van uitgegaan dat 95% van het aluminium gerecycleerd word met een materiaal efficiëntie⁵ van 99.1% heeft (Figuur 3). Houten buitenschrijnwerk heeft de laagste CO₂ uitstoot in deze analyse.



Figuur 4: toxiciteit voor de mensheid (niet kankerverwekkend) van de geanalyseerde ramen van 1m² met $u=1.5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Figuur 5: toxiciteit voor de mensheid (kankerverwekkend) van de geanalyseerde ramen van 1m² met $u=1.5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Figuur 4 toont de uitstoot van giftige, niet kanker verwekende, stoffen voor de mens en Figuur 5 van wel kankerverwekkende stoffen. Zowel PVC en aluminium kaders tonen hier een hogere impact.

⁵De recyclage van aluminium is afhankelijk van de hoeveelheid legeringselement.

Bij PVC-ramen is de uitstoot van niet kankerverwekkende stoffen te wijten aan de productie van de gebruikte stalen componenten in de kaders, deze componenten hebben daarnaast ook een hoge uitstoot van kankerverwekkende stoffen bij de verwerking op het einde van de levensduur. Bij aluminium ramen is de uitstoot van niet kanker verwekkende stoffen te wijten aan het verwerken van het aluminium op het einde leven.

2.2.3 conclusie

Over het algemeen heeft houten buitenschrijnwerk de laagste impact op het milieu en de mens over de verschillende impact categorieën. Bij aluminium ramen kan de totaal impact beperkt worden indien op einde levensduur de kader gerecycleerd wordt.

2.3 Verkennende analyse buitenschil afwerking

Naast Technische eisen zijn ook esthetische componenten onderzocht. Dit is belangrijk omdat sommige afwerkingen niet of slecht samen gaan met onderliggende technische lagen zoals isolatie. Een voorbeeld hiervan is dat sierpleister als gevelafwerking niet rechtstreeks toepasbaar is op een glaswol isolatie. Zowel gevel als hellende dak afwerking zijn onderzocht (Tabel 3).

gebouwdeel	opties
gevel afwerking	sierpleister gevelsysteem: IsoFinish gevelsysteem: Knauf 2H gevelsysteem: SFS
hellend dakafwerking	betonnen dakpan keramische dakpan natuur leien kunststof leien

Tabel 3: afwerking opties voor gevel en dak, (de drie gevelsystemen binnen de gevelafwerking categorie zijn voorzien van een vezelcement plaat)

2.3.1 Goal & scope

Functionele eenheid:

C: [afwerking gevel]1m² gevel afwerking, over een studiekeperiode van 40 jaar

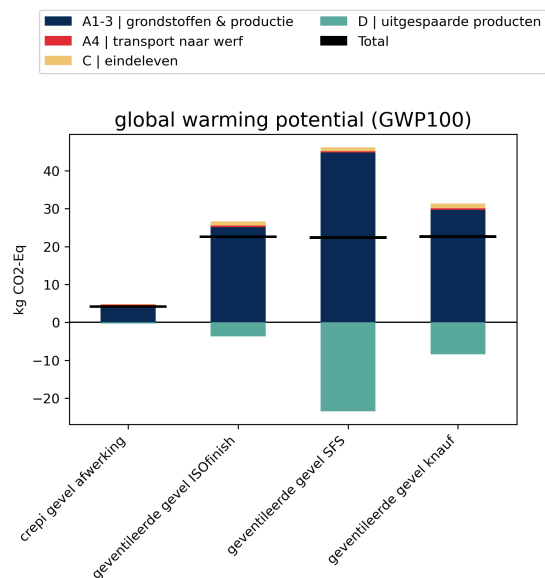
C: [afwerking hellend dak]1m² hellend dak afwerking, over een studiekeperiode van 40 jaar.

geanalyseerd scenario:

Voor deze eerste iteratie worden er geen verschillende scenario's geanalyseerd. Het basis scenario bestaat uit het plaatsen van 1m² afwerking. De afwerking wordt verondersteld geen of verwaarloosbare isolatiewaarde te hebben. Specifieke bevestigingsmateriaal zijn opgenomen in de analyse. Op het einde van het leven wordt de afwerking verwerkt volgens de scenario's beschreven in TOTEM.

2.3.2 Levenscycluseffecten beoordeling (LCIA)

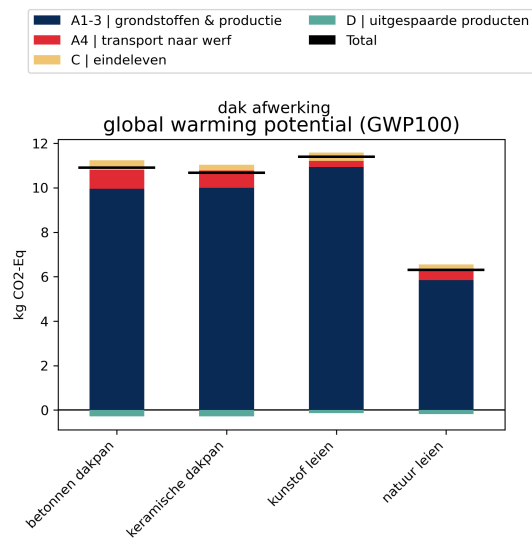
C: [afwerking gevel]



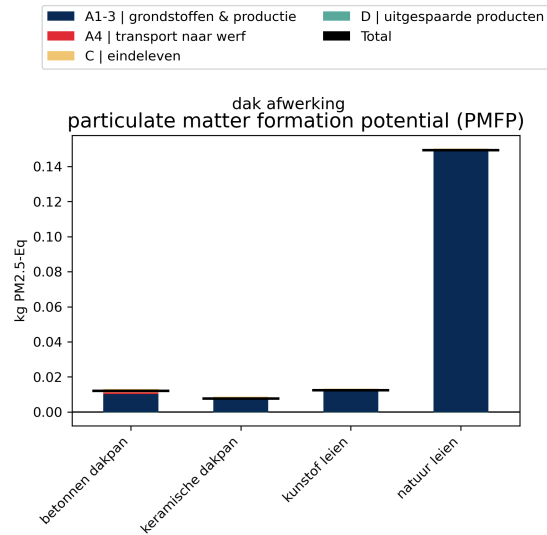
Figuur 6: broeikasgas uitstoot van de geanalyseerde gevelsystemen per m²

Figuur 6 toont aan een duidelijk lager broeikasgas uitstoot voor sierpleister afwerking. Onder de 3 geventileerde gevelsystemen heeft het gevel systeem van IsoFinish een lagere broeikasgas uitstoot dan de 2 andere alternatieven.

C: [afwerking hellend dak]



Figuur 7: broeikasgas uitstoot van de geanalyseerde dak afwerkingen per m²



Figuur 8: fijnstof uitstoot van de geanalyseerde dak afwerkingen per m²

Uit de broeikasgas uitstoot blijkt dat natuur leien de laagste impact hebben (Figuur 7). Maar de productie van deze natuur leien stoot beduidend meer fijnstof uit (Figuur 8) in vergelijking met de alternatieve opties. Betonnen dakpannen, keramische dakpannen en kunststof leien hebben een gelijkwaardige uitstoot, met keramische dakpannen juist de laagste impact.

2.3.3 conclusie

C: [afwerking gevel]

In eerste instantie is gebruik maken van een sierpleister afwerking de beste keuze op het vlak van productie, maar omwille van technisch redenen is dit enkel mogelijk op harde isolatie platen. Op ondergronden waar geen sierpleister kan gebruikt worden, kan er gewerkt worden met het geventileerd gevelsysteem van SFS voorzien van een cementvezelplaat.

C: [afwerking hellend dak]

Omwille van de buitensporige fijnstof uitstoot van natuur leien zijn keramische dakpannen, betonnen dakpannen of kunststof leien een beter optie.

Referenties

- [1] *ISO 14040 - Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework*. Standard. Geneva, CH: International Organization for Standardization, 2006.

A mid-point resultaten isolatie materialen

vergelijken renovatie scenario's

