

Naar Circulaire Energierenovatie

Sturen op milieu-impact bij energetische verduurzaming gebouwen

januari 2024



Colofon

Project	Circulaire energierenovaties
In afstemming met	TKI Bouw & Techniek en TKI Urban Energy
Subsidieverstrekker	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Datum	januari 2024
Samenwerkingsverband	



Inhoudsopgave

Samenvatting.....	2
Hoofdstuk 1. Het onderzoek.....	3
Hoofdstuk 2. Convenant.....	13
Hoofdstuk 3. Routekaart en actieplan.....	15
Deelnemende partijen.....	17
Bijlagen.....	19

Samenvatting

Hoewel het energetisch verduurzamen van de gebouwde omgeving bijdraagt aan de doelen van het Klimaatakkoord, worden er ook veel materialen gebruikt die ook een milieu-impact kennen – weliswaar veelal over onze landsgrenzen heen. Het Klimaatprobleem kent echter geen grenzen. Het circulair vormgeven van energierenovaties kan leiden tot een enorme milieuwinst.

In Nederland is veel aandacht voor materiaalgebonden CO₂-uitstoot van de nieuwbouw. Minder aandacht gaat op dit moment uit naar de uitstoot van de materialen die gebruikt worden voor het energetisch renoveren van gebouwen, terwijl deze uitstoot aanzienlijk is. Het is daarom van essentieel belang om niet alleen te focussen op energetische verduurzaming, maar ook op het terugdringen van de uitstoot van deze renovatieprojecten zelf.

De keuzes die worden gemaakt tijdens renovaties, zoals materiaalselectie, kunnen aanzienlijk bijdragen aan het verminderen van de impact van de renovaties. Uit het onderzoek blijkt dat de keuze voor circulaire materialen een reductiepotentie heeft van circa 27 - 41%. De keuze voor circulaire materialen en technieken heeft dus een

aanzienlijke positief effect op de impact van de renovatieopgave in Nederland.

Het afwegen van de uitstoot vanuit de productie van materialen en de uitstootreductie die dit oplevert door energiebesparing kan worden uitgedrukt in een zogenaamde CO₂ terugverdientijd. Uit dit onderzoek blijkt dat de CO₂ terugverdientijd van de gebruikte materialen bij woningrenovaties tussen de 2 en 7 jaar ligt. Zodra er biobased en hergebruikte materialen worden ingezet, daalt deze terugverdientijd met 2 jaar. De uitstoot door de productie van materialen wordt immers minder, waardoor de energierenovatie eerder tot CO₂-reductie leidt.

De ontwikkelde Kansenkaart in dit project laat zien dat de grootste kansen voor het toepassen van circulaire renovaties liggen bij:

- **Woningen**, aangezien deze het grootste aandeel in uitstoot met zich meebrengen bij renovaties. Tegelijkertijd brengt dit grote uitdagingen met zich mee, want met name koopwoningen zijn lastiger collectief te bereiken.
- **Installatietechniek**, en dan met name de verwarmingsinstallaties, aangezien deze bij de huidige manier van renoveren de meeste uitstoot met zich meebrengen. Interessant is dat bij een betere de energetische kwaliteit van de gebouwschil (met name betere isolatiewaarde), de impact van de

verwarmingsinstallatie ook lager wordt. Deze is immers minder nodig en met minder materiaal gemaakt worden.

Om de circulariteit van installatiesector te versterken is het wenselijk dat het huidige systeem van Uitgebreide Producentenverantwoordelijkheid (UPV) wordt herzien, blijkt uit dit onderzoek. Het huidige UPV systeem is nog teveel ingericht op inzameling en laagwaardige verwerking, terwijl een circulair ontwerp kan leiden tot ruim 60% milieu-impactreductie van installaties.

De gebundelde inzichten uit dit onderzoek laten zien dat circulaire energierenovaties lonen vanuit een milieutechnisch oogpunt. Hoewel vervolgonderzoek wenselijk is om het onderwerp circulaire energierenovaties verder te brengen, is kunnen opdrachtgevers direct aan de slag door bijvoorbeeld integrale afwegingskaders voor milieu-impact toe te passen bij het uitvragen en vormgeven van energierenovaties.

De eerste stap voorwaarts is het tekenen en verder verspreiden van het convenant. Dit moet leiden tot een kopgroep van opdrachtgevers en experts die de aankomende periode gaan werken aan het verder verdiepen en versterken van de rekenmethodieken en inzichten die nodig zijn om circulaire energierenovaties verder tot uitvoering te brengen. Het wenselijke eindbeeld is dat ook renovatieprojecten streefwaarden gaan kennen voor milieu-impact.

Hoofdstuk 1. Het onderzoek

Aanleiding en doelstelling

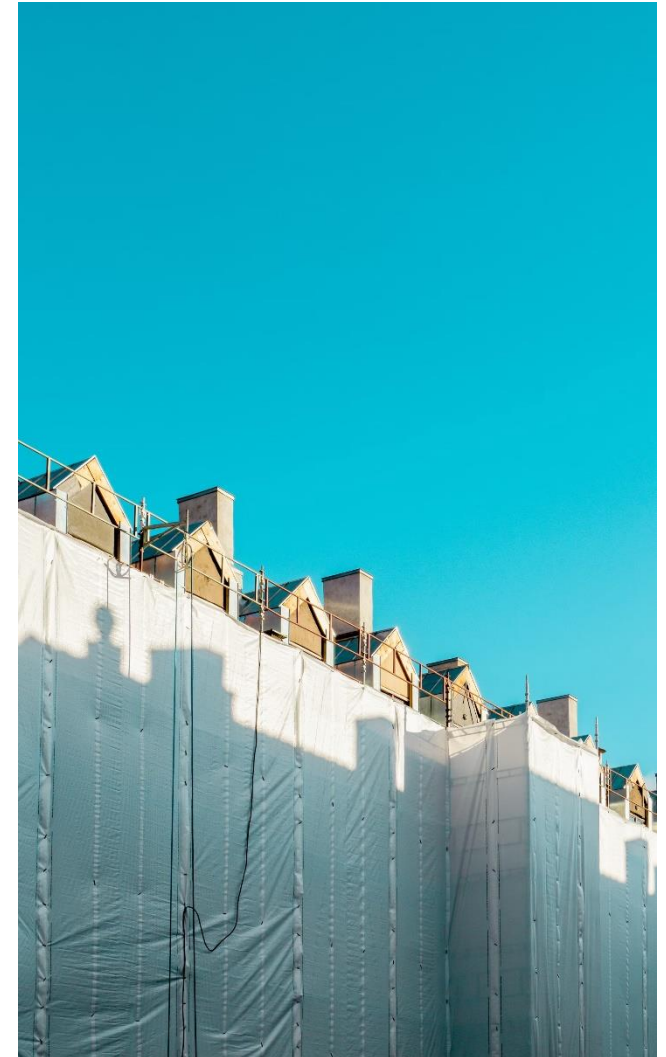
In de afgelopen decennia is er veel aandacht geweest voor het verduurzamen van de gebouwde omgeving. Hierbij lag de nadruk op de energetische verduurzaming: isoleren, duurzame opwek, opslag van energie en het slim uitwisselen en benutten van duurzame energiebronnen. Ook de aankomende jaren zullen we de bestaande gebouwen verder gaan verduurzamen vanuit energetisch oogpunt. Met de energetische verduurzaming willen we de CO₂-uitstoot die wordt veroorzaakt door het gebruik van gebouwen in Nederland terugdringen. Tegelijkertijd hebben de bouwactiviteiten en materialen die nodig zijn voor deze 'energieinnovaties' ook een significante impact op ons milieu. In het belang van onze klimaatdoelstellingen is het van belang om de integrale milieubelasting van de energetische verduurzaming te minimaliseren en niet alleen te kijken naar de CO₂-uitstoot tijdens de gebruiksfase. Dit kan door principes van circulariteit toe te passen bij energieinnovaties.

Dit project heeft in kaart gebracht welke energieinnovaties kansrijk zijn om met een circulaire aanpak de milieu-impact van onze

gebouwen, gebruiks- en bouwactiviteiten verder terug te brengen.

Allereerst is gekeken naar kansrijke type gebouwen in de bouw - zowel naar de omvang van de verduurzamingsopgave als naar toegepaste type energieinnovaties. Daarbij is tevens onderzocht in hoeverre deze ook circulair aangepakt kunnen worden, en wat de milieuwinst daarvan is. De resulterende kanskaart vormt de basis voor een innovatieagenda, die vervolgens met partijen aan de vraagzijde (vastgoedeigenaren en -beheerders) en aanbodzijde (de bouw- en installatiesector) is vertaald in een convenant, waarbij concrete acties op basis van hun beoogde impact worden voorgesteld. Door afspraken te maken met de vraagzijde en aanbodzijde over de milieu-impact van energetische verduurzaming van gebouwen worden de randvoorwaarden geschapen om circulariteit integraal mee te nemen in het ontwerp van nieuwe producten en diensten.

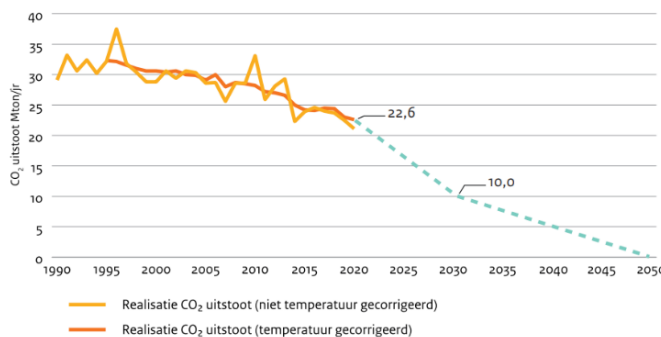
In dit document worden eerst de resultaten van het onderzoek samengevat. Naast mogelijke convenant, n.a.v. gesprekken met marktpartijen, wordt een routekaart weergegeven voor stappen na dit project om te komen tot integrale afwegingen bij circulaire energieinnovaties in de praktijk. In de bijlages zijn de complete onderzoeksrapportages te vinden.



Bevindingen

De urgentie en noodzaak van energetisch verduurzamen

Het Klimaatakkoord van Parijs is helder: wereldwijd moet de uitstoot snel omlaag. De gebouwde omgeving is verantwoordelijk voor 39%¹ van de wereldwijde uitstoot. De noodzakelijke en aanzienlijke verlaging van de uitstoot in de gebouwde omgeving kan alleen worden verminderd als zowel de uitstoot van de geleverde energie als de energiebehoefte voor verwarming snel en drastisch worden verlaagd². Voor dit laatste wordt stevig ingezet op de energetische renovatie van bestaande gebouwen.



Figuur 1. Indicatieve opgave van restemissies voor gebouwde omgeving (RVO, 2022)

¹ Bringing embodied carbon upfront (WGBC, 2019),

De benodigde materialen voor energierenovaties hebben ook een grote impact

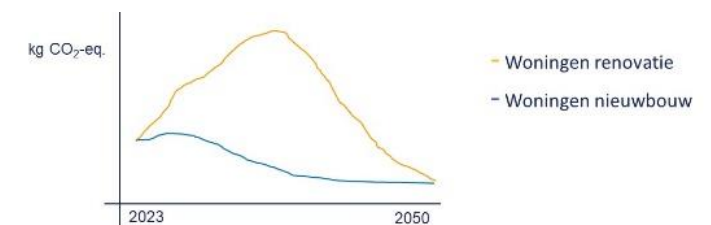
De uitstoot door toedoen van de gebouwde omgeving in Nederland stopt echter niet bij de landgrenzen. Met name de materialen die nodig zijn voor renovaties, hebben ook klimaatimpact bij de winning, de productie en het vervoer ervan. De uitstoot van de productie van bouwmaterialen en gebouwen is dan ook bijna even hoog als de uitstoot van de verwarming van gebouwen (11 versus 12 procent)³.

Er is een mismatch in aandacht, want voor nieuwbouw wordt, op gebouwniveau met de Milieu Prestatie Gebouwen (MPG), al gekeken naar de milieu-impact in een groot deel van de (toelever)keten, en zijn er grenswaarden vastgesteld. Alleen voor renovaties bestaan hier nog geen regels, normen of (gangbare) methodieken voor, terwijl de totale milieu-impact van renovatie- en verbouwactiviteiten vele malen hoger is dan de totale milieu-impact van (geplande) nieuwbouwactiviteiten. Een uniforme sturingsmethodiek voor renovatie- en verbouw is onvermijdelijk, echter is lastig te implementeren door gefragmenteerd eigendom.

² Programma Versnelling Verduurzaming Gebouwde Omgeving (RVO, 2022)

Krachtig gaan sturen op de integrale milieu-impact van energierenovaties is noodzakelijk om de klimaatdoelstelling te halen

Het is van essentieel belang om niet alleen te focussen op energetische verduurzaming, maar ook op de impact van renovatieprojecten zelf. De keuzes die worden gemaakt tijdens renovaties, zoals materiaalselectie, kunnen aanzienlijk bijdragen aan het verminderen van deze impact. Zonder gerichte sturing zal dit niet vanzelf gaan en wordt de uitstoot die gecompenseerd wordt door de energetische verduurzaming deels teniet gedaan.



Figuur 2. De totale milieu-impact van renovatie- en verbouwactiviteiten zijn vele malen hoger dan de totale milieu-impact van (geplande) nieuwbouwactiviteiten.

³ Klimaat en Energieverkenning (PBL, 2022) & Achtergrondrapport Paris Proof Materiaalgebonden (NIBE, 2022)

Deel 1: De kansen voor circulair aanpakken van energierenovaties zijn in kaart gebracht

Allereerst is in dit project door middel van verschillende (scenario)analyses in kaart gebracht welke energierenovaties kansrijk zijn om met een circulaire aanpak de milieu-impact van onze bestaande gebouwen, gebruiks- en bouwactiviteiten verder terug te brengen. Op basis van data uit WoON2018 (woningen) en de energielabeldatabase (utiliteitsgebouwen) is de omvang en de energetische kwaliteit van bouwdelen en installatietypen van de Nederlandse bouwvoorraad in kaart gebracht. Er zijn drie scenario's voor energierenovatie doorgerekend, waarbij de materiaalgebonden uitstoot in CO₂eq-emissie (*global warming potential*, GWP) en de milieukostenindicator (MKI) van de renovatie-ingrepen is berekend. De drie scenario's zijn renovatie naar de 'standaard', naar nieuwbouwniveau en naar een 'plus'-niveau. De milieubelasting is per bouwdeel, installatie, bouwtype en als totaal berekend.

Uitkomst 1.1: Hoe beter de renovatie, hoe hoger milieu-impact!

- **Met een potentiële uitstoot van 75 tot 130 Mton CO₂eq is de potentiële milieu-impact van energierenovaties reusachtig.** Vanuit de verschillende scenario's variërend van orde grootte € 7.800 tot 14.000 (MKI x10⁶) en 75-130 Mton CO₂eq (GWP) (55 tot 95 kg

CO₂eq per m² BVO) afhankelijk van de energetische kwaliteit van de renovaties. De milieukosten berekening is gebaseerd op dit moment beschikbare data uit de Nationale Milieudatabase. PV-panelen zijn er in deze analyse buiten gelaten, omdat deze niet direct met de energiehuishouding van gebouwen te maken hebben en min of meer 'los' kunnen worden toegepast

- **De impact van de jaarlijkse woningniewbouw is tot wel 34 keer lager dan de totale potentiële impact van energierenovaties.** De totale CO₂eq-emissie van de Nederlandse woningniewbouw in 2021 was 3,8 Mton CO₂eq.
- **Als de energetische kwaliteit van de renovatie verbetert neemt ook de milieu-impact van de materialen sterk toe,** maar wel een ander zwaartepunt. Wat aantoont dat er meer aandacht moet worden besteed aan de keuzes die worden gemaakt zowel op energetisch als materiaalvlak. Interessant hieraan is dat bij een verbeterde energetische kwaliteit, de milieu-impact over meerdere categorieën verspreid wordt, in plaats van dat deze impact met name uit het toevoegen van installaties komt. Dit laat nog sterker zien dat er integraal gekeken moet worden naar welke materialen worden gebruikt, in welke verhouding dit gebeurt en wat dit energetisch oplevert.

Uitkomst 1.2: Het kiezen voor circulaire energierenovaties kan tot aanzienlijke uitstootreductie leiden

Door een traditionele renovatie aanpak te vergelijken met een circulaire renovatie wordt zichtbaar waar de kansen liggen om energierenovaties ook circulair uit te voeren en wat voor effect dit heeft op de milieu-impact van deze renovaties.

- **Met circulaire materialen en technieken kan de milieu-impact van energierenovaties verlaagd worden tot wel 41%.** Het positieve effect van circulaire ingrepen is breed zichtbaar in 27 tot 37% reductie voor de MKI en 28 tot 41% reductie voor het GWP. De kansen liggen met name bij circulaire materialen (zoals hergebruikte, gerecyclede of biobased materialen).

Uitkomst 1.3: Vooral bij de renovatie van woningen liggen veel kansen

Dit vormt meteen ook een grote uitdaging. In bijlage 1 staat een overzicht van de reductiepotenties per gebruiksfuncties en bouwdelen.

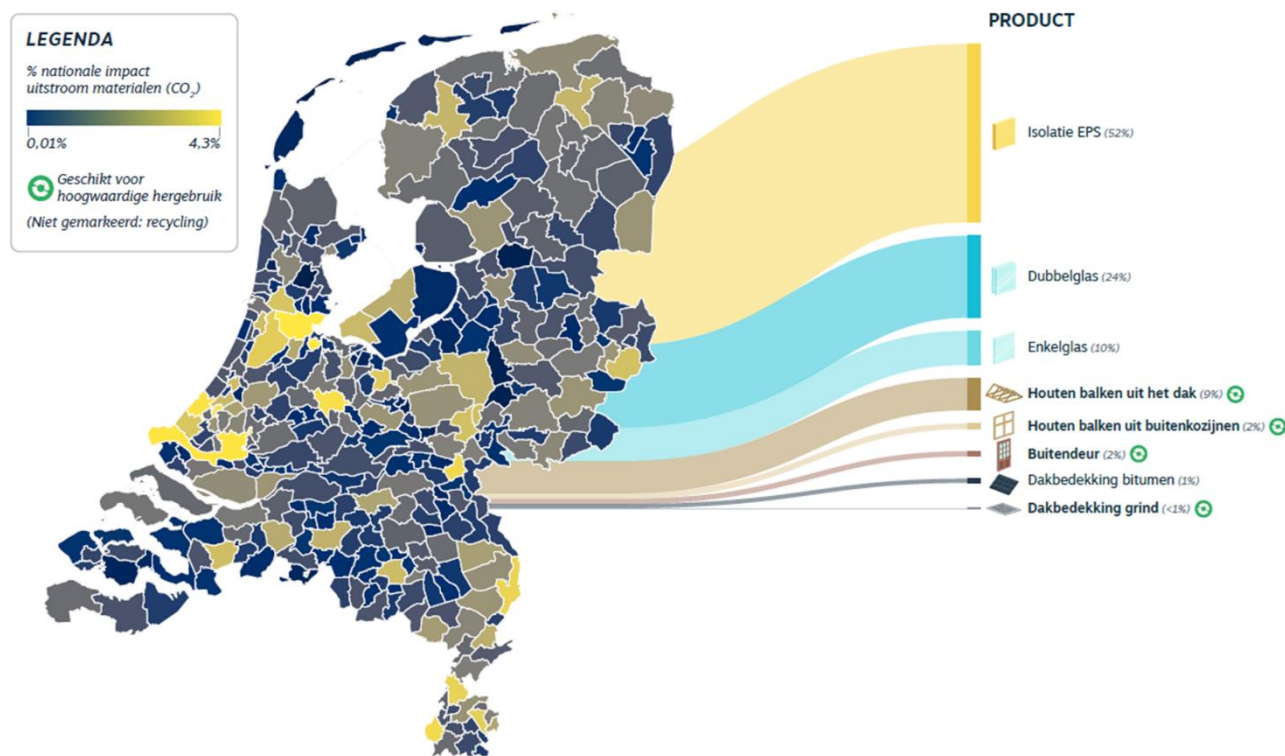
- De grootste kans ligt bij het circulair renoveren van koopwoningen, die in een standaard scenario 54% van de CO₂-impact van energierenovaties vertegenwoordigen.

Koopwoningen zijn echter lastiger (collectief) te bereiken. Huiseigenaren voeren namelijk vaak individueel (of met een kleine groep eigenaren verbonden in een VvE) de renovaties door.

- **Ook bij huurwoningen met 26% van de CO₂-impact ligt een groot aandeel van de impact.** Bij huurwoningen liggen meer kansen voor een collectieve aanpak; met name woningcorporaties en institutionele beleggers zien een aangrijpingspunten om energierenovaties met minder uitstoot en circulair uit te voeren.
- **Beschikbaarheid en aanbod circulaire materialen is een aandachtspunt.** Voor alle gebruiksfuncties en bouwdeelen geldt dat circulaire materialen en technieken wel toegankelijk moeten zijn. Er zijn meer circulaire producten en diensten nodig en makkelijk te binnen bereik zijn voor de gebouweigenaar. Dit is relevant voor de huiseigenaar die milieuvriendelijk wil renoveren, maar ook voor de aannemers die buiten de randstad op zoek zijn naar hergebruikte materialen.

Uitkomst 1.4: Geografisch zijn er ook gebieden met meer kansen voor circulaire energierenovaties:

- **De gemeenten Amsterdam, Rotterdam Den Haag, Utrecht zorgen samen voor 11% van de materiaalgebonden CO₂-emissies** (A1-A3) van uitstromende materialen en daarmee



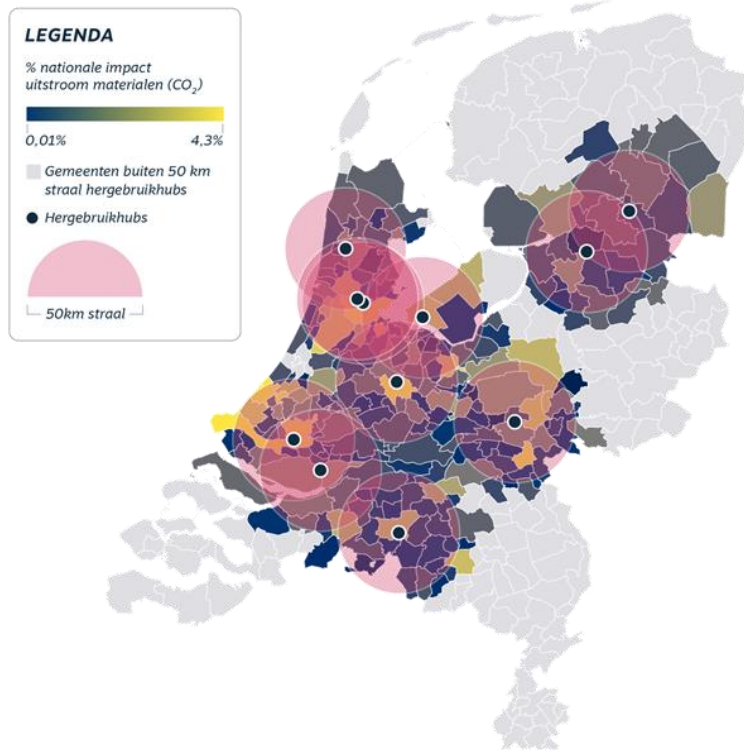
Figuur 3. Potentie van hoogwaardig hergebruik van vrijkomende materialen in het plus scenario

zit 11% van de *urban mining* potentie in deze grote steden (Figuur 3).

- **62% van de uitkomende producten kunnen al 'gevangen' worden in bestaande hergebruik hubs** (figuur 4). Wanneer om de bestaande hus een radius van 50km omheen wordt gezet Zien we dat de bestaande infrastructuur tot een hoog percentage van hergebruik kan leiden.

Uitkomst 1.5: Bij verwarmingsinstallaties kan veel uitstoot bespaard worden in de keuze voor circulaire materialen en technieken.

- **Van de verschillende renovatie onderdelen heeft de installatietechniek de grootste impact, 67% van de uitstoot.** Het gaat hier met name om de verwarmingsinstallaties die met 46 Mton CO₂eq de lijst aanvoert. Met



Figuur 4. Bestaande hergebruik hubs kunnen tot wel 62% van vrijkomende materialen opvangen

circulaire materialen en technieken kan dit met 30% verlaagd worden.

- **De energetische kwaliteit (isolatiewaarde) van de gebouwschil bepaald ook in grote mate de impact van de verwarmingsinstallatie.** Hoe beter de isolatieschil, hoe lager de potentiële impact van de verwarmingsinstallatie. Deze is immers minder nodig (en kan bijvoorbeeld kleiner met minder materiaal).

Conclusie deel 1: Om energiebesparingen te realiseren, veroorzaken de materialen die nodig zijn bij energierenovaties nu direct en vooraf eerst een hoge milieu-impact. Door circulaire materialen toe te passen kan deze milieu-impact tot wel 37-41% verlaagd worden. Alleen doordat het grootste deel van deze impact bij koopwoningen ligt zal er gekeken moeten worden hoe deze doelgroep het beste bereikt kan worden. Grootschalige beschikbaarheid en toegankelijkheid van circulaire materialen zal hierbij een essentiële stap zijn. Met name in de randstad zijn er veel kansen voor het hergebruik van vrijkomend bouw materiaal.

Bij de renovatie ingrepen veroorzaakt de installatietechniek de meeste negatieve impact. De beste manier om deze milieu-impact te verlagen is beter energetisch renoveren (gebouwschil). Dit laat zien dat een integrale benadering bij energierenovaties noodzakelijk is. De milieuwinst van energiebesparing afwegen tegen de milieu-impact van de gebruikte materialen.

De opgestelde kansenkaart vanuit dit onderzoek is vooral bruikbaar om op macroschaal te monitoren (totale milieu-impact, milieuwinst doorrekenen van circulaire ingrepen en verschuivingen in grote typologieën). Voor afwegingen bij specifieke bouwwerken of op vastgoed portofolio-niveau kunnen de huidige rekeninstrumenten (MPG) de milieu-impact van renovaties ook berekenen.

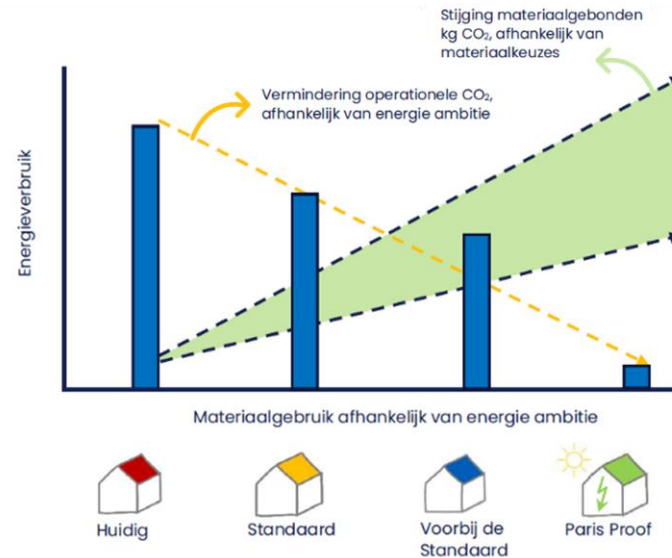
Deel 2: Integrale beoordeling van energierenovaties door te kijken naar de CO₂ terugverdientijd

De circulaire kansenkaart heeft het inzicht geboden dat het circulair renoveren van (koop- en huur)woningen veel kansen biedt in termen van het verlagen van de milieu-impact. Tijdens de kwartiermarkersfase is daarnaast gebleken dat veel woningcorporaties graag aan de slag willen met het verlagen van de milieu-impact van de gebruikte materialen voor hun energetische renovaties, maar dat ze niet weten hoe. Daarom is er gewerkt aan het maken van een eenvoudig sturingsmiddel waarmee o.a. corporaties richting kunnen geven aan de meest duurzame ingreep.

Om te komen tot een integrale afweging is, in lijn met bestaande rekenmethodieken, de uitstoot van de gebruikte renovatiematerialen afgezet tegen de reductie die deze renovaties opleveren. Op basis van de CO₂ terugverdientijd en MEPG van de gebruikte materialen kan de milieu-impact van de materialen afgezet worden tegen de milieu winst van de behaalde energiebesparing.

De CO₂ terugverdientijd en MEPG is voor een tweetal woningarchetypes (rijtjeswoning en appartement) berekend met verschillende energetische renovatieniveaus. Door traditionele, hernieuwbare en circulaire materialen (zie figuur 5) te vergelijken op milieu-impact wordt integraal de

balans opgemaakt hoe de milieu-impact op zowel op korte en lange termijn verlaagd kan worden.



Figuur 5. Schematische weergave energieverbruik en materiaalgebruik per energie ambitie

Uitkomst 2.1: Het inzetten van hernieuwbare en circulaire materialen bij (energie-)renovaties verlaagt de milieu-impact aanzienlijk

- **De CO₂ terugverdientijd van de gebruikte materialen ligt tussen de 2 en 7 jaar.** In deze indicator zijn de uitstoot vanuit de productie van materialen en de uitstootreductie die dit oplevert door energiebesparing tegen elkaar afgezet. Dit betekent dat de besparing die de

renovatie oplevert (in reductie van energieverbruik), in ieder geval de eerste twee jaar teniet wordt gedaan door de uitstoot die heeft plaatsgevonden voor het produceren van de materialen. Renovaties leveren dus na 2 tot 7 jaar pas uitstootreductie op en zorgen vooral op korte termijn (wanneer de productie plaatsvindt) voor extra uitstoot.

- **Het inzetten van hernieuwbare en hergebruikte materialen zorgt ervoor dat de terugverdientijd tot wel met 2 jaar afneemt.** De uitstoot op korte termijn door de productie van materialen wordt minder bij circulaire materialen, waardoor de totale uitstoot van de gebouwde omgeving daalt ten opzichte van het gebruik van standaard materialen. Er wordt immers energie bespaard in de gebouwen met een verminderde uitstoot aan de voorkant.

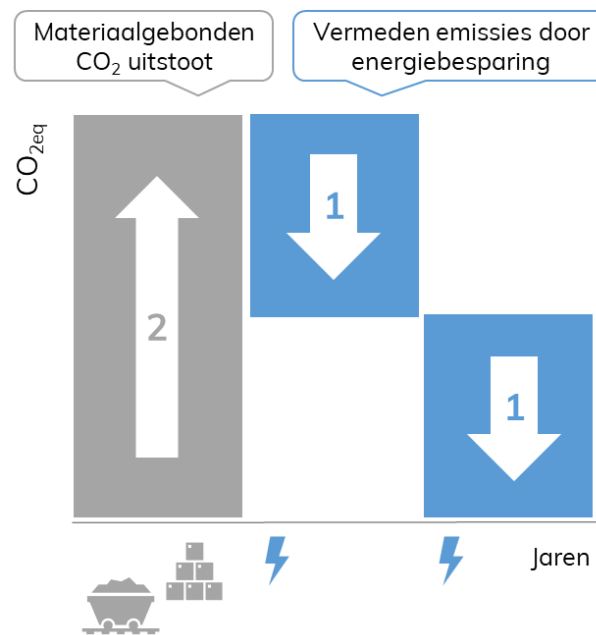
Uitkomst 2.2: Alleen met een integrale afweging kan een energierenovatie volledig beoordeeld worden

Het toepassen van een integrale methodiek voorafgaand aan het uitvoeren van een renovatie zorgt ervoor dat de juiste systeemkeuzes en materiaalselecties gemaakt kunnen worden bij de renovatie. Met dit perspectief kunnen opdrachtgevers en uitvoerende bedrijven de uitstoot integraal (op korte en lange termijn

afgewogen) zo veel mogelijk reduceren. De verschillende renovatie ingrepen hebben door de verschillende typen materialen allemaal een andere milieu-impact verloop.

- **Installatietechnische ingrepen leiden snel tot uitstootreductie**, dit komt doordat het aardgasvrij maken van een gebouw of woning direct leidt tot een verbetering, door bijvoorbeeld het toepassen van een warmtepomp. Echter gaan deze installatietechnische ingrepen ook gepaard met een hoge milieu-impact aan de voorkant. Naast dat de installatie een beperkte levensduur heeft, kan deze ook niet los worden gezien van andere energiebesparende maatregelen die nodig zijn om dit energetisch mogelijk te maken.
- **Door gelijktijdig te isoleren is de energiebesparingspotentie van de toepassing van een warmtepomp veel groter**. Bijvoorbeeld een gebouwschilrenovatie vraagt om materialen met een langere terugverdientijd. Deze materialen stoten bij de productie wel veel CO₂ uit, echter zorgen deze materialen er wel voor dat gebouwen op de lange termijn energie besparen.
- **Zowel de CO₂ terugverdientijd als de MEPG zijn bruikbare sturingsinstrumenten voor opdrachtgevers**. Op gebouwniveau geeft de CO₂ terugverdientijd een goed beeld hoe de

snel energierenovatie leidt tot CO₂ reductie. Opdrachtgevers en gebouweigenaren kunnen nu direct al vragen om de CO₂ terugverdientijd te berekenen (op basis van bestaande rekeninstrumenten) voor de renovaties die zij initiëren. Met een MEPG berekening kan er ook gekeken worden naar de bredere milieu-impact (naast CO₂). De MEPG laat een integraal beeld van zien van de milieuwinst van energierenovatie. De MEPG methodiek is alleen nog in ontwikkeling en zal op termijn ook beschikbaar zijn in de rekeninstrumenten.



Figuur 6. Afweging tussen materiaalgebonden uitstoot en energiebesparing

Conclusie deel 2: Een integrale benadering is van belang om op de korte (milieu-impact van gebruikte materialen) en lange (milieuwinst van energierenovatie) termijn de milieu-impact te reduceren van energierenovaties. De CO₂ terugverdientijd en MEPG berekening laten zien dat met circulaire maatregelen, het ecologisch rendement hand in hand gaat met de financiële terugverdientijd van energierenovaties. De milieuwinst van energetische renovaties wordt voor een groot gedeelte bepaald door de milieu-impact van installatietechniek. De installatietechnieketen zal om de integrale milieuwinst te verlagen, op korte termijn nog grote stappen moeten gaan zetten.

Deel 3: Uitgebreide producenten verantwoordelijkheid (UPV) om circulaire klimaatinstallaties mogelijk te maken

(Klimaat)installaties hebben veel materiaalgebonden milieu-impact. Momenteel ontbreekt echter voldoende economische prikkel voor actoren in de installatietechnische keten om daadwerkelijk te investeren in circulaire oplossingen.

Om te beoordelen hoe de milieu-impact van installaties verbeterd kan worden is er onderzoek gedaan naar de grootste potentiële impact van klimaatinstallaties. Doormiddel interviews en gesprekken worden circulaire kansen voor de installatieketen geïdentificeerd. De rol van het UPV en de factoren die van invloed zijn op de circulariteit van de installatieketen is onderzocht.

Vanuit een analyse van de bestaande gebouwvoorraad en de installaties in deze gebouwen worden kansrijke en impactvolle installaties geïdentificeerd (warmtepompen en

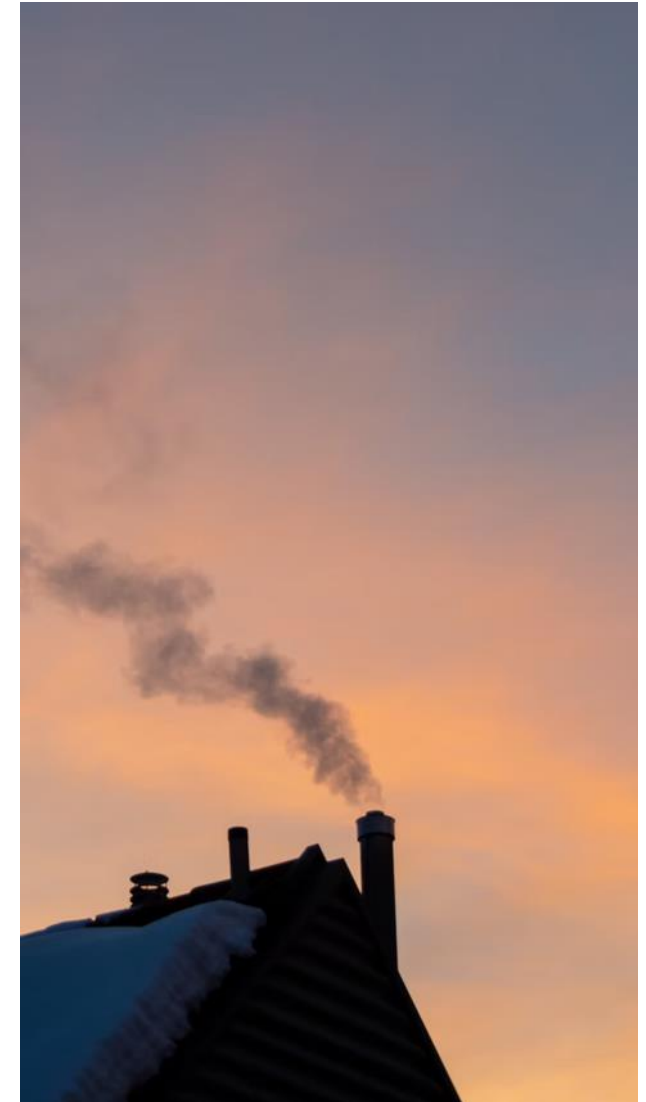
ventilatiesystemen). De milieu-impact van verschillende scenario's voor een circulaire keten zijn getoetst en berekend (MKI, GWP). Het is cruciaal dat het UPV ingezet wordt als instrument om de potentiële milieuwinst ook daadwerkelijk te gaan realiseren.

Uitkomst 3.1: Circulaire materialen en ontwerp dragen beiden bij aan het verlagen van de milieu-impact van installatietechniek.

- **60-80% van de milieu-impact van installaties liggen in de productiefase.** Sturen op de productiefase van installatietechniek is daarom van essentieel belang, Distributie is hierbij verwaarloosbaar.
- **Circulaire ontwerpkeuzes over de gehele levenscyclus kunnen leiden tot wel 63-78% milieuwinst.** In de huidige keten is beperkt impact te realiseren, door fundamenteel herontwerp kan de uitstoot vanaf de productiefase leiden tot een aanzienlijke reductie (zie figuur 7).

Strategie	Impact op installatiecomponent
Verbeterde recycling	6 - 7 % reductie
Levensduur verlengend onderhoud	23 - 28% reductie
Hogere R-strategie einde leven	30 - 41% reductie
Circulair ontwerp gehele cyclus	63 - 78% reductie

Figuur 7. Circulaire strategieën voor klimaatinstallaties



Uitkomst 3.2: Het huidige UPV instrument is vooral gericht op recycling en wordt daarmee suboptimaal ingezet om circulaire installaties te bevorderen.

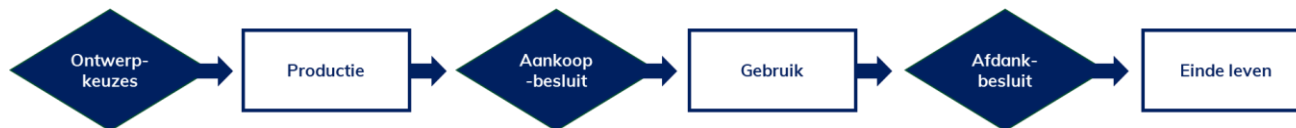
UPV is hét instrument om over de gehele levenscyclus van installatietechniek de milieu-impact te verkleinen. Dit wordt echter nog niet optimaal ingezet, omdat het zich nog te weinig richt op de ontwerp en productie van de installaties.

Uit de analyse blijkt dat het huidige UPV systeem suboptimaal werkt. Wel zijn er per uitdaging ook concrete verbeterpunten signaleerd. Deze worden hieronder kort samengevat:

Uitdaging 1: het huidige systeem loopt achter op de nieuwe definities van duurzaamheid en circulariteit.

- Verbeterpunt: **stel doelstellingen op voor milieu-impact** in plaats van percentages voor inzameling en recycling die gekoppeld zijn aan massa. Zo verandert te incentive om met minder milieu-impact te produceren.

Uitdaging 2: er ontbreekt een koppeling tussen tarieven en productontwerp.



Figuur 8. Relatie van ontwerpkeuzes naar einde leven

- Verbeterpunt: **pas tariefdifferentiatie (eco-modulatie) toe** aan de hand van de circulariteit van de producten, waaronder reparbaarheid. Zo verandert de (financiële) incentive om met meer circulaire principes te produceren.

Uitdaging 3: er worden beperkte middelen ingezet en alleen voor (laagwaardige) recycling.

- Verbeterpunt: laat **meer van de verkoopprijs van de producten naar de producentenorganisaties gaan**. Zo komen er meer financiële middelen voor deze organisaties voor (hoogwaardig) hergebruik en recycling.

Uitdaging 4: door beperkte en onvolledige afspraken tussen ketenpartijen worden **producenten en importeurs geen probleemeigenaar**. Dit is in strijd met het beoogde effect van een UPV in de circulaire economie.

- Verbeterpunt: **geef de producentenorganisaties een grotere rol in de rest van de keten** en niet enkel aan het eind. Zo kan er meer regie gevoerd worden op hoe producten uiteindelijk bij het eind van de keten terecht komen.

Conclusie deel 3: Het inzetten van UPV voor klimaatinstallaties maakt het mogelijk om het zwaartepunt van de circulaire installatietechniek te verschuiven van het afdank moment naar eerder in de keten: de ontwerpkeuzes. Niet een goede verwerking, maar goede producten moeten de norm worden. Om de milieu-impact van installatietechniek te verlagen zal er naast verbeteringen in het gebruik en de verwerking einde leven ook essentiële verbeteringen aan de producten zelf doorgevoerd moeten worden. Een combinatie van ontwerpoptimalisaties gericht op langere levensduur en het verlagen van de milieu-impact zal nodig zijn. Om de effecten hiervan goed te beoordelen is het noodzakelijk om de impact te beschouwen over de gehele levenscyclus van de installaties.

Handelingsperspectief: We zien dat de milieu-impact van energierenovaties significant is en dat circulaire strategieën onmisbaar zijn om de milieu-impact te verlagen.

Het onderzoek beschrijft concrete maatregelen waar opdrachtgevers, aannemers en producenten direct mee aan de slag kunnen. Daarnaast wordt er een doorkijk geschetst voor maatregelen die op een langer termijn de circulariteit van energierenovaties gaat helpen:

- De **grote impact van installatietechniek** vraagt om aanzienlijke verbetering van de milieuprestaties. Opdrachtgevers kunnen door levensverlengend onderhoud, refurbishment van installatietoestellen en verbeterde recycling de milieuprestaties van installatietechniek verbeteren. Nieuwe installaties kunnen beoordeeld worden op de **levenscyclus-prestaties** (zoals goede demonteerbaarheid, geschiktheid voor recycling en hergebruik, en het vermijden van materialen met een hoge impact)
- Het vernieuwen van de **UPV** is noodzakelijk om de gehele installatieketen in beweging te krijgen. De nieuwe UPV kan aansluiten bij de EU richtlijn voor ecologisch ontwerp. Tot 2026 zouden ketenpartijen onderling afspraken kunnen maken om de milieuprestaties te verbeteren (o.a. verbeterde inzameling en verwerking met een hogere mate van

circulariteit, ook wel hoger op de R-ladder genoemd).

- De materiaalgebonden uitstoot van energierenovaties is meetbaar met de **huidige tooling en methodieken** die voorhanden zijn die inzicht kunnen bieden in de milieu-impact van renovaties (namelijk de bestaande MKI en materiaalgebonden en energetische CO₂eq). Gebruiken maken van deze tools of deze prestaties uitvragen kan een eerste stap zijn om de milieueffecten te meten en te begrijpen.
- Gebruik hiervoor een **integrale benadering** die zowel de materiaalimpact als het operationeel energieverbruik beoordeelt.
- Circulaire maatregelen en technieken vanuit dit onderzoek, aangevuld met mogelijk nieuwe producten kunnen de **milieuprestaties aanzienlijk verbeteren**. Opdrachtgevers, aannemers en producenten kunnen samen werken zodat nieuwe circulaire producten breed beschikbaar zijn.
- De uitkomsten van dit onderzoek en het datamodel van de kanskaart kan worden ingezet als leidraad voor een gerichte aanpak per functie, bouwtype en meer, om de juiste keuzes te maken.

- Effectief sturen op milieueffecten vraagt vervolgens ook om het hanteren van grenswaarden en het opstellen van **beleid voor de milieuprestaties** van energierenovaties.
- Het implementeren van dergelijk, duurzaam beleid heeft een stimulerend effect op de beschikbaarheid van nieuwe circulaire en milieuvriendelijke materialen in het **Nationale Milieu Database (NMD)**.
- Aangezien bij **koopwoningen** de grootste opgave ligt, terwijl het ook een lastiger te bereiken groep is, moet hier extra aandacht voor komen.

Hoofdstuk 2. Convenant

Naar circulaire energierenovaties: sturen op milieu-impact bij energetische verduurzaming van gebouwen

Urgentie

- Energetische verduurzaming is **absoluut noodzakelijk** voor ons milieu.
- Bij de energetische renovaties ligt de **focus op het beperken van de warmtevraag**, duurzaam opwekken en opslaan van energie en het slim uitwisselen en benutten van duurzame energiebronnen.
- Bij het uitvoeren van renovaties worden materialen gebruikt die in de productie en bouwphase tot **hoge CO₂-uitstoot** en andersoortige **schade aan het milieu** leiden. De uitstoot van de productie van bouwmaterialen en gebouwen is bijna even hoog als de uitstoot van de verwarming van gebouwen (11 versus 12 procent). De **milieukosten (MKI) van verbouwactiviteiten zijn in absolute termen al groter dan de milieukosten van nieuwbouwactiviteiten**.
- Willen we iets voor het klimaat doen, dan is het dus niet alleen belangrijk de energetische maatregelen door te voeren, maar dit ook te doen met materialen die leiden tot een **minimale milieu-impact**.

- Op gebouwniveau kennen we voor de nieuwbouw de **MPG** (Milieuprestatie Gebouwen)-eis (zie kader) om de milieu-impact van materialen te minimaliseren. Voor de renovatie bestaat een dergelijke eis nog niet. Op productniveau hebben we de **MKI** (Milieukostenindicator). Deze drukt de milieubelasting uit in één enkele financiële waarde die uitdrukking geeft aan de verwachte maatschappelijke kosten om de optredende milieueffecten ongedaan te maken. Ook die is nog niet gangbaar in renovatie-aanbestedingen in de B&U.

Resultaten

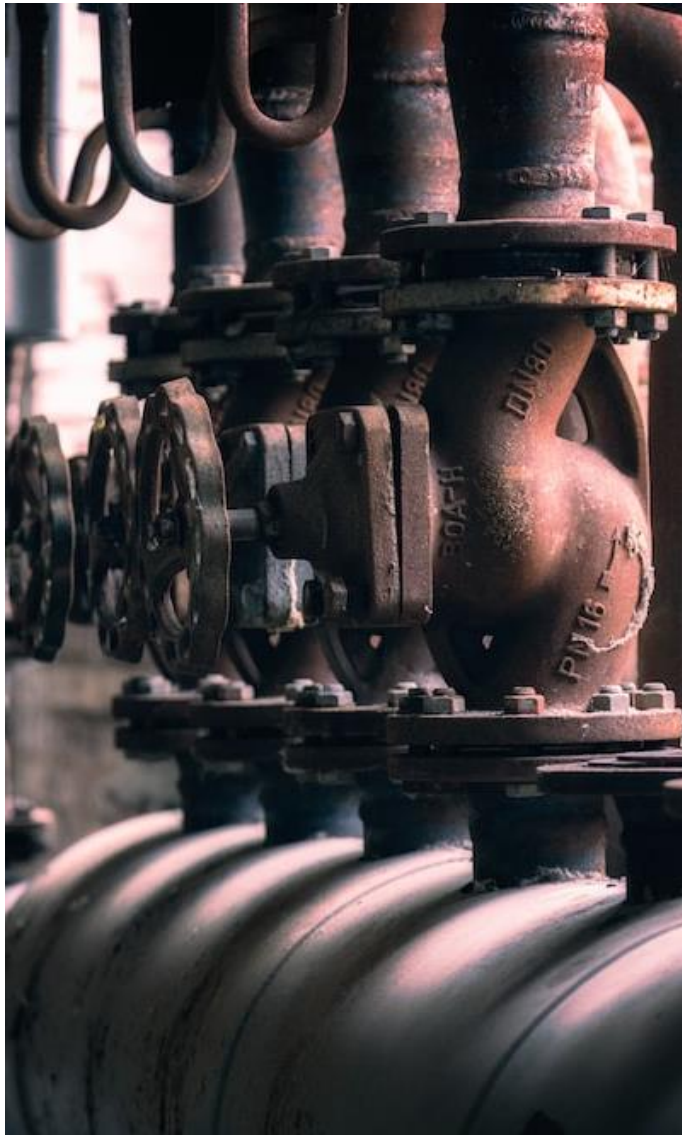
- Vanuit het onderzoek constateren we dat met bouwactiviteiten en materialen die nodig zijn voor de energetische verduurzaming van bestaande gebouwen voorraad een **MKI van €14 miljard (maatschappelijke kosten)** en een **CO₂-uitstoot van 129 Mton kg CO₂eq** kan worden veroorzaakt.
- Een **circulaire aanpak** kan de milieu-impact aanzienlijk **verlagen**, tot **30% van de MKI en 40% van de CO₂eq**.
- Gezien de significante impact van energetische verduurzaming op ons milieu en in het belang van onze klimaatdoelstellingen onderstrepen we de **urgentie om de integrale milieu-**

impact van energetische verduurzaming aanzienlijk te verlagen.

- **Circulair energetisch renoveren loont!** De energetische CO₂ terugverdientijd van bv. een warmtepomp is 1,5 jaar. De CO₂-uitstoot voor de productie van materialen is daarin afgezet tegen de energiewinst.
- **Toepassen van circulaire en biobased materialen** verhoogd de milieuwinst en verkort de CO₂ terugverdientijd aanzienlijk.

Milieu prestatie gebouwen (MPG)

Bij nieuwbouw van gebouwen wordt met de MPG (MilieuPrestatieGebouw) op duurzaamheid gestuurd. Voor de ingrepen in de bestaande bouw bestaat zo een eis (nog) niet. Wel is de methode MPG Verbouw & Transformatie beschikbaar, waarmee de materiaalgerelateerde impact van een renovatie bepaald kan worden. Deze methode is door inbouw in rekentools zoals GPR Materiaal beschikbaar als hulpmiddel bij het planproces voor renovaties of bij het strategisch voorraadbeheer (o.a. bij de afweging tussen consolideren, renoveren, sloop/nieuwbouw).



- Het onderzoek laat zien dat in alle mogelijke renovatiescenario's **de grootste milieu-impact ligt bij de klimaatinstallaties.**
- **De inzet van een Uitgebreide Producenten Verantwoordelijkheid (UPV) voor installaties kan leiden tot duurzame en circulaire producten.** Het huidige UPV dient daarin wel verbeterd te worden met doelstellingen op milieu-impact, **tariefdifferentiatie** op **circulaire prestaties** en een significanter aandeel van de verkoopprijs af te dragen aan de producentenverantwoordelijkheidsorganisatie. Het UPV zal daarnaast meer als een ketenafpraak moeten worden vormgegeven.
- **De milieu-impact van installatietechniek kan door** verbeterde recycling, levensduurverlengend onderhoud, **sturing op een hogere mate van circulariteit** (hoger op de R-ladder) **bij einde levensduur en circulair ontwerp over de gehele levenscyclus, aanzienlijk verlaagd worden.**

Afspraken met de opdrachtgevende marktpartijen:

- We vragen bij de uitvoering van energetische renovaties altijd een MKI en CO₂eq berekening uit (de CO₂eq kan direct worden afgeleid uit de MKI berekening).
- We sturen bij energetische renovaties op milieu-impact om de MKI en CO₂eq uitstoot zo laag mogelijk te krijgen per ingreep. Hiermee

stimuleren we de markt om met milieuvriendelijkere oplossingen te komen.

- We gaan bij de inkoop en levering van installatietechniek, vooruitlopend op een verbeterd UPV, deze levenscyclusprestaties uitvragen.
- We gaan het samen doen! Opdrachtgevers trekken één lijn in de manier waarop energetische renovaties worden uitgevraagd.

Hoofdstuk 3. Routekaart en actieplan

Naast het convenant is ook een routekaart met actieplan gemaakt voor de stappen die nodig zijn om circulariteit beter te integreren bij het uitvragen van energierenovaties. Dit vraagt niet alleen inspanningen van opdrachtgevers (stroom I) maar ook van overige koplopers en adviseurs (stroom II) en de Rijksoverheid (spoor III).

Stroom I: toepassen inzichten en methodieken in de praktijk

De opdrachtgevers die zich aansluiten bij het convenant kunnen direct aan de slag. Enerzijds door het convenant en de onderliggende boodschap breder te delen, anderzijds om meer ervaring op te doen met het toepassen van een integrale milieuafweging bij het uitvragen en uitvoeren van energierenovaties. De basis voor een dergelijke afweging is al gelegd in dit project. Dit moet verder worden ingevuld zodat dit goed geïntegreerd is in het huidige afwegings- en uitvoerproces van organisaties.

Opdrachtgevers kunnen helpen om circulariteit meer te integreren bij het uitvragen van energierenovaties door:

I.1 Het convenant en de boodschap breder te delen bij brancheleden. Het vergroten van de

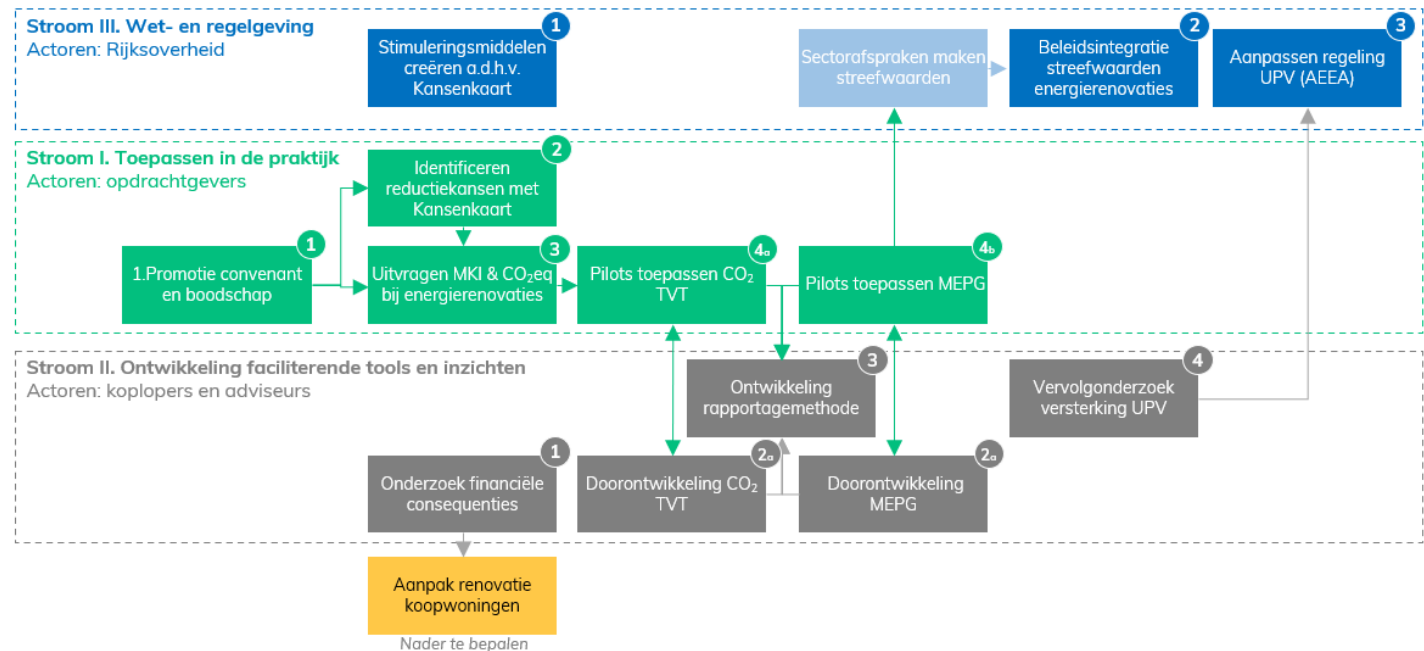
groep van partijen die circulariteit integreren bij hun uitvraag. Dit leidt niet alleen tot meer milieuwinst, maar ook kan het de stappen richting beleidsintegratie vergemakkelijken.

I.2 Identificeren reductiekansen voor opdrachtgevers met een diverse portefeuille. Hiervoor kan de kanskaart worden ingezet.

I.3 Op projectniveau uitvragen van MKI en CO₂eq bij energierenovaties. Hierdoor wordt de

(vermeden) milieu-impact van energierenovaties inzichtelijk.

I.4 Pilots doen met het toepassen van respectievelijk de CO₂ terugverdientijd en de MEPG in de uitvraag. Door deze rekenmethodieken breder toe te passen in de praktijk kan ervaring worden opgedaan die zinvol zal zijn bij het bepalen van streefwaarden.



Zie ook 'Handelingsperspectief' voor meer context.

Stroom II: ontwikkeling faciliterende tools en inzichten

Uiteindelijk is het doel om de hele sector te laten werken aan een integrale afweging van energierenovaties. Om hier stappen in te zetten zijn diverse faciliterende tools en inzichten nodig die de circulariteit van energierenovaties kunnen helpen versnellen. Hier ligt een uitvoerende rol weggelegd voor koplopers en adviseurs door:

II.1 Nader onderzoek doen naar de financiële consequenties van circulaire energierenovaties. In dit onderzoek is met name gekeken naar de milieu-impact van circulaire energierenovaties. De betaalbaarheid hiervan is een belangrijk aspect die het daadwerkelijk toepassen van circulariteit bij energierenovaties zal versnellen bij elk type opdrachtgever. In specifieke zin is de verwachting dat de uitkomsten van een dergelijk onderzoek ook een belangrijke basis kan vormen voor een toekomstige aanpak voor circulaire energierenovaties bij koopwoningen.

II.2 Methodische doorontwikkeling van rekenmethodieken (CO₂ terugverdientijd en MEPG). Parallel aan de pilots door opdrachtgevers kunnen experts op het vlak van meten van circulariteit ook betrokken zijn bij de methodische doorontwikkeling van diverse rekenmethodieken.

II.3 Ontwikkeling rapportagemethode. Om de milieuwinst als gevolg van circulaire energierenovaties te registreren is het wenselijk dat een rapportagemethode ontwikkeld wordt. Dit kan eveneens parallel aan de pilots van opdrachtgevers worden ingezet.

II.4 Vervolgonderzoek versterking UPV. In het onderzoek zijn belangrijke knelpunten en potentiële oplossingsrichtingen van het huidige UPV systeem gevonden. Het is wenselijk dat dit onderzoek een vervolg krijgt zodat ook naar Ministeries kan worden geadviseerd over de inrichting van een verbeterd UPV. Zo'n UPV systeem versnelt de ontwikkelingen die reeds zijn ingezet rondom circulaire installaties (o.a. door TVVL, DGBC etc.).

Stroom III: Wet- en regelgeving

Ook de Rijksoverheid heeft een belangrijke rol te spelen bij het stimuleren van circulaire energierenovaties. Zij kan dit onder andere doen door:

III.1 Creëren van stimuleringsmiddelen op basis van de Kanskaart. De Kanskaart biedt inzicht in welke type gebouwen in Nederland het meest kansrijk zijn om circulair te renoveren. Op basis van deze inzichten kan de overheid stimuleringsmiddelen creëren om de eigenaren van verschillende bouwtypes aan te zetten om

circulair te renoveren en zodoende de milieu-impact te verkleinen (bijv. subsidieregelingen). Ook kunnen er regelingen en/of projecten geïnitieerd worden aan de aanbodzijde om ontwikkelingen aan de aanbodzijde te stimuleren (bijv. circulaire installaties).

III.2 Beleidsintegratie. Nadat is gebleken dat een integrale afweging mogelijk is, kan dit geïntegreerd worden in het huidige beleid door bijvoorbeeld streefwaarden op te nemen zoals deze nu ook bij nieuwbouw gelden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan MKI, MPEG of een *Whole Life Carbon* benadering. De beste manier hiervoor kan onderzocht worden in stroom 2.

III.3 Aanpassen regeling UPV (AEEA). Tot slot kan de overheid een stimulerende rol spelen ten aanzien van circulaire installaties door de inrichting van de UPV voor afgedankt elektronisch en elektrisch apparatuur aan te passen op basis van de inzichten uit het onderzoek en nader (vervolg) onderzoek.

Deelnemende partijen

Copper8 (penvoerder)

Copper8 is een adviesbureau dat zich richt op de transitie naar de circulaire economie. Copper8 richt zich op het creëren van de juiste randvoorwaarden voor het realiseren van de circulaire economie – enerzijds in projecten en anderzijds zet zij zich in om de systemische randvoorwaarden voor circulair bouwen op orde te krijgen. Copper8 heeft expertise op het vlak van circulair aanbesteden, circulaire verdienmodellen en UPV systemen, en heeft haar kennis op deze vlakken ook ingezet in het consortium.

Alba Concepts

Alba Concepts is een circulair management- en adviesbureau in de gebouwde omgeving en heeft expertise over onder het meten en sturen op circulair bouwen en milieu-impact, aanbesteden en inkopen en investeringskosten en –opbrengsten van circulaire bouwprojecten. Alba Concepts heeft zich met LBPSIGHT en SGS Search gericht op de vraag hoe de UPV in de installatiesector kan bijdragen aan verdere verduurzaming van installaties voor energierenovaties door toepassing van circulaire principes.

Circular Catalyst

Naved Tavakolly is zeer betrokken bij de transitie naar de circulaire (bouw)economie. Als trekker van de KIA-CE regeling heeft hij daarnaast een breed netwerk verzameld van partijen die op circulair vlak aan het innoveren zijn. Door zijn verbintenis aan C-Beta heeft hij een rol op zich genomen om start- en eindevenementen te organiseren.

Marjet Rutten

Marjet Rutten is als zelfstandig ondernemer gespecialiseerd in innovatievraagstukken in de bouwsector. Vanuit haar ervaring en onderzoek heeft zij veel inzicht in belemmeringen en kansen voor innovatie in de bouw, onder meer op het gebied van conceptueel en industrieel bouwen en verbouwen alsmede ook biobased bouwen.

Dutch Green Building Council

Stichting Dutch Green Building Council (DGBC) is de landelijke maatschappelijke organisatie die zich inzet om de gebouwde omgeving in hoog tempo toekomstbestendig te maken. DGBC stelt tools en producten beschikbaar om duurzaamheid concreet en meetbaar te maken. Via hun kennisplatform worden kennis en innovaties van en met partners gedeeld. Aan de hand van vier centrale thema's (circulariteit, Paris Proof, klimaatadaptatie en gezondheid) worden impactvolle programma's ontwikkeld.

LBPSIGHT

LBPSIGHT is een advies- en ingenieursbureau op het gebied van bouw, ruimte en milieu en geeft advies over verschillende expertises en thema's aan heel diverse opdrachtgevers. In dit project heeft LBPSIGHT met name vanuit haar kennis in de installatiebranche bijgedragen aan de kansen voor verlaging van de milieu-impact door toepassing van circulaire principes en invoering van de UPV in de installatiesector.

Metabolic

Metabolic adviseert overheden, bedrijven en NGO's over hoe ze zich kunnen aanpassen aan een snel veranderende mondiale context, terwijl ze disruptieve oplossingen creëren die de werking van de economie drastisch kunnen veranderen. Ze crunchen data, bieden strategieën en tools, bouwen pilots en creëren nieuwe ondernemingen die schaalbare oplossingen ontwikkelen voor kritieke problemen. Metabolic heeft als missie bij te dragen aan de transitie naar een economie die regeneratief en 'circulair' is ontworpen. Metabolic heeft bijgedragen aan het opstellen van de kansenkaart door in kaart te brengen wat de kansen zijn om met regionale materialenstromen bij te dragen aan energierenovaties.

NIBE

NIBE is een onafhankelijk, toonaangevend, maatschappelijk betrokken adviesbureau op het gebied van duurzaam en circulair bouwen. NIBE adviseert opdrachtgevers in de B&U en GWW sector, zowel nationaal als internationaal, bij het optimaliseren van hun impact op het milieu en heeft aan de basis gestaan van de Nederlandse Bepalingsmethode en de Nationale Milieudatabase. NIBE heeft voor dit project gekeken naar een integrale beoordeling van renovaties, doormiddel van een zgn. CO2 payback methode te ontwikkelen.

Nieman

Ingenieursbureau Nieman geeft bouw-én installatietechnisch advies in verschillende fasen van het bouwproces (ontwikkeling, realisatie exploitatie), zowel voor bestaande bouw, verbouw en transformatie, en nieuwbouw. Nieman werkt daarbij voor partijen in de volledige bouwkolom: bouwbedrijven, woningcorporaties, projectontwikkelaars, gebouweigenaren, architecten, leveranciers en overheden. Nieman zal vanuit deze expertise bijdragen aan de analyse voor kansen die er zijn om de integrale milieu-impact van installaties die toegepast worden bij energierenovaties omlaag te brengen door toepassing van circulaire principes.

SGS Search

SGS Search is onderdeel van SGS en een inspectie-, ingenieurs- en adviesbureau voor de (duurzaam) gebouwde omgeving. SGS Search bracht Braungart's Cradle 2 Cradle naar Nederland, en geldt als een van de pioniers ten aanzien van circulair bouwen in Nederland. Recentelijk hebben zij zich gestort op het ontwikkelen van een database over vrijkomende materialen in Nederland.

Stichting W/E adviseurs

Stichting W/E adviseurs is een toonaangevend onderzoeks- en adviesbureau voor verduurzaming van de gebouwde omgeving en specialist in de evaluatie van integrale milieu-impact van ingrepen in de bestaande bouw. W/E is expert bij de doorontwikkeling en toepassing van methoden en tooling gerelateerd aan de MilieuKostenIndicator (MKI) en de MilieuPrestatieGebouw (MPG). Recente voorbeelden zijn de MPG Verbouw en Transformatie (BZK), de integrale benadering MPGplus (RVO), en het Afwegingskader Duurzame Renovatie, inclusief circulariteit (IEBB-BTIC-TKI). Gericht op de brede thematiek ontwikkelde W/E de

GPR software, in Nederland de meest gebruikte software voor het meetbaar en bespreekbaar maken van duurzaamheid van gebouwen.

Daarnaast verzorgt W/E beleidsstudies op voorraadniveau voor overheden en marktpartijen, zoals, inijkingsstudies (energielabels, MPG), routekaarten CO₂ & Circulariteit en de kennisoverdracht (vb. Brochure Voorbeeldwoningen (RVO, 2021)).

Technische Universiteit Delft

De TU Delft streeft ernaar door onderzoek en onderwijs impact uit te oefenen voor een betere samenleving. Het creëren van een duurzame gebouwde omgeving is daarbij een van de speerpunten. Binnen de Faculteit Bouwkunde is hiervoor ook een kennisclub opgericht voor een circulaire gebouwde omgeving (<https://www.tudelft.nl/bk/onderzoek/onderzoeksthema/s/circular-built-environment>). De TU Delft is onder meer penvoerder van Kennis- en Innovatieprogramma "Circulair Ontwerpen voor Gebouwen en Infrastructuur" van het Bouw en Techniek Innovatiecentrum (BTIC), zie: <https://btic.nu/publicaties/programma-circulair-ontwerpen-voor-gebouwen-en-infrastructuur-gereed/>, waar dit projectvoorstel voor een deel invulling aan geeft. TU Delft heeft bijgedragen aan de vertaling van de kansenkaart naar een innovatie-agenda en convenant en de verbinding daaraan met relevante netwerkorganisaties in de bouwsector.

TU Eindhoven

De TU/e heeft een jarenlange traditie in ontwerpen voor aanpasbaarheid, zowel voor nieuwbouw als bij transformatie en renovatie. TU/e is tevens partner in het BTIC Kennis- en Innovatieprogramma "Circulair Ontwerpen voor Gebouwen en Infrastructuur". TU/e heeft

vanuit haar kennis bijgedragen aan vanuit ontwerpperspectief analyseren van mogelijkheden voor verlaging van de milieu-impact door toepassing van circulaire principes bij de geïdentificeerde energetische renovatieconcepten, wat voeding geeft aan de innovatie- en actieagenda.

Bijlagen

Bijlage 1 – Circulaire energierenovaties Werkpakket 1

Bijlage 2 – Towards circular energy renovations: Collecting circular scenarios

Bijlage 3 – Ruimtelijke kansen voor Circulaire Energierenovaties

Bijlage 4 – Onderzoek naar de "CO2 terugverdientijd"

Bijlage 5 – Uitgebreide producentenverantwoordelijkheid klimaatinstallaties