

ROADMAP MATERIALEN VOOR BOUW EN CONSTRUCTIE

Materiaalinnovatie voor een koolstofarme, circulaire en klimaatbestendige bebouwde omgeving

vito MATERINEX

ROADMAP MATERIALEN VOOR BOUW EN CONSTRUCTIE

MateriNex

Roderveldlaan 5
2600 BERCHEM
België
info@materinex.be – www.materinex.be

Disclaimer: De foto's en figuren in dit document werden gegenereerd met behulp van artificiële intelligentie (AI).

SAMENVATTING

Een gedeeld strategisch kader voor materiaalinnovatie voor een koolstofarme, circulaire en klimaatbestendige bebouwde omgeving

Gebouwen en infrastructuur ondersteunen essentiële maatschappelijke en economische functies, maar hun materiaalwaardeketens staan voor een dubbele kernopgave: circulariteit en veerkracht. Circulariteit vraagt dat minder primaire grondstoffen worden ingezet, materialen en componenten langer waarde behouden en veilige, hoogwaardige kringlopen ontstaan. Veerkracht vraagt dat gebouwen, infrastructuur, materialen en systemen betrouwbaar blijven functioneren bij veranderende klimaatomstandigheden, schaarste, verstoringen en toenemende prestatie-eisen. Materiaalinnovatie vertaalt deze maatschappelijke en marktuitdagingen naar duurzame economische, maatschappelijke en strategische waarde door toepassingen, materialen, producten en processen, adoptieroutes en ecosystemen doelgericht met elkaar te verbinden.

Deze roadmap biedt daarvoor een gemeenschappelijk strategisch kader voor het Vlaamse ecosysteem voor bouw en constructie. De inhoudelijke kern bestaat uit twee strategische innovatiedomeinen. Het eerste domein, koolstofarm en levenscyclusgericht, richt zich op een lagere milieu-impact over de volledige levensduur via koolstofarme minerale en industriële grondstoffen, hernieuwbare en koolstofvasthoudende materialen, producten en systemen met een lage milieu-impact en koolstofarme productie en fabricage. Het tweede domein, grondstofefficiënt, geïndustrialiseerd en klimaatadaptief, richt zich op veilige secundaire grondstoffen en herwonnen componenten, geïndustrialiseerde, modulaire en demonteerbare systemen, klimaatadaptieve en veerkrachtige materialen en renovatie en retrofit.

Binnen beide domeinen geldt dezelfde gemeenschappelijke innovatieroute: toepassingsbehoefte → materiaal-, systeem- of procesinnovatie → integratie in product, bouwsysteem of praktijk → prestatie- en levenscyclusbewijs → schaalbaarheid en adoptie → impact. Een initiatief kan aansluiten bij één of meerdere innovatielijnen en gebruikmaken van de relevante horizontale versnellers, zonder zelf de volledige route te hoeven doorlopen.

Vijf horizontale versnellers ondersteunen de innovatielijnen binnen beide domeinen: evaluatie en validatie; digitalisering, productdata en traceerbaarheid; normen en certificering; veilige en duurzame circulariteit; en marktadoptie en waardeketensamenwerking. Zij vormen geen afzonderlijke prioriteitenlijst, maar gedeelde capaciteiten en randvoorwaarden die nodig zijn om materiaalinnovatie betrouwbaar, schaalbaar en toepasbaar te maken.

De roadmap helpt bedrijven, kennisinstellingen, sectororganisaties en publieke actoren om een gemeenschappelijke taal te hanteren, relevante onderzoeksvragen te formuleren, samenhangende projectideeën te ontwikkelen en lacunes en complementariteit in de innovatieportefeuille zichtbaar te maken. Betere materialen creëren pas waarde wanneer hun prestaties aantoonbaar zijn, hun integratie in producten, systemen en processen haalbaar is, hun toepassing vertrouwen geniet en de betrokken actoren over de waardeketen samenwerken.

Materiaalinnovatie versterkt de toekomstige veerkracht door innovatieve materialen te verbinden met betrouwbare prestaties, schaalbare en circulaire toepassing en een krachtig samenwerkend ecosysteem. Zo ondersteunt zij de transitie naar een duurzame bebouwde omgeving.

INHOUDSTAFEL

1 Waarom deze roadmap? 7
1.1 Transformatie van gebouwen en infrastructuur 7
1.2 Waarom materiaalkeuzes bepalend zijn 7
1.3 Belang voor Vlaanderen 8
2 Hoe deze roadmap gebruiken? 9
2.1 Strategisch richting geven 9
2.2 Een gemeenschappelijke taal en ecosysteemafstemming creëren 9
2.3 De fit van nieuwe projectideeën beoordelen 10
2.4 Portfoliocoherentie bewaken 11
3 Hoe is deze roadmap opgebouwd? 12
3.1 Circulariteit en veerkracht als richtinggevende uitdagingen 12
3.2 Twee strategische innovatiedomeinen en acht innovatielijnen 13
3.3 Een gedeelde innovatieroute van behoefte naar impact 13
3.4 Horizontale versnellers als gedeelde ondersteuning 13
4 Strategische innovatiedomeinen 14
4.1 Koolstofarm en levenscyclusgericht 14
4.2 Grondstofefficiënt, geïndustrialiseerd en klimaatadaptief 17
5 Horizontale versnellers 20
5.1 Evaluatie en validatie 20
5.2 Digitalisering, productdata en traceerbaarheid 21
5.3 Normen en certificering 21
5.4 Veilige en duurzame circulariteit 22
5.5 Marktadoptie en waardeketensamenwerking 22
6 Van materiaalinnovatie naar waardecreatie en impact 24
6.1 Materiaalprestatie 24
6.2 Product- en systeemwaarde 25
6.3 Industriële inzetbaarheid 25
6.4 Economische, maatschappelijke en strategische impact 25
7 Ecosysteemontwikkeling en strategische positionering 26
7.1 Samenwerking over de waardeketen 26
7.2 Demonstratie- en validatieomgevingen 27
7.3 Europese aansluiting en strategische autonomie 27
8 MateriNex: rol, onderzoekskader en project-ondersteuning 28

8.1 Rol van MateriNex 28
8.2 Onderzoekspositie en technologiematuriteit 28
8.3 Aansluiting op onderzoeks- en innovatie-instrumenten 28
8.4 Dynamisch gebruik en actualisatie 28
Bijlage A. Bronbasis en totstandkoming 29
A.1 Totstandkoming en actualisatie 29
A.2 Actuele Europese kaders en onderzoeksagenda's 29
Bijlage B. Volledig visueel overzicht van de roadmap 31



LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Centrale roadmaparchitectuur voor Materialen voor Bouw en Constructie. 12
Figuur 2: Gemeenschappelijke innovatieroute binnen elk strategisch innovatiedomein. 13
Figuur 3: Vier innovatielijnen voor koolstofarme en levenscyclusgerichte materiaalinnovatie. 14
Figuur 4: Vier innovatielijnen voor grondstofefficiënte, geïndustrialiseerde en klimaatadaptieve bouw en constructie. 17
Figuur 5: Vijf horizontale versnellers die innovatielijnen van onderzoek tot toepassing ondersteunen. 20
Figuur 6: Van materiaalprestatie naar betrouwbare bouwoplossingen en bredere impact. 24
Figuur 7: Samenwerking, gedeelde infrastructuur en Europese aansluiting als basis voor materiaalinnovatie in bouw en constructie. 26

1 Waarom deze roadmap?

De maatschappelijke en industriële uitdaging, de toepassingsbehoefte en de relevantie voor Vlaanderen

De transitie naar een duurzame bebouwde omgeving vraagt dat gebouwen en infrastructuur minder milieu-impact veroorzaken, efficiënter omgaan met grondstoffen en bestand zijn tegen veranderende klimaatomstandigheden. Tegelijk moeten nieuwe oplossingen aansluiten bij de eisen van productie, uitvoering, renovatie en beheer. Materiaalkeuzes spelen hierin een verbindende rol: ze bepalen mee welke prestaties haalbaar zijn en hoe lang materialen en constructies hun functie en waarde behouden. Deze roadmap brengt die samenhang in beeld en biedt het Vlaamse ecosysteem voor bouw en constructie een gedeelde richting om materiaalonderzoek te verbinden met maatschappelijke en industriële uitdagingen en concrete toepassingsbehoeften.

1.1 Transformatie van gebouwen en infrastructuur

De waardeketen voor bouw en constructie loopt van winning en productie van grondstoffen over de vervaardiging van bouwproducten, ontwerp, engineering, aanleg, bouw en renovatie tot gebruik, onderhoud, herstel, ontmanteling, hergebruik en recyclage. De keten is gefragmenteerd en omvat veel kmo's en micro-ondernemingen. Daarom moet strategisch materiaalonderzoek worden verbonden met toegepast onderzoek, representatieve validatie, kennisoverdracht en praktische implementatie.

Innovatie is niet alleen nodig in afzonderlijke materialen, maar ook in de technologieën en processen waarmee materialen worden omgezet in componenten, systemen, gebouwen en infrastructuur. De transitie vraagt tegelijk een lagere levenscyclusimpact, een hogere renovatie- en herstelcapaciteit, efficiënter grondstoffengebruik, grotere bouwproductiviteit, betrouwbare prestaties en oplossingen die bestand zijn tegen veranderende klimaatomstandigheden.

1.2 Waarom materiaalkeuzes bepalend zijn

Materiaalkeuzes beïnvloeden ingebedde milieu-impact, operationele prestaties, duurzaamheid, onderhoud, binnenmilieukwaliteit, brandveiligheid, aanpasbaarheid en opties aan het einde van de levensduur. Naarmate de operationele energieprestatie van gebouwen verbetert, wordt de relatieve bijdrage van materialen, producten, vervangingscycli en eindelevensduurscenario's belangrijker. **Materiaalinnovaties moeten daarom worden beoordeeld binnen hun beoogde toepassing en over de volledige levensduur, met aandacht voor technische prestaties, milieu-impact, veiligheid, veroudering, onderhoud, herstel en einde levensduur**.

Grondstoffenefficiëntie gaat verder dan gerecycleerde inhoud. Ze omvat ook materiaalreductie, verantwoorde sourcing, langere levensduur, onderhoud en reparatie, geïndustrialiseerde en demonteerbare bouw, hoogwaardig hergebruik en remanufacturing (herfabricage van componenten), cascadering (opeenvolgend gebruik in verschillende toepassingen), recyclage en aanpasbare oplossingen voor het bestaande gebouwen- en infrastructuurbestand.

1.3 Belang voor Vlaanderen

De roadmap ondersteunt Vlaamse bedrijven en kennispartners die actief zijn in materiaalonderzoek en innovatie voor bouw en constructie. Ze brengt toepassingskennis, materiaalkunde, productie, bouwpraktijk, infrastructuurbeheer, validatie en adoptie samen en stemt innovatiekansen af op Europese onderzoeksagenda's, Vlaamse beleidsprioriteiten en de behoeften van de industrie.

Voor Vlaamse materiaal- en bouwproductproducenten biedt de roadmap een kader om innovaties te positioneren, onderzoeks- en opschalingsvragen scherp te stellen en complementaire partners te vinden. Kennispartners kunnen hun expertise koppelen aan behoeften uit de bouw-, infrastructuur- en renovatiepraktijk en gezamenlijke onderzoeks- en validatietrajecten uitwerken. Voor sectororganisaties, clusters, beleidsactoren en infrastructuurbeheerders helpt ze kennislacunes, bewijsnoden en samenwerkingskansen zichtbaar te maken. Zo kan de roadmap versnippering helpen beperken en de verbinding versterken tussen Vlaamse materiaalkennis, industriële ontwikkeling en toepassing in gebouwen en infrastructuur.

2 Hoe deze roadmap gebruiken?

Een strategisch referentiekader, geen handleiding voor projectselectie of implementatiekalender.

De roadmap ondersteunt stakeholders bij:

1. het positioneren van onderzoeks- en innovatieactiviteiten;
2. het identificeren van kansen binnen waardeketens en ecosystemen;
3. het ontwikkelen van samenwerkingsverbanden;
4. het afstemmen van investeringen en innovatie-initiatieven.

De roadmap is daarmee een **strategisch referentiekader**. Zij helpt stakeholders om activiteiten te positioneren, verbindingen te leggen en gezamenlijke innovatievragen te identificeren. Zij schrijft geen materiaal-, product- of systeemkeuzes voor en vervangt geen technische, economische, juridische of investeringsbeoordeling.

2.1 Strategisch richting geven

De roadmap helpt stakeholders onderzoeks- en innovatieactiviteiten te positioneren vanuit de samenhang tussen toepassingsbehoeften, materiaalinnovatie, product-, systeem- of procesvertaling, prestatie- en levenscyclusbewijs, schaalbaarheid en adoptie, en impact. De twee strategische innovatiedomeinen en acht innovatielijnen structureren de inhoudelijke richting; de horizontale versnellers ondersteunen de route van kennisvraag naar toepassing.

De toepassingsbehoefte verduidelijkt welk probleem in gebouwen of infrastructuur wordt aangepakt en welke functionele, veiligheids-, milieu- en levenscyclusvereisten gelden. De materiaal-, systeem- of procesinnovatie beschrijft welke vernieuwing nodig is in materialen, bouwsystemen of bijbehorende processen. De integratie in product, bouwsysteem of praktijk maakt duidelijk hoe die vernieuwing wordt ingepast in de beoogde toepassing.

Kennisinstellingen verbinden zo materiaalonderzoek met concrete toepassingsvragen en bewijsnoden. Bedrijven zien de samenhang tussen materiaalontwikkeling, maakbaarheid, prestaties en toepassingswaarde. Ecosysteemspelers kunnen behoeften aan kennis, infrastructuur, validatie, normen, partnerschappen en marktadoptie identificeren.

Deze strategische richting legt geen technologische route vast. De roadmap maakt het wel mogelijk om verschillende routes vanuit eenzelfde logica te beoordelen, met aandacht voor circulariteit, veerkracht en waarde over de volledige levenscyclus.

2.2 Een gemeenschappelijke taal en ecosysteemafstemming creëren

Materiaalinnovatie voor bouw en constructie verbindt uiteenlopende perspectieven. Materiaal- en productontwikkelaars focussen op samenstelling, eigenschappen, verwerking en kwaliteit. Ontwerpers, ingenieurs, aannemers en installateurs kijken naar systeemprestaties, constructeerbaarheid, interfaces en uitvoering. Eigenaars en beheerders leggen de nadruk op betrouwbaarheid, levensduur, onderhoud

en herstel. Sloop-, hergebruik- en recyclageactoren richten zich op demontage, traceerbaarheid, waardebehoud en veilige kringlopen.

De roadmap biedt hiervoor een gemeenschappelijke taal. De strategische innovatiedomeinen geven de hoofdrichting aan. De innovatielijnen tonen waar materiaalgerichte innovatie plaatsvindt. De gedeelde innovatieroute verduidelijkt hoe een toepassingsbehoefte wordt verbonden met materiaalinnovatie, product-, systeem- of procesvertaling, bewijsvoering, schaalbaarheid, adoptie en impact. De horizontale versnellers bundelen gedeelde capaciteiten en randvoorwaarden voor evaluatie en validatie, digitalisering en traceerbaarheid, normen en certificering, veilige en duurzame circulariteit, en marktadoptie en waardeketensamenwerking.

Deze structuur maakt kansen, afhankelijkheden en ontbrekende schakels in waardeketens en ecosystemen sneller zichtbaar. Een innovatievraag kan niet alleen betrekking hebben op een nieuw of verbeterd materiaal, maar ook op de verbinding met productie, ontwerp, systeemintegratie, validatie, data, regelgeving, aanbesteding, hergebruik of recyclage.

Zo ondersteunt de roadmap strategische afstemming en samenwerking over de volledige waardeketen, zonder rollen, partners of technische oplossingen op voorhand vast te leggen.

2.3 De fit van nieuwe projectideeën beoordelen

De roadmap positioneert projectideeën via zes samenhangende elementen:

> Toepassingsbehoefte → materiaal-, systeem- of procesinnovatie → integratie in product, bouwsysteem of praktijk → prestatie- en levenscyclusbewijs → schaalbaarheid en adoptie → impact

De toepassingsbehoefte verduidelijkt het concrete probleem, de gebruiker, de gebruikscontext en de beoogde waarde voor gebouwen, infrastructuur, productie, renovatie of herstel. Ze bepaalt welke functionele, veiligheids-, milieu- en levenscyclusvereisten richting geven aan de innovatie.

De materiaal-, systeem- of procesinnovatie beschrijft de centrale kennisvraag en de beoogde vernieuwing in materialen, bouwsystemen of bijbehorende productie-, verwerkings- en assemblageprocessen. Dit kan gaan om nieuwe samenstellingen, structuren of functionaliteiten, maar ook om innovatieve combinaties van bestaande materialen en componenten, omkeerbare verbindingen, modulaire concepten of nieuwe productieroutes. Een nieuw materiaal is dus geen noodzakelijke voorwaarde: ook de samenhang tussen materialen, componenten en processen kan de kern van het onderzoek vormen.

De integratie in product, bouwsysteem of praktijk maakt duidelijk hoe de innovatie wordt uitgewerkt en ingepast in een component, assemblage, product, bouwsysteem, productieproces, bouwproces, renovatie- of hersteloplossing. Daarbij worden de wisselwerking tussen materialen en componenten, verbindingen, procesvoorwaarden en uitvoeringspraktijk expliciet meegenomen.

Het prestatie- en levenscyclusbewijs toont welke technische prestaties, veiligheid, kwaliteit, duurzaamheid, veroudering, milieu-impact en circulariteit moeten worden aangetoond, tegenover welke referentie en onder welke representatieve omstandigheden. De beoordeling gebeurt op het relevante materiaal-, component-, systeem- of procesniveau en maakt afwegingen en mogelijke verschuivingen tussen levenscyclusfasen zichtbaar.

Schaalbaarheid en adoptie beschrijven hoe reproduceerbare kwaliteit, productie- en uitvoeringscapaciteit, normen, certificering, vaardigheden, vertrouwen en waardeketensamenwerking worden voorbereid. Ze verduidelijken onder welke voorwaarden de innovatie op grotere schaal en in uiteenlopende toepassingssituaties betrouwbaar kan worden geproduceerd, uitgevoerd en toegepast.

De impact verbindt het project met de beoogde economische, maatschappelijke en strategische waarde en maakt duidelijk via welke aantoonbare stappen en onder welke voorwaarden die waarde kan ontstaan. Betere technische prestaties of succesvolle opschaling leiden niet automatisch tot marktadoptie of bredere impact.

De innovatieroute is geen strikt lineair stappenplan. Inzichten uit integratie, validatie, productie of gebruik kunnen de kennisvraag en innovatiekeuzes bijsturen. De relevante horizontale versnellers worden aanvullend geselecteerd volgens de toepassing, technologiematuriteit en het risicoprofiel.

Een sterke projectfit verbindt toepassingswaarde, een duidelijke kennisvraag rond materialen, bouwsystemen of bijhorende productie-, verwerkings- en assemblageprocessen, geloofwaardige bewijsvoering en een haalbare route naar schaalbaarheid en adoptie. Roadmap-fit is een eerste inhoudelijke en strategische toets. Wetenschappelijke kwaliteit, haalbaarheid, consortiumcapaciteit, risico's en de geschiktheid voor een specifiek onderzoeks- of innovatie-instrument blijven afzonderlijk te beoordelen.

2.4 Portfoliocoherentie bewaken

De roadmap toont hoe projecten gezamenlijk de twee strategische innovatiedomeinen, de acht innovatielijnen, de gedeelde innovatieroute en de horizontale versnellers versterken. Zo worden complementariteiten, concentraties en lacunes in de innovatieportefeuille zichtbaar.

Projecten kunnen dezelfde innovatielijn vanuit verschillende toepassingen versterken, of materiaalontwikkeling aanvullen met product- en systeemvertaling, validatie, digitalisering, normen, circulariteit of marktadoptie. Ook verbindingen tussen innovatielijnen kunnen relevant zijn, bijvoorbeeld wanneer een materiaalinnovatie tegelijk bijdraagt aan een lagere levenscyclusimpact, grondstoffenefficiëntie, klimaatbestendigheid of renovatie.

Portfoliocoherentie vereist geen gelijke projectverdeling over alle domeinen en innovatielijnen. Vlaamse industriële sterktes, maatschappelijke behoeften, marktkansen, kennisposities en beschikbare capaciteiten kunnen verschillen rechtvaardigen. Diversiteit kan waardevol zijn, maar te veel losstaande initiatieven kunnen kritische massa en doorstroming naar toepassing belemmeren.

De roadmap ondersteunt daarom het gesprek over samenhang, complementariteit, kennislacunes en ecosysteemontwikkeling. Ze rangschikt geen projecten, verdeelt geen budgetten en vervangt geen investerings- of financieringsbeslissingen.

3 Hoe is deze roadmap opgebouwd?

Van maatschappelijke en industriële uitdagingen en toepassingsbehoeften naar materiaal-, systeem- of procesinnovatie, adoptie en impact

De roadmap verbindt maatschappelijke en industriële uitdagingen met materiaalinnovatie voor gebouwen en infrastructuur. De centrale architectuur bestaat uit **twee strategische innovatiedomeinen** met samen acht innovatielijnen. **Circulariteit en veerkracht geven de richting aan; een gedeelde innovatieroute en vijf horizontale versnellers verbinden materiaalonderzoek met toepassing en impact.** Het onderstaande schema toont hoe deze onderdelen samenhangen.



Figuur 1: Centrale roadmaparchitectuur voor Materialen voor Bouw en Constructie.

3.1 Circulariteit en veerkracht als richtinggevende uitdagingen

Circulariteit en veerkracht vormen de overkoepelende richting voor beide innovatiedomeinen. Circulariteit vraagt minder primaire grondstoffen en langer waardebehoud door levensduurverlenging, herstel, hergebruik en hoogwaardige recyclage. Veerkracht vraagt dat materialen, gebouwen, infrastructuur en waardeketens betrouwbaar blijven functioneren bij veranderende klimaatomstandigheden, schaarste en verstoringen. Deze uitdagingen worden vertaald naar concrete toepassingsbehoeften en eisen aan prestaties, veiligheid en levenscyclusimpact.

3.2 Twee strategische innovatiedomeinen en acht innovatielijnen

De twee innovatiedomeinen vormen de inhoudelijke kern. ‘Koolstofarm en levenscyclusgericht’ richt zich op een lagere milieu-impact via grondstoffen, materialen, producten, systemen en productieprocessen. ‘Grondstofefficiënt, geïndustrialiseerd en klimaatadaptief’ richt zich op waardebehoud, bouwproductiviteit, klimaatbestendigheid en de aanpassing van bestaande gebouwen en infrastructuur. Elk domein omvat vier innovatielijnen die de materiaalgerichte onderzoeksvragen structureren. Hoofdstuk 4 werkt deze inhoudelijke richting verder uit.

3.3 Een gedeelde innovatieroute van behoefte naar impact

Binnen beide domeinen verbindt dezelfde innovatieroute de toepassingsbehoefte met materiaalinnovatie, de vertaling naar een product, systeem of proces, prestatie- en levenscyclusbewijs, schaalbaarheid en adoptie, en uiteindelijk impact. Zo wordt materiaalonderzoek vanaf de start gekoppeld aan de beoogde toepassing en de voorwaarden voor betrouwbare inzet. Hoofdstuk 6 licht de verbinding met waardecreatie en impact verder toe.



Figuur 2: Gemeenschappelijke innovatieroute binnen elk strategisch innovatiedomein.

3.4 Horizontale versnellers als gedeelde ondersteuning

Vijf horizontale versnellers ondersteunen de innovatielijnen en hun route naar toepassing: evaluatie en validatie; digitalisering, productdata en traceerbaarheid; normen en certificering; veilige en duurzame circulariteit; en marktadoptie en waardeketensamenwerking. Het zijn geen afzonderlijke inhoudelijke prioriteiten, maar gedeelde capaciteiten en randvoorwaarden. Welke versnellers nodig zijn en hoe uitgebreid ze worden behandeld, hangt af van de toepassing, technologiematuriteit en risico’s. Hoofdstuk 5 licht ze verder toe.

4 Strategische innovatiedomeinen

De inhoudelijke kern van de roadmap

De roadmap bundelt de prioriteiten voor materiaalinnovatie in bouw en constructie in twee strategische innovatiedomeinen: '**Koolstofarm en levenscyclusgericht**' en '**Grondstofefficiënt, geïndustrialiseerd en klimaatadaptief**'. Het eerste richt zich op een lagere milieu-impact over de volledige levenscyclus; het tweede op waardebehoud, bouwproductiviteit en aanpassing aan veranderende behoeften en klimaatomstandigheden. Beide vullen elkaar aan en omvatten elk vier innovatielijnen die toepassingsbehoeften verbinden met materiaal-, product-, systeem- en procesinnovatie, bewijsvoering en beoogde waarde. Circulariteit en veerkracht vormen de overkoepelende uitgangspunten.

4.1 Koolstofarm en levenscyclusgericht

DOMEINDOEL **De milieu-impact verlagen van grondstof tot schaalbaar systeem, met aantoonbare technische prestaties, veiligheid, duurzaamheid en waarde over de volledige levenscyclus.**

Dit domein omvat vier samenhangende innovatielijnen: **koolstofarme minerale en industriële grondstoffen; hernieuwbare en koolstofvasthoudende materialen; producten en systemen met een lage milieu-impact; en koolstofarme productie en fabricage**. Samen verbinden ze de keuze en ontwikkeling van grondstoffen en materialen met hun verwerking en toepassing in producten en systemen. Daarbij staat een aantoonbare verlaging van de milieu-impact over de volledige levenscyclus centraal, met behoud van de vereiste prestaties, veiligheid en duurzaamheid.



Figuur 3: Vier innovatielijnen voor koolstofarme en levenscyclusgerichte materiaalinnovatie.

4.1.1 Koolstofarme minerale en industriële grondstoffen

Uitdaging en toepassingsbehoefte. De bouw en infrastructuur gebruiken grote volumes minerale en industriële materialen. Een lagere ingebedde impact vereist grondstoffen en formuleringen met een kleinere klimaat- en milieuvoetafdruk die tegelijk voldoen aan functionele, veiligheids- en kwaliteitsvereisten in representatieve toepassingen.

Materiaalinnovatie. Relevante routes zijn onder meer koolstofarm cement en bindmiddelen, gecalcineerde klei, alkali-geactiveerde materialen, aanvullende cementgebonden materialen, minerale carbonatatie, beton en infrastructuurcomponenten met lagere impact, en decarbonisatieroutes voor staal, asfalt, bitumen, bakstenen, keramiek, glas en gips.

Producten, systemen, processen en bewijs. Materiaalveranderingen worden gekoppeld aan productiehaalbaarheid, formulatieoptimalisatie, reproduceerbare kwaliteit, verwerkbaarheid, constructeerbaarheid, corrosie- en vermoeiingsgedrag waar relevant, duurzaamheid, herstelbaarheid en conformiteit. Vergelijking gebeurt tegen een onderbouwde referentie en toont gelijkwaardige of betere prestaties en veiligheid aan voor gebouwen, wegen, verhardingen, bruggen of andere beoogde toepassingen.

Beoogde waarde. Lagere ingebedde en levenscyclusimpact zonder lasten te verschuiven naar onderhoud, levensduur, veiligheid, herstel of einde levensduur.

4.1.2 Hernieuwbare en koolstofvasthoudende materialen

Uitdaging en toepassingsbehoefte. Hernieuwbare grondstoffen kunnen het gebruik van fossiele en minerale bronnen verminderen en biogene koolstof tijdelijk opslaan. Hun waarde hangt af van verantwoorde sourcing, passende toepassing en geloofwaardig bewijs over de volledige levensduur.

Materiaalinnovatie. Relevante routes omvatten constructief en technisch hout, materialen op basis van hennep, vlas, stro, cellulose en houtvezel, myceliumgebaseerde materialen en natuurvezelcomposieten. Daarnaast biedt de ontwikkeling van biogebaseerde additieven, harsen en lijmen mogelijkheden voor hernieuwbare formuleringen en materiaalverbindingen. Deze materialen en formuleringen kunnen, afhankelijk van hun eigenschappen, worden ingezet in uiteenlopende bouwproducten, waaronder isolatiematerialen en coatings. Rest- en nevenstromen kunnen worden benut wanneer kwaliteit, veiligheid en continuïteit voldoende geborgd zijn.

Producten, systemen, processen en bewijs. Onderzoek behandelt vochtgedrag, brand en rook, duurzaamheid, binnenluchtkwaliteit, maatvastheid, verwerking, verbindingen, onderhoud, herstel, biogene koolstofopslag en einde levensduur. Oplossingen worden gevalideerd in hun beoogde context en niet als één-op-éénvervanging beschouwd zonder beoordeling op systeemniveau.

Beoogde waarde. Verantwoord gebruik van hernieuwbare materialen met aantoonbare functionele prestaties en levenscyclusvoordeel.

4.1.3 Producten en systemen met een lage milieu-impact

Uitdaging en toepassingsbehoefte. Materialen met een lage impact creëren pas waarde wanneer ze worden vertaald naar producten en bouw- of infrastructuursystemen die over hun volledige levenscyclus aantoonbaar voordeel bieden en voldoen aan functionele, veiligheids- en kwaliteitseisen.

Materiaalinnovatie. Relevante routes omvatten koolstofarme componenten, materiaal- en grondstofefficiënte producten, zeer efficiënte en brandveilige isolatie, lichtgewichtproducten, multifunctionele materialen, materialen voor thermische energieopslag en warmtewisselaars, en gebouwschillen, infrastructuurelementen en renovatiesystemen met een lage milieu-impact. Materiaalreductie kan onder meer worden gerealiseerd via hoge en ultrahoge sterkte, geoptimaliseerde

structurele prestaties en een efficiëntere inzet van materiaal zonder de vereiste veiligheid, duurzaamheid of herstelbaarheid te ondermijnen. Multifunctionele materialen en producten kunnen een hoofdfunctie combineren met relevante bijkomende prestaties, zoals akoestische of geluidsabsorberende, trillingsdempende, oppervlaktebeschermende, hygiënische of antimicrobiële, antifouling-, slipwerende en UV- of weerbestendige functionaliteiten. Ook functionele of regelbare beglazing kan bijdragen aan licht-, zon- en warmtebeheer. Deze voorbeelden zijn niet uitputtend; de bijkomende functie moet aantoonbare systeemwaarde bieden zonder de hoofdfunctie, levensduur, milieu-impact of circulariteit te ondermijnen.

Producten, systemen, processen en bewijs. Onderzoek verbindt materiaalkeuzes met productontwerp, systeemprestaties en toepassingscontext. Initiatieven tonen het levenscyclusvoordeel aan tegenover een onderbouwde referentie en valideren functionaliteit, veiligheid, veroudering, constructeerbaarheid, onderhoud, herstel, compatibiliteit en einde levensduur op component- en systeemniveau. Voor multifunctionele oplossingen wordt ook aangetoond dat bijkomende functies robuust blijven onder relevante blootstelling, gebruik, reiniging en onderhoud.

Beoogde waarde. Producten en systemen met aantoonbaar lagere milieu-impact, betrouwbare en doelgerichte multifunctionele prestaties en een haalbare toepassing over de volledige levenscyclus.

4.1.4 Koolstofarme productie en fabricage

Uitdaging en toepassingsbehoefte. De productie en fabricage van bouwmaterialen en -producten zijn vaak energie- en grondstofintensief. Een lagere klimaatimpact vereist procesinnovaties die energiegebruik, emissies en materiaalverliezen verminderen zonder in te boeten aan productkwaliteit, veiligheid of productiecapaciteit.

Materiaalinnovatie. Relevante routes omvatten procesoptimalisatie, elektrificatie en hernieuwbare energie waar relevant, lagere procestemperaturen, efficiënter grondstoffengebruik, vermindering en valorisatie van productieresten, alternatieve proces- en hulpstoffen, automatisering en datagestuurde procescontrole.

Producten, systemen, processen en bewijs. Onderzoek koppelt procesaanpassingen aan reproduceerbare productkwaliteit, grondstofvariatie, processtabiliteit, energie- en emissieprestaties, schaalbaarheid en compatibiliteit met bestaande of nieuwe productielijnen. Het bewijs maakt de impactreductie op proces- en productniveau zichtbaar en voorkomt verschuiving naar andere levenscyclusfasen.

Beoogde waarde. Koolstofarme en grondstofefficiënte productie met lagere energie- en emissie-intensiteit, reproduceerbare kwaliteit en een haalbare route naar industriële opschaling.

4.2 Grondstofefficiënt, geïndustrialiseerd en klimaatadaptief

DOMEINDOEL **De waarde van grondstoffen en componenten behouden, de bouwproductiviteit verhogen en gebouwen en infrastructuur betrouwbaar laten functioneren onder veranderende klimaatomstandigheden.**

Dit domein omvat eveneens vier samenhangende innovatielijnen: **secundaire grondstoffen en herwonnen componenten; geïndustrialiseerde, modulaire en demonteerbare systemen; klimaatadaptieve en veerkrachtige materialen; en renovatie en retrofit**. Samen verbinden ze hoogwaardig materiaal- en componentgebruik met efficiënte bouwsystemen en de aanpassing van nieuwe en bestaande gebouwen en infrastructuur. Daarbij staan waardebehoud, bouwproductiviteit en betrouwbare prestaties onder veranderende gebruiks- en klimaatomstandigheden centraal.



Figuur 4: Vier innovatielijnen voor grondstofefficiënte, geïndustrialiseerde en klimaatadaptieve bouw en constructie.

4.2.1 Secundaire grondstoffen en herwonnen componenten

Uitdaging en toepassingsbehoefte. Schaarste aan primaire grondstoffen en omvangrijke bouw- en sloopstromen vragen om veilige, traceerbare en hoogwaardige secundaire grondstoffen en componenten met gedefinieerde en reproduceerbare prestaties.

Materiaalinnovatie. Onderzoek omvat karakterisering, sortering, reiniging en opwaardering van gerecycleerde granulaten, minerale residuen, industriële bijproducten, herwonnen structurele en niet-structurele componenten en biomassafracties die geschikt zijn voor cascadering. Urban mining, hoogwaardige recirculatie, samenstellingstransparantie, contaminantencontrole, traceerbaarheid, einde-afvalcriteria en kwaliteitsborging maken integraal deel uit van deze innovatielijn.

Producten, systemen, processen en bewijs. Secundaire grondstoffen en componenten worden gekoppeld aan geschikte toepassingen en verwerkingsroutes. Variabiliteit, resterende levensduur,

compatibiliteit, logistiek, prestaties na herstel of hergebruik en herhaalde gebruiks- of recyclagecycli worden mee onderzocht; gerecycleerde inhoud alleen is geen voldoende maat voor circulariteit.

Beoogde waarde. Veilige en traceerbare secundaire grondstoffen en componenten die voldoen aan gedefinieerde kwaliteitseisen en hun waarde behouden in hoogwaardige toepassingen.

4.2.2 Geïndustrialiseerde, modulaire en demonteerbare systemen

Uitdaging en toepassingsbehoefte. Gefragmenteerde productie en variabiliteit op de werf verhogen bouwtijd, afval, faalkosten en onzekerheid. Industrialisatie kan productiviteit en kwaliteit verbeteren en tegelijk circulariteit ondersteunen.

Innovatieroutes. Prioriteiten omvatten prefabricage, modulariteit, standaardisatie, geautomatiseerde en kwaliteitsgestuurde productie, additive manufacturing (zoals 3D printen) voor materiaal- en productie-efficiënte componenten en systemen, omkeerbare verbindingen, ontwerp voor demontage en efficiënte ontmanteling.

Prestatie- en levenscyclusbewijs. Herhaalbaarheid, toleranties, materiaal- en productie-efficiëntie, verbindingsontwerp, logistiek, reparatie, hergebruik, remanufacturing en toekomstige aanpasbaarheid worden gezamenlijk beschouwd. Langere levensduur, zelfherstel, corrosieweerstand, multifunctionaliteit en voorspellend onderhoud kunnen bijdragen wanneer toekomstige opties voor waardebehoud niet worden beperkt.

Beoogde waarde. Herhaalbare circulaire systemen die afval en faalkosten verminderen, de productiviteit verhogen en de waarde van componenten behouden.

4.2.3 Klimaatadaptieve en veerkrachtige materialen

Uitdaging en toepassingsbehoefte. Gebouwen en infrastructuur moeten functioneel blijven bij hitte, vocht, droogte, overstroming en extreme weersomstandigheden. Het gedrag van materialen, verbindingen en assemblages is daarom essentieel voor veerkracht.

Innovatieroutes. Relevante oplossingen zijn warmte- en vochtbufferende materialen, reflecterende en koelende oppervlakken, systemen die oververhitting beperken, waterbufferende en permeabele materialen, droogtebestendige materialen, overstromingsbestendige oplossingen, vochtrobuuste aansluitingen, sneldrogende systemen, UV- en weerbestendige gebouwschillen en materiaalinterfaces met natuurgebaseerde oplossingen. Waar relevant kunnen multifunctionele oppervlakken en componenten bijkomende beschermende, slipwerende, antifouling-, akoestische of trillingsdempende prestaties combineren met klimaatadaptieve functies.

Prestatie- en levenscyclusbewijs. Validatie weerspiegelt realistische blootstelling, versnelde en natuurlijke veroudering, interfaces, corrosie, onderhoud, monitoring, reparatie en prestaties na gebeurtenissen. Oplossingen zijn verenigbaar met bouwfysica, binnenmilieukwaliteit en herstel- en renovatiepraktijk, en worden waar relevant beproefd voor wegen, verhardingen, bruggen, kunstwerken en waterrobuuste infrastructuur. Bij gecombineerde functies wordt aangetoond dat de klimaatadaptieve hoofdfunctie en de bijkomende prestatie over de beoogde levensduur behouden blijven.

Beoogde waarde. Betrouwbare prestaties onder veranderende klimaatomstandigheden, met minder schade, onderbreking en vervanging.

4.2.4 Renovatie en retrofit

Uitdaging en toepassingsbehoefte. De renovatie, reparatie en aanpassing van het bestaande gebouwen- en infrastructuurbestand vragen oplossingen met beperkte hinder die veilig en aanpasbaar zijn, prestaties verbeteren en afval en vervanging beperken.

Innovatieroutes. Prioriteiten omvatten geprefabriceerde gevel- en daksystemen, lichtgewichtpanelen, vochtveilige isolatie, omkeerbare montage, aanpasbare interfaces, herbruikbare componenten, herstelmaterialen voor beton, metselwerk, staal en infrastructuur, en herstelbare en onderhoudsarme oplossingen.

Prestatie- en levenscyclusbewijs. Oplossingen houden rekening met variatie in bestaande gebouwen en constructies, diagnose en niet-destructieve evaluatie, resterende levensduur, toegankelijkheid, hinder voor gebruikers, installatievaardigheden, compatibiliteit met bestaande materialen, garanties, monitoring, voorspellend onderhoud en prestaties na herstel.

Beoogde waarde. Langere levensduur en betere prestaties door renovatie en herstel met lagere impact, minder hinder, minder afval en minder vervanging.

5 Horizontale versnellers

Ondersteunende capaciteiten en voorwaarden die diverse innovatiedomeinen met elkaar verbinden

De vijf horizontale versnellers vormen een gedeelde ondersteunende basis voor de twee strategische innovatiedomeinen, geen afzonderlijke inhoudelijke prioriteiten. Ze helpen materiaalkeuzes te onderbouwen, samenwerking over de waardeketen te versterken en innovaties voor te bereiden op productie, opschaling en gebruik.

Welke versnellers een initiatief nodig heeft en hoe uitgebreid ze aan bod komen, hangt af van de toepassing, technologiematuriteit, het risicoprofiel en de beoogde route naar adoptie.



Figuur 5: Vijf horizontale versnellers die innovatielijnen van onderzoek tot toepassing ondersteunen.

5.1 Evaluatie en validatie

Nieuwe materialen en circulaire bouwoplossingen vragen evaluatietools die hun gedrag beter verklaren en voorspellen. De ontwikkeling, verfijning en validatie van kwantitatieve evaluatiemethoden, testmethoden, meetinstrumenten en simulatie- en voorspellingsmodellen moet daarom het inzicht in technische prestaties, kwaliteit, veiligheid, levensduur, milieu-impact en circulariteit vergroten. Zo kunnen materiaalkeuzes vroeger worden onderbouwd, uitgebreide empirische testcampagnes gerichter worden ingezet en ontwikkelingscycli en kennisopbouw worden versneld. Kwantitatieve methoden maken eigenschappen en prestaties meetbaar en vergelijkbaar en ondersteunen toetsing aan prestatie-eisen, ook wanneer innovatieve samenstellingen buiten bestaande receptgerichte voorschriften vallen. Daarmee leveren ze een basis voor prestatiegerichte regelgeving, normen en technische specificaties en helpen ze belemmeringen voor toepassing weg te nemen. Relevante onderzoeksroutes zijn niet-

destructieve karakterisering, versnelde verouderingsmethoden met een onderbouwde relatie tot praktijkgedrag, sensoren voor niet-invasieve foutdetectie en modellen voor degradatie en resterende levensduur. Deze ontwikkelingen ondersteunen ook voorspellend onderhoud en beter onderbouwde beslissingen over herstel en hergebruik. Verdere ontwikkeling van methodieken voor levenscyclusanalyse (LCA), levenscycluskosten (LCC) en circulariteitsbeoordeling maakt afwegingen over milieu-impact, kosten en waardebehoud inzichtelijk, ook bij herhaalde gebruiks- en recyclagecycli. De betrouwbaarheid, voorspellende waarde en toepassingsgrenzen van de tools worden onderbouwd met experimentele en praktijkgegevens. De vernieuwing ligt in de evaluatie- en validatietools zelf, niet louter in het toepassen van bestaande testen op een nieuw materiaal.

BEOOGDE BIJDRAGE **Gevalideerde evaluatie- en voorspellingstools die materiaalontwikkeling versnellen, uitgebreide empirische testcampagnes gerichter maken en prestatiegerichte beoordeling ondersteunen.**

5.2 Digitalisering, productdata en traceerbaarheid

Digitalisering moet versnipperde informatie en processen in de bouwketen verbinden, zodat materialen efficiënter worden geproduceerd, toegepast en opnieuw benut. Ontwikkel, verbeter en valideer daarvoor digitale oplossingen die betrouwbare product- en materiaaldata beschikbaar en uitwisselbaar maken, van productie en ontwerp tot gebruik, onderhoud en ontmanteling. BIM-gekoppelde informatie (Building Information Management), product- en materiaalpaspoorten en afspraken over datagovernance en interoperabiliteit helpen informatieverlies tussen ketenpartners te beperken en maken herkomst, samenstelling, prestaties en gebruiksgeschiedenis traceerbaar. Sensoren, het Internet of Things (IoT) en digitale tweelingen verbinden deze informatie met het werkelijke gedrag van materialen en systemen en ondersteunen procescontrole, voorspellend onderhoud, resterende-levensduurinschatting en beslissingen over herstel en hergebruik. AI-ondersteunde karakterisering en sortering, robotisering en additieve productie kunnen materiaalstromen gerichter benutten, productie en uitvoering nauwkeuriger maken en materiaalverlies en faalkosten beperken. De meerwaarde ligt niet in digitalisering op zich, maar in beter onderbouwde beslissingen, hogere productiviteit en aantoonbaar waardebehoud over de volledige levenscyclus.

BEOOGDE BIJDRAGE **Betere traceerbaarheid, procescontrole, onderhoud, beslissingen over waardebehoud en voorbereiding op conformiteit.**

5.3 Normen en certificering

Nieuwe en duurzame bouwmaterialen vinden niet vanzelf hun weg naar grootschalige toepassing, ook wanneer hun technische en milieuvoordelen zijn aangetoond. Bestaande voorschriften, normen en technische specificaties sluiten niet altijd aan bij innovatieve samenstellingen, secundaire grondstoffen, herwonnen componenten of nieuwe bouwsystemen. Receptgerichte eisen kunnen vernieuwing beperken, terwijl het ontbreken van passende beoordelings- en certificeringsroutes onzekerheid creëert bij producenten, ontwerpers, uitvoerders en opdrachtgevers. Deze versneller richt zich daarom niet alleen op het voldoen aan bestaande kaders, maar ook op het ontwikkelen en onderbouwen van prestatiegerichte regelgeving, normen, technische specificaties en bestekken die innovatieve oplossingen op hun aantoonbare prestaties beoordelen. Onderzoek moet kennislacunes, relevante risico's en beperkingen van bestaande beoordelingskaders zichtbaar maken en wetenschappelijk onderbouwde criteria, referentiegegevens en beoordelingsprotocollen aanleveren op materiaal-, product- en systeemniveau. Daarbij worden technische prestaties, veiligheid, levensduur, milieu-impact

en circulariteit in samenhang beschouwd. Vroege afstemming met normalisatie- en certificatieorganisaties, overheden en technische voorschrijvers helpt onderzoeksresultaten te vertalen naar bruikbare conformiteits- en certificeringsroutes, milieuverklaringen en criteria voor einde-afval en secundaire grondstoffen. Duidelijke en onderbouwde beoordelingskaders versterken zo het vertrouwen in innovatieve oplossingen en ondersteunen hun bredere toepassing, met behoud van veiligheid en kwaliteit.

BEOOGDE BIJDRAGE **Een duidelijke route naar conformiteit en certificering voor specificatie, aanbesteding en toepassing.**

5.4 Veilige en duurzame circulariteit

Circulair materiaalgebruik levert pas duurzame waarde op wanneer materialen en componenten ook bij langer gebruik en in volgende toepassingscycli veilig en functioneel blijven. Gerecycleerde inhoud of herbruikbaarheid alleen volstaat daarom niet: ongewenste stoffen, onbekende samenstellingen, veroudering en kwaliteitsvariatie kunnen risico's meebrengen of toekomstige kringlopen beperken. Deze versneller richt zich op het ontwikkelen van materialen, formuleringen, verbindingen en kringlopen die gezondheid, veiligheid, milieu en toekomstig waardebehoud vanaf het ontwerp integraal meenemen, in lijn met de principes van safe-and-sustainable-by-design. Onderzoek behandelt onder meer contaminanten, uitloging en emissies, vluchtige organische stoffen en binnenluchtkwaliteit, brand en rook, samenstellingstransparantie, variabiliteit en veroudering. Daarbij wordt nagegaan hoe samenstelling, verwerking en gebruiksgeschiedenis de veiligheid en prestaties beïnvloeden tijdens productie, toepassing, onderhoud, reparatie, hergebruik, remanufacturing en recyclage. Ook de gevolgen van materiaalkeuzes voor toekomstige kringlopen verdienen aandacht: additieven, coatings of verbindingen die de prestaties of levensduur verbeteren, mogen latere scheiding, verwerking of veilige toepassing niet onnodig bemoeilijken. Onderzoek naar veiligere alternatieven, verwijdering of beheersing van ongewenste stoffen en passende kwaliteitsborging moet duidelijk maken welke kringlopen verantwoord zijn en onder welke voorwaarden. Zo helpt deze versneller risico's vroeg te herkennen, te voorkomen dat ongewenste stoffen in kringlopen worden doorgegeven en de technische en economische waarde van materialen over opeenvolgende gebruikscycli te behouden, zonder gezondheids- of milieulasten naar toekomstige gebruikers of andere levenscyclusfasen te verschuiven.

BEOOGDE BIJDRAGE **Circulaire oplossingen zonder technische, gezondheids- of milieuerfenissen.**

5.5 Marktadoptie en waardeketensamenwerking

Technisch geslaagde materiaalinnovaties worden niet vanzelf breed toegepast. Producenten, ontwerpers, uitvoerders en opdrachtgevers moeten kunnen inschatten hoe een oplossing in hun praktijk past, welke meerwaarde ze biedt en wie de bijbehorende kosten, verantwoordelijkheden en risico's draagt. Deze versneller richt zich daarom op de voorwaarden voor marktadoptie en herhaalbare toepassing, in nauwe samenwerking met de betrokken waardeketenpartners. Demonstratoren en referentiecases maken de uitvoerbaarheid en gebruikswaarde zichtbaar en helpen praktische knelpunten vroeg te herkennen. Onderzoek naar business- en waardeketenmodellen verduidelijkt hoe investeringen, kosten en baten worden verdeeld en hoe schaalbare productie, levering en dienstverlening kunnen worden georganiseerd. Daarbij verdienen ook garanties, verzekerbaarheid, aanbestedingsvoorwaarden en risicoverdeling aandacht. Technische richtlijnen ondersteunen een correcte uitvoering en helpen kennis uit eerste toepassingen breder overdraagbaar te maken. Door producenten, voorschrijvers, uitvoerders en gebruikers vroeg te betrekken, kunnen innovatiekeuzes

beter aansluiten bij hun behoeften en kan vertrouwen groeien op basis van aantoonbare praktijkervaring. Publieke en private opdrachtgevers kunnen vroege toepassing ondersteunen via prestatiegerichte eisen, innovatiegericht aanbesteden en een passende verdeling van risico's. Zo ontstaat een onderbouwde route van een eerste toepassing naar herhaalbaar gebruik in uiteenlopende projecten.

BEOOGDE BIJDRAGE **Een geloofwaardig pad naar herhaalbare toepassing en marktadoptie.**

6 Van materiaalinnovatie naar waardecreatie en impact

De route van onderzoeksresultaat naar bruikbare waarde expliciet maken

Materiaalinnovatie creëert pas bredere waarde wanneer verbeterde eigenschappen doorwerken in betrouwbare bouwproducten en systemen, schaalbaar kunnen worden geproduceerd en toegepast, en bijdragen aan economische, maatschappelijke en strategische doelen. Dit hoofdstuk onderscheidt vier samenhangende niveaus: materiaalprestatie, product- en systeemwaarde, industriële inzetbaarheid en impact. De overgangen vragen telkens aanvullende bewijsvoering, voorwaarden en samenwerking. Het is geen strikt lineaire keten: inzichten uit productie, uitvoering, gebruik, renovatie en hergebruik kunnen materiaalkeuzes bijsturen. Succes op één niveau garandeert daarom niet automatisch waarde op het volgende.



Figuur 6: Van materiaalprestatie naar betrouwbare bouwoplossingen en bredere impact.

6.1 Materiaalprestatie

Materiaalprestatie omvat meetbare eigenschappen die bijdragen aan de beoogde toepassing, zoals sterkte, thermisch en vochtgedrag, brandveiligheid, verwerkbaarheid en weerstand tegen veroudering. De gewenste combinatie verschilt per gebruikscontext: de beste score op één eigenschap levert niet noodzakelijk de grootste meerwaarde. Onderzoek moet daarom aantonen welke eigenschappen verbeteren, tegenover welke referentie en onder welke omstandigheden. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen theoretisch potentieel, laboratoriumresultaten en reproduceerbare prestaties onder representatieve belasting en blootstelling. Ook milieu-impact, grondstoffengebruik en mogelijkheden

voor herstel, hergebruik en recyclage worden vroeg meegenomen. Zo ontstaat een onderbouwde basis voor verdere product- en systeemontwikkeling, zonder uit afzonderlijke materiaaleigenschappen al conclusies over de volledige toepassing te trekken.

6.2 Product- en systeemwaarde

Een materiaal creëert toepassingswaarde door zijn integratie in een bouwproduct, component of systeem en de wisselwerking met andere materialen, verbindingen en constructiedelen. Materiaalprestaties kunnen daarom niet zonder meer worden vertaald naar prestaties van een gebouw of infrastructuurwerk. Een gewijzigde samenstelling kan bijvoorbeeld gevolgen hebben voor aansluitingen, vochttransport, brandgedrag, onderhoud of demonteerbaarheid. Validatie moet aantonen dat de beoogde voordelen behouden blijven op het relevante product- en systeemniveau, onder representatieve uitvoerings- en gebruiksomstandigheden. Daarbij worden functionaliteit, veiligheid, levensduur en milieu-impact samen beoordeeld, tegenover een passende referentie en voor eenzelfde geleverde functie. Voor renovatie en herstel zijn ook compatibiliteit met bestaande materialen, resterende levensduur en hinder van belang. Zo wordt duidelijk welke meerwaarde de innovatie in de praktijk kan bieden en welke afwegingen of beperkingen daarbij gelden.

6.3 Industriële inzetbaarheid

Industriële inzetbaarheid vereist dat de gewenste prestaties reproduceerbaar worden gerealiseerd bij productie, verwerking en uitvoering op relevante schaal. Betrouwbare grondstofspecificaties, beheersbare variatie, procescompatibiliteit, toleranties en kwaliteitscontrole zijn daarbij essentieel. Opschaling vraagt ook aandacht voor energie- en materiaalgebruik, productiecapaciteit, logistiek en aansluiting op bestaande of nieuwe productieroutes en bouwprocessen. Een sneller proces of grotere productie heeft alleen waarde wanneer kwaliteit en prestaties behouden blijven. Representatieve testen moeten daarom zichtbaar maken welke aanpassingen en procesgrenzen nodig zijn. Normen, technische specificaties, certificeringsroutes en traceerbare prestatiegegevens ondersteunen vervolgens de kwalificatie en het vertrouwen van producenten, voorschrijvers en uitvoerders. Industriële inzetbaarheid is echter niet hetzelfde als marktsucces: garanties, verzekerbaarheid, risicoverdeling en samenwerking in de waardeketen blijven bepalend voor herhaalbare toepassing.

6.4 Economische, maatschappelijke en strategische impact

Materiaalinnovatie kan economische waarde creëren via competitieve bouwproducten, efficiëntere productie en uitvoering, lagere faalkosten en nieuwe mogelijkheden voor herstel, hergebruik en dienstverlening. Maatschappelijke waarde kan ontstaan door een lagere levenscyclusimpact, veilige en gezonde gebouwen, klimaatbestendige infrastructuur en een langere bruikbare levensduur. Strategische waarde ligt onder meer in sterke kennisposities, betrouwbare materiaalstromen, minder kwetsbare grondstoffenafhankelijkheden en toegang tot complementaire partners en infrastructuur. Deze impact volgt niet automatisch uit betere materiaalprestaties of succesvolle opschaling. Om die impact te realiseren, moet de innovatie daadwerkelijk worden toegepast en moet worden aangetoond welke voordelen ze oplevert voor bedrijven, gebruikers en de samenleving. Daarbij worden ook de kosten en risico’s over de volledige levenscyclus beoordeeld: een voordeel tijdens de productie mag bijvoorbeeld niet teniet worden gedaan door extra onderhoud of een kortere levensduur. Zo wordt duidelijk wie baat heeft bij de innovatie en wat nodig is om de verwachte voordelen in de praktijk waar te maken.

7 Ecosysteemontwikkeling en strategische positionering

Complementaire capaciteiten verbinden over de Vlaamse waardeketen voor bouw en constructie

Materiaalinnovatie voor bouw en constructie vraagt meer dan afzonderlijke onderzoeksresultaten. Ze steunt op de verbinding tussen materiaalkennis, productiecapaciteit, ontwerp- en uitvoeringspraktijk, validatie en de mogelijkheden voor herstel, hergebruik en recyclage. Ecosysteemontwikkeling brengt die complementaire capaciteiten samen rond concrete innovatievragen. Daarbij gaat het zowel om samenwerking binnen Vlaanderen als om toegang tot aanvullende Europese expertise, infrastructuur en waardeketens. Dit hoofdstuk beschrijft hoe die verbindingen de doorstroming van onderzoek naar betrouwbare toepassing kunnen versterken en de Vlaamse positie kunnen ondersteunen.



Figuur 7: Samenwerking, gedeelde infrastructuur en Europese aansluiting als basis voor materiaalinnovatie in bouw en constructie.

7.1 Samenwerking over de waardeketen

Samenwerking moet de kennis en praktijkervaring verbinden die nodig zijn om een innovatie te ontwikkelen, te produceren, toe te passen en later opnieuw te benutten. Relevante actoren zijn

grondstof- en materiaalproducenten, bouwproductfabrikanten, ontwerpers, engineeringbureaus, aannemers, installateurs en renovatie- en herstelbedrijven, maar ook gebouw- en infrastructuureigenaars, beheerders, sloop- en recyclagebedrijven en hergebruikactoren. Kennisinstellingen en collectieve onderzoekscentra leveren aanvullende onderzoeks- en testcapaciteit. Sectororganisaties en clusters ondersteunen de verbinding met bedrijven en toepassingen, terwijl certificatieorganen, verzekeraars en overheden belangrijke voorwaarden voor toepassing helpen verduidelijken. Niet elk initiatief heeft al deze partijen nodig: de kennisvraag, beoogde toepassing en afhankelijkheden bepalen welke expertise wanneer wordt betrokken.

De meerwaarde ontstaat vooral waar deze perspectieven elkaar beïnvloeden. Producenten brengen eisen aan grondstofkwaliteit, verwerking en opschaling in; ontwerpers en uitvoerders maken aansluitingen, toleranties en werfomstandigheden zichtbaar. Eigenaars en beheerders leveren inzichten over gebruik, onderhoud en herstel, terwijl hergebruik- en recyclageactoren aangeven welke materiaalcombinaties en verbindingen toekomstig waardebehoud mogelijk maken. Door deze inzichten vroeg terug te koppelen naar het onderzoek, kunnen ongeschikte keuzes en ontbrekende bewijsvoering eerder worden herkend. Samenwerking is daarmee geen doel op zich, maar een manier om concrete kennislacunes, afhankelijkheden en toepassingsbarrières aan te pakken.

7.2 Demonstratie- en validatieomgevingen

Onderzoeks-, test- en pilootinfrastructuur verbindt materiaalontwikkeling met productie en bouwpraktijk. Laboratoriumonderzoek verklaart materiaalgedrag; testen op component- en systeemniveau tonen hoe materialen, verbindingen en assemblages samenwerken. Pilootproductie en representatieve demonstratieomgevingen maken vervolgens zichtbaar wat verandert bij grotere volumes, realistische uitvoering en langdurige blootstelling. Daarbij verdienen ook onderhoud, herstel, ontmanteling en hergebruik aandacht. Gedeelde toegang tot apparatuur, expertise en praktijkomgevingen helpt organisaties onderzoeken uit te voeren die ze afzonderlijk niet kunnen organiseren. Een overzicht van beschikbare capaciteiten, toegangsvoorwaarden en ontbrekende testmogelijkheden ondersteunt gerichte samenwerking en voorkomt onnodige duplicatie. Demonstratoren en referentiecases zijn vooral waardevol wanneer hun meetgegevens, randvoorwaarden en beperkingen bruikbaar worden gemaakt voor volgende ontwikkelingen en toepassingen.

7.3 Europese aansluiting en strategische autonomie

De Vlaamse kennis en industriële capaciteiten krijgen meer slagkracht wanneer ze gericht worden verbonden met Europese onderzoeksnetwerken, test- en pilootinfrastructuur en materiaalwaardeketens. Die samenwerking biedt toegang tot aanvullende expertise, partners, grondstofstromen en toepassingsomgevingen die niet volledig in Vlaanderen beschikbaar hoeven te zijn. De inhoudelijke prioriteiten van deze roadmap bieden een basis om aansluiting te zoeken bij Europese onderzoeks- en innovatie-initiatieven.

Strategische autonomie betekent daarbij niet dat elke schakel lokaal aanwezig moet zijn, maar dat toegang tot kritieke kennis, materialen, productiecapaciteit en betrouwbare partners voldoende is verzekerd. Alternatieve materiaalroutes, secundaire grondstoffen en spreiding van leveranciers kunnen kwetsbare afhankelijkheden helpen beperken. Europese aansluiting ondersteunt zo de Vlaamse innovatiepositie, zonder Europese agenda’s automatisch als Vlaamse prioriteiten over te nemen.

8 MateriNex: rol, onderzoekskader en project-ondersteuning

MateriNex geeft richting aan materiaalonderzoek en ondersteunt projectontwikkeling.

8.1 Rol van MateriNex

MateriNex ondersteunt het Vlaamse ecosysteem voor materiaalonderzoek en brengt bedrijven, kennisinstellingen en innovatiepartners samen rond gedeelde strategische uitdagingen. Voor Materialen voor Bouw en Constructie biedt deze roadmap een inhoudelijk referentiekader voor dialoog, projectontwikkeling, ecosysteemafstemming en portfoliocoherentie. MateriNex begeleidt stakeholders bij partnerschapsvorming en bij de inhoudelijke positionering van projectideeën.

8.2 Onderzoekspositie en technologiematuriteit

De opdracht van MateriNex richt zich op kennisintensief materiaalonderzoek op lage technologiematuriteit, met een hoog technisch of wetenschappelijk risico en een langere ontwikkelingshorizon. Dit onderzoek houdt vanaf de start rekening met toepassingscontext, representatieve validatie, kennisoverdracht, normen en toekomstige adoptie. De roadmap is instrumentneutraal en bestrijkt de inhoudelijke route van fundamentele kennisontwikkeling tot toepassing en impact.

8.3 Aansluiting op onderzoeks- en innovatie-instrumenten

De inhoudelijke positionering van een projectidee gaat vooraf aan de keuze van een onderzoeks- of innovatie-instrument. Pas daarna wordt beoordeeld welk instrument past bij de kennisvraag, technologiematuriteit, partners, risico's en doelstellingen. Toepassingsvoorwaarden, indieningsprocedures en beoordelingscriteria worden niet in deze roadmap vastgelegd en moeten steeds in de actuele oproep- en instrumentdocumentatie worden geraadpleegd.

8.4 Dynamisch gebruik en actualisatie

De roadmap is een dynamisch strategisch referentiekader. Periodieke consultatie van bedrijven, kennisinstellingen en andere stakeholders via de Common Interest Group helpt na te gaan of de strategische innovatiedomeinen, innovatielijnen en versnellers relevant blijven en waar nieuwe lacunes of kansen ontstaan. Actualisatie houdt de inhoudelijke richting verbonden met evoluerende technologie, regelgeving en marktbehoeften, zonder de roadmap in een kalender of financieringshandleiding te veranderen.

Bijlage A. Bronbasis en totstandkoming

Deze bijlage verduidelijkt hoe de roadmap tot stand kwam en welke externe strategische bronnen de inhoudelijke richting onderbouwen. De roadmap is gebaseerd op Europese en internationale strategieën, regelgeving en onderzoeksagenda's voor duurzame bouw en geavanceerde materialen, aangevuld met de inhoudelijke kennisbasis van MateriNex en input van bedrijven, kennisinstellingen en andere actoren uit het Vlaamse ecosysteem voor bouw en constructie.

A.1 Totstandkoming en actualisatie

De oorspronkelijke MateriNex-roadmaps werden in december 2023 en januari 2024 uitgewerkt met Vlaamse experts en afgestemd op relevante Europese roadmaps. Voor de actualisatie in 2026 werd deze basis aangevuld met input uit de Common Interest Group Materialen voor Bouw en Constructie, bevragingen en contacten met stakeholders en overleg met de CIG-voorzitter en covoorzitter.

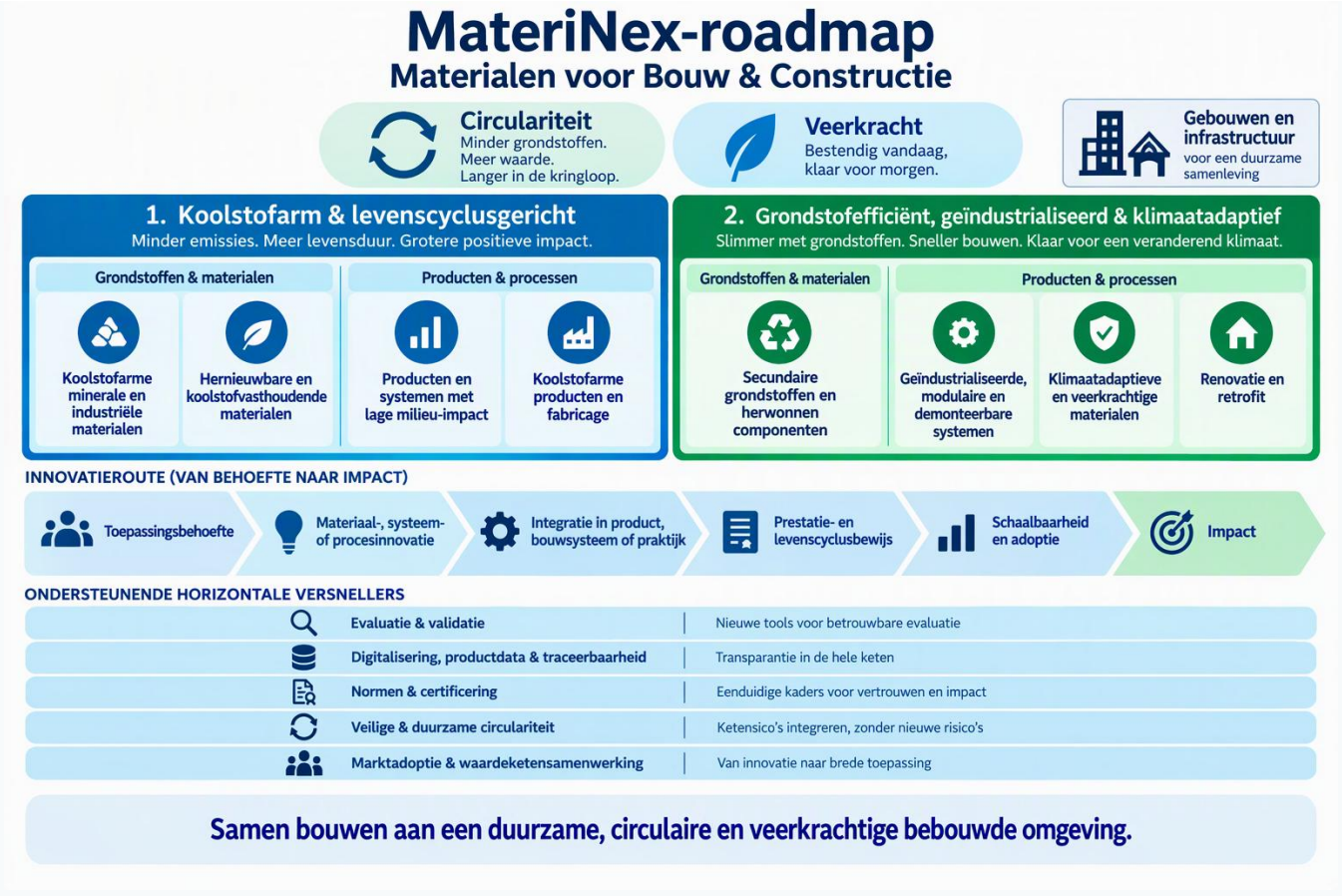
A.2 Actuele Europese kaders en onderzoeksagenda's

- **Regulation (EU) 2024/3110 – Construction Products Regulation**. Actueel Europees regelgevend kader voor bouwproducten, met aandacht voor prestatie- en conformiteitsinformatie, milieukenmerken en digitale productinformatie. Regulation - EU - 2024/3110 - EN - EUR-Lex
- **Directive (EU) 2024/1275 – Energy Performance of Buildings Directive (recast)**. Kader voor de verbetering van de energieprestatie van gebouwen en de verdere ontwikkeling van levenscyclusgerichte gebouwprestaties. Directive - EU - 2024/1275 - EN - EUR-Lex
- **Level(s) – European framework for sustainable buildings**. Gemeenschappelijke Europese taal voor duurzaamheidsprestaties van gebouwen over de levenscyclus. https://data.europa.eu/doi/10.2779/0393062
- **European Environment Agency, EEA Report 09/2024 – Addressing the environmental and climate footprint of buildings**. Actuele synthese over levenscyclusimpact, renovatie, circulariteit, klimaatveerkracht en natuurpositieve gebouwen. Addressing the environmental and climate footprint of buildings | Publications | European Environment Agency (EEA)
- **EN 15804:2012+A2:2019/AC:2021**. Kernnorm voor milieuproductverklaringen van bouwproducten, inclusief relevante regels voor levenscyclusinformatie en biogene koolstof. BS EN 15804:2012+A2:2019 Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products
- **Materials 2030 Roadmap – Advanced Materials 2030 Initiative**. Strategische onderzoeks- en innovatierichtingen voor geavanceerde materialen en de verbinding tussen materiaalontwikkeling en toepassing. 2022-12-09_Materials_2030_RoadMap_VF41.pdf
- **Built4People Partnership – Strategic Research and Innovation Agenda 2021–2027**. Onderzoeks- en innovatieagenda voor een duurzame, circulaire en mensgerichte bebouwde omgeving. Built4People-Partnership-SRIA-March-2022.pdf
- **ERA Industrial Technology Roadmap for Circular Technologies and Business Models**. Europese onderzoeks- en technologierichting voor circulariteit in onder meer bouw en energie-intensieve industrieën. ERA industrial technology roadmaps - Research and innovation
- **European Commission (2012) – Strategy for the Sustainable Competitiveness of the Construction Sector and its Enterprises – COM(2012) 433 final**. Strategische beleidsbasis voor

een duurzame en competitieve bouwsector, met aandacht voor investeringen, vaardigheden, grondstoffenefficiëntie en samenwerking over de waardeketen. COM(2012) 433 final – EUR-Lex

- **European Commission (2014) – Resource Efficiency Opportunities in the Building Sector – COM(2014) 445 final**. Beleidsbasis voor efficiënter grondstoffengebruik en een lagere milieu-impact van gebouwen over de volledige levenscyclus, met aandacht voor materiaalkeuzes, hergebruik, recyclage en meetbare milieuprestaties. COM(2014) 445 final – EUR-Lex
- **GlobalABC Roadmap for Buildings and Construction**. Internationale richting voor de transitie naar een koolstofarme en klimaatveerkrachtige bebouwde omgeving. Global Roadmap for Buildings and Construction 2020-2050

Bijlage B. Volledig visueel overzicht van de roadmap




vito
MATERINEX