



Hendriks

Bedenkt, bouwt, beheert

Biobased en circulair bouwen: wat is al haalbaar?

Waar je als woningcorporatie bij een uitvraag op kunt letten

Biobased en circulair bouwen: wat is al haalbaar?

De bouwsector heeft een belangrijk aandeel in het terugdringen van de CO₂-uitstoot en het halen van de klimaatdoelen. De productie van bouwmaterialen is verantwoordelijk voor 11 procent van de CO₂-uitstoot, het transport ervan voor nog eens 2 procent. Bouwondernemingen moeten dus vlot andere keuzes gaan maken, net als hun opdrachtgevers en andere partners in de bouwketen. Want de omslag maken naar biobased en circulair bouwen kan alleen als er goed wordt samengewerkt.

Anno 2022 is een 100% CO₂-negatief pand nog geen reële optie. Welke eisen of vragen kunnen woningcorporaties dus beter opnemen als ze een uitvraag opstellen? Na het lezen van dit whitepaper weet je waar je (beter) op kunt letten, en waarom dat zo is.

Bij Hendriks willen we vooroplopen bij het minimaliseren van milieu-impact. We passen daarom voortdurend nieuwe technieken en materialen toe, en houden bij wat het effect hiervan is. In dit whitepaper delen we onze ervaringen aan de hand van een concreet project dat onze dochteronderneming Hendriks Coppelmans in opdracht van de Bossche woningcorporatie BrabantWonen hebben uitgevoerd. En we kijken samen met duurzaamheidsaanjager Jan Willem van de Groep welke alternatieve materialen er nu al mogelijk zijn en waar je als corporatie bij een uitvraag op kunt letten. Hiermee willen we opdrachtgevers en andere ontwikkelaars en bouwers inspireren.



Inhoudsopgave

1. Keuzes voor materialen

Welke biobased en circulaire materialen hebben we toegepast bij ons onderzoeksproject en waarom?

2. Onze ervaringen

Welke uitdagingen zijn we tegengekomen bij de keuzes voor en het toepassen van nieuwe, duurzame(re) materialen?

3. Alternatieve biobased materialen

Aan welke (misschien minder bekende) alternatieve biobased materialen hadden we eventueel ook kunnen denken?

4. Milieuwinst

Waar kun je het beste op letten bij het kiezen van biobased alternatieven als je de grootste milieuwinst wilt behalen?

5. Doorrekening onderzoeksproject

Hoe scoort het onderzoeksproject op de meest gebruikte scores in de bouw voor milieu-impact? En tot welke CO₂-reductie hebben onze inspanningen geleid?

6. Adviezen voor een uitvraag

Naar welke aspecten kun (of moet!) je als woningcorporatie bij een uitvraag kijken, naast het gebruik van biobased of circulaire materialen?

De duurzame ambitie van Hendriks: materiaaltransitie versnellen

Het creëren van duurzame leefomgevingen zit stevig verankerd in onze missie: Hendriks maak 't voor generaties. We bouwen voor vandaag én morgen en dat zie je terug in ons denken en handelen. We leggen de duurzame lat hoog. Bij de materialentransitie focussen we daarom niet op het jaar 2030, als in Nederland de CO₂-uitstoot en het primair grondstoffengebruik met vijftig procent moet zijn afgenomen. **Wij willen dit versneld bereiken: al in 2023!**

In onze projecten omarmen we circulaire en biobased bouwmaterialen; niet alleen door ze toe te passen, maar ook door actief te participeren in de ontwikkeling en productie ervan. In deze **rol als productontwikkelaar** investeren we in initiatieven van anderen of we initiëren ze zelf.

We concentreren ons voornamelijk op elementen met volume zoals fundering, constructie, gevel en isolatie. Daar valt de grootste CO₂-besparing te behalen. De kosten houden we steeds scherp in de gaten. Zo komen we versneld tot **materiaalalternatieven die haalbaar en betaalbaar zijn**, en houden we onze aarde leefbaar voor de volgende generaties. 



Onderzoeksproject Mozartsingel Den Bosch



Om te beginnen vertellen we iets meer over het onderzoeksproject in Den Bosch. Voor wie gingen we aan de slag? Wie waren erbij betrokken? En wat was ons vertrekpunt?

Het begon allemaal met de ouders van een aantal jongeren met een lichamelijke en/of licht verstandelijke beperking. Zij wilden hun kinderen graag zelfstandig laten wonen, verenigden zich in [WonenZoals](#) en klopten aan bij [BrabantWonen](#). Deze woningcorporatie gaf uiteindelijk opdracht voor de bouw van achttien woonzorgappartementen en twee gemeenschappelijke ruimten.

BrabantWonen heeft grote ambities op het vlak van energie, materiaalgebruik en biodiversiteit en wilde die in het project verwezenlijkt zien. In het ontwerp dat WY.architecten voor BrabantWonen maakte, waren veel ambities al vertaald. De keuze was gevallen op houtbouw en het wensenlijstje qua duurzaamheid was bekend:

het moesten nul-op-de-meterwoningen worden met hoge isolatiewaarden, een warmtepomp-installatie, hergebruik van regenwater en veel duurzame materialen.

Toen BrabantWonen ons inschakelde voor de realisatie, lag er dus al een ontwerp. Maar bij het uitwerken van de details hebben we samen met WY.architecten en Ingenieursburo Ulehake keuzes heroverwogen in het licht van circulariteit en betaalbaarheid. Op behoorlijk wat punten is er vervolgens gesleuteld aan het ontwerp, en ook qua materiaalgebruik hebben we alsnog andere keuzes gemaakt. Door deze gezamenlijke optimalisatieslag en doordat BrabantWonen bereid was om extra te investeren in het pand, heeft het bouwteam uiteindelijk meer biobased en circulaire grondstoffen kunnen gebruiken.

In september 2021 is het pand aan de Mozartsingel opgeleverd. Vlak daarna kregen de achttien jonge bewoners de sleutels van hun appartement. ○

1. Keuzes voor materialen

Voor welke materialen heeft het bouwteam gekozen bij ons onderzoeksproject en waarom? Zoals gezegd was de keuze voor houtbouw al gemaakt, maar dan blijven er nog 1001 keuzes over. We lichten de belangrijkste keuzes toe.

Beton met 100% betonpuingranulaat

Voor de fundering op de begane grond is in Den Bosch gekozen voor een deels circulaire oplossing: beton waarvan het grind volledig is vervangen door betonpuingranulaat. Hierdoor bestaat een aanzienlijk deel van de fundering uit gerecycled materiaal in plaats van uit nieuw gewonnen grondstoffen.

Het kan overigens nog een tandje beter. In een ander recent project in Aalst (gemeente Waalre) heeft Hendriks Coppelmans het reguliere cement (het bindmiddel van beton) vervangen door hergebruikt cement (Freement). Dit cement is gewonnen uit betonpuin. Twee partijen (De Rutte Groep en New Horizon Urban Mining) hebben een machine ontwikkeld die beton kan scheiden in de drie oorspronkelijke grondstoffen: grind, zand en cement. Zo'n vijftig procent van het cement in beton is namelijk nog geen reactie aangegaan met andere grondstoffen, en kan dus herwonnen en opnieuw gebruikt worden.

CLT-draagconstructie

Als een van de eersten in Nederland heeft het bouwteam bij dit project een volledige draagconstructie gemaakt van CLT: Cross Laminated Timber, ofwel kruislaaghout. Dit materiaal wordt gemaakt door laagjes massief vurenhout kruislings op elkaar te lijmen. Het is zo sterk dat het stalen balken, kalkzandsteen-wanden en betonvloeren kan vervangen. In ons project hebben we zelfs een CLT-verdiepingsvloer gemaakt, waarvoor we een afstand van maar liefst veertien meter hebben overbrugd. De milieu-impact van CLT is vele malen

kleiner dan staal, beton en kalkzandsteen omdat hout een hernieuwbare grondstof is. Een extra voordeel is het gewicht. Hout is stukken lichter dan de genoemde alternatieven, waardoor er minder zware vrachtwagens nodig zijn om materiaal te vervoeren. Helaas wordt CLT (nog) niet geproduceerd in Nederland. Het CLT voor ons project moest daarom uit Oostenrijk komen en heeft wel de nodige kilometers afgelegd.

Om zo veel mogelijk CLT te kunnen gebruiken, is het ontwerp geoptimaliseerd. Zo was er bijvoorbeeld een lichtstraat ingetekend, maar in overleg is die vervangen door drie lichtkoepels. Daardoor was geen staalconstructie meer nodig, terwijl de lichtopbrengst bijna net zo groot is.

Aan de Mozartsingel is niet alleen de draagconstructie van CLT gemaakt, maar bijvoorbeeld ook de liftschacht. Veel van het CLT is bewust in het zicht gelaten. Dat draagt bij aan het gevoel van 'een houten huis', maar levert ook een besparing aan bouw materiaal op. Voor de afwerking is geen gips, stuc of ander materiaal nodig.





Houtskeletbouw schil met houtvezelisolatie

De gevels bestaan uit houtskeletbouwelementen (HSB), gevuld met isolatie van houtvezel. Houtvezel heeft een vergelijkbare isolatiewaarde als glas- en steenwol, maar bestaat volledig uit biobased grondstoffen. In de praktijk heeft houtvezel zich al bewezen als prima alternatief. Het werken met dit materiaal is bovendien prettiger. Zo levert het minder huidirritatie op. Het materiaal dat we in Den Bosch hebben gebruikt, komt uit Duitsland.

Houten kozijnen in plaats van aluminium kozijnen

De architect had in het ontwerp aluminium kozijnen ingetekend, met als belangrijkste argument dat die onderhoudsvrij zijn. Uiteindelijk hebben we gezamenlijk toch gekozen voor biobased materiaal: hout. Dat betekent wel dat er om de acht tot tien jaar een verfbeurt nodig is.

De lak die we nu hebben gebruikt, is nog niet op natuurbasis. Maar de ontwikkelingen op dat vlak gaan hard. Voor binnenschilderwerk is er al wel

kwalitatief goede biobased verf voorhanden. De verwachting is dat er binnen een paar jaar ook geschikte verf voor buitenschilderwerk op de markt is. Daarop kan BrabantWonen dan overstappen.

Citumen op het platte dak

Een 100% biobased vervanger voor bitumen op een plat dak bestaat nog niet. Daarom ligt er op de platte daken in Den Bosch citumen. Dit is gemaakt van oud dakleer en is dus een circulair materiaal. Het is een vrij nieuw product, ontwikkeld door New Horizon in samenwerking met Icopal.



Als alternatief hebben we EPDM overwogen. EPDM wint het qua milieu-impact van citumen omdat het langer meegaat, maar het is afgefallen vanwege de hogere kosten. Het citumen dak is wel 'vergroend'. Op de plekken zonder zonnepanelen ligt sedum. Sedum zet CO₂ om in zuurstof, absorbeert regenwater, heeft een isolerende werking, verlaagt de omgevingstemperatuur en verhoogt de biodiversiteit.



Kerloc gevelbekleding

Voor het eerst in Nederland is Kerloc gebruikt voor het op grote schaal afwerken van gevels. Aan de Mozartsingel is zo'n 700 vierkante meter bedekt met dit keramische materiaal, gemaakt van samengeperst snoeiafval van populieren. Dat afval wordt zodanig bewerkt dat het binnen zes weken versteent, zoals een fossiel. Het materiaal wordt in Nederland gemaakt. Lokaal geproduceerd, met lokale grondstoffen dus.

Als alternatief heeft het bouwteam onder andere bamboe onderzocht, omdat dat materiaal goed scoort op circulariteit. Het groeit namelijk razendsnel. Bamboe bleek qua milieu-impact toch iets minder goed te scoren en is ook afgevalen vanwege de kleur. Het is vrij donker materiaal en zou het hele gebouw een andere uitstraling hebben gegeven dan gewenst.

Kerloc©: Nederlands, circulair én biobased

Aan de wieg van Kerloc stond Martens keramiek. Onderzoekers voegden in een lab natuurlijke mineralen en water toe aan houtvezels, net zolang totdat ze de juiste mix hadden voor een versteningsproces. Aan dat proces komt geen oven te pas! Dat scheelt stookkosten én verlaagt de CO₂-emissie tijdens productie.

Het mengsel wordt op een lopende band en onder lage druk tot een plaat gevormd. Als de plaat op maat is gezaagd, krijgt het een kleurvaste minerale coating van KEIM. Die coating is er in verschillende kleuren.

Kerloc is inmiddels op grote schaal beschikbaar, en wordt onder meer gebruikt voor ventilerende gevelbekleding met brandklasse A2. De levensduur is ten minste vijftig jaar. Daarna neemt de producent de gevelplaten terug en gebruikt ze volledig om nieuwe Kerloc-platen te maken. Kerloc is dus honderd procent circulair én biobased.

Kerloc heeft een basis van restafval uit de land-, tuin- en bosbouw. Martens keramiek onderzoekt of ook andere reststromen gebruikt kunnen worden, zoals bermgras. Zo zou de footprint van Kerloc nog kleiner kunnen worden.





Anhydrietvloer

Vanwege de akoestiek was er eigenlijk maar één optie voor de dekvloeren: anhydriet gietvloeren. Een vloer moet immers voldoende massa hebben om aan de geluidsnormen te voldoen. Een droogbouwvloer zou qua milieu-impact op zich een betere optie zijn geweest, omdat die aan het einde van de levensduur beter te verwijderen valt.

De dekvloeren van de gangen en algemene ruimtes zijn afgewerkt met marmoleum. We hebben niet gezocht naar alternatieven, want marmoleum was een praktische optie waar de zorginstelling voor koos.

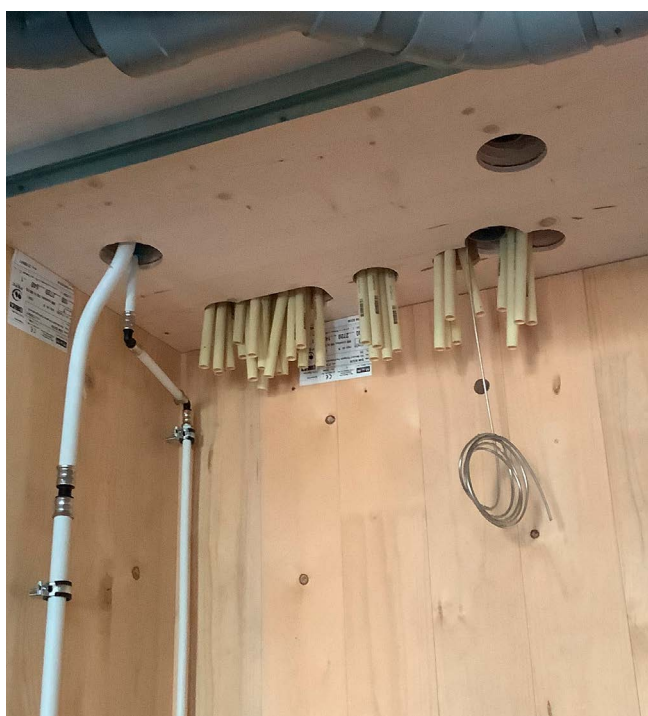
Gerecyclede gipsplaten in binnenwanden

Veel binnenwanden (metalstudwanden) in het appartementengebouw zijn opgebouwd uit twee lagen gipsplaten. De achterste plaat blijft uit het zicht. Daarom zijn daarvoor gerecyclede gipsplaten gebruikt, afkomstig uit afgebroken kantoren. De gipsplaten die wel zichtbaar blijven, hebben overigens een C2C-certificaat. 🟡



2. Onze ervaringen

Bij het heroverwegen van materiaalkeuzes en bij het toepassen van de genoemde nieuwe materialen uit hoofdstuk 1, zijn we in de praktijk tegen extra uitdagingen aangelopen. In overleg met de betrokken partijen hebben we oplossingen gevonden voor veel praktische vraagstukken. Een aantal van onze ervaringen hebben we in dit hoofdstuk op een rij gezet.



CLT: erg massief

Bij een betonnen vloer worden ventilatiekanalen, rioleringsbuizen en elektraleidingen normaal gesproken ingestort in het beton. CLT is echter massief materiaal. Daarom hebben we de leidingen op of onder de constructieve vloer gemonteerd. Dat vraagt om een heel andere werkwijze. Met behulp van BIM – een digitaal bouwmodel – hebben we het leidingwerk nauwkeurig voorbereid, en ervoor gezorgd dat uitsparingen op de juiste plekken kwamen te zitten. De montage was vervolgens precisiewerk.



Werken met CLT vraagt om een heel andere werkwijze

Een gat boren in CLT is wel mogelijk, maar niet gemakkelijk. Door onze goede voorbereiding hebben we dat op de bouwplaats nauwelijks hoeven doen. Maar de extra aandacht bij de engineering was hiervoor wel noodzakelijk.

Hout in het zicht: praktische onderhoudsvragen

Om de ervaring van een houten huis te versterken, is binnen veel hout in het zicht gelaten. Dat leverde praktische vragen op van onder andere de onderhoudsafdeling van opdrachtgever BrabantWonen. Hoe ziet dat eruit als de appartementen een aantal jaren bewoond zijn? En kun je beschadigingen en gebruikssporen wel wegwerken? Marijn van Zelst, destijds projectleider van BrabantWonen, is er niet bang voor: “Hout kun je stoppen en opschuren, dus het verschil met een gipswand is niet zo groot. Het is denk ik vooral een kwestie van wennen voor corporaties. Dat is iets wat we in de praktijk gaan ervaren.”

Overigens maakte het feit dat veel hout in het zicht blijft, het bouwproces op een aantal punten wel wat ingewikkelder. Tijdens de bouw moest het hout goed worden beschermd om weersinvloeden, verontreiniging en verkleuring te voorkomen.

Kerloc: gevoeliger dan gedacht

De Kerloc platen aan de buitengevels bleken gevoeliger dan het bouwteam had ingeschat. Het materiaal is breekbaarder dan verwacht, en na een aantal maanden was een schoonmaakbeurt nodig vanwege algen- en schimmelgroei. De fabrikant krijgt hier terugkoppeling van. Dat niet alles in één keer perfect gaat, hoort erbij als je werkt met nieuwe materialen en fabrikanten de kans wil geven om biobased producten te ontwikkelen.

Akoestiek: strenge normen

Aan alle kanten is rekening gehouden met geluid. De normen daarvoor zijn streng, en we hebben gemerkt dat dat veel invloed had op materiaalkeuzes. We hebben bijvoorbeeld gekozen voor CLT in plaats van HSB voor de draagconstructie vanwege het geluid. Maar ook de keuze voor het type binnendeur en de gietvloeren zijn hierdoor ingegeven.

Bij ons project speelde ook nog eens mee dat het om zorgappartementen gaat. We moesten rekening houden met de mogelijkheid dat sommige (toekomstige) bewoners meer geluid maken dan gemiddeld. Er is volop gediscussieerd over de vraag: zijn de gebruikers op dit punt doorslaggevend of de normen uit het Bouwbesluit? Uiteindelijk zijn strengere eisen gehanteerd dan in het Bouwbesluit staan, en zijn de behoeftes van de gebruikers leidend geworden.

Hoeveel duurder?

‘Hoeveel duurder is dit pand in vergelijking met traditionele bouw?’ is een vraag die we voortdurend krijgen. Het antwoord voor ons onderzoeksproject in Den Bosch: vijftien procent in totaal.

Brandwerendheid: overleg met de brandweer

Voor de binnendeuren leek massief hout ons een mooi duurzaam alternatief voor het bedachte HPL (Trespa). Deze deuren zijn er toch niet gekomen, enerzijds vanwege de geluidsnormen, anderzijds vanwege de brandwerendheid. Vluchtwegen moeten namelijk gemaakt zijn van brandwerend materiaal.

We hebben intensief overlegd met de brandweer, want ook buiten de vluchtwegen om was brandwerendheid een issue. Hout in het zicht houden, betekende een extra uitdaging. Om het hout brandwerend te maken, moest het worden afgewerkt met een transparante, brandwerende beits. Die beits is al wel op de markt, maar het is een vrij nieuw product, dat nog niet uitgebreid getest is op CLT door TNO of een vergelijkbare partij. Uiteindelijk hebben we toch toestemming gekregen van de brandweer om het te mogen gebruiken.

Garanties: afspraken op papier

Bij het toepassen van nieuwe materialen is het belangrijk om duidelijke afspraken te maken over garanties. Bijvoorbeeld bij het gebruik van Kerloc is dat een issue bij dit project. Omdat Kerloc niet eerder als gevelbekleding is gebruikt, is er nog geen bewijs dat het vijftig jaar lang meegaat. Het is belangrijk voor de bouwer, opdrachtgever en producent om afspraken te maken over garanties, om onenigheid in de toekomst te voorkomen.



Bouwsnelheid en -gemak: extra voordelen

Door te werken met hout, was het mogelijk om snel meters te maken. Zo stond de ruwbouw van de appartementen binnen vier weken. Daardoor was de afhankelijkheid van het weer veel minder groot, wat uiteraard gunstig was voor de planning.

Daarnaast was het werk minder intensief voor de werknemers. Sjouwen met stempels en ondersteunende balken was niet nodig, er hoefde geen randbekisting te worden getimmerd, en ook beton storten was niet nodig. Een ander voordeel: het was erg prettig werken op de bouwplaats. Die was bijvoorbeeld veel minder stoffig.



Standaardtegels: geen keuze mogelijk

Een aantal keuzes hebben we niet heroverwogen. Neem de keuze voor tegels in de keukens en badkamers. De reden is dat BrabantWonen werkt met standaardtegels, wat verschillende voordelen heeft: ze zijn in grote partijen in te kopen, de onderhoudsdienst heeft altijd de juiste, vervangende tegels op voorraad, en dus is er relatief weinig afval en veel gebruiksgemak.

Een circulair of ander alternatief materiaal was daarmee geen optie. Voor een woningcorporatie is het misschien ook logischer om te bekijken of de fabrikant een alternatief ontwikkelt voor 'de standaardtegel' dan zelf over te stappen op ander materiaal.

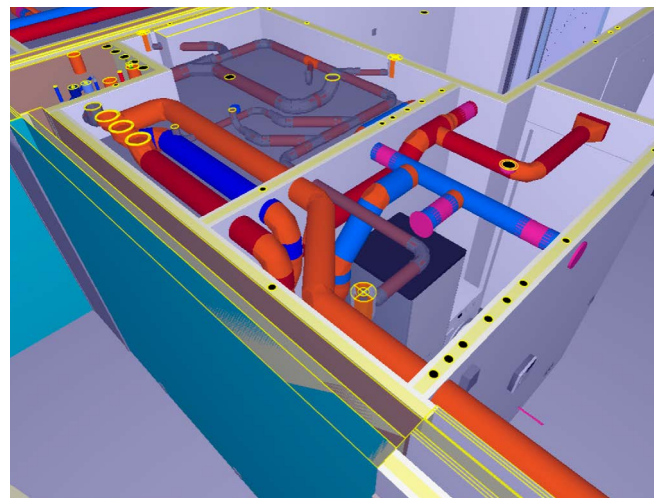
Installaties: focus op energieverbruik

Er is nog weinig aanbod qua circulaire materialen als het gaat om installaties. In die branche ligt de focus vooral op een laag energieverbruik van de uiteindelijke gebruiker. We hadden op dat vlak dus weinig te kiezen. Door de keuze voor houtbouw zijn

de installaties die het gebouw nul-op-de-meter maken wel beter te recycleren aan het einde van hun levensduur. Doorgaans worden leidingen ingestort in een betonvloer, waardoor ze later niet meer los te halen zijn. Bij ons onderzoeksproject was dat niet het geval. De meeste leidingen zijn weer gemakkelijk te verwijderen, wat recycling van materialen mogelijk maakt.

Integraal ontwerpen: een must

Ontwerpen met BIM is zeker bij houten woningen een must. Als alles precies is uitgedacht en exact op elkaar aansluit, scheelt dat werk op de bouwplaats, maar ook restafval. Daarnaast is er een esthetisch argument: als hout en leidingen in het zicht blijven zoals in ons project het geval was, moet het eindresultaat er netjes uitzien. Slordigheden en fouten zijn achteraf bovendien minder goed weg te werken. Bij traditionele bouw kan de stukadoor die vaak wegpoetsen, maar dat was bij dit project meestal geen optie.



We hebben in de bouw naast een materialentransitie dus ook te maken met een ontwerptransitie. Zo moeten installateurs bijvoorbeeld veel vroeger bij een project betrokken worden dan we gewend zijn. Dat is bij ons project ook gebeurd. Installateurs dachten al in de ontwerpfase mee over de exacte locatie van leidingen en doorvoeren. Bouwen met hout betekent: minder flexibiliteit in de bouwfase. De nadruk komt daardoor als vanzelf meer op het ontwerpproces te liggen. ○

3. Alternatieve biobased materialen



Hadden we bij ons onderzoeksproject eventueel andere biobased bouwmaterialen kunnen gebruiken? En aan welke biobased alternatieven wordt niet snel gedacht omdat ze onbekend en/of nog te duur zijn? De antwoorden die Jan Willem van de Groep heeft gegeven op deze vragen, staan in dit hoofdstuk op een rij. Van de Groep houdt zich in opdracht van het ministerie van Landbouw bezig met een programma dat biobased bouwen moet stimuleren en opschalen.

Fundering van houten palen

Verreweg de meeste huizen rusten op een fundering van beton. Maar bij het produceren van beton komt veel CO₂ vrij, wat milieu-belastend is. Helaas zijn er nog nauwelijks alternatieven voor beton. Het enige bestaande biobased alternatief is het gebruik van houten palen, zoals ze bijvoorbeeld in Amsterdam zijn toegepast.

In de bouwwereld worden houten palen nog niet als reële optie gezien. Maar met de nodige aandachtspunten zijn ze wel toe te passen. Het kwetsbare deel van een funderingspaal is het deel dat soms droog en

soms nat wordt: dat gaat rotten. In Nederland verandert het grondwaterpeil nog wel eens, waardoor houten palen hier kwetsbaar zijn. Een oplossing zou zijn om het deel van de paal bij het wateroppervlakte te vervangen door een stukje betonpaal.

Een extra voordeel van funderingspalen is dat de houten delen na de sloop van het pand gewoon in de bodem kunnen blijven zitten. Dat kan geen kwaad: de natuur zorgt ervoor dat ze vanzelf wel een keer verdwijnen.

Zolang er geen andere biobased alternatieven voorhanden zijn, is het wel een optie om minder zware gebouwen neer te zetten. In die zin springt houtbouw er op een positieve manier uit. Houten gebouwen hebben een minder zware fundering nodig, waardoor ook minder beton nodig is. Ook zijn lowcarbon-oplossingen – zoals schuimbeton en schuimglas – sterk genoeg om een houten huis te dragen. Dat betekent wel dat het huis geen kruipruimte meer heeft.

Draagconstructies van hout

De milieu-impact van een bouwproject is aanzienlijk te verminderen door te kiezen voor een draagconstructie van hout. Dit heeft een dubbel voordeel. Enerzijds zijn er geen niet-hernieuwbare grondstoffen zoals staal nodig. Anderzijds realiseer je door het gebruik van hout CO₂-opslag (zie kader).

De kunst is om niet meer hout te gebruiken dan strikt noodzakelijk is

Uiteraard is het daarbij de kunst om niet meer hout te gebruiken dan strikt noodzakelijk is, want de vraag naar hout is groot. Het beste uitgangspunt voor een draagconstructie is: pas HSB toe waar dat kan en gebruik sterker materiaal waar dat moet.

Sterker materiaal kan CLT zijn. Maar HSB kan ook gecombineerd worden met LVL (Laminated Veneer Lumber) of glulam (gelamineerd hout/lijmhout). LVL bestaat uit dunne fineerlagen die – al dan niet kruiselings – op elkaar zijn gelijmd. Glulam bestaat uit lamellen die horizontaal zijn verlijmd. CLT, LVL en glulam zijn alle drie constructiematerialen, maar met verschillende eigenschappen. Zo kunnen de lamellen in glulam voor het verlijmen gebogen worden, waardoor andere vormen te maken zijn.

Veel modulebouwers combineren HSB al met deze soorten constructiemateriaal, want door slimme combinaties hoeft minder hout te worden gebruikt.

Isolatie

Waar voor de fundering en de draagconstructie de keuzes nog beperkt zijn, ligt dat anders bij de keuze voor isolatiemateriaal. Grofweg zijn er hiervoor twee soorten alternatieven op de markt:

- Nicheproducten die al op de markt zijn, maar nog weinig worden toegepast. Doorgaans zijn ze nog zo'n dertig tot veertig procent duurder dan traditionele alternatieven.
- Producten die nog in ontwikkeling zijn, zowel op productniveau als op ketenniveau. Daardoor zijn ze veel minder bekend.

De belangrijkste niche-isolatiematerialen zijn:

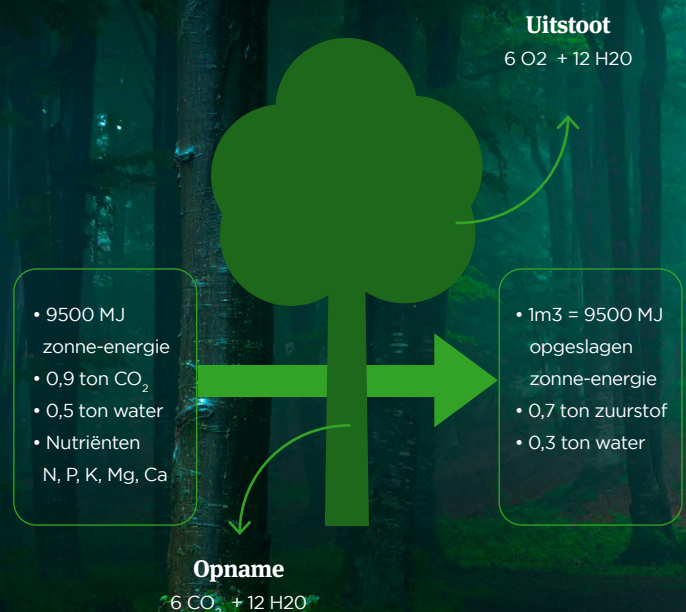
- **Houtvezelplaten**
- **Vlasdekens**
- **Bermgrasdekens**
- **Stro (isolatie en wandvullend)**
- **Hennepwol**

CO₂-opslag in hout

Tijdens het groeien nemen bomen (en andere gewassen) CO₂ op uit de lucht en leggen die vast in de vorm van koolstof. Ze onttrekken dus CO₂ aan de atmosfeer. Pas als een boom doodgaat en gaat rotten komt de CO₂ weer in de lucht. Ook als een boom verbrandt gebeurt dat.

Als een boom wordt gekapt en het hout wordt gebruikt – bijvoorbeeld als bouw materiaal – dan blijft de opgeslagen koolstof in het hout zitten.

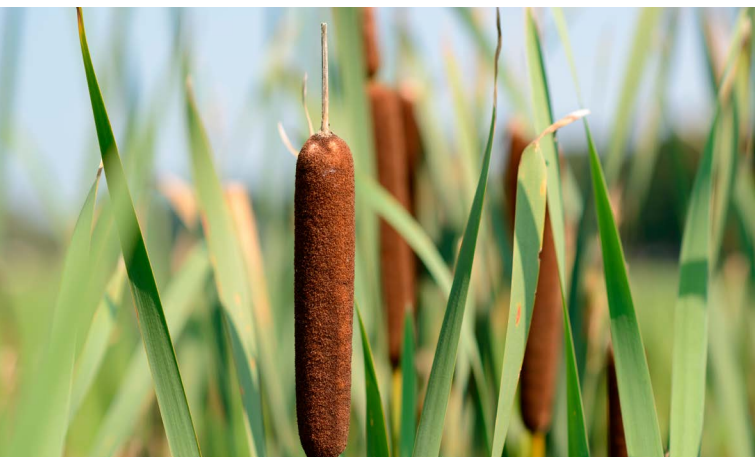
Als op de plek van een gekapte boom weer een nieuwe boom groeit die CO₂ opneemt, is er dus een dubbel CO₂-opslageffect.



Minder bekend zijn de volgende materialen die tot isolatiemateriaal kunnen worden verwerkt:

Lisdodde

Lisdoddes hebben stengels met holle ruimtes, wat een goede isolatiewaarde oplevert. Het materiaal is weinig gevoelig voor schimmels, en relatief brandvertragend. Lisdoddes zijn dus prima te gebruiken als bouw materiaal, maar vormen ook een oplossing voor de lage waterstanden in Nederlandse veengebieden. In die gebieden wordt de waterstand verlaagd om veeteelt mogelijk te maken. Maar daardoor daalt de bodem, met CO₂-uitstoot als gevolg. Een oplossing is om in veengebieden gewassen te gaan telen die een hoge waterstand nodig hebben, zoals lisdoddes. Gebruik van het gewas is dus voordelig voor zowel de bouwsector als de landbouwsector.



Silphium

Net als lisdodde kan het gewas silphium gebruikt worden als inblaasisolatie. Dit materiaal wordt met een blaasmachine in de holtes van de dakconstructie, de vloeren en/of het metselwerk geblazen. Van silphium kunnen daarnaast isolatieplaten en ander bouw materiaal worden gemaakt. Het is een vrij nieuw gewas in Nederland, maar in Duitsland wordt het meer geteeld, en ook gebruikt voor papier en composieten.

Wol

Van vervilt wol kunnen isolatiematten en -dekens worden gemaakt. Schapenwol heeft een natuurlijke vochtregulering die schimmels voorkomt. Ook kan het vocht opnemen (tot 35 procent van het eigen

gewicht) zonder dat de isolatie-eigenschappen daardoor verminderen. In een HSB-constructie zorgt dat ervoor dat het hout droog en goed geconserveerd blijft.

Over de milieu-impact van wol bestaat discussie, want de mest van schapen zorgt voor stikstof in de bodem waardoor de biodiversiteit afneemt. Ook wordt vaak gif gebruikt om ongedierte in de schapenvacht te bestrijden. Daarom stelt Milieu Centraal dat de milieu-impact van schapenwol veel groter is dan van andere isolatiematerialen. Goed om daarbij te weten: de milieu-effecten van het schaap worden verdeeld over wol en vlees. Twee derde van de milieu-impact wordt toegerekend aan de wol, een derde aan het vlees.

Melkzuur

Plantaardig restmateriaal, zoals cassave-schillen en suikerriet, kan door fermentatie (biologische omzetting door bacteriën) worden omgezet in melkzuur. Door een chemisch proces toe te passen (polymerisatie) en CO₂ toe te voegen, ontstaan kleine bolletjes die lijken op piepschuimbolletjes. Die zijn te gebruiken als isolatiemateriaal.

Kurk

Kurk komt van de kurkeik en is een damp-open en vochtregulerend materiaal. Isolatie-materiaal van kurk bestaat uit uitgezette (geëxpandeerde) kurkkorrels waarin luchtcellen zitten. Naast de isolerende eigenschappen absorbeert dit materiaal ook geluid en trillingen.

Bamboe

Door slimme verbindingstechnieken kan van bamboe timmermateriaal worden gemaakt, dat houten planken en balken kan vervangen. Azië is nu nog voornamelijk leverancier van het materiaal. Maar bamboe is in Nederland vrij gemakkelijk te verbouwen, al gebeurt dat nu nog nauwelijks. We zouden dus veel meer hout van eigen bodem kunnen gaan gebruiken.

Paprika- en tomatenstengels

De stengels van paprika's en tomaten vormen een restmateriaal in de tuinbouw. In gehakselde vorm is dit materiaal geschikt als inblaasisolatie voor HSB-wanden of andere bouwsystemen waarbij holle ruimtes moeten worden opgevuld. Ook vergelijkbaar restmateriaal kan op dezelfde manier worden gebruikt.

Waar ontstaat emissie?

Ongeveer twee derde van de materiaal-gebonden emissies ontstaat voor of tijdens het bouwproces (cradle to site). De overige emissie ontstaat bij onderhoud en vervanging van onderdelen.

Gevels

Voor gevels wordt hout uiteraard al vaak gebruikt. Daarnaast zijn er niche-keuzes. Een deel daarvan is kant-en-klaar:

- **Stro verwerkt in prefab geveldelen**
- **Hennep** in verschillende vormen: als isolatieplaat of in de vorm van bouwblokken
- **Cellulose (papier) of houtvezels** in de vorm van isolatieplaten
- **Bamboe kozijnen of gevelbetimmering**

Daarnaast zijn er minder bekende biobased alternatieven die gebruikt kunnen worden om gevels op te bouwen of af te werken:

Paprika- en tomatenstengels

Een start-up heeft zogeheten BB-blokken ontwikkeld: kant-en-klare bouwblokken van plaatmateriaal waar de isolatie van paprikastengels al in zit.

Kalkhennep

Kalkhennep is een mengsel van kalk en hennepvezels of -korrels. Dit materiaal absorbeert CO₂ tijdens het uithardingsproces en heeft uitstekende isolatie-eigenschappen. De productie van kalkhennep kost bovendien erg weinig energie. In het verleden werd het materiaal ter plaatse gemengd en in mallen gegoten, wat tijdrovend was en niet onder alle weersomstandigheden mogelijk was. Inmiddels zijn er complete gevelpanelen op de markt die op de bouwplaats alleen nog hoeven te worden gemonteerd.

Stro

Bouwen met stro is niet nieuw, maar de ontwikkelingen staan niet stil. Er zijn machines op de markt die geprofileerde blokken maken van geperst stro. Deze blokken worden verwerkt tot prefab bouwelementen. Naast gevelelementen zijn er ook vloerelementen en dakelementen beschikbaar.

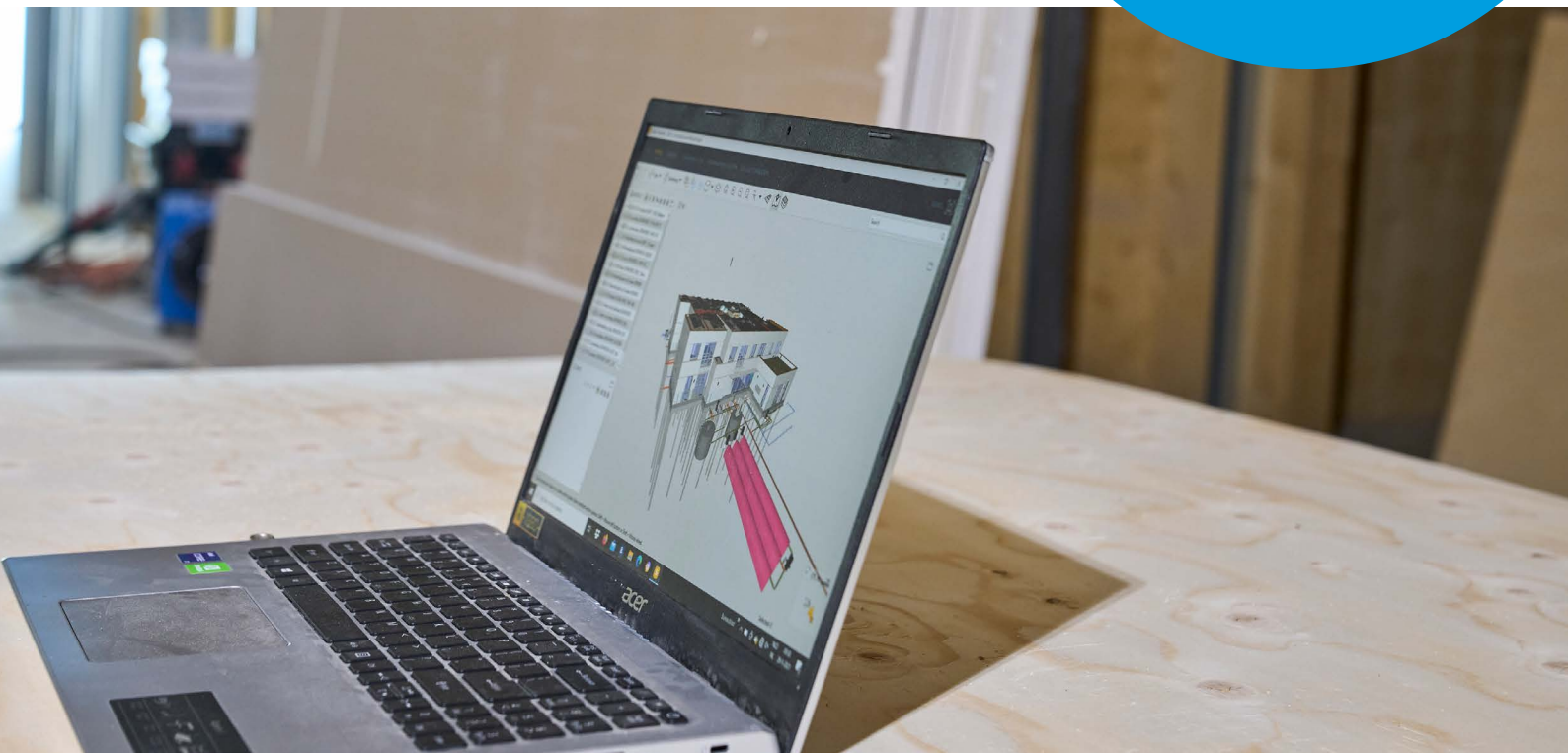
Populierenhout

Kerloc is gemaakt van populierenhout. Hiermee kunnen gevels worden afgewerkt, zoals we bij ons onderzoeksproject in Den Bosch hebben gedaan (zie kader op pagina 7). ●



Er wordt volop geëxperimenteerd met biobased bouwmaterialen, bijvoorbeeld met mycelium: het dradennetwerk dat schimmels in de bodem aanleggen. Door schimmels op bijvoorbeeld houtsnippers, riet of stro te laten groeien, verteren ze de plantenresten deels en binden ze die met hun schimmelresten aan elkaar. Wanneer dat proces op tijd gestopt kan worden, ontstaat een stevig mengsel van plantenresten en schimmels: ideaal om onder andere vloeren en zelfs bakstenen van te maken.

4. De grootste milieuwinst behalen



Wanneer doe je het ‘het beste’ en boek je de grootste milieuwinst als het gaat om het gebruik van bouwmaterialen? Omdat je daar op verschillende manieren naar kunt kijken, lichten we dat in dit hoofdstuk toe.

1. Massa

Welk materiaal gebruik je in grote hoeveelheden? Als je daar een circulair of biobased alternatief voor kiest, is het effect uiteraard meteen groot.

2. Toxische materialen

Er zijn verschillende ‘rode lijsten’ met toxische materialen in omloop, onder andere die van het [International Living Future Institute \(ILFI\)](#). Op deze lijst staan chemische middelen die schadelijk zijn voor mens, dier en milieu. Ook al worden deze materialen in kleine hoeveelheden toegepast, het vermijden ervan levert veel milieuwinst op. Porschuim (polyurethaan) is een voorbeeld van toxisch materiaal. Pur wordt gebruikt om naden, kieren en gaten te dichten tussen vloeren, scheidingswanden en plafonds, en om deur- en

raamkozijnen te bevestigen. Er bestaat nog geen biobased alternatief dat precies dezelfde eigenschappen heeft als pur.

Toch valt het gebruik ervan te minimaliseren, bijvoorbeeld door preciezer te ontwerpen (te modelleren met BIM), en exact(er) te meten en te boren. Elk gat dat niet hoeft te worden opgevuld, scheelt weer toxisch materiaal. Zeker bij houtbouw is het mogelijk om heel precies te werken.

3. CO₂-reductie

Het vermijden van CO₂-intensieve materialen zoals beton, staal en baksteen levert veel CO₂-reductie op. Als we in plaats van die materialen biobased bouwmaterialen gebruiken, levert dat dubbele milieuwinst op omdat hout en andere biobased materialen ook CO₂ vasthouden (zie ook pagina 13). Dit heet ook wel het substitutie-effect.

Los van deze drie opties zijn er nog andere zaken die meespelen. **'Losmaakbaarheid'** bijvoorbeeld; materialen die aan het einde van de **levensduur** van een pand goed te scheiden zijn, zijn beter te hergebruiken. Ze zijn dan niet afgeschreven en vormen geen afval.

Een andere invalshoek is de levensduur van het materiaal. Installaties hebben een beperkte levensduur, maar draagconstructies kunnen soms wel honderden jaren mee (of misschien nog wel langer als de functie van het gebouw nog te wijzigen valt).

Daarbij is het wel belangrijk om in het achterhoofd te houden: blijft een gebouw dat qua materiaal nog lang mee kan, ook inderdaad staan? Materiaal bepaalt immers slechts voor een deel de

uiteindelijke levensduur van een pand. De vraag 'wat is de levensduur van een pand?' is pas achteraf met zekerheid te beantwoorden, maar is er wel één om rekening mee te houden.

Kortom: er zijn verschillende manieren om te kijken naar milieuwinst, waardoor het lastig kan zijn om te beoordelen welke keuzes de 'juiste' zijn. Daar zijn we ook tegen aangelopen bij ons onderzoeksproject, toen we het na de bouw lieten doorrekenen. In hoofdstuk 5 lees je wat de uitkomsten daarvan zijn, en in hoofdstuk 6 gaan we hier dieper op in. 

Efficiënte koeling

De meest efficiënte koeling is koeling die niet nodig is. Dat is te bereiken door een gebouw goed op de zon te oriënteren, gebruik te maken van materialen met de juiste eigenschappen, zonwering en natuurlijke ventilatie.



Een overzichtelijke en informatieve database van beschikbare biobased (bouw)materialen vind je op de onafhankelijke en kosteloze website biobasedinkopen.nl

5. CO₂-reductie onderzoeksproject

Welke milieuwinst hebben we nu precies geboekt bij ons onderzoeksproject in Den Bosch? Om dat inzichtelijk te maken, hebben Hendriks Coppelmans en BrabantWonen onderzoeksbureau Alba Concepts gevraagd om het project door te rekenen.

Het bureau heeft gekeken naar de mate van circulariteit en milieu-impact, maar heeft zich met name gefocust op de vraag: in welke mate hebben de duurzame ingrepen geleid tot een reductie van CO₂-uitstoot in vergelijking met een (fictief) traditioneel appartementencomplex? Alba Concepts heeft verschillende gangbare meetinstrumenten gebruikt om de mate van circulariteit en de milieu-impact te bepalen:

1. MilieuPrestatie Gebouwen (MPG)

Is een maatstaf voor de duurzaamheid van een gebouw. Hoe lager de score, hoe duurzamer het gebouw. Het aanleveren van een MPG-berekening is verplicht als je een omgevingsvergunning aanvraagt.

2. Building Circularity Impact (BCI)

Geeft de mate van circulariteit weer, waarbij materiaalgebruik en losmaakbaarheid zijn meegenomen. Een score van 100% betekent: volledig circulair.

3. Milieukostenindicator (MKI)

Drukt in euro's uit wat de milieulast van producten of materialen is, van wieg tot graf. Hoe hoger de schaduwkosten, des te zwaarder de milieubelasting.

4. Global Warming Potential (GWP)

Geeft het broeikaseffect weer over een periode van honderd jaar. Het broeikaseffect wordt onder andere veroorzaakt door de uitstoot van CO₂. Een lagere CO₂-uitstoot leidt dus tot een minder groot broeikaseffect. De GWP wordt uitgedrukt in kg CO₂-equivalent. Hoe lager de score, des te beter.

5. Biogeen CO₂-opslag

Brengt de CO₂-opslag apart in beeld. Een hoge score duidt op een positief milieu-effect. In de MPG wordt het feit dat biobased grondstoffen CO₂ opslaan niet meegerekend, daarom is deze meting toegevoegd.

Uitkomsten doorrekening project Mozartsingel Den Bosch

	MPG	BCI	MKI	GWP	CO ₂ -opslag
Traditionele bouw	0,91	54%	€ 103.400	856.000	22.000 kg
Mozartsingel	0,93	57%	€ 105.700	784.000	709.000 kg

De scores van ons onderzoeksproject op de veelgebruikte meetinstrumenten MPG, BCI en MKI wijken weinig af van die van een traditioneel gebouwd appartementencomplex. Dat komt doordat CO₂-opslag van biobased materialen (over de hele levenscyclus) niet is verwerkt in de berekeningen. Het substitutie-effect is dus niet meegenomen.

Daarnaast gaan de meetinstrumenten ervan uit dat hout aan het einde van de levenscyclus voor 85 procent wordt verbrand en dus niet wordt hergebruikt, terwijl de BCI bij beton juist uitgaat van 90 procent recycling. Dit zijn aannames.

Door de CLT-draagconstructie, de HSB-gevel(elementen) en het duurzame inbouwpakket stijgt de mate van circulariteit (BCI) met drie procentpunten. Maar dat effect wordt weer tenietgedaan door het negatieve afvalscenario. De stijging van drie procent heeft voornamelijk te maken met de losmaakbaarheid van houten onderdelen in ons onderzoeksproject.

Biobased bouwmaterialen zorgden voor een 32 keer hogere CO₂-opslag

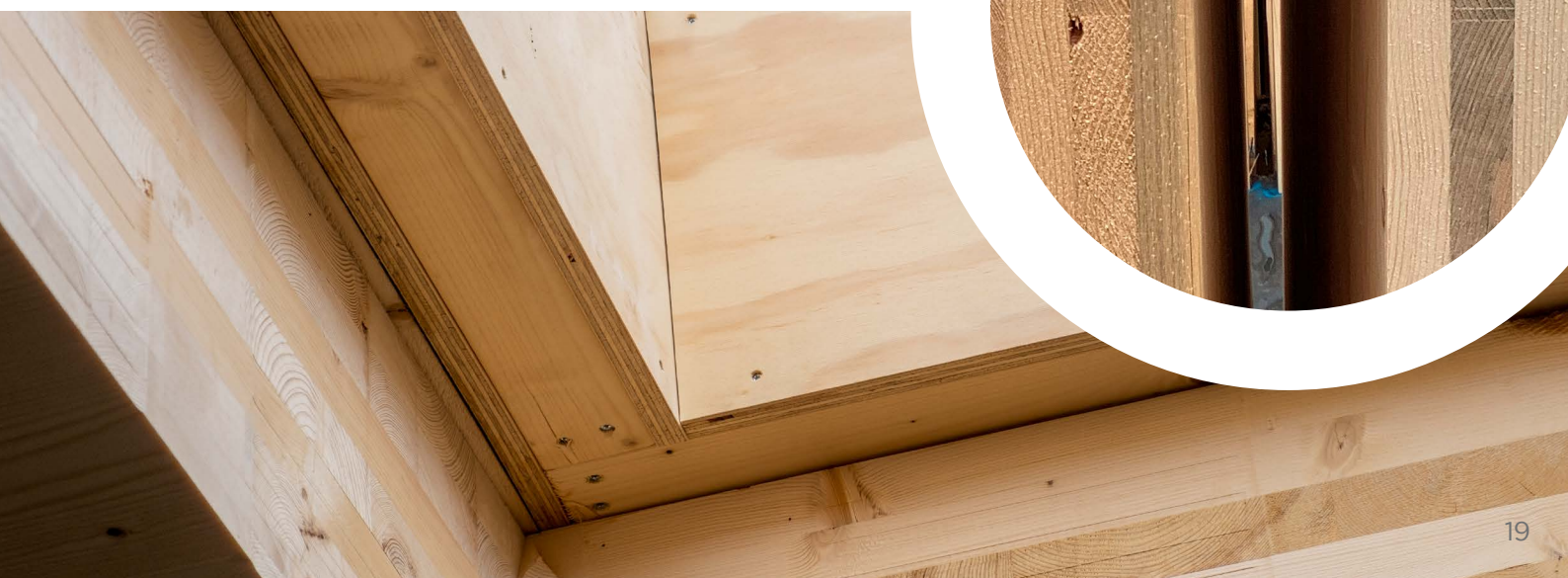
Het effect van de biobased materialen is wel duidelijk terug te zien in de CO₂-opslag. Vergeleken met traditionele bouw is de score van de Mozartsingel 32 keer hoger.

Rekenmodellen en werkelijkheid

Als opdrachtgevers kunnen Hendriks Coppelmans en BrabantWonen kort zijn over deze uitkomsten: al onze inspanningen komen niet tot hun recht. Als we willen stoppen met het uitputten van de aarde, moeten we overstappen op circulaire en biobased materialen. Maar dit onderzoeksproject bewijst dat het gebruik hiervan niet tot uitdrukking komt in gangbare rekenmodellen.

Bij het bepalen van de MPG wordt gerekend met drie categorieën bouwmaterialen uit de Nationale Milieudatabase. In de eerste twee categorieën vallen bouwmaterialen waarvan de data getoetst zijn door een onafhankelijke, gekwalificeerde derde partij. Die data zijn betrouwbaar, en dus kan er goed mee worden gerekend.

Zijn data over bouwmaterialen niet getoetst, dan wordt er gerekend met gemiddelden, en geldt een 'boete' van dertig procent. Het doel van de boete is om producenten te bewegen om de data van hun bouwmaterialen te laten toetsen. Maar het effect is ook dat gebruik van bouwmaterialen die nog in ontwikkeling zijn en die nog niet zijn getoetst, minder gunstig uit de MPG-berekening komen. Dat werkt niet stimulerend voor de materiaaltransitie. ○



6. Milieu-eisen in een uitvraag

Op dit moment is de MPG-norm de enige harde eis die de Rijksoverheid stelt bij nieuwbouwprojecten. Het is dus logisch dat opdrachtgevers bij een uitvraag een MPG-eis opnemen in hun eisen-pakket. Maar die eis kan in de praktijk contraproductief werken.

Het blijkt buitengewoon moeilijk om enerzijds zo circulair mogelijk en met zoveel mogelijk biobased materialen te bouwen, en anderzijds te voldoen aan de MPG-norm. Zeker nu de MPG-norm voor woningen sinds 1 juli 2021 is verlaagd van 1,0 naar 0,8.

Duidelijk is al wel dat de overheid de MPG-normen in de toekomst stapsgewijs nog strenger zal maken. In 2050 moet Nederland 100% CO₂-vrij en ook nog eens 100% circulair werken. Een belangrijk tussenstation is 2030: dan moet de MPG-norm op 0,5 liggen.

“Biobased materialen verdienen een eerlijke positie in de nationale rekenmethoden”



Aanpassen MPG-berekening

Jan Willem van de Groep is mede-initiatiefnemer van het manifest Een eerlijk speelveld voor een duurzamer Nederland. Dit pleit voor een eerlijke positie van biobased bouwmaterialen in de nationale rekenmethoden. Dit noemt hij als belangrijkste punten waarop de MPG-rekenmethode moet worden aangepast:

Negatieve CO₂-emissie

De (langdurige) opslag van koolstof in bouwmaterialen – ofwel: de negatieve CO₂-emissie – wordt niet meegerekend. Voor een realistisch beeld zou dit wel moeten gebeuren.

Afschrijftermijn

Voor houten constructies wordt een maximale afschrijftermijn gehanteerd, terwijl traditionele bouwmaterialen als steen, staal en beton daarvan mogen afwijken.

Recyclemogelijkheden

Voor hout en andere biobased materialen wordt niet uitgegaan van recycling. Het wordt gezien als afval dat wordt verbrand.

Ontbrekende data

Doordat er voor hout en andere biobased materialen minder specifieke data beschikbaar zijn, wordt met generieke data gerekend (met een toeslag). Ook ontbreken voor nieuwe materialen gegevens over de levenscyclus (LCA-onderzoek), waardoor materialen niet goed te vergelijken zijn. Dit is op te lossen als de overheid ondernemers ondersteunt bij het uitvoeren van dit onderzoek.

Ook bij het berekenen van BENG-eisen (eisen voor Bijna EnergieNeutrale Gebouwen, die sinds januari 2021 gelden), blijkt het lastig om met biobased bouwmaterialen aan de eisen te (blijven) voldoen. Volgens Jan Willem van de Groep is de vraag of bij de BENG-normen wel voldoende rekening is gehouden met de positieve invloed die biobased materialen hebben op het binnenklimaat, en daarmee op de behoefte aan verwarming in de winter en koeling in de zomer.

Daar komt bij dat de berekening van de milieu-impact wordt gemaakt op basis van de materialen die op de tekening staan. Een toxisch materiaal als pur staat niet vermeld op tekeningen en heeft op dit moment dus geen negatieve invloed op de berekening.

Tips bij opstellen uitvraag

Focus niet leggen op MPG

Wat betekent dit nu voor woningbouwcorporaties bij het opstellen van een uitvraag? Vincent Hendriks, directeur bij Hendriks, kan er kort over zijn: “Daar moet je op korte termijn niet op focussen, want de manier waarop de MPG-norm wordt berekend loopt achter bij de werkelijkheid.” Voormalig minister Ollongren van Binnenlandse Zaken heeft toegezegd dat het ministerie de normen onder de loep gaat nemen, maar de verwachting is niet dat de norm voor 2023 wordt aangepast.

Vraag naar CO₂-reductie

Wat Jan Willem van de Groep betreft kunnen woningcorporaties al wel de vraag stellen of een gebouw CO₂-neutraal wordt. “Dat zal in de MPG-

berekening meegenomen gaan worden, dus stel die vraag nu al.”

Kijk naar de complete levenscyclus

Om milieuwinst te behalen, focussen we meestal op bouw materiaal (**productie** en **transport**), en op de **gebruiksfas**e, waarin het energieverbruik van het gebouw, onderhoud, herstelwerkzaamheden en de levensduur zijn meegenomen. Maar er zijn nog twee andere fasen die milieu-impact hebben: de afdankfase en de hergebruik- of recyclingfase.

In de **afdanke**fase wordt een gebouw (deels) gesloopt of gedemonteerd. Dat vergt transportbewegingen, en afval moet ook worden verwerkt. En dan is er de **hergebruik- of recyclingfas**e. Als een gebouw kan worden herbestemd, krijgt een deel van de bouwmaterialen een tweede leven. Worden materialen gerecycled en opnieuw gebruikt, dan kan dat veel CO₂-uitstoot reduceren.

Bij een uitvraag kun je dus informeren naar de mogelijkheden van een gebouw aan het einde van de levensduur. Zijn materialen losmaakbaar? Is afvalmateriaal te recycleren? En in hoeverre kunnen delen van het gebouw intact blijven als het ooit een andere bestemming krijgt? Ook al gaat het om aannames, je kunt wel vragen of hierover is nagedacht.

Eerlijk kijken naar milieu-impact

Milieu-impact wordt in de MPG uitgedrukt in euro's per vierkante meter per jaar. Maar is het niet eerlijker om de milieu-impact per woning of per bewoner te berekenen?



Vraag naar visie

“En vraag naar een visie”, vult Vincent Hendriks aan. “In de praktijk kun je als bouwonderneming aan de veilige kant gaan zitten. Je kunt de aanpassingen van de normen afwachten, en je kunt vooral kiezen voor beproefde circulaire en biobased bouwmaterialen en -methodes. Maar je kunt ook meer risico nemen, experimenteren en werken met

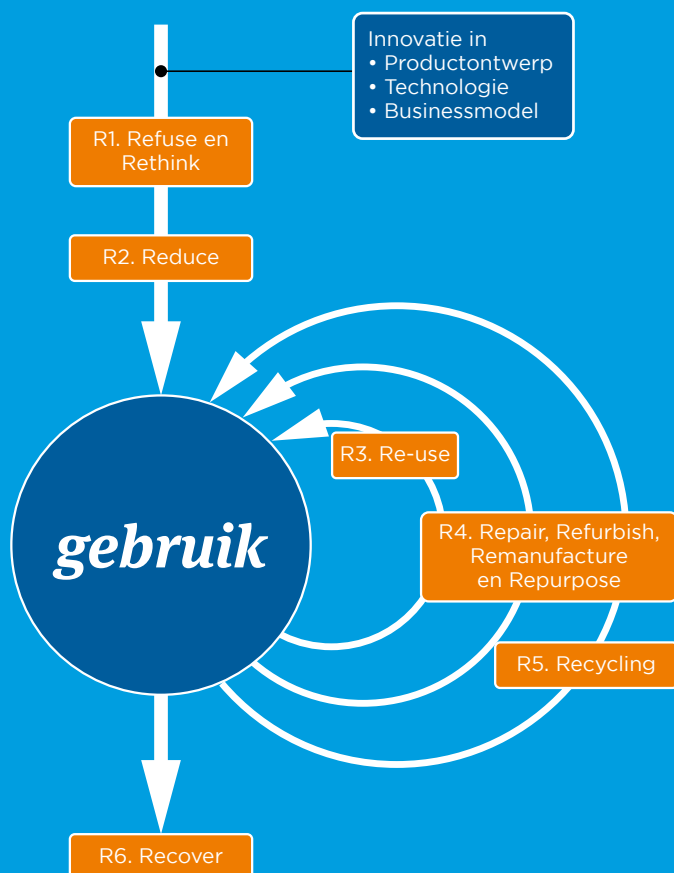
nieuwe materialen waarmee nog geen of weinig ervaring is opgedaan. Ook al weet je nog niet precies hoe zich dat vertaalt in rekenmodellen. Als opdrachtgever kun je daar vragen over stellen, en dat begint bij de visie. Want: een visie met een gedegen plan en uitvoering verandert de wereld.” 

Renovatiecalculator[®]

Voor het renoveren van panden gebruiken we bij Hendriks Coppelmans een Renovatiecalculator, die we zelf hebben ontwikkeld. Die maakt inzichtelijk wat de gevolgen van keuzes zijn op de energiehuishouding, kosten, beleving, woonlasten enzovoort. In 2021 hebben we hieraan een circulariteitsmodule toegevoegd, zodat woningcorporaties hun duurzaamheidsambities eenvoudig kunnen vertalen naar een slimme no-regretaanpak.

R-ladder grondstofgebruik

De mate van circulariteit wordt vaak gerelateerd aan de zogenaamde R-ladder (zie rvo.nl). Hoe hoger op de ladder, hoe circulaire de strategie is. Deze ladder is prima te gebruiken bij het ontwerp van een gebouw.



R1. Refuse en Rethink

(Wijs af en heroverweeg)

Moet een bouwwerk er wel echt komen of is er een andere optie?

R2. Reduce

(Verminder)

Is het totale grondstofverbruik te verminderen door efficiënter grondstofverbruik tijdens de bouw af te wegen ten opzichte van het grondstofverbruik door de latere gebruiker?

R3. Re-use

(Hergebruik)

Is het ontwerp van een gebouw aan te passen zodat het in de toekomst een andere functie kan krijgen?

R4. Repair, Refurbish, Remanufacture en Repurpose

(Repareer, knap op, reviseer en hergebruik)

Kunnen gebruikte bouwmaterialen, -onderdelen of -elementen worden gebruikt bij de bouw, al dan niet na bewerking?

R5. Recycling

Kunnen secundaire grondstoffen gebruikt worden als bouw materiaal, dus gerecyclede grondstoffen of reststromen van andere productieprocessen?

R6. Recover

(Win terug)

Kunnen hernieuwbare grondstoffen gebruikt worden als bouw materiaal, dus bouwmaterialen die gemaakt zijn van biologische grondstoffen, en die na winning binnen een mensenleven teruggroeien zonder het ecosysteem uit te putten?



Hendriks

Bedenkt, bouwt, beheert



Hendriks maakt 't voor generaties

Heb je vragen over dit whitepaper? Neem dan contact op met:

Vincent Hendriks ● vhendriks@hb-oss.nl ● 0412 669 444