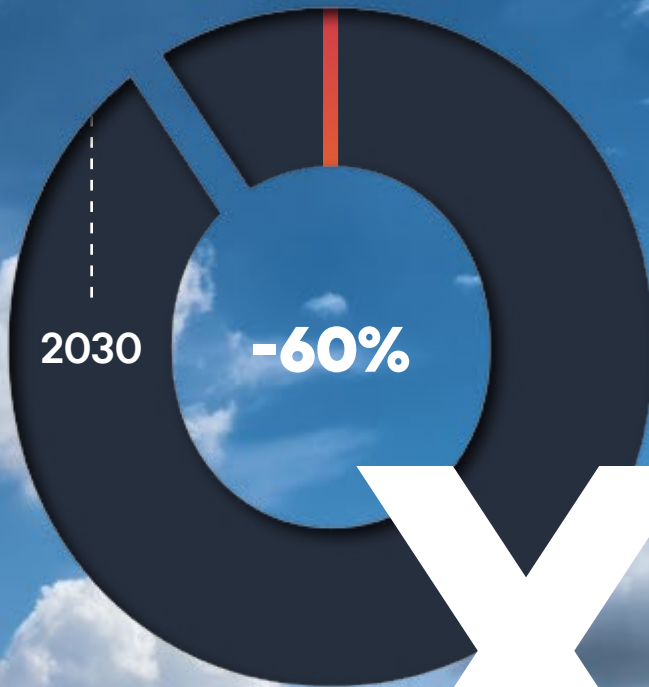


NOX

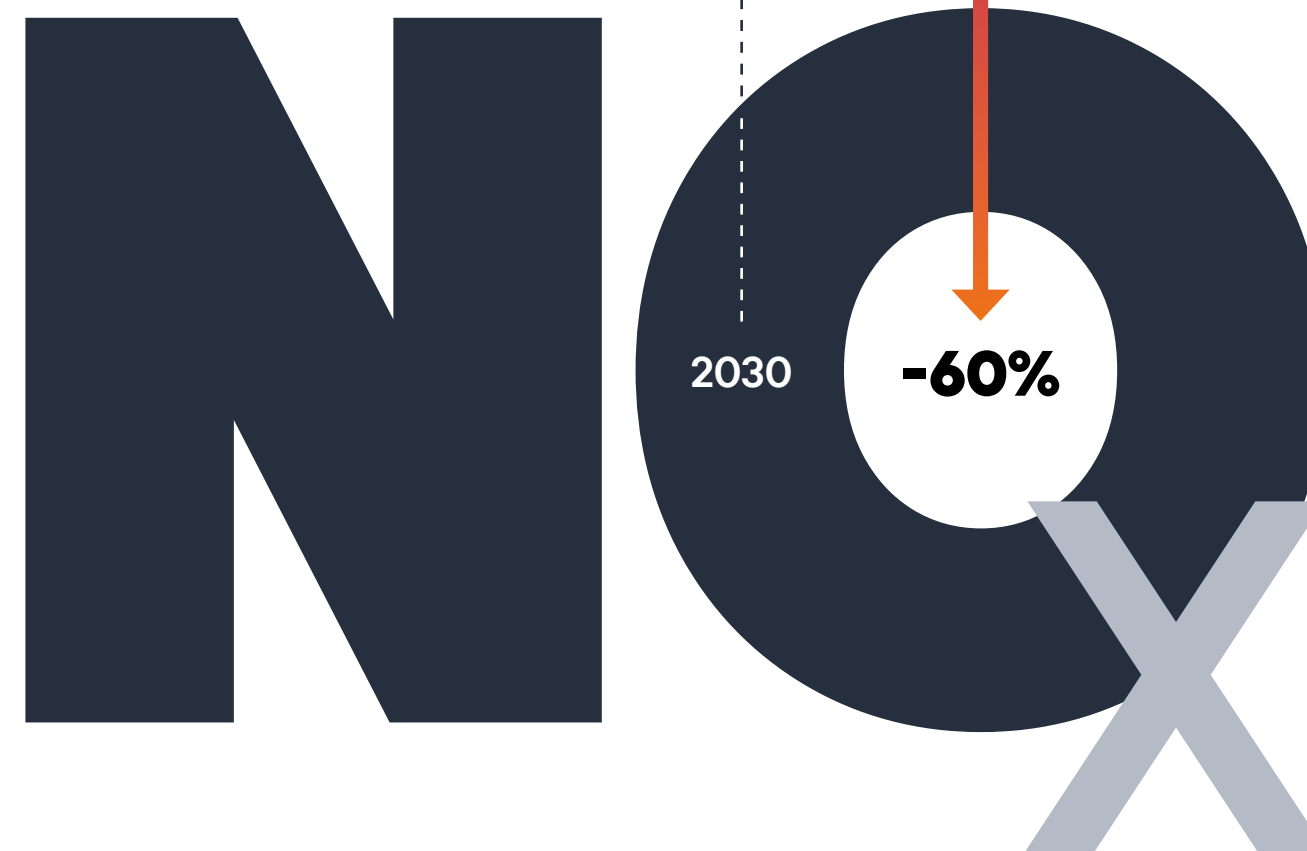
EMISSIELOOS BOUWEN





EMISSIELOOS BOUWEN

REDUCTIE



Met dit magazine blikt TNO met alle partners terug op de resultaten van 2 jaar Emissieloos Bouwen. Met dit programma, en de steun van het ministerie van BZK, is een transitie ingezet om meer woningen en utiliteitsgebouwen in de fabriek te gaan bouwen. In 21 deelprojecten hebben 98 partners overtuigend aangetoond dat met innovatie, daadkracht, en samenwerking binnen de keten, de stikstofuitstoot in de bouw fors kan worden teruggebracht.

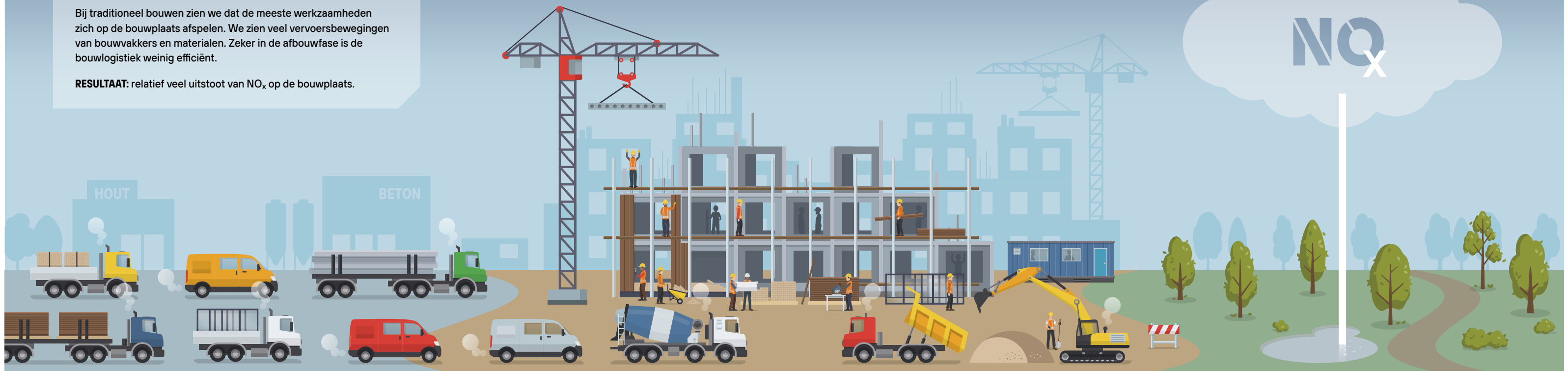


TRADITIONEEL BOUWEN

Dominante bouwpraktijk

Bij traditioneel bouwen zien we dat de meeste werkzaamheden zich op de bouwplaats afspelen. We zien veel vervoersbewegingen van bouwvakkers en materialen. Zeker in de afbouwfase is de bouwlogistiek weinig efficiënt.

RESULTAAT: relatief veel uitstoot van NO_x op de bouwplaats.



INDUSTRIEEL BOUWEN

Nabije toekomst

Bij industrieel bouwen wordt een groot deel van de bouw verplaatst naar de fabriek. Op de bouwplaats vindt alleen nog assemblage plaats, door een beperkt aantal mensen, met aanzienlijk minder vervoersbewegingen.

RESULTAAT: in theorie is emissieloos bouwen (zonder NO_x) mogelijk.



BOUWEN AAN EEN LEEFBARE TOEKOMST VOOR IEDEREEN

Ons land is een prettige plek om te wonen, onder meer dankzij hoge standaarden voor huisvesting en infrastructuur. Vanwege de vele gestapelde uitdagingen waarmee we in Nederland te maken hebben, is het behouden van deze hoge standaarden helaas minder vanzelfsprekend. De bouwopgave is groot. De bestaande voorraad van ruim 7 miljoen woningen moet energiezuinig en klimaatneutraal worden gemaakt. Onze infrastructuur is aan vernieuwing en uitbreiding toe. Bovendien moeten we onze leefomgeving bestand maken tegen de gevolgen van klimaatverandering. Forse uitdagingen, die nog eens bemoeilijkt worden door de beperkte stikstofruimte. Het vinden van oplossingen wordt een steeds complexere balanceeract.

In het programma Emissieloos Bouwen dragen we bij aan het vlot trekken van deze opgaven. Met dit magazine vieren we de positieve afronding van het eerste deel van dit programma. Alle partners hebben laten zien hoe je samen de hele keten in beweging kunt brengen richting 'zero emissions' en 'zero loss'. Dat vraagt veel van de sector en de individuele bedrijven. Als penvoerder en kennispartner van het programma kan TNO partners verbinden, obstakels in de regelgeving slechten en richting geven bij de toe te passen technologieën. We doen het met elkaar, vanuit één gezamenlijke missie: stikstofemissies reduceren, zodat we weer kunnen bouwen.

Het Emissieloos Bouwen programma heeft een opzet die partners vooral waarderen door de laagdrempeligheid en de kruisbestuiving tussen de projecten. De ketenoverstijgende aanpak lijkt bovendien zeer geschikt als blauwdruk voor andere innovatieopgaven in de bouw. Wat mij positief is opgevallen aan de 21 deelprojecten is dat gestapelde uitdagingen ook gecombineerde kansen bieden. Want het inrichten van een efficiënt geïndustrialiseerd bouwproces gaat verspilling tegen, reduceert niet alleen stikstof- maar ook CO₂-emissies, én draagt tegelijkertijd bij aan de betaalbaarheid van woningen. Goed nieuws dus voor de bouw, voor natuur en milieu, en voor woningzoekenden.

Een leefbare toekomst waarin iedereen betaalbaar en duurzaam kan wonen. Die toekomst hebben we samen met Emissieloos Bouwen een stukje dichterbij gebracht.

Machteld de Kroon
Managing Director Unit Mobility & Built Environment TNO

IN DIT NUMMER

8 Emissieloos bouwen
BLAUWDruk VOOR ALLE DUURZAME UITDAGINGEN?

PORTRETten
17 **René Bok**
Ministerie van EZK

23 **Maurits Dekker**
TKI Bouw en Techniek

28 **Rik Blom en David van der Woude**
Ministerie van BZK

39 **Karin Kuipers**
Circlewood

COLUMN
61 **Column Pepijn Nicolas**
Youfacilitate

EN VERDER
4 Infographic
Traditioneel en industrieel bouwen

12 Stikstofuitstoot
Stikstofuitstoot kan fors omlaag

66 Over dit programma
Feiten en cijfers

67 **Consortiumpartners**

M



14 **M1 / (Circulaire) biobased materialen**
SUCCESSVOLLE STAPPEN

18 **M2 / 2D-gevelelementen**
SEIN OP GROEN

20 **M3 / The Exploded View Beyond Building**
KANSRIJK VAN NATURE

24 **M4 / Bouwen met stro**
VAN LAND TOT WAND

26 **M5 / Automatiseren houten knoop**
AMBACHT MET TOEKOMST

P



30 **P1, P10, D1 / Opschaling en industrialisering**
HoutKern
EENVOUDIG EN GOEDKOPER

34 **P2 / Industriële prefab betonbouw**
GEHECHT AAN BETON

36 **P3 / Next level prefab**
SLOOPOOGST SLUIT CIRKEL

40 **P4 / Fijn Wonen**
PRAKTIJK 2.0

42 **P5 / Modulaire hoogbouw**
OMLAAG MET OMHOOG

44 **P6 / Industriële houtbouw**
(GE)WOON

46 **P7 / 2D CLT Houtbouw**
✓ HOUT

48 **P8 / Sustainer bouwsysteem**
FLEXIBEL

50 **P9 / Next step Startblock**
HUIZEN THUISBEZORGD

D

O



54 **D2 / Industrieel bouwen met productplatforms**
DIGITAL TWINS

56 **D4 / Emission 0**
(VER)HUREN

58 **O1 / Materiaalvraag woningbouw**
MATERIAAL MINDEREN

62 **O2 / Toolbox emissiereductie bouw**
TEL UIT JE WINST

64 **O3 / Samen versnellen naar HNN**
IMPACT MAKEN

Emissieloos bouwen

BLAUWDRIJK VOOR ALLE DUURZAME UITDAGINGEN?

De stikstofcrisis vormt samen met de oplopende woningnood een enorme uitdaging voor de Nederlandse bouwsector. 'Alleen door drastisch anders te bouwen en te denken, en nauwer samen te werken binnen de keten, kunnen we de bouw weer vlottrekken.' In gesprek met Mario de Rooij, Principal Project Manager bij TNO, over de toekomst van emissieloos bouwen en de rol die hierbij is weggelegd voor industriële prefab-bouw.



Nederland staat voor een reeks grote uitdagingen, waarin de bouw een centrale rol speelt. De krapte op de woningmarkt leidt tot een forse woningbouwopgave, van bijna een miljoen extra woningen voor 2030. Tegelijkertijd vraagt de energietransitie om het verduurzamen van de bestaande woningvoorraad en uitbreiding en modernisering van onze energie-infrastructuur. Een forse belemmering voor deze ambities vormt de uitstoot van stikstof, die op tal van plekken in Nederland de limieten nadert of al overschrijdt. Om de biodiversiteit te beschermen, wordt hard op de rem getrapt: emissievergunningen worden ingehouden of ingetrokken en talloze bouwprojecten lopen vertraging op of worden geschrapt.

60% STIKSTOFREDUCTIE

Om het tij te keren, moet de stikstofemissie drastisch omlaag. Voor 2030 wordt gestreefd naar 60% stikstofreductie ten opzichte van 2018, naar 0,4 Mton CO₂-reductie ten opzichte van 1990, en 75% minder fijnstofuitstoot ten opzichte van 2016. Maar hoe? Beleidsmakers en de bouwsector hopen gezamenlijk antwoorden te vinden in het kennis- en innovatieprogramma Emissieloos Bouwen, waarvoor de overheid tot eind 2023 vijftig miljoen euro heeft uitgetrokken. Dit programma, in 2021 opgestart door het Bouw en Techniek Innovatiecentrum (BITC), dat inmiddels is overgegaan in TKI Bouw en Techniek, bestaat uit zeven deeltrajecten. Elk traject heeft een heldere onderzoeksvraag. Zo wordt er gewerkt aan methoden die meer inzicht geven in de emissies van deelsegmenten in de bouw. Ook de inzet van laag- en nul-emissie-bouwmaterieel en het toepassen van slimme bouwlogistiek worden onderzocht.

WIJDVERBREID NETWERK

In dit magazine staan de resultaten van deeltraject 4 centraal: Industriële Modulaire Prefab (IMP), waarvan TNO penvoerder is. Een nieuwe rol, erkent Mario de Rooij, Principal Project Manager bij TNO, die het deeltraject aanstuurt. 'Een overheidsprogramma leiden is inderdaad nieuw voor ons, maar binnen TNO groeit het enthousiasme hierover. Onze grootste toegevoegde waarde is ons breed-verbrede netwerk, waardoor we allerlei partijen uit verschillende disciplines aan elkaar kunnen schakelen. Zowel binnen overheden als de bouwsector en andere kennisinstellingen kennen we de weg. Het aansturen van

dit soort programma's geeft ons bovendien de mogelijkheid om beleid en onderzoek in Nederland bij te sturen. Beleidsmakers zien die voordelen ook en hebben inmiddels twee nieuwe verzoeken bij ons neergelegd om programma's te leiden.'

'WE HEBBEN DE OORSPRONKELIJKE BTIC-AMBITIE VAN PURE STIKSTOFREDUCTIE OMGEBOGEN IN INDUSTRIALISATIE VAN DE BOUW'

GEEN TIJD TE VERLIEZEN

Zowel de bescherming van de natuur als het versnellen van de bouw vragen om snel ingrijpen. 'We moeten van de huidige 75.000 gebouwde woningen richting 100.000 per jaar zien te komen', stelt Mario de Rooij. 'Tegelijkertijd speelt een tekort aan bouwvakkers. Daarom hebben we de oorspronkelijke BTIC-ambitie van pure stikstofreductie omgebogen in industrialisatie van de bouw. Met geïndustrialiseerde prefab-bouw in een fabriek kun je namelijk niet alleen sneller bouwen, maar je verlaagt automatisch ook de stikstofuitstoot op de bouwplaats.' Om tijd te winnen en sneller resultaten te boeken, paste TNO ook een vernieuwende aanpak toe bij dit deeltraject. 'Er liepen meerdere trajecten tegelijk, waarbij de uitkomsten grotendeels onduidelijk waren. Voor de 21 deelprojecten die we samen met ongeveer 100 partners zijn gestart, kozen we daarom voor samenwerking in een adaptief consortium, op basis van een programma met doelen en resultaten op hoofdlijnen. Die adaptieve vorm gaf ons de mogelijkheid om elk kwartaal de onderzoeksvoorstellen te evalueren en eventueel bij te stellen.'

GELIJK SPEELVELD

Stikstof was tot voor kort geen issue in de bouw, een sector die al met veel milieunormen geconfronteerd wordt. 'Toen we tweeënhalf jaar geleden met Emissieloos Bouwen begonnen, kon eigenlijk geen van de partners aangeven hoeveel stikstof er door hen werd uitgestoten', herinnert De Rooij zich. 'Dat kwam met name doordat er geen eenduidige meetmethodes of rapportages waren voor stikstof. Mede dankzij dit programma komt daar steeds meer eendui-

gheid in. Samen met de ministeries werken we aan een gelijk speelveld.' Inmiddels merkt De Rooij dat er veel meer bewustwording is gekomen rond stikstof in de bouw. 'Maar misschien nog wel belangrijker: er is inzicht gekomen dat we op een heel andere manier moeten gaan samenwerken. Om emissieloos te kunnen bouwen heb je de hele keten nodig.'

PREFAB ALS TOTAALCONCEPT

Die intensievere samenwerking is essentieel voor de brede toepassing van industriële prefab-bouw, als manier om stikstofuitstoot op de bouwplaats drastisch te verlagen. 'Een van de belangrijkste trends die ik zie in de deelprojecten is dat er steeds vaker naar prefab-bouw wordt gekeken als totaalconcept, in plaats van alleen voor ruwbouw. Van 2D- of 3D-gevelelementen tot complete woningmodules met alle installaties geïntegreerd.' Deze manier van bouwen vraagt om een gedetailleerde ontwerpfase, waarin vooraf goed wordt nagedacht over materiaalgebruik, het productieproces en het transport naar de bouwplaats. 'Hoe ontwerp ik een natte cel waar alle leidingen al in zijn geïnstalleerd, en die zo efficiënt mogelijk te produceren en te vervoeren is? Dat lukt alleen als je in het ontwerp al met zeer kleine toleranties werkt. Op de bouwplaats is straks nauwelijks nog ruimte om fouten te herstellen.'

WONINGEN VAN DE LOPENDE BAND

Die productielocatie wordt in toenemende mate geautomatiseerd en gerobotiseerd, met de hightech productielijnen van de auto-industrie als voorbeeld. Of het zo geavanceerd wordt, is nog maar de vraag. 'Nu zie je vaak nog dat een timmerman die normaal op de bouwplaats staat, nu datzelfde werk in een productiehal doet.' Maar het kan ook anders, weet De Rooij, die een inspirerend voorbeeld aanhaalt uit een van de deelprojecten. 'Een aantal onderwijsinstellingen heeft gekeken naar het automatiseren van de houten knoop, als duurzaam alternatief voor zware staal- of betonverbindingen in prefab-gebouwen. Vanuit hun ervaring met restauraties zijn ze in oude houtbouwtechnieken gedoken. Vervolgens zijn ze gaan kijken hoe ze die traditionele verbindingen kunnen automatiseren, zodat ze met een CNC-freesmachine kunnen worden gemaakt. Dat heeft tot een reeks mooie alternatieven geleid.'



OVER MARIO DE ROOIJ
De Rooij is vanuit TNO programmamanager van het traject Industriële Modulaire Prefab (IMP), één van de zeven deeltrajecten van Emissieloos Bouwen dat in 2021 is gestart. Als ervaren projectmanager is hij gespecialiseerd in complexe, multidisciplinaire projecten die hij met enthousiasme leidt.

WELKE EISEN ZIJN LEIDEND?

Zo'n gestandaardiseerd en gedigitaliseerd productieproces biedt als groot bijkomend voordeel dat je emissies vooraf kunt berekenen. 'Bij verschillende deelprojecten wordt met dashboards gewerkt', constateert De Rooij. 'Daarmee zie je direct wat de gevolgen van bijvoorbeeld ontwerp- of materiaalkeuzes zijn voor de stikstofuitstoot. Dat was voor de meeste partijen echt nieuw terrein.' Tegelijk roepen deze vers verworven inzichten ook nieuwe vragen op. 'Een vraag waar veel partners tegenaan lopen, is naar welke parameters je moet optimaliseren. Naast stikstofeisen stelt de overheid bijvoorbeeld BENG-eisen voor het gebruik en MPG-eisen voor de bouw zelf: allemaal verschillende eisen. Dan ontstaan discussies als: wat is schadelijker, een paar weken extra uitstoot tijdens de bouw, of 30 jaar hogere emissies tijdens het gebruik van de woning? De vraag is of we al die eisen niet iets meer bij elkaar kunnen brengen. In deze programma-opzet kunnen we dit soort praktische dilemma's snel terugkoppelen naar beleidsmakers. Daar wordt nu dus veel meer over nagedacht.'

MODELBEREKENINGEN MET REKENTOOL

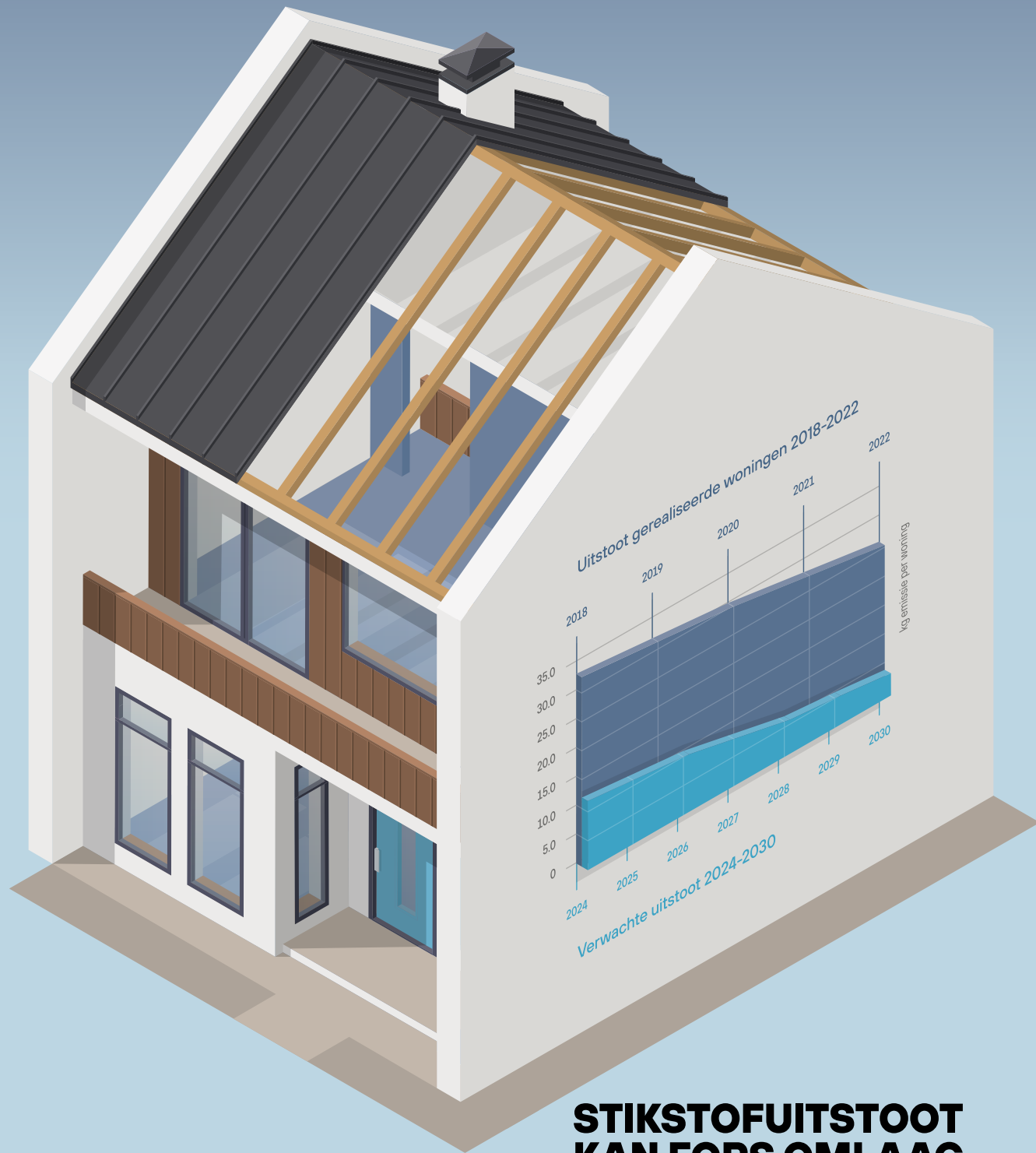
Naast het bouwproces is ook de bouwlogistiek een belangrijk onderdeel in dit deeltraject. 'De stikstofuitstoot wordt vooral veroorzaakt door dingen met een motor', licht

'EEN VRAAG WAAR VEEL PARTNERS TEGENAAN LOPEN, IS NAAR WELKE PARAMETERS JE MOET OPTIMALISEREN'

Mario de Rooij toe. 'Naast bouwmaterieel is dus transport van en naar de bouwplaats een wezenlijk aandachtspunt. In de markt is vrijwel geen kennis van de impact van bouwlogistiek op stikstofemissies. Vanwege de complexiteit heeft de programmaraad besloten dit onderwerp als extra onderzoeksvraag bij TNO uit te zetten.' Op basis van eerdere onderzoeken naar emissies in de logistiek ontwikkelde TNO een rekentool om modelberekeningen voor stikstof, fijnstof en CO₂ te kunnen uitvoeren voor het hele bouwproces. De Rooij: 'Voor verschillende voertuigcategorieën, van zwaar materieel tot personenvervoer, kun je de uitstoot berekenen voor het transport van en naar de bouwplaats. Ook kun je de impact van een bouwhub zien. Bovendien zie je met de tool precies de uitstoot van het materieel op je bouwplaats. In de toekomst willen we de tool uitbreiden met extra mogelijkheden, door bijvoorbeeld ook het bouwproces op te nemen. Met deze eerste versie willen we vooral het gesprek tot stand brengen tussen beleidsmakers en de bouwsector.'

HOE NU VERDER?

Nu deeltraject 4 is afgerond, is het tijd om vooruit te kijken. Hoe gaat het nu verder? 'Wat betreft Emissieloos Bouwen plant BZK een vervolg, dat van 2024 tot en met 2026 gaat lopen. Als ik verder naar de toekomst kijk, zeg over vijf jaar, dan hoop ik dat bouwen in de fabriek met prefab veel meer de norm is geworden. Daarnaast hoop ik dat we de stikstofuitstoot onder controle hebben, en dat we deze programma-aanpak straks ook als blauwdruk zullen gebruiken voor andere duurzaamheidsuitdagingen. Zo kijken we met beleidsmakers alvast vooruit naar de Kaderrichtlijn Water, waar doelstellingen voor 2027 aan zijn gekoppeld en waarbij we ook tegen grenzen aanlopen. Ook gaan we straks hopelijk anders met vergunningen om, door de daadwerkelijke uitstoot als uitgangspunt te nemen. Voor de handhaving hebben we betrouwbare praktijkmetingen nodig. Tot slot wil ik benadrukken dat we dit alles doen vanuit ons primaire doel om de natuur te herstellen. Natuurlijk is er een sterke basale behoefte om te blijven bouwen. Maar bouwen aan een gezonde toekomst voor Nederland is minstens zo belangrijk. En daar hebben we de natuur hard voor nodig.'



STIKSTOFUITSTOOT KAN FORS OMLAAG

Het programma Emissieloos Bouwen heeft veel meer inzicht gegeven in de huidige stikstofuitstoot van woningen, én de bespaarpotentie. Door de overstap naar industrieel bouwen kunnen emissies fors dalen: van de huidige 30 kg stikstof per woning, richting de 5 kg, of zelfs nog minder.



M

EMISSIEREDUCTIE MET MATERIALEN

Hoeveel uitstootreductie is er in de bouw te behalen door uit te wijken naar biobased materialen, off-site geproduceerde 2D-gevelelementen van hergebruikte materialen of de toepassing van traditionele houtverbindingen?





Hergebruik van afvalhout
door integrale ketensamenwerking

SUCCESVOLLE STAPPEN

De vraag naar circulaire, biobased grondstoffen voor de bouw neemt sterk toe. Om voldoende aanbod te houden, vormt hout uit reststromen een interessante bron. Maar hoe organiseer je dat met alle partijen binnen de keten?

Het aanbod van hout kan de vraag niet structureel bijhouden. Daardoor dreigt de ambitie om meer houtbouw en biobased materialen toe te passen in gevaar te komen. Door de prijsstijgingen van hout worden alternatieve bronnen dan ook steeds interessanter. Philip Kuipers is medeoprichter van Hedgehog Company, een advies- en projectbureau op het gebied van duurzaamheid. 'Momenteel wordt er ontzettend veel hout verbrand in biomassacentrales. Dat bespaart weliswaar gas, maar het is een stuk duurzamer om dat hout op een hoogwaardige manier te hergebruiken. Zo blijft de CO₂ opgeslagen in het hout.'

HOOGWAARDIG EN GROOTSCHALIG

Binnen dit deelproject hebben partijen uit de hele keten onderzocht hoe hout uit verschillende bronnen, van verschillende formaten, op een rendabele manier kan worden opgewerkt tot halffabricaten voor de bouw. Daarbij zit de uitdaging vooral in het efficiënt organiseren van de supply chain, het opschalen en het

'EEN BERG HOUT VAN 50 METER HOOG. HOE KRIJG JE DAAR NOU DE WAARDEVOLLE SPULLEN UIT?'

economisch rendabel maken van hergebruikt hout. 'Recycling van hout is vaker onderzocht in kleine pilotprojecten, maar nooit eerder op systeemniveau', vertelt Noa te Duits, onderzoeker duurzame bouwconcepten bij TNO, dat penvoerder is in dit project. 'Belangrijk omdat we deze reststromen grootschalig willen toepassen in een geïndustrialiseerd proces, voor hoogwaardige toepassingen. Denk daarbij aan de opwerking tot kozijnen.'

VAN INNAME TOT HALFFABRICAAT

Dat proces begint met het scheiden van hout bij de bron. Te Duits: 'We hebben bij milieustraten en sloopbedrijven onderzocht wat er binnenkomt en wat de interessante reststromen zijn voor hergebruik. Vervolgens hebben we inname- en scheidingsprotocollen opgesteld en

PARTNERS

- / Boerboom Hout
- / Hedgehog Company
- / Hekospanten
- / Helwig Timmerfabriek
- / Hogeschool van Amsterdam
- / Hooijer Renkum
- / HVC
- / A. van Liempd Sloopbedrijven
- / New Horizon Urban Mining
- / Houtkern Bouwsystemen
- / Renewi Nederland
- / Staatsbosbeheer
- / TNO
- / WEBO Kozijnen en HSB elementen
- / Woodjoint

in kaart gebracht wat het jaarlijkse potentieel is voor deze categorieën hout.'

Een belangrijke vervolgstap is het selecteren en scannen van het hout. Te Duits: 'Zit er metaal in, zijn er aangetaste stukken, wat is het vochtgehalte? We hebben verschillende scanners en detectietechnieken onderzocht en opwerkingsmethoden bekeken.' De enorme diversiteit aan hout is de grootste uitdaging om hergebruik rendabel te krijgen. Kuipers: 'Als je nu bij een biomassacentrale kijkt, zie je een berg hout van 50 meter hoog. Hoe krijg je daar nou de waardevolle spullen uit? Je moet dus eerst inventariseren waar de markt behoefte aan heeft. Een kuub kozijnhout is veel waardevoller dan balkhout. Dus welke stappen zijn er nodig om het gewenste halffabricaat te krijgen?'

GEWOON DOEN

Kuipers: 'Het mooie van het project is dat we de hele keten aan tafel hebben gekregen. Dan zie je gelijk ook hoe complex zo'n keten is. Met dit project hebben we geprobeerd om iedereen in één keer mee te krijgen. Technisch is recycling geen "rocket science". Te Duits vult aan: 'De resultaten, zoals de folly die we gemaakt hebben van CLT van pallethout, zijn erg inspirerend.

We hebben hiervoor veel belangstelling en aandacht gehad en dat geeft vertrouwen voor de toekomst!' Wat is de volgende stap, wat hen betreft?

'DE INTEGRALE KETENSAMENWERKING IN DIT PROJECT IS ECHT UNIEK, EN HET TOONT AAN DAT ER GENOEG WIL IS OM HET TE DOEN'

Kuipers: 'Wat mij betreft moeten we gewoon gaan doen. Die sorteer- en scanstraat moet er komen.' Te Duits is het met hem eens: 'Er is al een start gemaakt, maar dit gaat echt om een systeemontwerp. Het zou tof zijn als dit kan worden gebruikt om de benodigde stappen in de lijn, inclusief de machines, daadwerkelijk te gaan organiseren. Neem bijvoorbeeld het verwerken van pallets tot CLT-hout. Alleen met intensieve samenwerking en gezamenlijke verantwoordelijkheden bereik je succes.'

Kuipers besluit: 'Zo'n integrale ketensamenwerking in dit project is echt uniek, en het toont aan dat er genoeg wil is om het te doen.'

RESULTATEN

Voor het scheiden aan de bron bij milieustraten en sloopbedrijven zijn inname- en scheidingsprotocollen opgesteld. Onderzoek naar bestaande detectietechnieken voor metaal en andere vervuiling moet resulteren in de bouw van een prototype voor een machine en verwerkingsstraat om resthout op te werken naar halffabricaten. Dankzij onderzoek weten we veel beter wat het potentieel voor afvalhout in Nederland is.



Grootste uitdaging om hergebruik rendabel te krijgen is de enorme diversiteit aan hout. Het begint bij een goede inventarisatie van de marktbehoefte.



Waarom is Emissieloos Bouwen belangrijk voor Nederland en de bouwsector?

'Verduurzaming over de hele breedte is noodzakelijk om aan onze klimaatdoelstellingen te voldoen. Energietransitie en duurzaamheid is een van maatschappelijke thema's binnen het missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid van de overheid met als doel maatschappelijk verdienvermogen te creëren. In november wordt hier een nieuwe impuls aan gegeven met de verlenging van het Kennis- en Innovatieconvenant voor de periode 2024-2027.

De bouw speelt een belangrijke rol omdat deze sector een aanzienlijke bijdrage kan leveren met oplossingen voor de problemen rond klimaat en stikstof. Dat kan alleen met innovatie. En Emissieloos Bouwen is een programma dat in de volle breedte bijdraagt aan de verduurzaming van de hele keten. Inclusief emissiereductie op de bouwplaats met elektrisch materieel, en de ontwikkeling van biobased en herbruikbare materialen.'

Wat kunnen we leren van de opzet van dit deeltraject?

'De meeste grote onderzoeksprogramma's hebben een kop en een staart, waarbij vooraf alles is dichtgetimmerd. Bij dit adaptieve programma wilden we tijdens de reis flexibel zijn, en partijen kunnen laten aanhaken die kennis en kunde toevoegen. Tegelijkertijd worden de deelnemers volledig gevrijwaard van alle papieren rompslomp, zodat zij zich helemaal kunnen concentreren op de inhoud. Binnen de bouw vind je vooral veel MKB-partijen, die voornamelijk met de dagelijkse bedrijfsvoering bezig zijn en minder met de toekomst. Met dit programma krijgen deze partijen op een heel laagdrempelige manier toegang tot de kennis van TNO en van de partners. Uit de eerste evaluatie blijkt dat deelnemers dat als zeer positief waarderen. De adaptieve opzet bevalt bovendien zo goed dat inmiddels ook andere departementen naar dit concept kijken.'

Hoe moet Emissieloos Bouwen een vervolg krijgen?

'Heel lang is er in Nederland niet of nauwelijks met hout gebouwd. Nu heeft Circlewood, een van de aangesloten consortia binnen Emissieloos Bouwen, het contract gewonnen voor het bouwen van 9 tot 30 circulaire en modulaire scholen in Amsterdam. Ik denk dat overheden een belangrijke voorbeeldfunctie hebben als launching customer, om te laten zien dat het kan, dat modulaire houtbouw aan alle eisen voldoet. Als dat vertrouwen komt, zal de markt het uiteindelijk overnemen.'

RENÉ BOK

Functie: werkt bij EZK binnen de directie Innovatie en Kennis, verantwoordelijk voor het stelsel van instellingen voor toegepast onderzoek in Nederland.

Rol: mede-initiator van Emissieloos Bouwen, maakte alle afspraken namens het departement en verzorgde met zijn collega's de correspondentie met TNO.

RENÉ BOK STOND VANUIT HET MINISTERIE VAN EZK AAN DE WIEG VAN EMISSIELOOS BOUWEN. WAT HEEFT HIJ VAN HET PROGRAMMA GELEERD?



Biobased prefab gevels

SEIN OP GROEN

Biobased gevelementen die off-site geproduceerd kunnen worden, versnellen de nieuwbouw- en renovatieopgave en dragen bij aan de emissiereductie. 'Technisch en kwalitatief zijn we al zover, nu is het aan de markt en de beleidsmakers.'

PARTNERS

- ✓ Helwig Timmerfabriek
- ✓ WEBO Kozijnen en HSB elementen
- ✓ Weekamp Deuren
- ✓ VORM 2050
- ✓ TNO

Het eerste prototype van het biobased 2D-gevelsysteem werd onlangs op een beurs aan het publiek getoond. Het grootste compliment? Dat aan bezoekers moest worden uitgelegd dat de gevel volledig uit gerecycled hout is opgetrokken. De technische uitvoering was dan ook in handen van experts: WEBO uit Rijssen en Helwig uit Geleen. Beide timmerfabrieken hebben ruime ervaring met het vervaardigen van gevels, deuren en kozijnen, en werden door TNO aan elkaar gekoppeld voor het ontwerpen en bouwen van dit gevelsysteem.

Ellemieke Henquet, die het project vanuit TNO begeleidde: 'Met de marktpartijen hebben we een verkenning gedaan van de diverse gevelsystemen en een analyse gemaakt van de milieu-impact. Van een traditioneel opgebouwde steenachtige gevel tot en met een volledig circulaire prefab gevel van biobased materialen. Vervolgens hebben we gewerkt aan het ontwikkelen van een prototype dat inzichtelijk maakt wat de emissies zijn van het productieproces en de assemblage. Daarmee hopen we objectief te kunnen onderbouwen dat circulair hout en biobased materialen in combinatie met prefab bijdragen aan emissiereductie.'

RECYCLING IS NOG UITDAGEND

Toch blijkt recycling vooralsnog lastiger dan gedacht. Jan Nijmeijer, manager Kwaliteit & Innovatie bij WEBO: 'Het hout dat vrijkomt uit sloop moet je ontdoen van metaal, zoals spijkers en krammen. En het heeft voor onze gevels niet de juiste afmetingen. Dus moet je het sloophout door vingerlassen en lamineren opwerken naar HSB-constructiehout.' Woodjoint, dat ook bij andere deelprojecten is betrokken, heeft hout afkomstig uit oude kozijnen, ramen en deuren uit een flat in Purmerend verwerkt tot HSB-hout

voor dit project. Hout dat anders zou worden verbrand maar nu wordt hergebruikt, waardoor CO₂ langer blijft opgeslagen.

FORSE EMISSIEREDUCTIE OP BOUWPLAATS

Naast de positieve impact van biobased HSB op de CO₂-uitstoot levert ook het prefab-bouwproces een flinke bijdrage aan de emissiereductie. Henquet: 'We zien dat met name de prefab-slag veel logistieke bewegingen beperkt op de bouwplaats. Dat betekent lokaal een forse reductie van de verkeersoverlast en emissies doordat je minder materieel gebruikt.' Mede dankzij de ruime ervaring van Helwig met het seriematig op grote schaal produceren van prefab voorzetgevels voor renovatieprojecten ontstond een ontwerp voor de circulaire 2D-gevelementen dat efficiënt kan worden getransporteerd en gemonteerd. Een ander voordeel is dat de gevelementen flexibel zijn te gebruiken voor renovaties van uiteenlopende constructies.

'ZAADJE IS GEPLANT'

Binnenkort krijgt het gevelconcept zijn vuurdoop. Bart Voortman begeleidt bij WEBO een aantal innovatieprojecten. 'In de regio Rijssen-Holtten gaan wij een modelwoning renoveren waarin al onze duurzame innovaties samenkomen, inclusief de gevelementen. Dat geeft ons de kans om waardevolle ervaringen op te doen, én om fouten te maken. In dit deelproject hebben we met alle partners aangetoond dat we nu al een goed product kunnen maken met gerecycled hout. Nu moet het gesprek worden gevoerd met beleidsmakers, opdrachtgevers én de samenleving, om het ook commercieel tot een succes te maken.' Frank Helwig vult aan: 'Mensen moeten enthousiast worden, het moet gaan leven. Het zaadje is geplant, nu moet het gaan groeien.'



RESULTATEN

Drie verschillende 2D-gevelvarianten zijn doorgerekend op hun impact op emissies. Vervolgens is een systeemontwerp en eerste prototype gemaakt voor serieproductie van een gevelement waarmee stikstof- en CO₂-emissies worden gereduceerd ten opzicht van traditionele gevelementen. Dit product wordt in de praktijk getest in een modelwoning die door WEBO samen met timmerfabriek Helwig en deurenfabrikant Weekamp wordt gerealiseerd.

Natuurinclusief bouwen

KANSRIJK VAN NATURE

Bij biobased bouwen denk je al snel aan hout. Maar Moeder Natuur heeft een heel arsenaal aan materialen beschikbaar om de footprint van onze gebouwde omgeving omlaag te helpen. Negen veelbelovende alternatieven komen voort uit het deelproject The Exploded View Beyond Building, een inspirerende samenwerking tussen wetenschap en kunst.

'Biobased Creations is een creatieve studio die via storytelling en verbeelding de kracht en mogelijkheden van duurzaam bouwen met een groot publiek wil delen', vertelt Diana van Bokhoven, die er projectleider is. 'Zoals de transitie naar een regeneratieve, circulaire wereld. Voor theatervoorstellingen maakte onze designer Pascal Leboucq de decors, die vaak na een half jaar al worden weggegooid. Dat kan duurzamer, dus experimenteerde hij met biobased alternatieven, zoals mycelium, een netwerk van schimmeldraden.' In 2019 kreeg Biobased Creations het verzoek om een paviljoen te ma-

'WE LEERDEN DAT ER VEEL MEER GESCHIKTE MATERIALEN ZIJN, MAAR DAT ZE OOK OP EEN MOOIE MANIER MOESTEN WORDEN GEPRESENTEERD'

ken voor de Dutch Design Week. Ze creëerden The Growing Pavilion, een paviljoen met enkele biobased materialen waaronder mycelium gevelpanelen. 'Wat we daarvan leerden was dat er veel meer geschikte materialen zijn. Maar ook dat ze vaak nog niet als sexy gezien werden, dat je ze op een mooie manier moet presenteren om ze voor een breed publiek aantrekkelijk te maken. Dat is inmiddels wel gelukt.'

BOUWEN MET ZEEWIER EN BAGGER

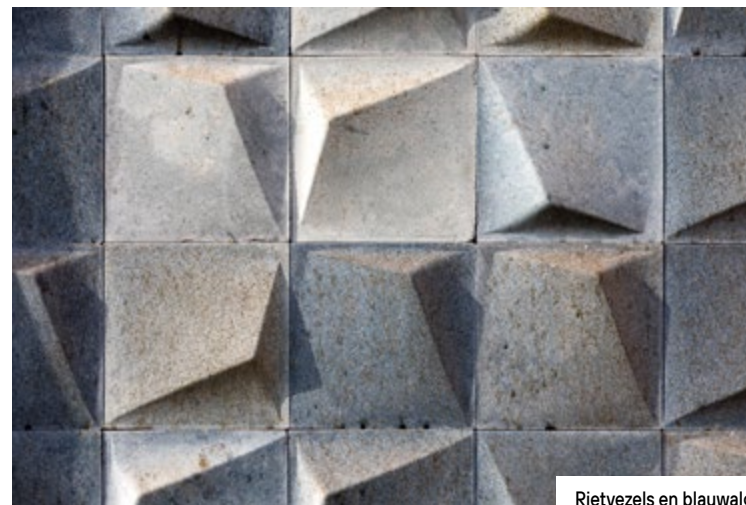
Vanuit de behoefte om een podium te geven aan een bredere scala aan biobased materialen, ontstond twee jaar geleden het project 'The Exploded View Beyond Building'. Een showcase van duurzame bouwmaterialen. Een deel ervan kan nu al op grote schaal worden toegepast en een deel is nog startend of experimenteel. Opnieuw een paviljoen, dat na de Dutch Design Week ook onder andere op de Floriade te zien was. Uit het paviljoen ontstond uiteindelijk een fieldlab en deelproject binnen Emissieloos

PARTNERS

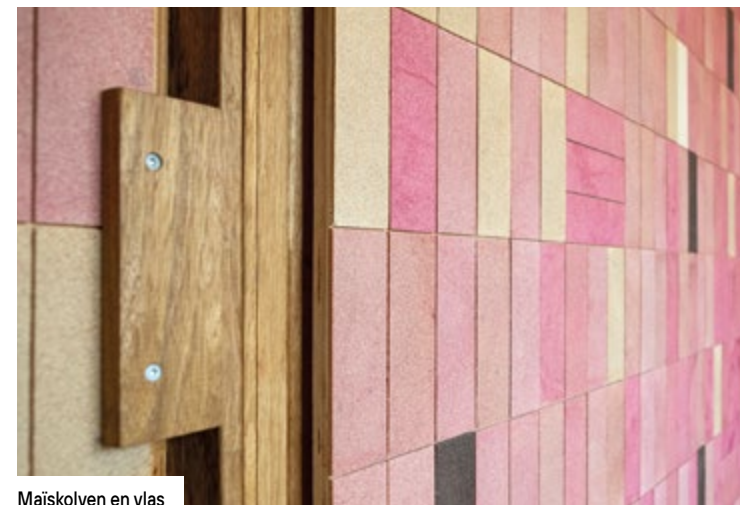
- / BlueBlocks
- / Exie
- / Mogu
- / Omlab
- / StudioRik/Rik Makes
- / Scape Agency
- / Strotec
- / Studio Klarenbeek & Dros
- / Waterweg
- / Primium/ Aveco de Bondt
- / Biobased Creations
- / BPD Ontwikkeling
- / Buro Kade
- / Caspar de Haan
- / Stichting De Conceptbouwers
- / Fiction Factory
- / RoosRos Architecten
- / Space & Matter
- / Stichting Agrodome
- / WAM & Van Duren Bouwgroep
- / TNO



Riet



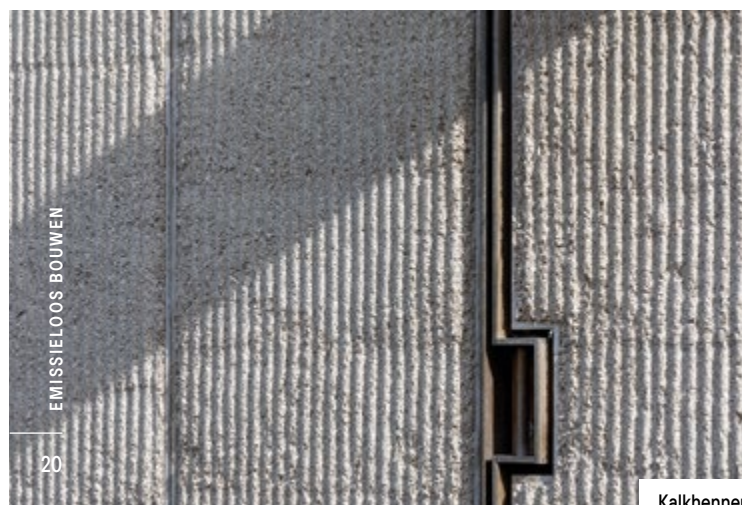
Rietvezels en blauwalg



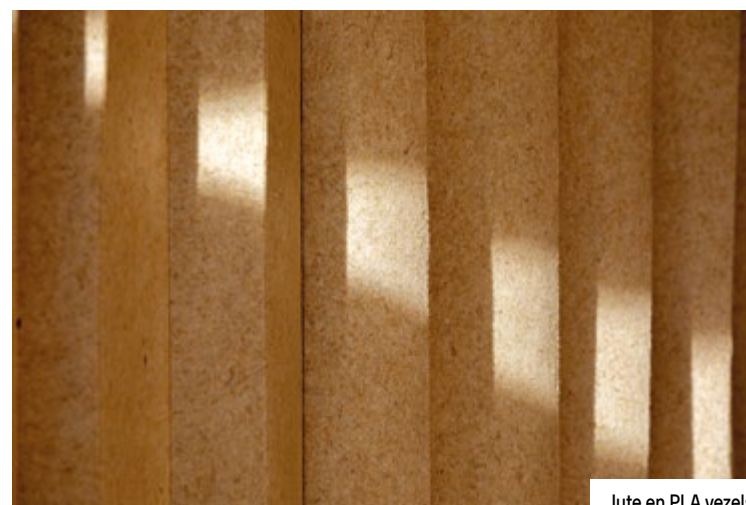
Maiskolven en vlas



Hennep



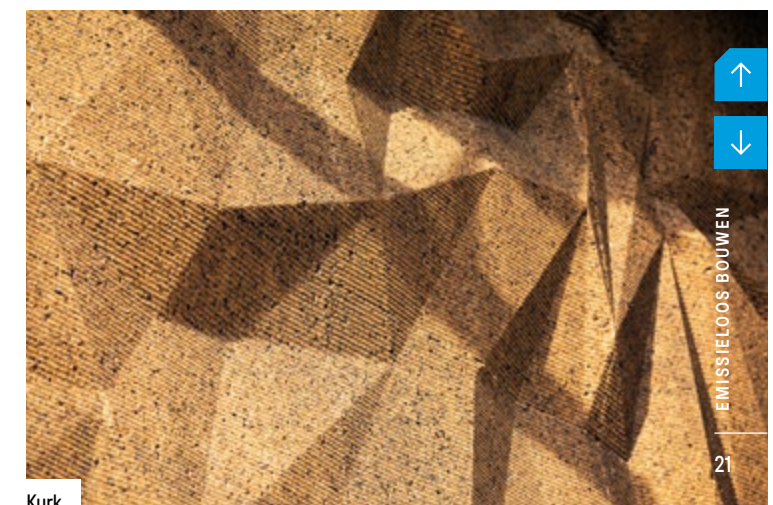
Kalkhennep



Jute en PLA vezels



Mycelium



Kurk



Bouwen voor de toepassing van biobased materialen in de bouw. TNO werd erbij betrokken om de meest kansrijke materialen te onderzoeken en te selecteren. Dat zijn onder meer stro, leem, zeewier, hennep, bagger, versnipperde resten van paprikaplanten en mycelium. Ellemieke Henquet, die namens TNO het deelproject leidt: 'In korte tijd zijn er veel nieuwe biobased materialen op de markt gekomen. We hebben materialen gekozen met uiteenlopende innovatiestadia die de potentie hebben om op te schalen, want dat is noodzakelijk als je impact wilt maken.'

TERUGHOUDENDHEID WEGNEMEN

Van Bokhoven: 'Het mooie aan dit programma is dat we met negen producenten én afnemers van bouwmaterialen van start zijn gegaan. Deze afnemers hielpen mee om te bepalen aan welke eisen de materialen moeten voldoen en waaraan dus getoetst moest worden. De individuele producenten hebben echt stappen gezet. Maar je zag ook dat de groep steeds hechter werd, dat ze elkaar probeerden te helpen, en dat er mooie samenwerkingen uit zijn ontstaan.' Een van die samenwerkingen wordt tastbaar gemaakt in het Innovatie Paviljoen op het Marineterrein in Amsterdam. Verschillende producenten brengen hun biobased materiaal samen in één gevelsysteem, dat in het komende jaar wordt getest. Ellemieke Henquet: 'Hier is een compleet biobased bouwsysteem ontstaan, waarmee architecten en aannemers kunnen

'WAAROM STAAN ER IN ZWEDEN ZO VEEL HOUTEN HUIZEN? OMDAT ER SUPERVEEL HOUT IS'

werken. Daarmee draagt het bij aan het de opschaling van biobased bouwsystemen. Door inzicht te geven in de duurzaamheid, levensduur en kwaliteit, kunnen we de terughoudendheid in de markt wegnemen.'

NATUURINCLUSIEF BOUWEN

Een omslag die de bouw volgens Diana van Bokhoven moet maken, is dat er voor de bouw en gebiedsontwikkeling veel meer vanuit de lokale beschikbaarheid van grondstoffen wordt gekeken. 'Waarom staan er in Zweden zo veel houten huizen? Omdat er superveel hout is. Als je de grondstof leidend laat zijn, krijg je heel andere inzichten en ontwerpen. Uiteindelijk wil je naar een gebouwde omgeving die weer natuurlijk wordt. Door alleen biobased materialen te gebruiken, gaan we de CO₂-uitstoot niet voldoende terugdringen. Het systeem moet echt om: nieuwe ketens, andere financiering, meer aandacht voor ecologische en sociale waarden. Daar liggen nog heel veel vraagstukken, maar dat het kan, hebben we met dit project laten zien. En vanuit Biobased Creations gaan we de komende jaren aan de slag met de vraag: hoe kunnen we natuurinclusief bouwen met biobased materialen?'

RESULTATEN

Naast het identificeren van negen kansrijke biobased materialen is er met de bouw van het Exploded View-paviljoen ook veel praktijkervaring opgedaan. Bouwbedrijven hebben het paviljoen op meerdere locaties opgebouwd en afgebroken. Met het Innovatie Paviljoen in Amsterdam worden gevelelementen van verschillende biobased materialen in de praktijk onderzocht op onder andere duurzaamheid en weersbestendigheid.



MAURITS DEKKER IS BIJ TKI BOUW EN TECHNIEK VERANTWOORDELIJK VOOR HET MEERJARIGE MISSIEGEDREVEN INNOVATIE PROGRAMMA KLIMAATADAPTIEF, NATUURINCLUSIEF EN OMGEVINGSBEWUST BOUWEN.

Waarom is Emissieloos Bouwen belangrijk voor Nederland en de bouwsector?

'De verduurzaming in de gebouwde omgeving is noodzakelijk, om heel veel redenen. De uitdaging voor de bouw is dat we voor 2050 zeven miljoen gebouwen moeten verduurzamen, naast de realisatie van 1 miljoen gebouwen voor 2030. De sector moet in staat zijn om dat soort volumes te produceren, en tegelijkertijd bijdragen aan de maatschappelijke opgaven van energetisch efficiënt en klimaatbestendig bouwen, met minder grondstoffen. Stevige uitdagingen. Het programma gaat ervoor zorgen dat er innovaties komen waarmee we dat versneld kunnen doen. Bovendien moeten die innovaties bijdragen aan minder uitstoot op de bouwplaats. Het creëren van een goede business case is heel belangrijk voor verdere opschaling.'

Wat kunnen we leren van de opzet van dit deeltraject?

'Om te beginnen is TNO erin geslaagd om in korte tijd veel partijen bij dit programma te betrekken en in beweging te krijgen. Om toch snel aan de slag te kunnen op een thema als stikstof, waarin veel nog onduidelijk is – daarvoor heb je flexibiliteit nodig. TNO heeft dat gegeven vertaald naar een adaptief consortium, waarmee ruimte wordt gelaten voor nieuwe inzichten om het programma tussentijds bij te sturen. Een belangrijke waarde die we ook bij het vervolg overeind moeten houden.'

Hoe krijgt Emissieloos Bouwen een vervolg?

'Volgend jaar starten we met het vervolg op het huidige programma, dat loopt tot 2027. Van een kennis- en innovatieprogramma gaan we naar een kennis-, opschalings- en praktijkervaringsprogramma. Dus de good practices van de koplopers uit de eerste fase moeten uitgroeien tot standaard in de sector. Daarom gaan we ook kijken naar opleidingen en leertrajecten. We gaan door met het optimaliseren van bouwconcepten, maar we kijken ook naar uitdagingen, zoals de integratie van schone logistieke concepten en instrumenten ter ondersteuning. Deze transitie biedt volop kansen voor de bouw, zowel economisch als maatschappelijk. En ik zie het als een hele mooie uitdaging om die met elkaar te verbinden. Daar zit mijn drive.'

MAURITS DEKKER

Functie: Senior Programmamanager Klimaatadaptief, natuurinclusief en omgevingsbewust bouwen, TKI Bouw en Techniek
Rol: Sinds juni 2023 is Dekker vanuit TKI Bouw en Techniek betrokken bij het programma Schoon en Emissieloos Bouwen

Stro, bouwmaterial van de toekomst?

Het is een van de biobased bouwmaterialen die goedkoop, duurzaam en snel te verbouwen zijn: stro. Maar hoe is strobouw op te schalen zodat het een waardevolle bijdrage kan leveren aan emissieloos bouwen?

VAN LAND TOT WAND

PARTNERS

- ✓ Gebroeders Van Herpen
- ✓ Strotec
- ✓ TNO

'Bij biobased bouwen wordt vaak alleen gedacht aan hout. Maar hout is relatief schaars en tijdrovend om te verbouwen. Stro daarentegen is een snelgroeier die op veel plekken hout kan vervangen', vertelt Rob van Nistelrooij aan. Hij is enthousiast over dit 'bouwmaterial van de toekomst'. Als eigenaar van Bouwbedrijf Gebroeders van Herpen is hij de bouwpartner van dit project. 'We zien allemaal dat er iets mis is met het klimaat. Ik ben gaan kijken waar we met ons bedrijf in kunnen specialiseren. Wat ons betreft liggen er mooie kansen in het bouwen met stro. Onze mensen zijn van begin af aan enthousiast en zijn vol passie met dit materiaal aan de slag gegaan.'

ISOLATIE EN CONSTRUCTIE

Stro is nu een bijproduct van de graanproductie, maar is op termijn heel goed lokaal te verbouwen. Van land tot wand, dat is het doel. Waarbij de afstanden binnen de hele keten liefst zo kort mogelijk blijven, om de stikstof- en CO₂-uitstoot laag te houden. Dat lukt nog beter met prefab strodelen, die met weinig mensen en materieel op de bouwplaats tot een woning worden geassembleerd. Klinkt veelbelovend. Maar kan het ook op grote schaal worden toegepast? Emissieloos Bouwen bood een uitgelezen kans om dat nader te onderzoeken. Van Nistelrooij: 'Dit deelproject startten we vanuit een vraag om een zo duurzaam mogelijk huis te ontwikkelen: ONS Natuurhuis. EN|EN architecten, Strotec en Bouwbedrijf Gebroeders van Herpen ontwierpen een biobased rijwoning om op grote schaal te kunnen bouwen. Strobouw is hiervoor zeer geschikt. De stropanelen zijn isolatie en constructie in één en er is een veel kleinere installatie nodig om te verwarmen en te koelen. Dat drukt ook de kostprijs.'

VERDER OPSCHALEN

Voor ONS Natuurhuis werd een nieuwe bouwmethode ontwikkeld, waarbij de geveldelen van stropanelen direct in de fabriek worden opgebouwd en niet langer op de bouwplaats. 'We wilden een steilere leercurve en meer tijd nemen om kennis op te doen van deze bouwmethode', stelt Van Nistelrooij. Voor dit deeltraject onderzochten we de opschaling op vijf niveaus: naar een business case met een nieuwe fabriek, richting strategie, op de werkplaats, in onze werkwijze, en in de communicatie.'

'ONZE KLIMAATAMBITIES DAGEN ONS UIT OM MET MINDER MATERIAAL MEER TE KUNNEN WONEN'

2.000 STROTEC-GEVELS PER JAAR

Van Nistelrooij: 'Er is al veel bereikt met onze nieuwe Strotec-gevel. Vorig jaar hebben we voor het eerst de 2D-geveldelen in onze hal geproduceerd, inclusief kozijnen, ramen en deuren. De volgende stap was het ontwikkelen van een complete woning. Dit hebben we inmiddels uitgevoerd voor opdrachtgevers Trudo en Hurks in de vorm van een conceptwoning bij ons op het terrein. Om te tonen aan geïnteresseerden en om eigenschappen als geluid en luchtvochtigheid te testen.' De ambitie is om uiteindelijk 2.000 Strotec-gevels per jaar te fabriceren, op een nieuwe productielocatie die nu in voorbereiding is. 'Onze klimaatambities dagen ons uit om met minder materiaal meer te kunnen wonen. Dat vraagt om een systeemverandering. Niet pas in 2050, het begint echt nu. Dat betekent dat we fouten zouden kunnen maken, maar de grootste fout is om niet te beginnen.'

RESULTATEN

Binnen het deelproject is een ontwerp en productie gerealiseerd van geïntegreerde prefab 2D-gevels van stro-elementen. Er is een drielaags demogebouw en een modelwoning gebouwd. Ook is er een validatie- en opschalingsstrategie ontwikkeld. Er is een rapportage opgesteld van vermeden CO₂-uitstoot door bouwen in stro, CO₂-opslag in het materiaal, en stikstofreductie door prefab-bouw.



Bouwen met technieken uit het verleden

AMBACHT MET TOEKOMST

Kunnen traditionele en ambachtelijk geproduceerde houtverbindingen en knooppunten een sleutelrol spelen om houtbouw nog duurzamer te maken? Waarom je soms moet teruggrijpen op het verleden om aan een duurzame toekomst te kunnen bouwen.

In de moderne, deels geautomatiseerde prefab-houtbouw wordt nog altijd veel staal of kunststof gebruikt om de verschillende onderdelen met elkaar te verbinden. De CO₂- en NO_x-emissies die bij de productie van deze materialen vrijkomen, hebben een negatief effect op de milieuprestatie van een gebouw. Voor duurzame alternatieven hoeven we niet verder te kijken dan onze eigen bouwtradities. Alfred Evers is docent in het mbo en onderzoeker bij ROC van Twente. Binnen het deelproject 'Automatiseren houten knoop' is hij, samen met projectleider Christian Struck, gangmaker die de 16 consortiumleden aanstuurt. 'Dat we erin geslaagd zijn om de hele sector – handelaren, constructeurs, architecten, aannemers en kennisinstellingen – bij elkaar te brengen, is al een mooi resultaat.'

KENNIS IS BEPERKT

Het thema staat dan ook meer dan ooit in de belangstelling, volgens Evers. 'De zorgen om stikstof, de hernieuwde aandacht voor houtbouw. Dat zorgt voor interesse in traditionele houtbouwtechnieken.' Tegelijkertijd viel op dat dit soort kennis maar zeer beperkt aanwezig is in de bouw. 'Een aantal constructeurs weet hoe je houten knooppunten moet maken, maar de meesten grijpen al snel naar staal. Daar ligt dus een belangrijke maatschappelijke opgave, die we vanuit de opleidingenkant op de kaart hebben gezet bij het bedrijfsleven.'

In eerste instantie met het fieldlab Efficiënt Bouwen met Hout, dat de Twentse kennisinstellingen ROC van Twente, Hogeschool Saxion en Universiteit Twente samen met lokale bedrijven hebben opgezet. Vervolgens bood het deeltraject van Emissieloos Bouwen een uitgelezen kans om te onderzoeken hoe deze traditionele technieken kunnen worden ingezet in een geautomatiseerd bouwproces.

DEMONTABEL BOUWEN

Christian Struck is lector Sustainable Building Technology bij Saxion. Hij begeleidt de onderzoeken van het deelproject, dat is toegespitst op een type woning en een type utiliteitsgebouw. 'Het eerste vraagstuk waar we ons op hebben gericht is hoe je demontabel kunt bouwen met traditionele technieken, om materialen te kunnen hergebruiken.' Evers vult aan: 'Rond 1900 werden er fantastische sporendaken, knoop-

punten, spanten en portalen van hout gemaakt. Constructies die compleet demontabel waren, zodat je een boerderij eenvoudig kon verplaatsen. Die kennis is nu erg waardevol voor circulair bouwen.'

De tweede opdracht was om te kijken hoe je met traditionele houtverbindingen en knooppunten emissies kunt terugdringen, door metalen en kunststof te vermijden. Evers: 'Bij de uitgebreide inventarisatie van alle technieken is nadrukkelijk ook over de grens gekeken, naar traditionele constructiewijzen uit landen als Duitsland en Japan. Juist omdat daar nog vaak veel kennis voorhanden is en wordt toegepast.'

'EEN AANTAL CONSTRUCTEURS WEET HOE JE HOUTEN KNOOPPUNTEN MOET MAKEN, MAAR DE MEESTEN GRIJPEN AL SNEL NAAR STAAL'

GESCHIKT VOOR DE FREESMACHINE

Uiteindelijk selecteerde het consortium vier geschikte knooppunten en drie veelbelovende verbindingen, die zowel rekenkundig, theoretisch als in de praktijk uitgebreid zijn beproefd met betrouwbare testresultaten. De belangrijke derde stap in het onderzoek is om deze vaak arbeidsintensieve technieken geschikt te maken voor een geautomatiseerd proces. Struck: 'Uiteindelijk moet een ontwerp vertaald kunnen worden naar een digitaal bestand voor een CNC-freesmachine. Daarom hebben we een prototype gemaakt voor een doorlopende dataverwerkingsketen, van houthandelaar tot aannemer.'

Om de kennis verder te ontwikkelen en te borgen, wordt tot slot gewerkt aan lesmodules en onderwijsmateriaal voor alle relevante opleidingen voor het beroepsonderwijs (mbo, hbo en wo). 'Het is mooi dat we vanuit het onderwijs met onze studenten direct kunnen inspelen op de urgente vragen die in de bouwsector spelen. En dat we nieuwe generaties weer laten bouwen volgens traditionele technieken', besluit Evers.

PARTNERS

- / Adema Architecten
- / De Groot Vroomshoop
- / Dura Vermeer BouwHengelo
- / Gooskens Hout B.V.
- / MK Houtbouw
- / ReintenInfra
- / Sanger IBTC
- / Stichting Hout Research
- / Stichting Pioneering
- / H. Oude Hengel (D)
- / Aannemersbedrijf Koningsstijl
- / Stichting RIBO
- / ROC van Twente
- / Hogeschool Saxion
- / Universiteit Twente
- / Technische Universiteit Eindhoven

VERWACHTE RESULTATEN

De verwachting is dat nieuwe verbindingstechnieken kunnen zorgen voor een snellere introductie van hoogbouw met hout. Met het gebruik van homogene houtverbindingen en knooppunten verwachten de consortiumleden de NO_x-emissies van houten woningen met nog eens 20% te kunnen reduceren.

Waarom is Emissieloos Bouwen belangrijk voor Nederland?

Van der Woude: 'In het bredere programma Schoon en Emissieloos Bouwen miste nog het bouwproces, waar veel potentiële stikstofreductie zit. Als je op de bouwplaats een heleboel draaiuren kunt besparen door anders te bouwen, veel meer fabrieksmatig, kun je niet alleen de uitstoot fors beperken, maar heb je ook veel meer controle over de productiviteit van het proces.'

Blom: 'Bij dit programma worden partijen binnen de keten min of meer gedwongen om met elkaar samen te werken. Je ziet bijvoorbeeld sloopbedrijven met CLT-ontwikkelaars in gesprek gaan.

Die samenwerking draagt ook weer bij aan andere ambities, zoals meer gebruik van biobased materialen en circulair bouwen.'

Wat kunnen we leren van de adaptieve opzet van dit deeltraject?

Van der Woude: 'Deze manier van werken sluit goed aan bij kwaliteiten van TNO die je in de markt niet vaak tegenkomt. Er is heel veel ervaring met het opzetten van innovatieprojecten, maar ook met subsidietrajecten en de communicatie met beleidsmakers. Een adaptief consortium is voor de deelnemers prettig, maar vraagt wel om een partij die alle administratieve rompslomp stevig kan oppakken.'

RIK BLOM

Functie: Beleidsmedewerker
Energietransitie Gebouwde
Omgeving, Ministerie van BZK,
Directie Bouwen & Energie

Rol: Sinds dit jaar vanuit
BZK betrokken

VANUIT HET MINISTERIE VAN BZK STUREN DAVID VAN DER WOUDE EN RIK BLOM HET PROGRAMMA EMISSIELOOS BOUWEN AAN. HOE KIJKEN ZIJ TERUG OP DIT DEELTRAJECT?

Dat maken ze helemaal waar. Tegelijkertijd is het een enorme uitdaging om regie te voeren en vanuit een samenhangend programma te verbinden en raakvlakken te vinden tussen partners om het maximale resultaat te behalen. Het lukt steeds beter om dit met een grote groep koplopers in de bouw te doen.'

Hoe moet Emissieloos Bouwen een vervolg krijgen?

Van der Woude: 'Er wordt nu echt geleerd hoe je een bouwproces in je eigen keten optimaal kunt neerzetten. De volgende fase is dat je dit voor je eigen bedrijf structureel gaat veranke-

ren, en op grote schaal een mooi product schoon en emissieloos kunt aanbieden. Dat je daarbij de hele keten beheersbaar krijgt. Niet alleen de materialen, maar ook de bouwlogistiek. Vervolgens moet daar ook een gedeelde kwaliteit uit voortkomen richting de markt. Een keurmerk Schoon en Emissieloos? Zodat je als opdrachtgever zekerheid hebt over het product en de bouwprestatie en dat je daarvoor terecht kunt bij een grotere groep aanbieders.'

Blom: 'Eens. En daarbij: kennisdeling in een transitie is altijd lastig, maar tegelijkertijd een van de belangrijkste factoren om te versnellen. Ik hoop dat we met dit programma andere partijen inspireren om ook met dit onderwerp aan de slag te gaan.'

DAVID VAN DER WOUDE

Functie: Teamcoördinator
Innovatie in de Bouw, Ministerie
van BZK, Verduurzaming
Gebouwde Omgeving
Rol: Vanaf de start als
'opdrachtgever' betrokken



P

PROCESOPTIMALISATIE VOOR INDUSTRIALISATIE

Dankzij een geïndustrialiseerd prefab-bouwproces kan de uitstoot op de bouwplaats fors worden verlaagd. Welke veelbelovende bouwconcepten en productieprocessen gaan bijdragen aan het behalen van de emissiedoelen?





Veelbelovend houtbouwconcept

EENVOUDIG EN GOEDKOPER

Vergaande industrialisering van prefab-bouw moet ervoor zorgen dat we op korte termijn op grote schaal emissiearm kunnen bouwen. HoutKern is hiervoor een veelbelovend duurzaam houtbouwconcept. Voor opschaling is hard gewerkt aan een compleet gedigitaliseerd ontwerp- en productieproces.

Innovatieve prefab-concepten zijn essentieel om de uitdagende nieuwbouwdoelestellingen en emissiereducties te halen. Door niet langer op de bouwplaats 'one-off' projecten te realiseren, maar 'off-site' seriëmatig bouwmodules te produceren, kunnen we de bouwtijd en uitstoot van NO_x en CO₂ aanzienlijk beperken.

SLIMME KNOOP

In de combinatie van deelprojecten P1, P10 en D1 is uitgebreid onderzocht hoe je prefab verregaand kunt optimaliseren, door het complete ontwerp- en productieproces van HoutKern-modules te digitaliseren en te industrialiseren. De partners in deze projecten zijn de partijen die de HoutKern Bouwmethode ontwikkeld hebben en die nu Circlewood vormen. De HoutKern-modules bestaan uit CLT-vloeren, HSB-wanden en gelamineerde houten kolommen en kunnen snel, duurzaam en emissiearm worden geproduceerd. Deze stapelbare bouwblokken zijn door middel van een slimme knoop aan elkaar te koppelen en zijn geschikt voor een brede variëteit aan woningen

'DE BELOFTE VAN PREFAB IS DAT DE BOUW VEEL GOEDKOPER EN EENVOUDIGER WORDT, MAAR DAT LUKT ALLEEN ALS JE FOUTEN KUNT MAKEN OM VAN TE LEREN'

en utiliteitsgebouwen. De methode is voor het eerst toegepast in The Natural Pavilion op de Floriade Expo 2022, waarmee veel publiciteit is behaald.

INDUSTRIALISEREN BEGINT MET SAMENWERKEN

TNO ondersteunt en stuurt samen met de Noordereng Groep de Circlewood-partners aan om HoutKern te industrialiseren en op te schalen. Projectmanager Marc Souverein: 'De scope was het verder reduceren van NO_x-emissies op de bouwplaats en van de CO₂-footprint van gebouwen door digitalisering en industrialisering van de HoutKern-module. Allereerst hebben we gekeken hoe je met elkaar moet samenwerken

PARTNERS

- / DWA
- / Hedgehog Company
- / Heko Spanten
- / Lomans Amersfoort
- / Houtkern Bouwsystemen
- / TNO
- / Bucoss Bouw en Advies

om een geïndustrialiseerd productieproces op te zetten. Veel tijd ging zitten in het onderling afspraken maken over het 3D-model. Over de rolverdeling tussen constructeur, architect, en installateur.'

Bij zowel ontwerp als productie is nadrukkelijk gekeken naar het verkorten van de assemblagetijd op de bouwplaats, met minder transporten van materiaal en mensen. Souverein: 'Zo wilden we in de fabriek al zo veel mogelijk componenten voor sanitair en installaties toevoegen aan de modules. Maar dat kan alleen als de installateur deze componenten al prefab aanlevert. De toegevoegde waarde van TNO zit vooral in het regisseren en oplijnen van alle partijen, en het in kaart brengen en beschrijven van een geïndustrialiseerd productieproces.' De unit High Tech Industry binnen TNO heeft veel expertise geleverd op het gebied van system engineering, gebaseerd op ervaringen in de hightechindustrie en automotive.

MOCK-UPS HELPEN DIGITALISERING

Het beschrijven van een productieproces is één ding, maar de praktijk blijkt vaak weerbarstig. 'Wat ons enorm geholpen heeft, is het bouwen van een mock-up van vier units', vertelt Rudi Roijackers, die zich met Circlewood gespeciali-

seerd heeft in het industrialiseren en digitaliseren van het ontwerp. Met de mock-ups hebben we veel geleerd over het productieproces. Ook hebben we geluids- en trillingsmetingen kunnen uitvoeren bij de samengekoppelde modules. 'De belofte van prefab is dat de bouw veel goedkoper en eenvoudiger wordt, maar dat lukt alleen als je fouten kunt maken om van te leren. Daarvoor moet je oefenen met het product.' Roijackers maakt samen met de partners een gedetailleerd digitaal ontwerp van de HoutKern-modules, waarin alle onderdelen en acties zijn gelabeld. 'Daarin staat precies wat wanneer moet worden geleverd, volgens welke specificaties en kosten. De mock-ups helpen je om nog kritischer te kijken. Als er te weinig details in het model staan, merk je dat gelijk.'

SERIEBOUW BIEDT OPTIMALISATIEKANSSEN

In tegenstelling tot een traditioneel bouwproces doorloop je bij prefab een productieproces vele malen. Dat biedt kansen om steeds verder te optimaliseren. Roijackers: 'Je maakt een technisch ontwerp en houdt voortdurend bij wat de kosten zijn, wat de materiaalscore is, de milieuscore, de herbruikbaarheid, etc. Die kennis stop je in een database. Zo weet je van steeds meer verschillende gebouwen precies wat de kosten



De HoutKern-modules bestaan uit CLT-vloeren, HSB-wanden en gelamineerde houten kolommen en kunnen snel, duurzaam en emissiearm worden geproduceerd.



'PAS ALS WE ER VOLDOENDE VAN MAKEN, LEVERT DE PROCESOPTIMALISATIE WINST OP EN GA JE ECHT EMISSIES REDUCEREN'

en milieuprestaties zijn. Met die database kun je zo voor steeds meer nieuwe gebouwen voorstellingen doen over de kosten, de MPG-score, of de bouwtijd. Alleen is het een extreem tijdrovende manier om zo je database te vullen en van alle typen gebouwen een digitaal model te maken. We hebben berekend dat dit 212 jaar zou kosten...'

OPTIMALISEREN MET KPI-DASHBOARD

Daarom is Roijackers met zijn team virtuele HoutKern-gebouwen gaan uitrekenen. 'Om de MPG-score, bouwtijd of bouwkosten te bepalen, hoef je namelijk niet een compleet model te hebben, maar volstaan een aantal variabelen. Die kennis hebben we verwerkt in een reken-tool. Daarmee kunnen we voor opdrachtgevers vooraf aangeven wat een ontwerp gaat kosten en wat de milieuprestaties worden. Maar we kunnen ook het ontwerp zelf optimaliseren om emissies, bouwtijd of kostprijs te reduceren. Uit het model blijkt bijvoorbeeld dat voor stik-

stofreductie met name de afstand tot de fabriek cruciaal is. Daarmee kun je ook vooraf rekening houden.' De rekentool voor de HoutKern-modules is inmiddels af, en wordt binnenkort gekoppeld aan het door TNO ontwikkelde KPI-dashboard.

BLACK BOX

Afronden betekent ook alvast vooruitkijken naar de toekomst van HoutKern-bouw. Souverein: 'We hebben tot nu toe vooral gekeken naar het ontwerp, de productie en het hergebruik van de modules, maar de gebruiksfase is ook heel belangrijk. Dat is nu nog een black box: een periode van 50, misschien wel 75 jaar waarvan je niet weet wat er precies gaat gebeuren. Dat is interessant om te onderzoeken en aan het digitale model toe te voegen.'

Roijackers: 'Ik denk dat de HoutKern Bouwmethode een hoge opschalingspotentie heeft, omdat deze toepasbaar is voor een breed gedeelte van de woning- en utiliteitsbouw. De volgende stap gaat worden om met een aantal proefprojecten de betaalbaarheid, milieuprestaties en het comfort in de praktijk aan te tonen. Daarnaast moeten we zorgen dat de productielijn op gang komt. De crux voor emissiereductie is commercieel succes. Pas als we er voldoende van maken, levert de procesoptimalisatie winst op en ga je echt emissies reduceren.'

RESULTATEN

Ontwikkeling van een compleet digitaal model en geïndustrialiseerd proces dat gebruikt wordt voor een KPI-dashboard om emissies, bouwtijd en kosten te kunnen voorspellen en optimaliseren. De oplevering van een mock-up bestaande uit vier HoutKern-modules. De Houtkern Bouwmethode van CircleWood won in 2022 de Cobouw Innovatie Award.





Bouwen met duurzame bindmiddelen

GEHECHT AAN BETON

Dankzij industrieel geprefabriceerd beton dalen de emissies op de bouwplaats aanzienlijk. Blijft over: de emissies bij de productie van het beton zelf, die veroorzaakt worden door het portlandcement. In dit deelproject slaan de partners de handen ineen in een zoektocht naar duurzame alternatieve bindmiddelen.

Om de emissies van industriële prefab betonproducten terug te dringen, maken de consortiumpartners al veel gebruik van duurzame bindmiddelen op basis van hoogovenslak of vlieg-as. De beschikbaarheid vormt echter een probleem, zeker met de oplopende bouwopgave en beoogde verduurzaming. Alle in ons land beschikbare hoogovenslak wordt al door de betonindustrie verwerkt, en import zorgt voor extra emissies. Bij de speurtocht naar alternatieven is gebruikgemaakt van de specifieke kennis van de deelnemende partijen, waaronder die van Anja Buchwald. Bij ASCEM richt ze zich op bindmiddel- en betoninnovaties voor de acht aangesloten bedrijven van de BTE Groep. 'Een van onze drijfveren voor deelname aan dit deelproject was om gezamenlijk tot een methodiek voor geschiktheidsonderzoek voor nieuwe betonsoorten te komen. En natuurlijk om te ontdekken wat we als betonproducent van nieuwe materialen kunnen verwachten.'

TWEE VEELBELOVENDE MENGSELS

Penvoerder van dit project is TNO, dat de partners met kennis en coördinatie ondersteunde. Siska Valcke, Senior Scientist Building Materials: 'We zijn vertrokken vanuit een aantal bindmiddelrecepten, van waaruit we met de partners betonmengsels hebben opgesteld en tot een selectie zijn gekomen. Uitgangspunt bij het geschiktheidsonderzoek was om aan te tonen dat de mengsels constructief veilig zijn, maar ook na verloop van tijd duurzaam hun prestaties behouden.' Uiteindelijk zijn twee veelbelovende grondstoffen verder onderzocht. De eerste is fijne fractie van gerecycled beton. Valcke: 'Voornaamste reden: er is heel veel van beschikbaar. Jaarlijks komt er circa 12 miljoen ton beton vrij, waarvan een zesde cementsteen zou zijn. De uitdaging is wel om de fractie voldoende reactief te maken. Daarvoor werkt ENCI aan een nabewerking.'

KLEI VOOR DE LANGE TERMIJN

De tweede geschikte kandidaat is gecalcineerde klei. Valcke: 'In het buitenland zijn veel gecalcineerde kleisoorten beschikbaar, maar duurzamer is om naar regionale kleisoorten te kijken.' Buchwald: 'Technisch heeft lokale klei zeker potentie voor de toekomst. Maar de

beschikbaarheid hangt samen met een complex speelveld van vergunningen en andere onzekerheden, waardoor het alleen voor de langere termijn interessant is.' Dat deze twee alternatieven nader zijn onderzocht, wil niet zeggen dat dit de grondstoffen moeten worden. Buchwald: 'Integendeel, we gaan alle alternatieve bindmiddelen nodig hebben voor een duurzame toekomst van de betonbouw.'

'DE VERBINDING TUSSEN CONSTRUCTEUR, PRODUCTENT EN OPDRACHTGEVER MOET NOG HECHTER WORDEN'

Een belangrijk inzicht bij dit deelproject was voor Siska Valcke de snelheid waarmee resultaat is geboekt. 'We kwamen in relatief korte tijd tot mengsels waar de bedrijven vertrouwen in hebben. Met een goede beginsterkte hebben we al een wand gemaakt bij Voorbij. Daarnaast zijn door de partners zo'n 400 proefstukken gemaakt. Daar is nu een prachtige dataset uit voortgekomen, die waardevolle inzichten oplevert voor constructeurs.' Voor Anja Buchwald is vooral de validatie van het eindproduct een belangrijk aandachtspunt. 'Uiteindelijk moeten we kunnen aantonen dat dit product minstens zo goed is als een product gemaakt van traditioneel beton. Daar kan TNO een leidende rol in nemen. De bouw moet in de toekomst kunnen aantonen dat betonproducten de gewenste prestaties leveren.'

NOG HECHTERE SAMENWERKING

Voor de toekomst hoopt Valcke vooral dat de nauwe samenwerking binnen het consortium standhoudt na afloop van dit programma. 'Materiaalkennis moet van de producenten wel kunnen terugvloeien naar de constructeurs. Die moeten het vertrouwen krijgen om er producten mee te ontwerpen, zodat niet risicomarge op risicomarge wordt gestapeld, waardoor het resultaat uiteindelijk alsnog niet duurzaam is. Dat kunnen we ons niet permitteren. Die verbinding tussen constructeur, producent en opdrachtgever moet daarom nog hechter worden om écht tot innovatie te komen.'

PARTNERS

- / BTE Nederland / ASCEM B.V.
- / Delgromij
- / ENCI
- / Cugla
- / PQ Silicas
- / TNO
- / Twee 'R' Recycling Groep
- / VBI Ontwikkeling
- / Voorbij Prefab

RESULTATEN

Met de voor prefabbeton geschikte bindmiddelrecepten is er opgeschaald van mortel- naar beton-niveau. Bij gelijke prestaties hebben de mengsels een lagere milieu-impact dan de standaard prefabmengsels, zonder gebruik van de schaarser wordende hoogovenslakken. De mengsels worden nu gevalideerd voor toepassing in wanden en vloeren. Voor de toekomst vormen Nederlandse kleien en de fijne fractie van gerecycled beton een waardevolle aanvulling op het grondstoffenpakket.





Compleet circulair bouwen en slopen

SLOOPOOGST SLUIT CIRKEL

In het Betuwse Tricht deed zich met een kleinschalig duurzaam project een unieke kans voor om ervaring op te doen met een compleet circulair sloop- en bouwproces met prefab. Door alle stappen en emissiereductiekansen in kaart te brengen, ontstaat een waardevolle blauwdruk om prefab naar het volgende niveau te brengen.

Onder de naam 'Het Groene Hek' schreven bouwer KlokGroep, sloopbedrijf Hooijer Renkum en duurzaam-wonenspecialist Emergo twee jaar geleden in op een bijzondere tender. Voor woningcorporatie KleurrijkWonen werden veertien levensloopbestendige woningen en vijf gezinswoningen ontwikkeld, op basis van een compleet circulair sloop- en bouwproces.

De KlokGroep won de aanbesteding en bracht het prefab-plan als deelproject in bij Emissieloos Bouwen. Het ontwerp en de fabricage van de Optimaat-woningen is een co-creatie van Emergo en KlokGroep. 'Door het toepassen van prefab elementen staat er in ongeveer twee weken een woonblok. Bij dit project krijgen modulebouw en losmaakbaarheid prioriteit', vertelt Thijs Pleijhuis als manager Duurzaamheid van KlokGroep. 'Aan het einde van de levensduur is het mogelijk om alle woningen te demonteren, de componenten te verplaatsen en op een andere plek weer op te bouwen.' TNO

'WE HEBBEN DOORLOOPTIJDEN GEMETEN, EMISSIES BEREKEND EN GEKEKEN WAAR VERBETERINGEN MOGELIJK ZIJN'

werd bij dit project betrokken als kennispartner en om inhoudelijk sturing te geven. Rens Nijman, Scientist Integrator: 'Dit project bood ons de mogelijkheid om kennis te ontwikkelen over het hele proces: het 'oogsten' van gebruikte bouwmaterialen uit de sloop van de oude woningen, de bouw in de fabriek, de montage op de bouwplaats, en het hergebruik op het einde van de levenscyclus. In tien werkpakketten hebben we het complete proces stap voor stap kunnen documenteren. We hebben doorlooptijden gemeten, emissies berekend en gekeken waar verbeteringen mogelijk zijn. Uiteindelijk met als doel om prefab-bouw te versnellen, op te schalen, en om een emissieloos sloop- en nieuwbouwproces te realiseren.'

PARTNERS

- / Emergo
- / Hooijer Renkum
- / KlokGroep Wonen
- / TNO

DE LEERCURVE VAN CIRCULAIR SLOPEN

Slooppartner Hooijer Renkum ontwikkelt in toenemende mate duurzame activiteiten, zoals het fabriceren van materialen uit reststromen. Om meer inzicht te krijgen in het oogsten van herbruikbare bouwmaterialen, heeft Hooijer bulkhout uit de bestaande woningen geoogst voor het bouwen van de bergingen van de nieuwe woningen. DGA Derkjan Hooijer: 'Door materialen te oogsten voorkom je verborgen emissies, want CO₂ blijft opgeslagen in de hergebruikte balken en planken, en je voorkomt deels gebruik van nieuwe materialen, wat ook weer uitstoot scheelt.' Eenvoudig is dat oogsten nog niet, weet Max Hulshof, die bij Hooijer het project inhoudelijk leidt. 'Het is veelal handwerk en het kost veel tijd om materiaal zorgvuldig uit oude woningen te halen. Je hebt te maken met verschillende materiaalstromen en typen woningen, dus het standaardiseren van het oogsten is een leercurve.' Dat moet volgens Rens Nijman verbeteren door gebruik van BIM-modellen en het documenteren met materiaalpaspoorten.

WAT BRENGT HET DE BOUW?

Inmiddels zijn de negentien woningen gebouwd in Tricht. De ervaringen van het bouwproces zijn ook meegenomen in het deelproject. Wat heeft het project de partners geleerd? Derkjan Hooijer: 'Wat het ons heeft gebracht, is inzicht in de meerkosten van circulariteit en wat je allemaal tegenkomt in de praktijk. Voor nu hebben we geoogst uit traditionele woningen, richting de toekomst zullen we ook kijken naar hergebruik van prefab bouwmaterialen. Ook verwacht ik



nog een flinke emissiestap te kunnen maken met elektrisch materieel op groene stroom.' Rens Nijman: 'Voor het eerst hebben we vanuit een echt prefab sloop- en bouwproces iedere stap kunnen analyseren. Dat heeft heel veel waardevolle data opgeleverd. Maar het belangrijkste inzicht is dat je voor echte emissiereductie alle schakels in de keten nodig hebt en een hele goede samenwerking tussen alle partijen.'

'VOOR HET EERST HEBBEN WE VANUIT EEN ECHT PREFAB SLOOP- EN BOUWPROCES IEDERE STAP KUNNEN ANALYSEREN'

Het oogsten van materialen uit woningen voorkomt verborgen emissies, doordat CO₂ opgeslagen blijft in de hergebruikte balken en planken. Ook wordt uitstoot vermeden doordat minder nieuwe materialen nodig zijn.

RESULTATEN

In Tricht zijn 19 energie-zuinige eengezinswoningen met een lage MPG-score gerealiseerd, die in 5 werkdagen zijn geassembleerd. Hooijer Renkum heeft hout geoogst uit de bestaande woningen, dat is hergebruikt voor de bergingen van de nieuwe woningen. Er zijn emissieloze prefab sloop- en nieuwbouwprocessen ontwikkeld, en het ontwerp-, productie- en realisatieproces is gedigitaliseerd.

**Waarom is Emissieloos Bouwen belangrijk voor Nederland en de bouwsector?**

'Op het gebied van duurzaam bouwen is al veel mogelijk. Zo hebben we als co-creator van The Natural Pavilion op de Wereldexpo Floriade 2022 laten zien dat het nu al mogelijk is om op industriële schaal woningen, scholen en kantoren te ontwikkelen die volledig circulair, biobased, energieneutraal en natuurinclusief zijn. Tegelijkertijd vraagt emissiereductie om gestructureerde innovatie van de hele keten. Omdat de meeste emissies worden uitgestoten in de maakindustrie, zul je juist ook die bedrijven moeten meenemen in de transitie. Maar vaak hebben die partijen het te druk met hun dagelijkse business, waardoor er geen ruimte is voor echte systeemverandering. Met de projectgestuurde aanpak van Emissieloos Bouwen en de betrokkenheid van TNO kun je de hele keten meenemen en georganiseerde innovatiestappen maken.'

Hoe moet Emissieloos Bouwen wat jou betreft een vervolg krijgen?

'We hebben met de HoutKern Bouw-methode een mooie flow, met twee jaar innoveren binnen Emissieloos Bouwen, en nu eind 2023 start de eerste opdracht. Je gaat pas echt emissies reduceren als je kennis in de praktijk gaat toepassen. Dat is het enige nadeel van de projectmatige aanpak van het programma: als het project stopt, is het best lastig om de structuur die je hebt opgebouwd vast te houden. We zijn nu dus op zoek naar aanvullende subsidie om de eerste drie projecten met TNO te kunnen blijven doen. Je zou eigenlijk dus makkelijker verlenging moeten kunnen aanvragen, zodat je de toegevoegde waarde kunt voorzetten.'

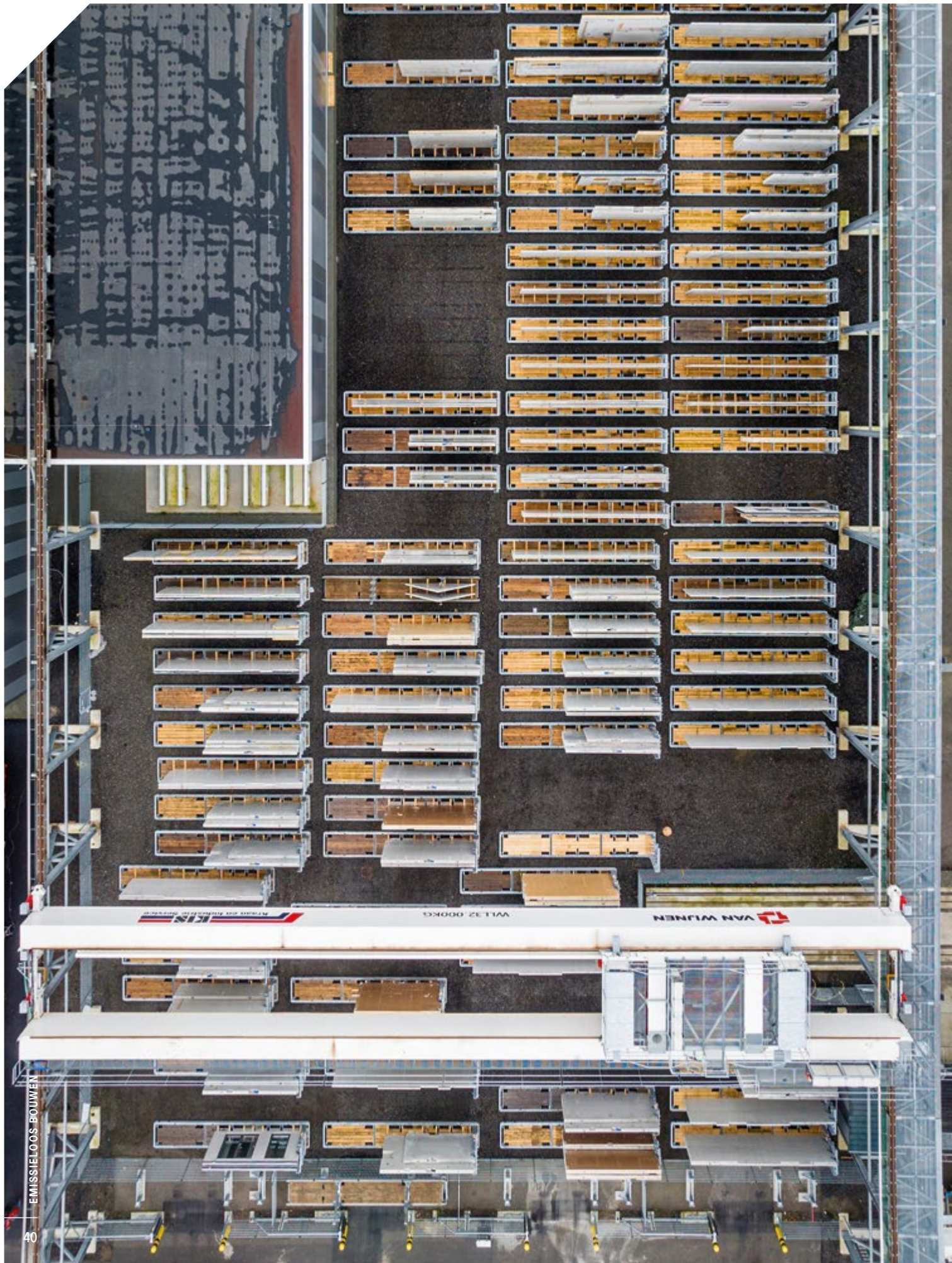
Wat kunnen we leren van de opzet van dit deeltraject?

'Wij zijn onwijs tevreden over de opzet van het programma. Doordat TNO samen met Circlewood inhoudelijk de regie heeft, wordt expertise op het juiste moment ingezet. Mkb-bedrijven zullen vaak niet zo snel uit zichzelf een kennispartner als TNO inhuren voor innovatie. Dankzij de constructie van Emissieloos Bouwen, waarbij TNO volledig vanuit het subsidiebudget wordt vergoed, kunnen we als consortium meeliften op de collectieve kennis en ervaring van TNO. Emissieloos Bouwen geeft ons de gelegenheid om innovatie in de keten goed te organiseren, en om saamhorigheid te creëren.'

KARIN KUIPERS IS DIRECTEUR VAN CIRCLEWOOD, DAT SAMEN MET DE CIRCLEWOOD-PARTNERS DE HOUTKERN BOUWMETHODE INNOVEERT BINNEN EMISSIELOOS BOUWEN. HOE KIJKT ZIJ TERUG OP HET PROGRAMMA?**KARIN KUIPERS**

Functie: Directeur Circlewood
Rol: Deelnemer aan Emissieloos Bouwen met HoutKern Bouwmethode





Emissiereductie met industrieel bouwen

PRAKTIJK 2.0

Bouwbedrijf Van Wijnen heeft vroeg ingezet op grootschalige industriële bouw. Inmiddels is er een innovatieve woningfabriek waar woningen geïndustrialiseerd worden geproduceerd. Wat is de emissiereductie van deze woningen in de praktijk, en waar zit nog bespaarpotentie?

Van Wijnen behoort tot de tien grootste bouwbedrijven van Nederland. Al in 2014 startten ze met een geïndustrialiseerd woonproduct om betaalbare, hoogwaardige woningen in vele variaties te kunnen bouwen. Uiteraard op duurzame wijze. Dit Fijn Wonen-product is jaar na jaar steeds verder geoptimaliseerd. Op het Suikerunieterrein in Groningen staat een pop-up-wijk en living lab met verschillende Fijn Wonen-producten. De grondgebonden woningen en appartementen gaven de inzichten en het vertrouwen om te investeren in een compleet nieuwe woningfabriek die in 2022 opende.

Jeroen Gerrets, procesmanager bij Van Wijnen, over de doelstellingen van het deelproject: 'We wilden een gedetailleerd inzicht krijgen in de stikstofdepositie en de CO₂-emissies van het complete Fijn Wonen-product. Daarbij spitst het onderzoek zich toe op: het doorlichten van het productieproces in onze nieuwe Smart Structures 2.0-fabriek, en het bepalen van de emissiereductie op de assemblagelocatie, waar op dit moment nog de meeste uitstoot plaatsvindt. In de fabriek worden sinds vorig jaar wanden, gevels en vloeren compleet geproduceerd, inclusief installaties. Tevens hebben we VDL in Heerenveen als ketenpartner voor het produceren van badkamers, toiletten en meterkasten die kant en klaar in de woning worden geplaatst. Zo zetten we steeds nieuwe stappen om nog completer en sneller in de fabriek te kunnen produceren bij hogere volumes.'

EMISSIEREDUCTIE OP DE BOUWPLAATS

Als procesmanager voor de assemblage heeft Gerrets met TNO vooral naar emissiebesparingen op de bouwplaats gekeken. 'Met het Fijn Wonen-product hebben we al veel minder emissies dan in een traditioneel proces. Waar

we nu achter zijn gekomen, is dat de grootste emissiebronnen op de assemblagelocatie de kraan en de transportmiddelen zijn. We willen eind dit jaar een proef gaan doen met de inzet van zo veel mogelijk all-electric materieel om een vergelijking te kunnen maken met de huidige situatie. Daarnaast hebben we onderzocht hoe we nog meer uitstoot kunnen reduceren door transporten efficiënter te benutten. De bespaarpotentie hiervan is naar verwachting fors.'

EMISSIEARM BETON

In de nieuwe all-electric fabriek is de uitstoot minimaal. Winst is vooral nog te behalen in de samenstelling van het beton. Gerrets: 'De productie van portlandcement (CEMI) is een van de grote bronnen van CO₂-uitstoot. Inmiddels maken we gebruik van een eigen betonmengsel met een sterk gereduceerde footprint. Ook gebruiken we een zelf ontwikkelde aardgasvrije curing chamber. Verder werkt de fabriek met zeer korte ketens, just-in-time delivery en een beperkt aantal leveranciers. Dankzij deze productiemethode met dit betonmengsel is de CO₂-uitstoot lager vergeleken met de reguliere CEMI-mengsels. De NO_x-emissie ligt lager dan bij traditionele maatwerkbouw. Deze cijfers willen we in dit deelproject laten toetsen door TNO en Hedgehog Company.'

HELDERE KEUZES MAKEN

Wat dit deelproject tot nu toe heeft opgeleverd volgens Gerrets, is kennis en inzicht. 'Kun je beter twee vrachtauto's vervangen door elektrische, of bespaar je met een all-electric kraan meer emissies? Dat zijn vragen die we straks eenduidig kunnen beantwoorden met dit onderzoek. Ik hoop dat we hiermee onomstotelijk gaan aantonen dat industriële bouw vanuit een gestandaardiseerd product wezenlijk bijdraagt aan schonere bouwplaatsen.'

PARTNERS

- ✓ Van Wijnen Smart Assembly 2.0
- ✓ TNO

RESULTATEN

Alle stappen van het productieproces van de woningfabriek worden doorgelicht. Met betrekking tot de on-site-assemblage zullen verschillende grondgebonden Fijn Wonen-woningen worden geanalyseerd op de emissies tijdens de assemblage. Daarnaast zullen op een tweede demo-site de eerste ervaringen worden opgedaan met zero-emissie-materieel.



Boost voor industriële emissiearme hoogbouw

OMLAAG

De woningbouw in Nederland moet sneller, goedkoper en schoner. Een uniforme tenderuitvraag vanuit de G4-gemeenten moet de markt vertrouwen geven om te investeren in nieuwe biobased prefab-bouwsystemen. Maar hoe pak je dat aan?

MET OMHOOG

We willen in Nederland een boost geven aan de markt voor industriële modulaire prefab-hoogbouw met lage emissies', vertelt Ton Jansen van het Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions, en penvoerder voor deelproject P5. 'Als de koplopers en kennisinstellingen aantonen dat het betaalbaar kan en als de gemeenten vertrouwen geven via een eenduidige tenderuitvraag, dan moet dit de broodnodige materiaaltransitie in gang zetten.' Een einddoel is dat na het voorbeeld van de G4 ook de andere gemeenten volgen en dat er bewijs komt, zodat ook het Bouwbesluit hierop zal aansluiten. Met hoogbouw is het toch al moeizamer om aan milieunormering te voldoen, omdat alles zwaarder moet worden uitgevoerd. 'Dat betekent meer beton, meer staal. Dus die duurzaamheidsnormering vormt, zeker met de aanscherping die eraan zit te komen, best een groot knelpunt. Door hoogbouw als uitgangspunt te nemen voor dit project, weten we zeker dat het voor laagbouw ook mogelijk wordt.'

PARAMETRISCHE DOORREKENTOOL

Jansen benadrukt dat P5 naast academisch ook vooral praktisch is. LEVS, VGG en Witteveen + Bos hebben samen met het ingenieursbureau van Amsterdam een open-source-doorrekening gemaakt die de effecten van de stap van traditioneel naar biobased bouwen eenvoudig doorrekent. Daarbij is breed gekeken naar alle aspecten van de materiaaltransitie: welke effecten heeft de overstap van traditionele naar biobased materialen op BENG, MPG, emissies en kosten? 'Deze tool is een mooi en tastbaar resultaat van dit deelproject', merkt Jansen op. 'Het is open source, dus vrij te gebruiken door beleidsmakers en marktpartijen die globaal inzicht willen krijgen in de toepassing van biobased materialen en de gevolgen voor BENG, MPG, CO₂-emissies en ontwikkelingskosten. Zodat je in de schetsfase een goede afweging kan maken.'

BEHOEFTE AAN BIOBASED MATERIELEN

Voor de materiaaltransitie is het belangrijk dat er voldoende beschikbaarheid is van biobased materialen. Jansen: 'WUR heeft onderzocht welke materialen lokaal geproduceerd kunnen worden. Vervolgens is dit naast de bouwvraag gelegd voor biobased bouwen. Daarnaast heeft de TU Delft een inventarisatie gemaakt van de beschikbare prefab-bouwsystemen. De TU Delft en de HvA nemen daarbij de emissieloze strategieën mee voor de bouwlogistiek in de stap naar geïndustrialiseerde prefab-bouw. Daarbij kijken we hoe je bijvoorbeeld met bouw hubs en zero-emission-materieel de luchtkwaliteit, gezondheid, veiligheid en emissies kunt verbeteren op de bouwplaats en tijdens het transport.' Al deze inzichten zullen eind dit jaar resulteren in een complete lijst met aanbevelingen om samen met de G4 te verwerken in een pilot-tender in 2024.

BLAUWDRIJK VOOR ALLE GEMEENTEN

Jansen: 'Zo willen we ervoor zorgen dat het in alle tenderuitvragen mogelijk is om te sturen met het nieuwe normaal van Cirkelstad. In eerste instantie voor de G4 en hopelijk daarna met de G40.' Doel is versnelling en vereenvoudiging van tenderprocessen door standaardisatie, zodat prefab bouwen mogelijk wordt en kostenoptimalisatie via de doorrekening zichtbaar wordt. Jansen: 'Straks heb je als gemeente de keus uit een aantal prefab-basisconcepten, die allemaal al aan BENG- en MPG-richtlijnen voldoen. Dat scheelt enorm veel tijd. Tegelijkertijd geven beleidsmakers zo ook richting aan de markt, die op basis van de richtlijnen geïndustrialiseerde producten kan ontwikkelen, tegen dezelfde prijs indien in de schetsfase de uitgangspunten gelijk goed zijn opgezet. Dit deelproject heeft laten zien dat het anders kan, hoe we met deze aanpak op korte termijn de bouw kunnen vlottrekken en sneller prefab kunnen bouwen. Er is geen tijd te verliezen.' De hoogbouw is nu klaar voor de nieuwe MPG- en CO₂-eisen die gesteld gaan worden door het Rijk.

PARTNERS

- / ALBA Concepts
- / Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions
- / Ballast Nedam Ontwikkelingsmaatschappij
- / BPD Ontwikkeling
- / Cirkelstad
- / Dura Vermeer Divisie Bouw en Vastgoed
- / Frontwise Facades
- / Gemeente Amsterdam
- / Gemeente Den Haag
- / Gemeente Rotterdam
- / Gemeente Utrecht
- / LEVS Architecten
- / Technische Universiteit Delft
- / VGG Adviseurs
- / VolkerWessels Materiaal & Logistiek
- / Stichting Wageningen Research
- / Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs
- / Wooden City

RESULTATEN

Het einddoel van dit deelproject is om aan de markt te laten zien dat duurzame hoogbouw mogelijk is, en aan de gemeenten hoe hierop in tenders gestuurd kan worden. De hoop is dat het ook in het Bouwbesluit en bij renovaties zal doorwerken. Ook is er een rekentool ontwikkeld waarmee verschillende materialen kunnen worden doorgerekend op kosten, emissies en bouwnormen.



Betaalbaar en emissieloos bouwen kan nu al

(GE)WOON

Met een veelzijdig constructieconcept voor industriële houtbouw, met biobased materialen, kan de bouw nú al flinke stappen zetten richting emissieloos en betaalbaar bouwen. Dat blijkt uit de eerste resultaten van dit deelproject.

PARTNERS

- ✓ Plegt-Vos Bouwgroep
- ✓ TNO

Berri de Jonge, innovatiemanager bij Plegt-Vos, is projectleider van het deelproject Industriële houtbouw. 'We zitten met ons bedrijf in het segment waar de woningnood het hoogst is', legt De Jonge uit. 'Er is grote behoefte aan betaalbare woningen die snel kunnen worden gebouwd. Daarnaast zien we dat er steeds minder mensen beschikbaar zijn voor de bouw.' Beide ontwikkelingen hebben Plegt-Vos ertoe aangezet om te innoveren met industriële houtbouw. Maar dan wel duurzaam, met biobased materialen, in een geïndustrialiseerd proces om emissies op de bouwplaats te reduceren.

HOUT IN PLAATS VAN BETON

De Jonge: 'Om te beginnen wilden we snappen wat emissieloos bouwen is, en aan welke knoppen je kunt draaien, door een toetsingsmodel op te zetten. Vervolgens hebben we op basis van ons bouwsysteem voor grondgebonden woningen een concept ontwikkeld voor gestapelde woningen. De houten elementen die we nu gebruiken, worden altijd gebruikt in combinatie met een betonconstructie. Door dit beton te vervangen door een biobased oplossing, kunnen we emissies verder reduceren. Tot slot hebben we gewerkt aan een blauwdruk voor een productiehul waar we de houten componenten voor beide concepten zo efficiënt mogelijk kunnen bouwen.'

KLINKENDE RESULTATEN

Ondanks het feit dat Plegt-Vos pas later instapte in dit programma, zijn er al klinkende resultaten. 'Inmiddels is er een aantal houten modules voor gestapelde appartementen van de lijn gekomen, die binnenkort in Leeuwarden worden gestapeld. Die gebruiken we om te kijken waar we nog emissies kunnen reduceren. In Zwolle hebben we 29 woningen gebouwd met ons

concept. Daar komen weer leerpunten uit, die we in 10 nieuwe woningen gaan toepassen, onder andere om nog sneller en dus goedkoper te kunnen bouwen. Van dat project gaan we ook de bouwlogistiek monitoren.'

VERDUBBELING IN SNELHEID

Een deel van de verbeterpunten komt voort uit de samenwerking met TNO. 'Door oplossingen extern te laten toetsen, kom je samen tot nieuwe inzichten. Zo hebben we een houten-knoopverbinding ontwikkeld die de assemblage van twee woningen per dag mogelijk moet maken, in plaats van één. Dat geeft minder vervoersbewegingen, dus minder stikstof op de bouwplaats. Door de lichtere constructie kunnen we ook elektrische kranen inzetten. En we hebben ruim een derde minder palen nodig. Belangrijk, omdat juist het bouwrijp maken van grond met veel stikstofemissie gepaard gaat. Dat zijn mooie resultaten, die we nu ook echt met metingen kunnen aantonen.'

GEWOON WONEN

Belangrijke 'klanten' voor Plegt-Vos zijn uiteraard de bewoners. Daarom zijn ook woningcorporaties DeltaWonen en WoonAEffect als klankbord bij het project betrokken. 'Beide partners weten wat de bewoners belangrijk vinden. We krijgen veel positieve reacties van bewoners over het wooncomfort, vooral dankzij de toepassing van natuurlijke materialen. Een mooie reactie was ook: "het zijn gewoon woningen". En dat is precies wat we nodig hebben.' De Jonge ziet deze manier van bouwen wel uitgroeien tot standaard. 'Wat dit deelproject mooi laat zien, is dat je door industrieel te bouwen met biobased materialen nu al een enorme bijdrage kunt leveren aan de uitdaging van emissieloos en betaalbaar bouwen. Omdat we hiermee écht impact kunnen maken.'



RESULTATEN

Dit deelproject levert een nieuw constructieconcept op voor grondgebonden woningen en gestapelde bouw, plus een concrete blauwdruk voor een geïndustrialiseerd proces waarin deze concepten op grote schaal kunnen worden geproduceerd. Doel is het op industriële schaal en betaalbaar kunnen bouwen van grondgebonden woningen en appartementen, met een forse emissiereductie, met name in stikstof.



Voorspelbaarheid van prestaties

HOUT

De bouwwereld staat aan de vooravond van een nieuwe manier van bouwen. Met dit deelproject willen de partners de voorspelbaarheid van prestaties integreren in het ontwerpproces om faalkosten en emissies te reduceren.

In het deelproject 2D CLT Houtbouw kijken de partners naar een combinatie van prefab houten 3D-units met 2D-CLT-elementen.

'Binnen de verschillende werkpakketten lag onze focus op digitalisering en het ontwerp-proces van de gevelementen', vertelt Bob Elzen, directeur Treetek. De houtconstructeurs en -bouwers ontwikkelden een prefab houten casco-concept voor grondgebonden woningen dat goed aansluit bij de huidige prefab-concepten in beton. 'Wij hebben de engineering-slag gemaakt voor grondgebonden woningen. Zo kunnen ontwikkelaars makkelijk en betaalbaar de transitie van beton naar hout maken.' Daarnaast doet Treetek onderzoek naar de productie en assemblage van houten prefab gevels. 'Voor vier woningen hebben we de gevels geprefabriceerd en tot een woning geassembleerd, met nieuwe details in isolatie en afwerkingsmateriaal. Daarvan gaan we de prestaties bepalen zodra de woningen afgebouwd zijn. De fabricage hebben we deels industrieel, deels met de hand gedaan, om ook opschaling te onderzoeken. Dat moet tot een blauwdruk leiden voor volledig geïndustrialiseerde gevelproductie.'

In dit deelproject werkt Treetek nauw samen met Bouwbedrijf M.J. de Nijs en Zonen, dat al veel ervaring heeft met houtbouw. Senior projectontwikkelaar Niek Schaap: 'We zijn inmiddels met een aantal houtbouwprojecten bezig, deels eigen ontwikkeling, deels voor een corporatie. Onze focus bij dit deelproject ligt op vloeropbouwen en prefab gevels. Samen met TNO willen we onze proefwoningen in Heerhugowaard testen op een groot aantal eisen, zoals akoestiek en comfort. Daarnaast kijken we met TNO naar alternatieve materialen. Uiteindelijk willen we de gevel ook prefab bouwen. Daarvoor zijn de inzichten van Treetek heel waardevol.'

INTEGRALE DIGITALISERING IS UITDAGING

Voor het project in Heerhugowaard heeft De Nijs vooraf een integraal ambitiedocument opgesteld, met doelstellingen voor MPG, circulariteit, standaardisering, prefabricage en bouwsnelheid. Integrale digitalisering is een uitdaging, weet Bob Elzen: 'We vatten alles samen in Revit (bouwsoftware, red.). Maar er zijn nog wel haken en ogen als je constructieve ontwerp-programma's wilt koppelen om daar automatisch een constructief getoetst model uit te halen. Nu hebben we de pre-engineering als tasveld in een BIM-model gezet in Revit. Zo kunnen ontwikkelende aannemers makkelijker en eerder in het planningsproces de afweging maken.'

HAALBAAR EN BETAALBAAR

Hoe kijken beide heren terug op het deelproject? Niek Schaap: 'Traditioneel wordt er binnen de bouw weinig kennis uitgewisseld, maar dat is bij houtbouw anders. Het samenbrengen van alle partners in dit consortium voor Emissieloos Bouwen is goed gedaan door TNO. Ik ben ervan overtuigd dat die kennisdeling ook na dit programma een vervolg krijgt.' Bob Elzen ziet dat ook als positief resultaat. 'De woningopgave is te groot om de kaarten voor de borst te houden. De grootste winst boeken we als de resultaten van dit programma breed worden gedeeld binnen bouwend Nederland, zodat het niet alleen bij een club koplopers blijft. We doen dit uiteindelijk om ervoor te zorgen dat de impact van de bouw positief wordt. Met houtbouw lukt dat: het is haalbaar en betaalbaar. Het uitgangspunt zou moeten zijn: hout waar het kan, beton en staal waar het moet. Dan kom je tot een goede mix, en starten we een mooi nieuw hoofdstuk in onze bouwcultuur.'

PARTNERS

- ✓ M.J. de Nijs Projectontwikkeling
- ✓ TNO
- ✓ Treetek

RESULTATEN

Oplevering van een digitaal model voor de proefwoningen. Prefab bouwgevels (handmatig en industrieel) en on-site assemblage tot woning, met als een van de doelstellingen het reduceren van de stikstofuitstoot. Ook zijn de consequenties van materiaalkeuze met betrekking tot CO₂-uitstoot en MPG inzichtelijk gemaakt. De ontwikkelde oplossingen worden vervolgens in de praktijk gemeten en getoetst.

Emissieloos bouwsysteem nog breder toepasbaar

FLEXIBEL

Dit deelproject had als doel om het Sustainer.home bouwsysteem nog breder toepasbaar te maken en het ontwerp- en fabricageproces efficiënter, om uiteindelijk de transitie naar schaalbaar en betaalbaar duurzaam bouwen te kunnen versnellen. Wat is er bereikt?

PARTNERS

- ✓ Stichting Hout Research
- ✓ Sustainer Homes
- ✓ TBI Woonlab Gewoonhout
- ✓ TNO
- ✓ VORM 2050

Inmiddels is Sustainer.home toegepast in bijna honderd vergunningstrajecten in dertig verschillende gemeenten, er zijn rijwoningen en villa's gerealiseerd, en er staan appartementen gepland. Per woning wordt gemiddeld circa 70 ton CO₂ bespaard doordat de biobased bouwmaterialen CO₂ opslaan en er nauwelijks impact is van cement, gips en staal. De verregaande prefabricage, inclusief gevelbekleding, afwerkingen, installaties en dakbedekking, zorgt voor een drastische reductie van het aantal transportbewegingen. Rogier Schuch, Lead Engineer bij Sustainer: 'Het bouwsysteem reduceert de emissies al substantieel ten opzichte van traditionele bouw. Binnen de stedelijke ontwikkeling willen we het systeem nog flexibeler en breder toepasbaar maken, bijvoorbeeld voor hoogbouw, zodat we

ook daar met beton kunnen concurreren. Dat betekent optimaliseren voor grotere dimensies en een nog betere integratie met ketenpartners. Uitdagingen die naadloos aansluiten bij de ambities van Emissieloos Bouwen.'

HOGER BOUWEN

Door het Sustainer-bouwsysteem geschikt te maken voor hogere gebouwen, wordt het voor architecten en projectontwikkelaars nog aantrekkelijker om duurzaam te bouwen. Schuch: 'We hebben een haalbaarheidsstudie laten uitvoeren door Luning. In hoeverre is ons systeem geschikt voor hoogbouw en waar zitten de uitdagingen? Met welke elementen moeten we ons model uitbreiden? Daaruit blijkt dat we al best hoog kunnen bouwen met dit systeem. Tot wel tien verdiepingen, en in de toekomst zelfs

nog hoger. Wel moet je al vrij snel overstappen op een massieve centrale kern, van beton of CLT. Dan krijg je te maken met hoogteverschillen tussen de modules en de kern, dus daar moeten we verder onderzoek naar doen.'

VAKWERKVLOER

Als je hoger gaat bouwen, wordt de vloeropbouw ook belangrijker, legt Schuch uit. 'Onze modules zijn nu altijd voorzien van een vloer en een plafond, dus je hebt twee balklagen. Alles is ontkoppeld, dat heeft allerlei voordelen, maar de pakketdikte is vrij hoog. Veel ontwikkelaars willen die hoogte terugdringen, bijvoorbeeld omdat het een stuk geveloppervlak of zelfs een hele verdieping scheelt. Daarom hebben we nu een 'space frame'-vloer ontworpen, met vakwerk tussen de vloerplaten. Dit alles draagt bij aan de flexibiliteit van het bouwsysteem.'

MEER INZICHT IN MILIEUPRESTATIES

Sustainer wilde ook meer inzicht in de duurzaamheidsprestatie van haar bouwsysteem. Op basis van een LCA moet er vanuit de modellen

uiteindelijk een duurzaamheidsscore kunnen worden gegenereerd voor een gebouw. 'Dat doen we niet alleen om een indicatie te kunnen geven van de prestaties, maar ook om verbeterpunten te identificeren. Zo kan het heel aanlokkelijk lijken om al het staal uit de constructie te halen, maar wellicht leveren andere, kleinere maatregelen een veel grotere emissiebesparing op. Dat LCA-onderzoek is net opgestart.'

ONTWERP SOFTWARE OP DE SCHOP

Een ander belangrijk resultaat van het deelproject is een drastische aanpassing van de ontwerpsoftware. 'De software is veel beter in staat om live elementen te genereren', vertelt Schuch. 'En eenmaal gegenereerd kun je die elementen makkelijker ophalen en gebruiken. Hierdoor wordt de ontwerpsoftware nog betrouwbaarder en ons bouwsysteem nog flexibeler.'

Schuch is zeer tevreden over de resultaten tot nu toe. 'Dit deelproject heeft ons enorm geholpen om het bouwsysteem verder te verbeteren.'

RESULTATEN

Het deelproject heeft Sustainer belangrijke nieuwe inzichten gegeven in optimalisatiemogelijkheden van het bouwsysteem, om het breder toepasbaar te maken en emissies verder te reduceren. Voor de stap richting hoogbouw is een aanzet gegeven voor het reduceren van de vloerhoogte, inclusief eerste tests. Voor verdere integratie met ketenpartners wordt gekeken naar een directe koppeling met ingenieursbureaus, zodat zij ook de modellen van Sustainer gaan gebruiken.



Betaalbare starterswoningen

HUIZEN THUISBEZORGD

Om de transitie naar schoon en emissieloos bouwen te maken, moeten duurzame, modulaire prefab bouwsystemen de slag maken naar opschaling. Startblock is een veelbelovend, vrijwel emissieloos bouwconcept voor betaalbare woningen dat de productiecapaciteit wil vervielfvoudigen. Maar hoe doe je dat?

Startblock is een jong bedrijf, opgericht in 2019, met als doel om op grote schaal zonder emissies betaalbare woningen te produceren. Inmiddels zijn er op diverse locaties in Nederland meer dan honderd woningen voor diverse doelgroepen gerealiseerd, en binnenkort worden in Wijk bij Duurstede 52 duurzame starterswoningen geplaatst. Uniek is dat de woningen volledig in een productiestraat worden geproduceerd én geassembleerd, waarna ze per dieplader naar de plaatsingslocatie worden getransporteerd. De capaciteit van de huidige productiestraat is nu al drie tot vier Startblock-eenheden per week, maar dat moeten er uiteindelijk tien worden. Henk Visscher, Hoofd Research & Development bij Startblock: 'We hebben een productiestraat waarbij de woning elke dag een stap opschuift. We zijn de eerste in de markt met zo'n geïndustrialiseerd productieproces, dus op alle fronten moeten we heel veel tijd en geld investeren in research. Door onze kennis met die van TNO te combineren, kunnen we sneller stappen zetten.'

SNELLERE PREFAB GEVEL

Een van de werkpakketten in dit deelproject is het ontwikkelen van een prefab gevel, die binnen een dag kan worden geassembleerd. Samen met TNO kijkt Startblock naar duurzame materialen voor bijvoorbeeld isolatie en kozijnen, maar het ontwerp van de gevel zelf speelt ook een rol. Het uiteindelijke doel is dat er sneller en efficiënter gebouwd kan worden met dezelfde duurzame kwaliteit.

Visscher: 'We hebben nu de eerste gevel zelf gemaakt, maar we zijn ook aan het kijken of het gunstiger is om de gevels door een partner te laten maken.'

Robert Bezemer, senior projectleider bij TNO: 'Startblock wil de productie versnellen en optimaliseren, bij TNO kijken we naar emissie-reductie. Het mooie aan dit project is dat de verschillende doelen bij elkaar komen.'

'WE ZIJN DE EERSTE MET EEN GEÏNDUSTRIALISEERD PRODUCTIEPROCES, DUS MOETEN WE HEEL VEEL TIJD EN GELD INVESTEREN IN RESEARCH'

VOLLEDIG EMISSIELOZE BOUWPLAATS

Ook bij het optimaliseren van het logistieke proces gaan efficiency en duurzaamheid hand in hand. Visscher: 'Er is al een minimale uitstoot door de off-site prefabricage van de woningen, omdat we dit geheel in de fabriek doen. Toch hebben we samen met TNO gekeken waar winst te behalen is door de inzet van elektrische materieel.' Samen met Van Wieren Special wilde Startblock ervaring opdoen met elektrische vrachtwagens om woningen naar de plaatsingslocatie te transporteren. Die pilot leverde interessante data op over het verbruik en de laadsnelheid. Daarnaast loopt er ook nog een onderzoekstraject met een elektrische kraan,

PARTNERS

- ✓ Startblock
- ✓ Van Wieren Special
- ✓ TNO

voor een compleet emissieloze bouwplaats. 'Voorlopige conclusie is dat het kan, maar reken op een verviervoudiging van de kosten. Aan pionieren hangt dus een prijskaartje.'

RADIOGRAFISCH GESTUURD KANTELEN

Veel tijd en energie is gaan zitten in het efficiënter inrichten van het productieproces. Visscher: 'De grootste winst is behaald door alle takt-tijden in kaart te brengen, dus de tijd die nodig is voor iedere stap om de woning te bouwen. Vervolgens vertalen we die tijden naar software en gedigitaliseerde processen, waarbij we niet alleen de snelheid monitoren maar ook de kwaliteit kunnen borgen. Een belangrijke verbetering is bijvoorbeeld een geautomatiseerd kantelmechanisme, waarmee we de woning radiografisch gestuurd kunnen kantelen, wat veel tijd bespaart.'

BEWONERS BEPALEN SUCCES

Een belangrijke onderzoeksvraag die volgend jaar zal worden opgepakt is de prestatie meting van Startblock-woningen in bewoonde staat.

'MISSCHIEF WEL DE BELANGRIJKSTE VRAAG: WAT VINDEN DE BEWONERS VAN DE WONINGEN?'

Hiervoor wordt een woning in alle seizoenen doorgemeten op alle belangrijke parameters, inclusief emissies. Bezemer: 'Die uitkomsten zijn essentieel voor woningbouwverenigingen, overheden en projectontwikkelaars, en ze bepalen of Startblock kan inschrijven op tenders met een laag energiegebruik en een lage NO_x-uitstoot. Bovendien kunnen de resultaten leiden tot verbeteringen aan het ontwerp.'

Visscher: 'Misschien wel de belangrijkste vraag: wat vinden de bewoners van de woningen? Dat is cruciaal voor de acceptatie van houten prefab woningen en het laten slagen van de transitie. Zij moeten vertrouwen krijgen in de circulaire woningen en de overstap willen maken. Alleen dan kunnen we het verschil gaan maken.'

RESULTATEN

Er is een prefab gevel ontwikkeld waarmee de bouw sneller en efficiënter kan, met behoud van duurzame kwaliteiten. Eerste stappen zijn gezet om het industriële proces te verbeteren voor opschaling, met als uiteindelijke doel een herontwerp van de productiefaciliteit. Voor verdere emissie-reductie in de bouwlogistiek is geëxperimenteerd met elektrisch materieel. Volgend jaar vinden prestatie metingen van de woningen plaats.



D

Welke aanpassingen in het logistieke bouwproces kunnen voor emissiereductie zorgen? En hoe kan digitalisering van dat proces hieraan bijdragen?

DIGITALISERING EN



OPDRACHTEN

Daarnaast blikken we in dit hoofdstuk terug op drie specifieke opdrachten die het programma Emissieloos Bouwen verder ondersteunen.

O



Emissies reduceren met

DIGITAL TWINS

Welke rol kunnen digital twins spelen bij modulair en industrieel bouwen? Binnen dit deelproject heeft de Universiteit Twente samen met vier bouwpartners concrete toepassingen geïdentificeerd voor digital twins. Bovendien zijn ze naar de praktijk vertaald in gebruikstoepassingen en werkende demonstrators.

'Digital twin is een populaire term en een erg ruim begrip', begint Arjen Adriaanse, hoogleraar Construction Process Integration & ICT aan de Universiteit Twente en Science Director bij TNO. 'Doel van dit project was om dit abstracte begrip heel concreet te maken voor modulaire en industriële bouwsystemen.' Irfan Pottachola, die in het kader van een Engineering Doctorate (EngD) een centrale rol speelde in dit project: 'Digital twins kunnen we op twee manieren inzetten om emissies te reduceren: voor directe en passieve interventie. Met directe interventie kun je bijvoorbeeld op de bouwplaats direct preventieve maatregelen voorstellen om emissies te beperken, of om het energieverbruik in de fabriek te reduceren. Daarnaast heb je passieve interventies, waarmee je processen echt optimaliseert door het gebruik van digital twins. Daarmee wordt modulair en industrieel bouwen voordeliger en interessanter ten opzichte van traditioneel bouwen. Door meer modulair te bouwen kunnen emissies worden gereduceerd en verplaatst naar andere plekken dan de bouwplaats.'

GEEN FUTURISTISCH MODEL

Een eerste misvatting is volgens Pottachola dat een digital twin één vastomlijnd futuristisch model of softwaresysteem is. 'Wat we ontdekten is dat de meeste bedrijven die we onderzochten al eerste vormen van digital twins hebben, of tenminste de technische infrastructuur. Het was vooral zaak om de verschillende ICT-systemen aan elkaar te knopen tot een model. Een digital twin kun je met heel verschillende soorten software maken, het is maatwerk en afgestemd op de wensen van het bedrijf. Je verzamelt data uit de praktijk, verwerkt ze en combineert ze met behulp van algoritmes om uiteindelijk inzichten te krijgen. Veel bedrijven doen dat al, alleen op een gefragmenteerde manier.'

VEELBELOVENDE TOEPASSINGEN

Wat Pottachola merkte was dat er bij de partners vooral aandacht was voor process twins, gericht op procesoptimalisatie. 'Daar zitten veel interessante toepassingen. Zo kun je met een factory twin de efficiency van je productieproces vergroten. Met een proces simulatie

ontwerp je vooraf een optimaal fabricageproces. Ook kun je met een process twin vertragingen voorspellen. Op de bouwplaats kun je process twins gebruiken om de veiligheid en emissies te monitoren, om gericht maatregelen te nemen voor verbetering. Daarnaast hebben we met een aantal bouwers ook naar de gebruiksfase gekeken. Door een product twin te maken van een woning kun je bijvoorbeeld het energieverbruik en de luchtkwaliteit optimaliseren, en de emissies van de complete woning reduceren.'

TOEKOMSTMUZIEK

Een van de inzichten bij de deelnemers was dat uiteindelijk alle digital twins die je gebruikt aan elkaar kunnen worden geknoopt, merkt Adriaanse op. 'Voor het ontwerp heb je een design twin, voor je productie is er een production twin, dan heb je voor het transport van de modules een logistics twin, voor de assemblage is er een site twin, gevolgd door een usage twin. Al die twins of enkele daarvan kun je uiteindelijk combineren of laten interacteren in een enterprise twin. Daarmee kan je bijvoorbeeld zien welke effecten aanpassingen in je design twin hebben op de productie (production twin) en transport (logistics twin). Daarvoor moet wel informatie kunnen worden uitgewisseld tussen de verschillende twins. Maar dat is voorlopig nog toekomstmuziek. Wat ik vooral interessant vond aan dit project was de leercurve bij de deelnemers. Na wat aanvankelijke scepsis over het futuristische begrip digital twin, zijn we erin geslaagd om scope aan te brengen en concrete toepassingen te beschrijven, waardoor het enthousiasme verder groeide.'

AAN DE SLAG MET DIGITAL TWINS

Dat enthousiasme heeft ertoe geleid dat verschillende partners inmiddels aan de slag zijn gegaan met demonstrators die de haalbaarheid en toegevoegde waarde van digital twins in de praktijk moeten aantonen. En het blijft niet bij prototypes, want de bedrijven zetten hun digital-twin-activiteiten ook na afloop van het deelproject voort. 'Ik verwacht dat ze hiermee uiteindelijk echt een flinke impact kunnen hebben op de transitie naar emissieloos bouwen', besluit Adriaanse.

PARTNERS

- ✓ Emergo
- ✓ Heddes Bouw & Ontwikkeling
- ✓ Strukton Systems
- ✓ TBI Woonlab Gewoonhout
- ✓ Universiteit Twente

RESULTATEN

Het deelproject heeft een digital-twin-raamwerk opgeleverd met veelbelovende digital-twin-toepassingen in verschillende procesfasen bij modulair en industrieel bouwen. Er zijn gebruiksscenario's uitgewerkt voor uiteenlopende toepassingsdomeinen en cases. Tot slot is er een functioneel programma van eisen opgesteld voor de toepassing van digital twins bij modulair en industrieel bouwen.



Makkelijk emissieloos materieel delen

(VER)HUREN

Om emissies op de bouwplaats terug te dringen, stijgt de vraag naar elektrisch materieel. Emission 0 hoopt verandering te brengen in het schaarse aanbod en de hoge kosten, met een deelplatform waarop gemakkelijk fossielvrij bouw- en transportmaterieel kan worden gehuurd.

PARTNERS

✓ Better Earth Innovations

RESULTATEN

De stichting is erin geslaagd om de benodigde funding op te halen bij de provincies Overijssel en Noord-Holland, GSES en Topsector Logistiek, en om de support te krijgen van een groot aantal deelnemers. Het platform emission-0.nl is inmiddels operationeel en er wordt materieel aangeboden. Het streven is om minimaal 30% van het grootschalige emissieloze materieel in ons land in de database te hebben staan. Voor 2024 moet 30% van alle aannemers in de Cobouw Top-50 in Nederland gebruikmaken van het platform, en er moeten dan minimaal tien boekingen zijn gerealiseerd.

Anne Koudstaal, die als innovatiemanager bij Dura Vermeer werkt, is een van de grondleggers en bestuurder van stichting Emission 0. Hij weet nog goed hoe het idee ontstond: 'Het begon voor mij toen ik nog bij KWS werkte aan het project PlasticRoad. Dat is een circulaire wegconstructie waarbij gerecycled kunststof wordt toegepast als grondstof. Hiervoor gebruikten we een elektrische vacuümmachine. Alleen stond die machine vaker stil dan dat hij gebruikt werd. Zonde, vond ik, want stratenmakers zouden hier graag gebruik van maken.' Zo ontstond het eerste idee van een marktplaats voor elektrisch materieel, om de transitie in bouw- en transportmaterieel te versnellen.

INVESTERINGSDREMPEL WEGNEMEN

'We willen dat partijen sneller en makkelijker aan het materieel kunnen komen', stelt Koudstaal. 'Daarnaast willen we de investeringsdrempel wegnemen, zodat het voor iedereen haalbaar en betaalbaar wordt om emissieloos te werken.' Koudstaal merkte bovendien dat de prijzen van elektrisch materieel weinig transparant zijn, wat de inzet ervan in de weg staat. 'Op ons platform staan duidelijk de huurprijzen vermeld. Met die prijzen kun je dus direct berekenen wat de inzet kost en hoeveel stikstof en CO₂ je daarmee reduceert. Op termijn, als meer partijen veel gelijksoortig materieel gaan aanbieden, ontstaan er marktprijzen waarbij vraag en aanbod in evenwicht zijn.'

MEER DELEN, MINDER STILSTAND

Door het inzicht in vraag en aanbod ziet Koudstaal ook hoe de markt voor elektrisch materieel zich ontwikkelt. 'We zien bijvoorbeeld dat er veel vraag is naar elektrische kranen, terwijl er veel te weinig capaciteit is in de markt. Dat zou je ook willen teruggegeven aan subsidieverleners: ga

daar nu actief op stimuleren, dat die gekocht gaan worden. Voor alle binnenstedelijke werken heb je mobiele graafmachines nodig. Voor grote dijkversterkingen heb je rupskranen nodig.' Uiteindelijk moet er ook weer niet te veel elektrisch materieel komen, merkt Koudstaal op. 'Emission 0 moet eraan bijdragen dat er meer materieel wordt gedeeld en dat er minder stilstand is. Minder aanschaf betekent ook minder productie en dat is natuurlijk ook duurzamer. De sector moet dus ook meer samenwerken als het om materieel gaat.'

OOK TENDERS UITZETTEN

Het ophalen van de benodigde funding en het optuigen van het online platform kostte meer tijd dan verwacht. Maar inmiddels is Emission 0 live, en staan er ruim dertig machines van een tiental aanbieders op. 'We willen de komende maanden werken aan de bekendheid van het platform, zodat er meer aanbod komt op het platform en dus ook de vraag op gang komt', vertelt Koudstaal. 'We willen uiteindelijk dat het mogelijk wordt om via het platform een tender uit te zetten. Partijen kunnen vervolgens daar hun materieel aan koppelen. Daarmee kun je al vooraf peilen of een opdracht volledig emissieloos kan worden uitgevoerd. Tegelijkertijd biedt zo'n tender voor aanbieders van materieel ook zekerheid van werk.'

'MAAK ER GEBRUIK VAN'

'Ik ben trots op het feit dat het platform nu staat', besluit Koudstaal, 'maar nog meer op het vertrouwen en de deelname van de partners die hun materieel delen. Ik zou willen zeggen: ga het gebruiken. Iedereen kan het materieel gratis uploaden op emission-0.nl. Probeer het uit en maak gebruik van het materieelaanbod dat er al is. Daarmee komt emissieloos bouwen weer een stapje dichterbij.'





Bouwen binnen de grenzen van onze planeet

MATERIAAL MINDEREN

Ons land staat voor een forse bouwopgave met daarbij voor 2030 ambitieuze emissiereducties. De doelen zijn helder, maar de veranderingen allermindst. Vier toonaangevende adviesbureaus verkenden welke verduurzamingsroutes reëel zijn als we onze woningbouwvraag willen realiseren binnen de grenzen van onze planeet.

In de duurzaamheidsambities gaat het bijna altijd over de einddoelen en reductiepercentages. Maar wat in mijn ogen ontbreekt is een goed beeld van de toekomst, inclusief verandervaden hoe we daar moeten komen.' Aan het woord is Sybren Bosch, adviseur bij Copper8, dat samen met Metabolic, NIBE en Alba Concepts de krachten bundelde voor een alternatieve verkenning van de duurzame toekomst van de bouw. Bosch: 'We wilden een totaalverkenning maken: wat is de totale materiaalvraag, CO₂-uitstoot en milieu-impact van de woningbouwopgave tot en met 2030? En hoe gaan we ervoor zorgen dat we in de buurt komen van de klimaatdoelen? Daarbij hebben we naar de cumulatieve uitstoot en reductie gekeken en ook voor het eerst het CO₂-budgetdenken binnen een sector geïntroduceerd.'

Bij de verkenning is allereerst de impact van bouwen conform business-as-usual bepaald. Als er niets verandert, nemen de materiaalvraag en milieu-impact van de bouw verder

toe. Zo leidt de woningbouwopgave tot een totale materiaalvraag van 104 Mton: alsof je op iedere Nederlandse vierkante meter 2,5 kilo neerlegt. Gewapend beton heeft daarbij het grootste aandeel, zowel qua massa (67%) als qua CO₂-uitstoot (45%). Beton wordt gevolgd door steenachtige materialen als bakstenen en keramiek, en op basis van de bredere milieu-impact hebben ook installaties een significant aandeel.

'EEN TOTALE MATERIAALVRAAG VAN 104 MTON: ALSOF JE OP IEDERE NEDERLANDSE VIERKANTE METER 2,5 KILO NEERLEGT'

ZES CIRCULAIRE SCENARIO'S

Gelukkig zijn er ook alternatieve, circulaire scenario's die de milieu-impact flink kunnen verlagen, schetst Bosch. 'Door de bestaande woningvoorraad beter te benutten, kun je tot en met 2030 zo'n 50.000 woningen realiseren zonder bouwkundige ingrepen. Nog eens

PARTNERS

- ✓ Copper8
- ✓ Metabolic
- ✓ NIBE
- ✓ Alba Concepts

100.000 woningen kun je realiseren door het optoppen en transformeren van de bestaande gebouwvoorraad. Je kunt kleiner bouwen, meer appartementen in plaats van grondgebonden woningen. Ook met hoogwaardig hergebruik van materialen en biobased bouwen bespaar je fors. De industriële productie van woningen kan een versneller zijn van deze veranderpaden. Deze mogelijke strategieën leiden gecombineerd tot een veranderscenario, dat de CO₂-uitstoot van de bouw tot en met 2030 met 33% kan verminderen.'

CO₂-FILOSOFIE OOK VOOR STIKSTOF

Omdat de focus in eerste instantie op materiaal- en CO₂-reductie lag, onderzochten Bosch en zijn collega's of ze de CO₂-benadering ook op stikstof konden toepassen. 'Dat bleek lastiger dan gedacht, om meerdere redenen. Zo is er simpelweg weinig data over de daadwerkelijke uitstoot voorhanden, en werken de natuurlijke stikstofcycli anders dan de koolstofcycli. Ondanks dat de basis onvoldoende sterk bleek om een specifiek stikstofbudget te bepalen, is de filosofie ook op stikstof toepasbaar.'

'ONZE GEMEENSCHAPPELIJK WENS IS OM MET MINIMALE IMPACT IN ONZE WOONBEHOEFTE TE VOORZIEN'

KENNISNIVEAU MOET SNEL OMHOOG

Wat is er nu nodig voor implementatie? Bosch: 'Stap één is begrip. Dat we binnen de bouw snappen waardoor de CO₂- en stikstofuitstoot veroorzaakt wordt, en hoe we er wat aan kunnen doen. Dat kennisniveau moet snel omhoog, ook om de besluiten die nodig zijn voor uitstootreductie goed te kunnen beargumenteren. In het verhogen van dat kennisniveau hebben wij als adviesbureaus een belangrijke taak. Daarbij is de circulaire economie geen doel op zich, maar een middel om te zorgen dat we op een houdbare manier met onze planeet omgaan. Onze gemeenschappelijk wens is om met minimale impact in onze woonbehoefte te voorzien. Maar hoe krijgen we dat voor elkaar? Wij weten het exacte antwoord ook niet, maar willen er met deze verkenning wel een bijdrage aan leveren.'

RESULTATEN

Met deze verkenning is het CO₂-budgetdenken geïntroduceerd en wordt inzicht gegeven in de effectiviteit van verschillende circulaire strategieën voor de woningbouw. De conclusies uit deze verkenning geven een indicatie van de verbetering die mogelijk is in CO₂ en overige milieu-impact als deze duurzame strategieën worden toegepast. Voor het kwantificeren van de stikstofuitstoot is een denkkader en indicatieve doorrekening ontwikkeld om richting te geven aan de uitstootreductie.



MOUNT EVEREST

Wat mij opviel in de gesprekken die ik met een aantal partners van Emissieloos Bouwen voerde, is het enorme enthousiasme. Voor hun deelproject, voor het programma, en voor de ambitie om de bouw volledig te transformeren richting 'zero emission'. Zelden zoveel drive bespeurd bij de groepen die ik begeleid. Dat suggereert dat deze transitie met veel energie zal doorzetten na afloop van dit programma. Toch zie ik in mijn praktijk nogal wat valkuilen bij de stap naar opschaling. Na de bejubelde innovatie volgt de succesvolle pilot, waarna highfivend wordt overgeschakeld naar de implementatie. Mooi aan zo'n pilot is natuurlijk de energie van de partners, de wendbaarheid van de kleine schaal, en de regel-

OVER PEPIJN NICOLAS

Als oprichter van Youfacilitate leidt Pepijn mensen op om zelf leiderschap te nemen in betere samenwerking en begeleidt hij strategie- en verandertrajecten in organisaties.

luwe ruimte die is gecreëerd om de innovatie tot bloei te brengen. Maar hoe ga je van 'knallen in de pilotfase' naar een succesvolle marktintroductie? Hoe neem je anderen mee in jouw drive? Want het grote enthousiasme bij de koplopers slaat vaak te pletter op de scepsis van de volgers. Wat deze innovators vaak vergeten is dat zij net een unieke ervaring hebben gehad. Vergelijk het met een klimexpeditie naar de Mount Everest. Als groep begin je aan een immense uitdaging, je krijgt te maken met zware tegenslagen, die je door inten-

sief samenwerken weet te overwinnen. En uiteindelijk sta je op die top en vier je samen het succes. Bij terugkomst wil je niets liever dan je ultieme ervaring delen met anderen. Sterker nog, je wilt ze het liefst uitnodigen voor de volgende expeditie. Maar die ander voelt niet wat jij hebt meegemaakt en ziet misschien al op tegen een wandeling door het bos.

Dan kan zendingsdrang juist tegen je gaan werken.

Wat ik daarom vaak vraag aan die koplopers: wat is jou overkomen waardoor je zo enthousiast bent geworden? Welk moment, welke ervaring heeft jou geraakt? En kun je de ander op een zelfde manier hiermee in aanraking brengen?

Daarom gebruik ik bij grote verandertrajecten vaak het generatiemodel. Hierbij vraag je aan de kinderen om de kleinkinderen te motiveren, waarbij de grootouders de kinderen helpen. Met deze aanpak zijn we twee keer wereldkampioen geworden in ons vak en hebben we grote bewegingen op gang gebracht. Dat deze transitie van emissieloos bouwen gaat slagen, merk ik aan de gretigheid van de deelnemers, die samenvalt met sterke ontwikkelingen in de maatschappij. Die combinatie gaat deze beweging uiteindelijk heel sterk maken in Nederland, daarvan ben ik overtuigd.



Leren rekenen met emissiereducties

TEL UIT JE WINST

Hoe verlaag ik de stikstofuitstoot van mijn bouwprojecten? Met een eenvoudig rekenmodel kunnen aannemers en opdrachtgevers straks al in een vroeg stadium stikstofemissies én stikstofbesparingen berekenen.

PARTNERS

✓ TNO

De forse stikstofreductie die noodzakelijk is om de bouw vlot te trekken, vergt een duidelijk inzicht in wat die emissies veroorzaakt. En dat vraagt om één gestandaardiseerde wijze om emissies in te schatten en te berekenen. Daarnaast is er keuze uit veel maatregelen om de uitstoot terug te dringen. Oftewel: welke ingreep levert de grootste besparing op? Inzichten die nu nog grotendeels ontbreken in de bouw, constateert Siem van Merriënboer, logistiek consultant bij TNO en de inhoudelijke expert van dit deelproject. "We merkten dat er nauwelijks betrouwbare data of gestandaardiseerde rekenmethodes waren om de emissies veroorzaakt door het bouwtransport en de inzet van bouwmachines op een bouwplaats te bepalen."

Daar moet de nieuw ontwikkelde, praktische rekenmodel in voorzien. Aannemers en opdrachtgevers kunnen hiermee al in een pril stadium van een bouwproject de emissie inschatten. Ze zien wat de grootste drivers zijn en welke emissiebesparende maatregelen mogelijk zijn. "Voor dit project hebben we onze kennis van logistiek en transport, gecombineerd met onze ervaringen op het gebied van alternatieve bouwmethoden en duurzame bouwmaterialen", legt Van Merriënboer uit. De rekenmodel is gebaseerd op een eerder ontwikkeld emissiemodel voor bouwlogistiek (zie daarvoor: noxestimator.nl). "Daarmee was de uitstootinschatting redelijk eenvoudig te bepalen op basis van een paar kenmerken van het bouwproject en vele aannames. Het aantal 'knoppen' waaraan je kon draaien was echter

beperkt. Met de nieuwe tool geven we aan waar de grootste drivers van emissies zitten. Daarmee geven we richting aan welke maatregelen het meeste effect genereren. Denk aan keuzes in bouwmethodiek, bouwmethodiek en logistiek." De tool is primair gericht op woningbouw, maar ook voor infrastructuur (GWW) en utiliteitsbouw geeft de tool inzicht in de emissies.

STAPSGEWIJS VERFIJNEN

Een belangrijk voordeel is dat er ook met minimale input al een redelijk betrouwbare emissieschatting ontstaat, die je stapsgewijs kunt verfijnen. Bijvoorbeeld door precies aan te geven hoeveel bouwmaterialen je gaat vervoeren, of het type machines dat je gaat gebruiken. De tool laat ook de impact van bouwplaatsen zien. Daarmee kun je met name het transport over de laatste kilometers efficiënter organiseren, vertelt Van Merriënboer. "Op basis van onze eerdere ervaringen blijken bouwplaatsen vooral van toegevoegde waarde in de afbouwfase, waarin veel inefficiënte transporten plaatsvinden en de ketenregie uitdagend is. Dan heb je het over de

laatste 20 procent van het totale bouwtransport. Met een bouwplaats bespaar je daar zo'n 70 procent emissies. Op het totale bouwproject is dat dan zo'n 15 procent."

SCHERPERE KENGETALLEN

Van Merriënboer, die zelf uit de logistiek komt, leerde door de samenwerking met de bouwspecialisten van TNO vooral veel over de impact op logistiek van de verschillende bouwmethodes. "Om woningen vrijwel volledig prefab in de fabriek te produceren en vervolgens in delen naar de bouwplaats te transporteren, vraagt om een andere logistieke benadering. Wat ik bij dit project ook heb geleerd is dat standaardisatie in de manier waarop we emissies berekenen, veel kan brengen voor de bouw. Ik zie nu nog heel veel onbekendheid op gebied van emissiegetallen en een gebrek aan data voor de kengetallen in het rekenmodel. Mijn hoop is natuurlijk dat de rekenmodel veel gebruikt gaat worden. Daarom is het ook een publieke tool. Hierdoor worden die kengetallen steeds scherper en de schattingen nauwkeuriger."

RESULTATEN

Dit project levert een eerste opzet op van een online rekenmodel waarmee de bouwsector het totaaleffect op emissies kan bepalen van verschillende emissiereductiemaatregelen. De tool geeft heldere inzichten in de stikstofuitstoot van bouwtransport en de inzet van bouwmachines. Hiermee kunnen aannemers en opdrachtgevers in een vroeg stadium optimale keuzes maken ten aanzien van besparende maatregelen.



Het Nieuwe Normaal

IMPACT MAKEN

Als we circulair bouwen als Het Nieuwe Normaal willen gaan zien, moeten er eerst goede afspraken worden gemaakt en uitgangspunten worden bepaald. Voor effectieve emissiereductie moeten opdrachtgevers en -nemers in de bouw eerst dezelfde taal spreken.

'Het Nieuwe Normaal is een nieuwe, breed gedragen standaard met haalbare én ambitieuze prestaties op het gebied van circulair bouwen', legt Merlijn Blok uit. Als Sustainability Consultant bij Metabolic heeft Blok zich de afgelopen jaren gespecialiseerd in duurzaam en circulair bouwen. Daarin heeft binnen Het Nieuwe Normaal al de nodige standaardisatie plaatsgevonden, met steeds scherpere prestatie-indicatoren voor bijvoorbeeld materiaalgebruik, losmaakbaarheid, en de milieu-impact van materialen. Er zijn diverse initiatieven opgekomen om circulair bouwen meetbaar te maken, zoals dat van CB'23.

Blok: 'Vanuit Het Nieuwe Normaal sluiten we zo veel mogelijk aan bij de bestaande methodieken en instrumenten. Waar ze nog ontbreken, ontwikkelen we die. Dit project heeft een heel duidelijk doel: hoe kunnen we van ambities naar opgaven gaan? En hoe kunnen we van houdbare en schaalbare circulaire prestaties Het Nieuwe Normaal maken?'

SCHAALBARE PRESTATIENIVEAUS

Binnen het deelproject zijn zes opdrachtgevers en zes opdrachtnemers uit de Nederlandse bouw verenigd, om tot een marktgedragen aanpak te komen voor circulair bouwen. 'De centrale vraag is: welke impact kun je daarmee bereiken', stelt Toni Kuhlmann, projectleider bij Metabolic voor Het Nieuwe Normaal. 'Het doel is bouwen binnen de grenzen van de planeet. Dan hebben we het natuurlijk over Paris Proof, maar stikstof hoort daar ook bij. Het doel is om te komen tot schaalbare prestatieniveaus. Hoe kun je de markt echt helpen? Als je een nieuw gebouw gaat realiseren als aannemer of opdrachtgever, wat is dan een haalbaar ambitieniveau? Hoe ver kun je gaan in circulariteit?'

BOUWHUBS VOOR DE 'LAST MILE'

Wat het project concreet oplevert, is een raamwerk waarbinnen gebouwen, maar ook gebieden en infrastructuur worden geëvalueerd op basis van duurzaamheid en circulariteit. 'Aan de hand van vragenlijsten en prestatie-indicatoren worden uiteindelijk meer dan 500 projecten geëvalueerd', legt Kuhlmann uit. 'We willen naast CO₂ ook specifiek de impact van circulair bouwen op de stikstofuitstoot bekijken. Op projectniveau evalueren we daarom wat de stikstofdepositie is geweest, en welke maatregelen hebben bijgedragen aan stikstofreductie.' Blok vult aan: 'Doordat je modulair en prefab gaat bouwen, doordat je emissies in de fabriek beter onder controle hebt, of doordat je elektrisch materieel inzet. Op de bouwplaats of in de logistiek. Zo kunnen bouw hubs de emissies tijdens de 'last mile' een stuk verlagen. Dat zijn specifieke maatregelen die we uitvragen om inzicht te krijgen.'

De eerste reacties van deelnemers aan het deelproject zijn positief. 'Met name opdrachtgevers vinden het prettig dat het raamwerk hen praktische handvatten biedt', merkt Blok. 'Om te bepalen wat circulair bouwen nou eigenlijk is, en welk ambitieniveau ze moeten hanteren bij een uitvraag. Het is een waardevol puzzelstuk om circulair bouwen te versnellen.' Eind dit jaar wordt de eerste versie van het raamwerk opgeleverd, maar dat is pas het begin. Prestatieniveaus zullen zich blijven ontwikkelen. Minstens zo belangrijk voor het ontwikkelen van een standaard is een breed draagvlak, weet ook Kuhlmann. 'Bij de presentatie van de 1.0-versie van het raamwerk op 7 december kunnen partijen zich aansluiten bij Het Nieuwe Normaal. Door het tekenen van een manifest committeren ze zich aan Het Nieuwe Normaal en krijgen ze van ons alle tools om ermee aan de slag te gaan.'

PARTNERS

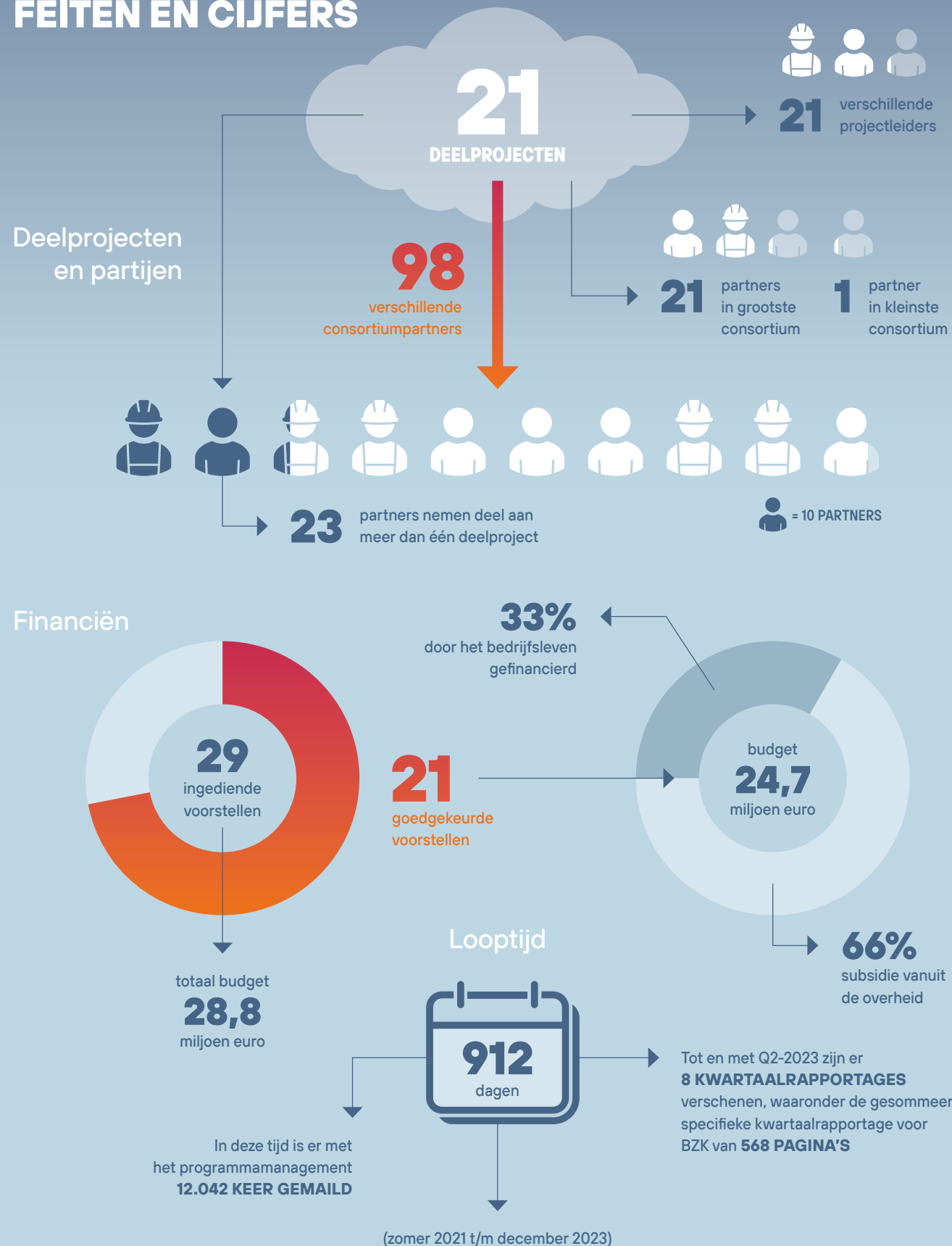
- ✓ ALBA Concepts
- ✓ Copper8Metabolic
- ✓ Cirkelstad
- ✓ Technische Universiteit Delft
- ✓ Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs

RESULTATEN

In december 2023 wordt de 1.0-versie van het raamwerk voor Het Nieuwe Normaal opgeleverd, met breed gedragen prestatieniveaus die meegenomen kunnen worden in het proces van aanbesteding. Voor het evalueren van projecten is een gestructureerde vragenlijst opgesteld en omgezet in een online module. Er is een integrale indicator ontwikkeld om stikstof in alle aspecten en alle soorten bouwproject mee te nemen. Het opstellen van de indicator leidt tot kennis en bewustzijn voor opdrachtgevers en opdrachtnemers die gebruikmaken van of hulp zoeken in Het Nieuwe Normaal. Geïnteresseerde partners die met HNN aan de slag willen, kunnen zich inschrijven voor het manifest.



FEITEN EN CIJFERS



COLOFON

Dit magazine is een eenmalige uitgave binnen het programma Emissieloos Bouwen voor de woningbouw, georkestreerd door TNO in opdracht van het ministerie van BZK.

UITGAVE

TNO

HOOFDREDACTEUR

Mario de Rooij

REDACTIE

Han Thoma, DRIFT, Haarlem

COÖRDINATIE

Michael de Vos, TNO
Kirsten Roetert Steenbruggen, TNO

CREATIVE DIRECTION EN REALISATIE

Gentle Giant, Den Haag

VORMGEVING EN CONCEPT

C10 ontwerp, Den Haag

BEELD

Studio Oostrum, Den Haag
John Duurkoop Photography, Den Haag (omslag)
C10 ontwerp, Den Haag (infographics)

DRUKWERK

Impressed, Rotterdam

Nadere informatie via de programmamanager Mario de Rooij
mario.derooij@tno.nl

©2023 TNO. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijk toestemming van de uitgever, de fotograaf of de samensteller.

Het Emissieloos Bouwen programma met alle deelprojecten is uitgevoerd als één groot adaptief consortium. De partners in dit consortium staan hieronder in alfabetische volgorde vermeld, met daarbij de deelprojecten waaraan ze hebben bijgedragen.

- ✓ A. van Liempd Sloopbedrijven (M1)
- ✓ Aannemersbedrijf Koningsstijl (M5)
- ✓ Adema Architecten (M5)
- ✓ ALBA Concepts (O1, O3, P5)
- ✓ Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions (P5)
- ✓ Ballast Nedam Ontwikkelingsmaatschappij (P5)
- ✓ Better Earth Innovations (D4)
- ✓ Biobased Creations (M3)
- ✓ BlueBlocks (M3)
- ✓ Boerboom Hout (M1)
- ✓ BPD Ontwikkeling (M3, P5)
- ✓ BTE Nederland / ASCEM B.V. (P2)
- ✓ Buccoss Bouw en Advies (P10)
- ✓ Buro Kade (M3)
- ✓ Caspar de Haan B.V. (M3)
- ✓ Cirkelstad (O3, P5)
- ✓ Copper8 (O1, O3)
- ✓ Cugla (P2)
- ✓ De Groot Vroomshoop (M5)
- ✓ Delgromij (P2)
- ✓ Dura Vermeer Bouw Hengelo (M5)
- ✓ Dura Vermeer Divisie Bouw en Vastgoed (P5)
- ✓ DWA (D1, P1, P10)
- ✓ Emergo (D2, P3)
- ✓ ENCI (P2)
- ✓ Exie (M3)
- ✓ Fiction Factory (M3)
- ✓ Frontwise Facades (P5)
- ✓ Gebroeders Van Herpen (M4)
- ✓ Gemeente Amsterdam (P5)
- ✓ Gemeente Den Haag (P5)
- ✓ Gemeente Rotterdam (P5)
- ✓ Gemeente Utrecht (P5)
- ✓ Gooskens Hout B.V. (M5)
- ✓ H. Oude Hengel (M5)
- ✓ Heddes Bouw & Ontwikkeling (D2)
- ✓ Hedgehog Company (D1, M1, P1, P10)
- ✓ Heko Spanten (M1, P1, P10)
- ✓ Helwig Timmerfabriek (M1, M2)
- ✓ Hogeschool van Amsterdam (M1, P5)
- ✓ Hooijer Renkum (M1, P3)
- ✓ Houtkern Bouwsystemen (D1, M1, P1, P10)
- ✓ HVC (M1)
- ✓ KlokGroep Wonen (P3)
- ✓ LEVS Architecten (P5)
- ✓ Lomans Amersfoort (P1, P10)
- ✓ M.J. de Nijs Projectontwikkeling (P7)
- ✓ Metabolic (O1, O3)
- ✓ MK Houtbouw (M5)
- ✓ Mogu (M3)
- ✓ New Horizon (M1)
- ✓ NIBE (O1)
- ✓ Omlab (M3)
- ✓ Plegt-Vos Bouwgroep (P6)
- ✓ PQ Silicas (P2)
- ✓ Primum/ Aveco de Bondt (M3)
- ✓ ReintenInfra / Rentmeester 2050 (M5)
- ✓ Renewi Nederland (M1)
- ✓ ROC van Twente (M5)
- ✓ RoosRos Architecten (M3)
- ✓ Sanger IBTC (M5)
- ✓ Scape Agency (M3)
- ✓ Space & Matter (M3)
- ✓ Staatsbosbeheer (M1)
- ✓ Startblok (P9)
- ✓ Stichting Agrodome (M3)
- ✓ Stichting De Conceptbouwers (M3)
- ✓ Stichting Hout Research (M5, P8)
- ✓ Stichting Pioneering (M5)
- ✓ Stichting RIBO (M5)
- ✓ Stichting Saxion (Hogeschool) (M5)
- ✓ Stichting Wageningen Research (P5)
- ✓ Strotec (M3, M4)
- ✓ Strukton Systems (D2)
- ✓ Studio Klarenbeek & Dros (M3)
- ✓ StudioRik / Rik Makes (M3)
- ✓ Sustainer Homes (P8)
- ✓ TBI Woonlab Gewoonhout (D2, P8)
- ✓ Technische Universiteit Delft (O3, P5)
- ✓ Technische Universiteit Eindhoven (M5)
- ✓ TNO (D1, M1, M2, M3, M4, O2, P1, P2, P3, P4, P6, P7, P8, P9, P10)
- ✓ Treetek (P7)
- ✓ Twee "R" Recycling Group (P2)
- ✓ Universiteit Twente (D2, M5)
- ✓ Van Wieren Special (P9)
- ✓ Van Wijnen Smart Assembly 2.0 (P4)
- ✓ VBI Ontwikkeling (P2)
- ✓ VGG Adviseurs (P5)
- ✓ VolkerWessels Materiaal & Logistiek (P5)
- ✓ Voorbij Prefab (P2)
- ✓ VORM 2050 (M2, P5, P8)
- ✓ WAM & Van Duren bouwgroep (M3)
- ✓ Waterweg (M3)
- ✓ WEBO Kozijnen en HSB elementen (M1, M2)
- ✓ Weekamp Deuren (M2)
- ✓ Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs (P5, O3)
- ✓ Wooden City (P5)
- ✓ Woodjoint (M1)



TNO innovation
for life