

BOUWEN AAN EEN HOUTEN TOEKOMST

Scenario's voor bouwen met
klimaatpositieve materialen



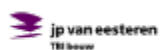
CoP Houtbouw Whitepaper



INVESTNL



ARUP



**x Gemeente
x Amsterdam**



**TEAM V
ARCHITECTUUR**

COLOFON

AUTEURS

Erik Bronsvoot, Tamara Veldboer, Aglaia Fischer, Alieke te Slaa, Tamar Kaptein (Circle Economy)

COMMUNITY OF PRACTICE

Cem Şengül, Yvonne Neef (Invest-NL); Gerard Comello (Lingotto); Do Janne Vermeulen, Thomas Harms (Team V Architectuur); Mathew Vola, Rob Verhaegh (Arup); Petran van Heel (ABN AMRO); Eric de Munck (Centrum Hout); Renate Heppener, Nina van Kranendonk, Desirée Bernhardt (Gemeente Amsterdam); Jeroen Dunnebacke (JP van Eesteren); Mantijn van Leeuwen (NIBE)

GERAADPLEEGDE EXPERTS

Lody Kuling, Karlien Wouters, Sanne van Leeuwen (TNO); Jurrian Knijtijzer (Finch Buildings); Gert van Vugt (Sustainer Homes); Teije de Jong (Eco2develop); Mariette Willems (Centrum Hout); Guy de Sevaux (Invest-NL); Sandra Nap (Holland Houtland); Johan Vonck (Jones Lang LaSalle); John Mak (W/E Adviseurs); Michiel Vincent (De Groot Vroomshoop); Irma Thijssen (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland); Jeroen Oorschot (Borgman Beheer Advies); John Smits (Landgoed Quadenoord); Jan Oldenburger (Probos); Maurice van Sante (ING EconomischBureau), Djordy van Laar (IGG); Jesse Ooijevaar, Mohamed Moussa (Provincie Utrecht); Sladjana Mijatovic (BPD); Elisabeth ter Borg (Fien Wonen); Marlou Boerbooms (Groene Huisvesters); Jan Willem Burggraaf (Amvest); Alex van Oost (NICE); Maarten Markus (AM); Anne Dijkstra - Sta van Uiter

EDITORS

Aglaia Fischer, Hilde Sijbring, Marvin Nusseck, Laxmi Adrianna Haigh (Circle Economy); Petran van Heel (ABN AMRO); Mark van den Tempel (Mark van den Tempel Tekst- & Beeldproducties)

DESIGN

Nicolas Raspail, Inge ter Laak (Circle Economy)

COMMUNICATIE

Melanie Wijnands (Circle Economy)

CONTACT

Voor meer informatie kunt u contact opnemen met Tamara Veldboer (tamara@circle-economy.com)

www.circle-economy.com

November 2020

MEDE MOGELIJK GEMAAKT DOOR

INVESTNL



VOORWOORD

Nederland bouwt aan een circulaire economie. Biobased materialen zijn daarbij essentiële bouwstenen voor een meer circulaire bouw- en vastgoedsector. In deze whitepaper kijken we waar de kansen voor houtbouw in Nederland liggen en op welke manier de gewenste schaalvergroting van houtbouw het beste te realiseren is.

Dit rapport bevat de belangrijkste bevindingen van het Community of Practice-traject over houtbouw. Op basis daarvan zijn vier scenario's geschetst die de mogelijk ontwikkeling van houtbouw laten zien, zowel vanuit het oogpunt van industrialisatie als van milieuwetgeving. Het scenario Houten Revolutie, waarin de grootste CO2-reductie plaatsvindt, is apart uitgewerkt in een roadmap voor de transitie naar een bouwsector waarin hout en andere biobased materialen op grote schaal worden toegepast.

Deze whitepaper is geschreven voor alle partijen in de bouwketen die geïnteresseerd zijn in de kansen en uitdagingen van bouwen met hout en in de rol die zij kunnen spelen om het grootschalig gebruik van hout te bespoedigen. Daarnaast geeft het opdrachtgevers en financiers inzicht in de toekomstige ontwikkelingen in de bouwsector en de keuzes die zij daarin kunnen maken. De scenario's geven beleidsmakers inzicht in de effecten van wet- en regelgeving voor de aantrekkelijkheid van bouwen met hout. Laat deze whitepaper daarom een inspiratiebron zijn voor de bouw- en vastgoedsector, publieke partijen en investeerders, beleggers en financiers.

Bouwen aan een Houten Toekomst kwam tot stand in opdracht van en in samenwerking met Invest-NL en ABN AMRO.

INVESTNL

Invest-NL heeft als doelstelling de energietransitie te versnellen. Verduurzaming van de gebouwde omgeving speelt daarbij een belangrijke rol. Het energieneutraal maken van de bestaande gebouwde omgeving is een uitdaging waarbij nog vele stappen gezet moeten worden. Tegelijkertijd ziet Invest-NL dat er ook een grote opgave ligt om de duizenden nieuw te bouwen woningen op een duurzamere manier te realiseren.

Door duurzaamheid en circulariteit al in de ontwerpfase mee te nemen bouwen we met elkaar aan een duurzaam en toekomstbestendig woningbestand.

Het klinkt zo simpel, duurzaam en circulair bouwen, maar de praktijk is weerbarstiger. Dit rapport laat op inspirerende wijze zien welke potentie houtbouw heeft en wat ervoor nodig is om de ontwikkeling van houtbouw op te schalen. Invest-NL is trots mede-opdrachtgever te zijn en wil op deze manier bijdragen aan de kennisontwikkeling over dit onderwerp.

ABN AMRO

ABN AMRO heeft een duidelijk purpose: Banking for better, for generations to come. In de strategie gaat het om veel meer dan financiële waarde: we willen de omschakeling naar duurzaamheid versnellen. Want de omschakeling naar duurzaamheid is een van de belangrijkste uitdagingen van onze tijd. In de duurzame strategie zijn daarom stevige ambities geformuleerd, die liggen op het gebied van energietransitie, circulaire economie en sociale impact.

Die duurzaamheid zie je terug in wat we doen, bijvoorbeeld in onze gebouwen. Een inspirerend voorbeeld is het duurzame paviljoen Circl op de Zuidas, waar energietransitie en circulaire economie samenkomen. Hout is een van de karakteristieke kenmerken van Circl én een van de bouwstenen voor een meer circulaire economie. Als ABN AMRO dragen we graag een steentje bij aan verdere kennisontwikkeling en -deling. Dit rapport is daar een goed voorbeeld van.

MANAGEMENT SAMENVATTING

HOUT HEEFT DE TOEKOMST

De Nederlandse bouwsector staat voor een van de grootste uitdagingen uit haar bestaan. Er is een blijvend grote vraag naar goede en betaalbare woningen: tot 2030 ongeveer 80.000 per jaar. Tegelijk moet de bouwwereld een bijdrage leveren om de CO₂-uitstoot in Nederland te helpen verlagen. Die dient in 2030 maar liefst 49% lager zijn dan het niveau van 1999. Hoe zijn deze tegengestelde ontwikkelingen ooit te verenigen?

Ingrijpende maatregelen vergen nieuwe inzichten. In deze whitepaper wordt uitgelegd hoe houtbouw kan meehelpen om de doelstellingen van de bouwwereld te realiseren. Met hout als bouw materiaal kan een Houten Revolutie worden bewerkstelligd die kan helpen klimaatdoelen te bereiken en het bouwvolume op te voeren. Door traditionele, CO₂-intensieve bouwmaterialen als beton, baksteen en staal deels te vervangen door natuurlijk groeiende (oftewel biobased) materialen kan de bouwwereld substantieel van invloed zijn op de CO₂-concentraties in de atmosfeer. Hout, maar ook vlas, stro, of hennep slaat tijdens groei CO₂ op dat zo voor lange tijd kan worden vastgelegd in gebouwen. Geen uitstoot maar opname dus.

De kwaliteiten en voordelen van houtbouw staan niet ter discussie. De praktische toepassing ervan in een bouwwereld die gedomineerd wordt door beton en staal is echter nog een hele opgave. Dit onderzoek laat twee trends zien die het structureel gebruik van houtbouw kunnen stimuleren. De klimaatwetgeving zal de kostprijs van CO₂-intensieve bouwmaterialen doen stijgen, reden voor ontwikkelaars om sneller voor biobased bouwmaterialen te kiezen. En door houtbouw te industrialiseren zullen de kosten vanzelf dalen.

IMPACT VAN KLIMAATWETGEVING

Het Nederlandse en Europese klimaatbeleid spelen een belangrijke rol om de kostprijs van hout concurrerend te maken met die van traditionele, CO₂-intensieve bouwmaterialen. Twee wetgevingen op het gebied van broeikasgasuitstoot gaan vanaf 2021 van grote invloed zijn op de bouwsector.

- De MilieuPrestatie Gebouwen (MPG) is een rekenmethode die de milieubelasting van al het materiaal dat in gebouwen worden toegepast uitdrukt in euro's per vierkante meter gebouwoppervlakte. Vanaf 2021 daalt de MPG van 1 euro per m² naar 80 cent per m², om in de toekomst nog verder te dalen. Dit verlaagde plafond dwingt architecten en projectontwikkelaars om steeds meer duurzame materialen in te zetten.
- De Nederlandse belastingheffing op CO₂-uitstoot wordt vanaf 2021 ingevoerd en vormt een bodemprijs onder het Europese systeem voor emissiehandel, de EU ETS. De Nederlandse heffing gaat de komende tien jaar stijgen van 30 euro naar 125 euro per ton CO₂-emissie. De EU ETS gaat de komende jaren ook stijgen, waardoor de te betalen heffing voor Nederlandse bedrijven boven de 125 euro per ton uit kunnen komen. Daarnaast wordt via het Europese Carbon Border Adjustment Mechanism bouw materiaal dat van buiten Europa komt op dezelfde manier belast als het materiaal van binnen de EU.

Door deze verhogingen zullen ook de prijzen van CO₂-intensieve bouwmaterialen omhoog gaan: gewapend beton wordt tot 30 procent duurder en sommige soorten cement maar liefst 115 procent.

INDUSTRIALISATIE VAN DE HOUTBOUW

Hout is in Nederland nog een relatief weinig toegepast bouw materiaal, zeker in vergelijking met landen met een grote houtproductie als Duitsland en Oostenrijk. Een toenemend aantal projecten laat zien dat houttoepassingen ook hier aan populariteit winnen, al dan niet in combinatie met beton en staal (de zogenaamde houthybride). Wil houtbouw in de nabije toekomst een serieus alternatief worden voor betonbouw zal de Nederlandse houtbouwindustrie echter sterk moeten groeien. De fabrieksmatige productie van woningen kan leiden tot een kostenreductie van dertig procent en een kortere bouw tijd. Cruciale ontwikkelingen voor een woningmarkt die schreeuwt om meer betaalbare huizen.

Houtbouw op een industriële schaal is in Nederland heel goed mogelijk. Er is veel kennisontwikkeling over houtbouw, het ontwerp- en productieproces is

veelal gedigitaliseerd en er zijn steeds meer houten halffabricaten beschikbaar voor de markt. Dit maakt het mogelijk om op grote schaal woningen te prefabriceren, zonder veel aan ontwerp vrijheid in te boeten. Wat Nederland niet heeft is een grootschalige houtproductie. Bouwhout, of dit nu halffabricaten (het zogeheten engineered wood) of bouwdelen (als wanden en vloeren) zijn, zal vooralsnog grotendeels geïmporteerd moeten worden. Maar dit is nog altijd veel uitstootvriendelijker dan het gebruik van CO₂-intensieve bouwmaterialen. In andere Europese landen wordt voldoende duurzaam hout geteeld om aan de Nederlandse behoefte te voldoen. Ondertussen kan een begin gemaakt worden met het aanplanten van meer productiebos in eigen land, aangevuld met snelgroeiende gewassen als hennep en vlas, die ook als grondstof voor bouwmaterialen kunnen dienen.

VIER SCENARIO'S VOOR HOUTBOUW IN 2030

In deze whitepaper staan vier scenario's die een beeld schetsen van de mogelijke ontwikkeling van houtbouw in Nederland in de komende tien jaar. Het meest gedetailleerd uitgewerkt is het scenario nr. 1: Houten Revolutie. Hierin wordt uitgegaan van een situatie waarbij in 2030 80% van de nieuwbouwwoningen grotendeels met hout en andere biobased materialen tot stand komen. Dit marktaandeel is een direct gevolg van de stijgende kostprijs van traditionele bouwmaterialen enerzijds en de kostenverlaging van industrieel gefabriceerde houten woningen anderzijds.

Volgens dit scenario zullen in 2030 zo'n 64.000 huizen uitgevoerd worden met hout en andere natuurlijke materialen, zo'n 80 procent van de totale productie. De grondstoffen hiervoor komen zoveel mogelijk uit Nederland, al zal het grootste gedeelte nog altijd afkomstig zijn uit Europa's bosrijkste landen. Wel wordt het gekapte hout grotendeels in Nederland verwerkt tot bouw materiaal, klaar voor de woningbouw hier of over de grens.

Uitgaande van 2.000 woningen per fabriek per jaar zal er in 2030 behoefte zijn aan ruim dertig fabrieken voor de fabricage van huizen. Dat betreft alleen de binnenlandse vraag. De positie van Nederland als logistiek knooppunt maakt dat de uitvoer van halffabricaten en bouwdelen ook een aanzienlijke groei markt kan zijn.

De werkgelegenheid die dit alles oplevert is significant: productie, assemblage maar ook de omscholing van personeel uit de CO₂-intensieve grondstoffenindustrie.

HET BELANG VAN EEN STABIELE VRAAG

De Houten Revolutie zal niet uit zichzelf plaatsvinden. Net als bij de energietransitie of de verduurzaming van het vervoer zijn er bevorderingsmaatregelen nodig. Als de vraag naar houten woningen gegarandeerd is wordt houtbouw voor financiers met een lange investeringshorizon een aantrekkelijke markt. Met deze investeringen kan de structurele vergroting van de houtbouw industrie tot stand worden gebracht. Op korte termijn moeten daarom de volgende stappen gezet worden.

1. Publieke en private partijen moeten gezamenlijk de kennis ontwikkelen waarmee de houtbouwketen (architecten, constructeurs en aannemers) geholpen en beschermd wordt.
2. Bouwregelgeving moet worden aangepast, zodat hout als bouw materiaal niet wordt uitgesloten of benadeeld bij de uitvoering van bestaande bouwmethoden.
3. Alle partijen in de bouw moeten goed op de hoogte worden gebracht van de ontwikkelingen op het gebied van de MPG en de CO₂-heffing. Zo kan beter geanticipeerd worden op toekomstige prijsontwikkelingen in de woningbouw.
4. Bundel de vraag van woningbouwcorporaties naar nieuwe woningen in gezamenlijke projecten van 100 tot 200 stuks. Wanneer deze verspreid over een langere periode kunnen worden geleverd, geeft dat houtbouw fabrieken de gelegenheid om hun productie optimaal te kunnen plannen.
5. Potentiële investeerders in houtfabrieken moeten van projectontwikkelaars de garantie krijgen dat er per project voldoende woningen zullen worden afgenomen. Dit schept vertrouwen in de levensvatbaarheid van een solide houtbouw industrie.

NU ZAAIEN, STRAKS OOGSTEN

De Houten Revolutie biedt ontwikkelaars, investeerders, financiers, aannemers en fabrikanten ongekende kansen. Dat gezegd, dit scenario vraagt een investering waarvan het financiële rendement nu nog onbekend is. Momenteel zijn de kosten van houtbouw hoger dan die van de traditionele bouwmethoden. Alleen door veel en continu in hout te bouwen zullen de risico's en kosten op termijn naar beneden gaan. Er is dus behoefte aan financiers en investeerders met een langetermijnvisie. Van belang is het om vroeg in het traject een financier bij een project te betrekken, zoals ABN AMRO bij HAUT. In projectfinanciering zijn financiers nodig die mee willen doen aan duurzaam pionieren en daarom ook meer risico durven te nemen op voorbeeldprojecten als HAUT. Dit straalt vertrouwen uit in de toekomst van houtbouw.

Welke rekensommen je er ook oplos laat, hout zal het qua CO₂-emissie altijd winnen van bouw materiaal dat voor de productie afhankelijk is van fossiele energiebronnen. Wat dat betreft kunnen de bomen werkelijk tot in de hemel groeien. Wie deze kans pakt zet de champagne alvast koud: de Houten Revolutie in de woningbouw komt eraan.

**Met hout sla je CO₂ op en het is zichzelf genere-
rend materiaal. Architectuur laat het ook zien,
vooral binnen: je beleeft hout als materiaal. Het
is flexibel, licht waardoor je sneller kunt bouwen,
en duurzaam.**

– **Do Janne Vermeulen,**
architect Team V Architectuur

BELANGRIJKSTE LESSEN

1

Hout en andere biobased materialen leggen tijdens de groei CO₂ vast. Door hiervan bouw materiaal te maken komt deze CO₂ niet vrij door verbranding of verrotting maar wordt voor lange tijd opgeslagen in gebouwen. Ook is hout een lichter materiaal om in te bouwen dan traditionele bouwmaterialen, wat resulteert in reductie van materiaal en transport, beiden verantwoordelijk voor significante CO₂-uitstoot.

2

De komende jaren wordt het effect van wet- & regelgeving op de prijs van bouwmaterialen significant. Om klimaatverandering te limiteren tot maximaal 1,5°C gaat de Nederlandse en Europese belasting van CO₂-emissies stijgen waardoor de kostprijs van traditionele CO₂-intensieve bouwmaterialen verhoogt. Dat kan oplopen tot wel 30% voor gewapend beton.

3

De kennis over bouwen in hout en de keten die nodig is om dit op grote schaal toe te passen, maken een snelle ontwikkeling door. Toenemende vraag en de realisatie van woningprojecten als HAUT laten zien dat ook bijzondere en complexe gebouwen met dit materiaal kunnen worden gerealiseerd, al dan niet in combinatie met traditionele bouwmaterialen. Om te kunnen voldoen aan de potentiële vraag worden momenteel de eerste investeringen gedaan. Industrialisatie van houtbouw kan leiden tot een kostenreductie van 30%. Modulair bouwen kan zorgen voor een toename van het aantal woningen met 40%.

4

De Nederlandse bouwsector is nu en in de toekomst grotendeels afhankelijk van duurzaam geproduceerd Europees hout voor verdere opschaling. Als 80% van 80.000 woningen in hout worden uitgevoerd, is daar 2,4 miljoen m₃ hout voor nodig. Slechts 5% hiervan kan met Nederlands hout worden gebouwd. Op Europees niveau is echter ruim voldoende bijgroei in het aanwezige duurzaam beheerde bosareaal om aan de relatief kleine vraag vanuit Nederland te voldoen. Die komt neer op krap 5% van de 50 miljoen m₃ aan duurzaam Europees hout dat extra beschikbaar is.

5

Om de Houten Revolutie te laten slagen is het nodig dat de hele bouw- en vastgoedketen, inclusief de eindgebruikers, anders tegen de business case gaan aankijken en de voordelen van hout gaan inzien. Om de vermeende risico's en daarmee gepaard gaande kosten te verlagen is bouwcapaciteit nodig en moet de vraag gestimuleerd worden, zowel van opdrachtgevers en aanbesteders als van bewoners. Daarmee wordt ervaring opgebouwd en kunnen continuïteit en kwaliteit gewaarborgd worden.

DE 4 SCENARIO'S VOOR HOUTBOUW

Industrialisatie houtindustrie

	2 Houten evolutie	1 Houten revolutie
4 Business as usual	3 Houten teleurstelling	
Laag		Hoog

Impact milieuwetgeving

Uitgelicht scenario, zie pagina 14-15

SCENARIO 1: HOUTEN REVOLUTIE

De impact van wetgeving op CO₂-intensieve materialen is zodanig groot gebleken dat opdrachtgevers en aannemers versneld op zoek zijn gegaan naar een alternatief: biobased materialen als hout, vlas en hennep. Investeerders en ondernemers hebben hier op tijd op geanticipeerd door met veel kapitaal een Nederlandse industrie op te bouwen die kan voldoen aan de vraag. Daardoor is ook de kostprijs van deze materialen verder gedaald. Het vliegwiel is aangezet en de biobased revolutie is niet meer te stoppen. Van de 80.000 woningen die jaarlijks worden gebouwd is in 2030 minimaal 80% grotendeels in biobased materialen uitgevoerd.

SCENARIO 2: HOUTEN EVOLUTIE

Mede op basis van aangekondigde wet- & regelgeving die biobased materialen zoals hout een voordeel zouden moeten geven, is er sinds 2020 op grote schaal geïnvesteerd in de industrialisatie van bouwen in hout en andere biobased materialen. Hierdoor is de kostprijs van die materialen significant omlaag gegaan, is de kwaliteit beter geworden en heeft prefabricage zijn voordeel op de bouwplaats bewezen. Hoewel de impact van wet- & regelgeving achter is gebleven, is bouwen met deze producten gemeengoed geworden in Nederland en is het aandeel gestegen tot 20-30% van de totale markt, ongeveer 25.000 woningen op jaarbasis.

SCENARIO 3: HOUTEN TELEURSTELLING

Hoewel de vraag naar alternatieven voor CO₂-intensieve bouwmaterialen sterk is toegenomen door de stijging in de kostprijs vanwege verhoogde CO₂-belastingen, is de Nederlandse houtindustrie niet in staat geweest om aan deze stijgende vraag te voldoen. De houtbouwindustrie is nog steeds versnipperd en kleinschalig en kan in 2030 opdrachtgevers en architecten slechts voorzien van ongeveer 10.000 woningen per jaar. Een deel van dit probleem wordt opgelost door elders in Europa extra bouwdelen in te kopen. De grote afstand tot de bouwplaats heeft echter een kostprijsverhogend effect, waardoor traditionele materialen toch nog steeds grootschalig worden toegepast.

SCENARIO 4: BUSINESS AS USUAL

De economische situatie na de COVID-19 pandemie heeft het investeringsklimaat in de Nederlandse bouw negatief beïnvloed. Er hebben nauwelijks investeringen plaatsgevonden in de industrialisatie van de houtindustrie in Nederland. Daarnaast hebben Nederlandse en Europese politici onder invloed van de lobby van de CO₂-intensieve industrie de CO₂-wetgeving afgezwakt. Daardoor hebben prijsprykkels die alternatieve materialen moesten stimuleren niet het beoogde resultaat opgeleverd. De toepassing van biobased materialen is hierdoor sinds 2020 nauwelijks toegenomen. Alleen hout wordt regelmatig toegepast, zij het voor slechts een klein deel van de markt: ongeveer 2.500 woningen per jaar.



Met houten hoogbouw laten we zien wat er mogelijk is. Daarmee staat hout als constructief bouw materiaal op de kaart. Maar er is meer dan prestige: hout is natuur. Er komen steeds meer aanwijzingen dat een houten woonomgeving op mensen een gunstige werking heeft.

– Gerard Comello, partner Lingotto

BEGRIPPENLIJST

Bijgroei: De hoeveelheid hout die bijgroeit in bestaand bos, ook wel aanwas genoemd.

BIM: Building Information Modelling (BIM) is een digitale weergave van alle fysieke en functionele kenmerken van een gebouw. Een BIM-model is een gedeelde kennisbron of bestand met informatie over het gebouw dat dient als een betrouwbare basis voor het nemen van besluiten tijdens de gehele levenscyclus van het gebouw. (Definitie van het Amerikaanse National BIM Standard, overgenomen van Het Nationaal BIM Platform)

Biobased materialen: Materiaal gemaakt van (ooit) levend organisme dat verwerkt is tot bruikbaar bouw materiaal. Voorbeelden zijn bouwelementen gemaakt van hout, vlas, hennep of stro en zetmeelplastic.

Biogene koolstofopslag: Proces waarbij levende organismen CO₂ uit de atmosfeer tijdens de groei vastleggen.

Carbon Border Adjustment Mechanism: CO₂-heffingen kunnen ertoe leiden dat andere landen een betere concurrentiepositie hebben en bedrijvigheid met fikse CO₂-uitstoot zich daarheen verplaatsen. Het Carbon Border Adjustment Mechanism moet dit tegengaan door op Europees niveau ook een CO₂-heffing te leggen op import, aan de Europese grens.

CO₂-heffing: Een belasting op CO₂-uitstoot met het doel deze te verminderen.

Demontabel: Manier van bouwen waarbij verschillende deelenheden gemakkelijk te demonteren en daardoor vervangbaar zijn.

Duurzaam bosbeheer: Bosbeheer met als doel de instandhouding van het bestaande bosareaal.¹

Engineered wood: Overkoepelende term voor industrieel samengestelde houtproducten.

EU ETS: European Emission Trading System. Dit is een Europees handelssysteem waarbij bedrijven een bepaald aantal punten krijgt voor hoeveel CO₂ ze mogen uitstoten. De punten zijn verhandelbaar en op CO₂-uitstoot staat dus een marktwaarde.

Hergebruik: Product wordt in zijn geheel of in delen opnieuw gebruikt in de oorspronkelijke vorm.

LCA: Life Cycle Assessment (LCA) of levenscyclusanalyse is een methode voor het in

kaart brengen van de invloed van producten en menselijke activiteiten op het milieu, van de winning van grondstoffen via productie en (her) gebruik tot en met afvalverwerking. De uitkomst is een milieuprofiel dat inzicht geeft in de milieueffecten en de omvang.²

MKI: Milieu Kosten Indicator, ook wel schaduwkosten of milieukosten genoemd.³ Met de LCA worden milieueffecten berekend. Deze worden met de MKI samengevoegd tot één bedrag in euro's.⁴

Modulair: Een modulaire woning bestaat uit verschillende lagen of deelenheden die makkelijk te verplaatsen, repareren en vervangen zijn. Dit maakt 'mass customisation', of maatwerk op grote schaal, mogelijk.⁵

MPG: Milieu Prestatie Gebouwen. Sinds 1 januari 2018 is de MPG een verplicht onderdeel bij de aanvraag voor een omgevingsvergunning voor nieuwe woningen en kantoren groter dan 100 m². De MPG stelt grenswaarden aan de milieueffecten van materiaalgebruik in de bouw. Het is een aanvulling op de minimumeisen in het Bouwbesluit voor de energiezuinigheid van gebouwen.⁶

Prefab: Proces waarbij bouwelementen of volledige woningen in een fabriek geproduceerd worden en vervolgens naar de bouwplaats worden vervoerd om daar eenvoudig en snel in elkaar te worden gezet. De bouwtijd op de bouwplaats wordt hiermee verkort en er kan een hogere kwaliteit van materiaal gewaarborgd worden. Wordt ook wel industrieel bouwen genoemd.

Recycling: Materialen van een product worden hergebruikt. Anders dan hergebruik waar (een deel van) het product hergebruikt wordt zonder materialen te scheiden.

BIOBASED BOUWMATERIALEN IN HET KORT

Biobased bouwmaterialen, zoals hout, stro en lisdodde, zijn natuurlijk gegroeid en hernieuwbaar. Ze zijn daarmee tegenhangers van traditionele bouwmaterialen als beton, baksteen en staal. De voornaamste voordelen van biobased bouwmaterialen zijn hun hernieuwbaarheid en de lage CO₂-voetafdruk.

Geavanceerde houtconstructies: Engineered wood Industrieel samengesteld hout wordt vervaardigd door onder druk lagen van massief hout, fineer, spaanders of vezels te verlijmen. Het resultaat is een robuust materiaal met een lange

levensduur, veelzijdig inzetbaar en relatief licht. Deze hoogwaardige, gelaagde producten en plaatmaterialen worden 'engineered wood' genoemd. Hout is bij uitstek geschikt voor industriële prefabricage. Het relatief zachte materiaal laat zich snel en zeer nauwkeurig bewerken tot bouwelementen (toleranties tot 1 mm ten opzichte van een centimeter bij beton). Daarnaast maakt fabrieksmatige productie mogelijk dat de kwaliteit van het product hoog is doordat onder geconditioneerde omstandigheden wordt geproduceerd. Punt van aandacht is de verlijming: dit gebeurt voornamelijk met formaldehyde-houdende lijmen, waardoor de hergebruikmogelijkheden afnemen. Er wordt veel onderzoek gedaan naar alternatieven zoals natuurlijke lijmen.

De bekendste vormen van engineered wood worden hieronder toegelicht.

Houtskeletbouw (HSB): Bij houtskeletbouw is het geraamte van een gebouw van hout gemaakt. Tegen het skelet worden constructieplaten bevestigd en daartussen wordt isolatiemateriaal aangebracht. HSB leent zich goed voor prefabricage, is flexibel voor bijvoorbeeld leidingwerk en makkelijk om modulair te ontwerpen, wat demonteren en hergebruiken ten goede komt.

Cross Laminated Timber (CLT): Kruislaaghout of CLT is een relatief nieuw constructiemateriaal. Het bestaat uit sterke, massief houten panelen die zijn opgebouwd uit drie of meer lagen kruislings verlijmde vuren lamellen (dunne houten planken). Dit geeft het materiaal grote sterkte, stabiliteit en uniforme prestaties en maakt het geschikt voor middelhoge en hoogbouw. Door de sterkte van het materiaal heeft CLT een hoge toepasbaarheid variërend van muren in hoogbouw tot het gebruik in bruggen.

Gelamineerd hout/Lijmhout (Glulam): Dit houtproduct wordt gemaakt door lamellen horizontaal te verlijmen. Dit proces maakt het homogener van structuur dan een massief houten balk. Lijmhout bestaat uit ongeveer 88% naaldhout, 10% water en 2% lijm. Het kan zonder verlies van sterkte gebogen worden en is geschikt voor volumieke utiliteitsgebouwen zoals loodsen en stadions, naast woningbouw en kantoren. Glulam wordt daarin vooral gebruikt voor balken en overspanningen.

Gelamineerd fineerhout (LVL): (Glued) Laminated Veneer Lumber zijn elementen van gelamineerd fineerhout, gemaakt van verschillende dunne lagen vuren-, grenen- en berkenhout over elkaar heen. Deze lagen zijn al dan niet verlijmd met biologisch afbreekbare lijm. Kenmerkend voor LVL is dat de vezels van de samengestelde houtfineren vrijwel allemaal in dezelfde lengte liggen.

Plaatmateriaal (o.a. OSB, MDF): Als het gaat om maximaal gebruik van lokaal hout zijn ook plaatmaterialen belangrijk. Dit zijn producten gemaakt van houtschilfers, spaanders (kleine stukken hout, vaak hout dat beschikbaar komt na een eerste gebruiksfase en daarmee wordt hergebruikt) en andere houtachtige materialen, verlijmd met kunsthars. Ook relevant zijn verschillende composietplaten, zoals cementvezel. Dit zijn minder revolutionaire producten en niet volledig biobased, echter vanwege een fors volume kan het gebruik van deze producten een significante positieve bijdrage leveren bij vervanging van bijvoorbeeld stucwerk of gipsplaat.

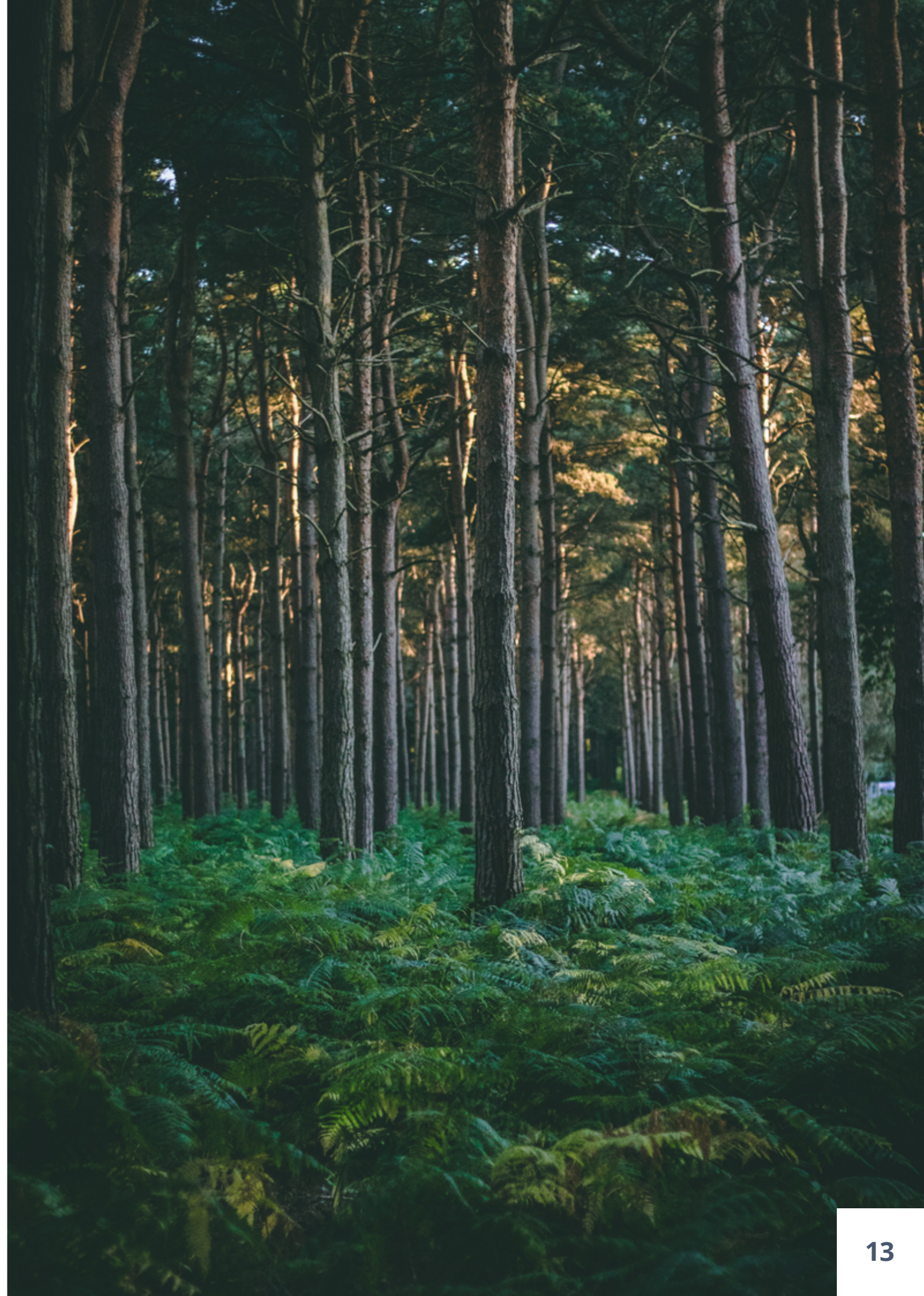
Brandveiligheid: CLT en ander gelamineerd hout heeft een aanzienlijke brandvertragende werking. Bij brand verkoolt de eerste houtlaag, waarmee de zuurstoftoevoer naar de volgende laag wordt afgesloten. Wel kunnen brandende CLT-vlakken als wanden en plafonds elkaar sneller beïnvloeden. In zo'n geval kan brandwerende gipsplaat of een sprinklerinstallatie overwogen worden.

Overige Biobased bouwmaterialen

Alternatieve, hernieuwbare bouwmaterialen met potentie zijn bijvoorbeeld stro, hennep, vlas en lisdodde: deze gewassen bieden als voordelen onder meer lokale productie, minder grondstoffenverbruik, en lagere kosten door makkelijke verwerking. Van bijvoorbeeld **hennep** en **vlas**, gewassen die van nature voorkomen in noordwest Europa, kunnen zowel de vezels als de scheven van de plant worden gebruikt als grondstof voor bijvoorbeeld isolatiemateriaal en als versterkend materiaal voor composieten. **Stro** wordt al duizenden jaren gebruikt als bouw materiaal en staat bekend om haar isolerende eigenschappen. Stro is uitermate geschikt voor prefab bouwen en wordt in combinatie met HSB reeds op kleine schaal toegepast. **Lisdodde**, de 'sigarenplant', is de jongste telg waarmee wordt geëxperimenteerd als isolatiemateriaal. Deze lokale plant groeit bijvoorbeeld in Friesland en andere veengebieden waar het bijdraagt aan het tegengaan van bodemdaling.

INHOUDSOPGAVE

MANAGEMENT SAMENVATTING	4
BEGRIPPENLIJST	10
HET SCENARIO VOOR EEN HOUTEN REVOLUTIE	14
1. DE COMMUNITY OF PRACTICE HOUTBOUW	16
2. HOUT HEEFT DE TOEKOMST	18
3. INDUSTRIEEL BOUWEN MET HOUT	19
4. ROADMAP VOOR EEN HOUTEN REVOLUTIE	26
5. IMPACT KLIMAATWETGEVING OP BOUWMATERIALEN	31
6. SCENARIO'S VOOR DE ONTWIKKELING VAN DE HOUTINDUSTRIE	34
7. WAT IS ER NODIG VOOR EEN HOUTEN REVOLUTIE?	36
BIJLAGE 1 - SELECTIE VAN BOUW GERELATEERDE NEDERLANDSE BEDRIJVEN VALLEND ONDER DE EU ETS	40
BIJLAGE 2 - IMPACT CO2 HEFFING OP KOSTPRIJS BOUWMATERIALEN	44
BIJLAGE 3 - VOORBEELDEN PROJECTEN IN HOUT	47
VOETNOTEN	50



HET SCENARIO VOOR EEN HOUTEN REVOLUTIE: NEDERLAND IN 2030

HET POTENTIEEL VAN HOUT WORDT UITGEBOUWD

De afgelopen tien jaar heeft hout de Nederlandse bouwplaats veroverd. Van de ruim 80.000 circulair ontworpen woningen die in 2030 zijn gerealiseerd, is 80% grotendeels uitgevoerd in biobased materialen. De snelle bouwtijd, de minimale overlast op de bouwplaats en de lage bouwkosten hebben ervoor gezorgd dat industrieel vervaardigde, prefab bouwelementen van hout tegenwoordig het standaard bouwsysteem zijn. De langdurige CO₂-opslag in de bouwmaterialen en een gezonde woonomgeving zijn bijkomende voordelen. We mogen gerust spreken van een Houten Revolutie.

Dit succesverhaal is niet vanzelf ontstaan. Wie in 2020 had voorspeld dat hout en andere biobased materialen zo'n grote plek zouden gaan innemen in de Nederlandse bouwsector als nu het geval is, werd destijds voor gek verklaard. Toch werd tien jaar geleden de potentie van houtbouw al steeds zichtbaarder. Na een aflevering van het televisieprogramma Tegenlicht getiteld 'Houtbouwers'¹⁷ nam de interesse in hout een vlucht genomen en werd voor het eerst gesproken over een 'houten eeuw' en 'hout is de toekomst'. Webinars, blogs, congressen en andere specials kozen steeds vaker hout als onderwerp.

In Amsterdam werd begin 2021 HAUT opgeleverd. De (althans toen) hoogste houten woontoren ter wereld was gebouwd met een unieke hybride constructie van een betonnen kern en houten vloeren en wanden. HAUT oogstte lof en genereerde veel publiciteit. Tegelijkertijd werkten vernieuwers als Finch Buildings en Sustainer Homes samen met ontwikkelaars en aannemers om tientallen houten woningen en appartementen te realiseren. Overal schoten de houtprojecten als paddenstoelen uit de grond: op de Zuidas in Amsterdam, in Rotterdam (SAWA en Tree House), en op vele andere plekken elders in Nederland.

Ook de overheid werkte mee. Tijdens Prinsjesdag 2020 kondigde het kabinet aan dat er vanaf 2021 een CO₂-heffing zou komen als aanvulling op het Europese CO₂-emissiehandelssysteem. Het was voor bedrijven een extra stimulans om duurzamer te opereren. Een dag later vertelde toenmalig president van de Europese Commissie, Ursula von der Leyen, dat de CO₂-reductie doelstelling voor 2030 verder zou worden aangescherpt tot 55%.

De motor achter deze Houten Revolutie was het samengaan van vooruitstrevende opdrachtgevers en ondernemers. Voor projectontwikkelaars bleek bouwen met hout dé manier om economische en ecologische duurzaamheid te kunnen combineren. En voor ondernemers bood het een kans om de traditionele bouwwereld te reorganiseren. Houtbouw was een bouwsysteem dat dankzij volledig geautomatiseerde processen, minimale faalkosten en een sterk gereduceerde kostprijs duurzaam wonen mogelijk maakte. De Nederlandse consument kreeg iets te kiezen en koos massaal voor hout, niet alleen vanwege de prijs maar ook door woongenot en comfort. En dat de Nederlandse CO₂-heffing, de EU ETS en de verscherping van de MPG zo'n effect zouden hebben op de kostprijs van CO₂-intensieve materialen, dat hadden zelfs de pioniers van de houtbouw niet durven dromen.

DE INDUSTRIALISATIE VAN DE HOUTBOUW

Alle begin is moeilijk, en dat gold ook de voor Houten Revolutie. De fluctuerende vraag van de markt en de noodzaak om houtfabrieken zo optimaal mogelijk te laten produceren maakten opschaling lastig. Dit werd in de loop van 2021 opgelost toen meerdere opdrachtgevers (zowel publiek als privaat) hun projecten structureel gingen bundelden. Dit resulteerde in een gegarandeerde afzet voor houtproducenten, die een investeringsplan voor de lange termijn konden gaan ontwikkelen. Het tempo van de houtbouwproductie ging voortaan de realisatie en oplevering van woningen bepalen. Deze procesinnovatie trok het benodigde kapitaal aan voor een compleet nieuwe generatie fabrieken voor prefab bouwdelen.

Door de gegarandeerde afname van houten bouw materiaal groeide de vraag naar dit type bouwsysteem snel en was verdere schaalvergroting eenvoudig. Ook de bestaande prefab-industrieën

zagen deze trend ontstaan en begonnen in te spelen op de markt van hybride bouwelementen, zoals houten vloeren met een betonnen opstort voor akoestische demping. De halffabricaten die hiervoor nodig waren kwamen in eerste instantie vooral van traditionele houtproducenten als Oostenrijk, Duitsland en Scandinavië.

Om aan de toenemende vraag te kunnen voldoen werden er vanaf 2025 fabrieken in Nederlandse havens geopend waar biobased grondstoffen uit heel Europa konden worden verwerkt tot halffabricaten voor de Nederlandse én Europese markt. Om deze fabrieken te voorzien van grondstoffen wordt nu van diverse bronnen gebruik gemaakt. Duurzaam beheerde Nederlandse bossen voorzien in ongeveer 5% van het benodigde hout. Sloophout wordt gemixt met nieuw hout en verwerkt tot engineered wood zoals CLT, oftewel kruislaaghout. Productiehout uit Europese landen zonder grootschalige verwerkingsindustrie vindt over het water zijn weg naar de Nederlandse fabrieken.

Door het verdwijnen van de kolenoverslag uit Nederlandse havens en bedrijventerreinen kwam daar plek vrij voor houtopslag. De positie van Nederland als logistiek knooppunt zorgde voor een aanzienlijke groei van de aan- en afvoer per schip. Ook de locaties van de traditionele bouwindustrie werden omgebouwd. Waar ooit op grote schaal beton werd ge(pre)fabriceerd, worden nu vooral hybride biobased bouwelementen gemaakt. Draaiend op hernieuwbare energie, in hergebruikte fabriekshallen, prefabriceren ze nu lichtgewicht houten woonmodules.

BIOBASED BOUWMATERIALEN NEMEN EEN VLUCHT

We zijn nu tien jaar verder, en de bouwelementen zorgen voor een betrouwbare afzetmarkt van de biobased materialen die op steeds grotere schaal in Nederland worden geteeld. Grondstoffen als stro, vlas, lisdodde en hennep vervullen drie functies. Ten eerste bieden ze een economisch alternatief voor veehouders die door de verplichte reductie in stikstofemissies naar alternatieve inkomstenbronnen moesten zoeken. Ten tweede zorgen ze voor een grotere biodiversiteit en een verbetering van de resistentie tegen klimaatverandering, bijvoorbeeld in veengebieden waar verdere bodemdaling door aanplanting wordt

voorkomen. Ten derde nemen de gewassen tijdens de groei ook nog CO₂ uit de lucht op, die voor lange tijd wordt vastgelegd. Dit alles resulteert in klimaatneutrale of zelfs klimaatpositieve bouwmaterialen. Niet vreemd dat deze de norm zijn geworden voor nieuwe wet- en regelgeving.

De Houten Revolutie heeft geleid tot een nieuwe, zeer succesvolle industrie in Nederland. Nederlandse ontwerpers zagen vanaf het begin de mogelijkheden van hout en hebben zich het materiaal snel meester gemaakt. Dutch Design maakt opnieuw wereldwijd furore, ditmaal met de slimme combinatie van digitaal ontwerp, modulaire maakbaarheid en nieuwe oplossingen voor de circulaire economie. Dankzij de logistieke en technische kennis die in Nederland voorhanden is kon in de behoefte aan betaalbare, snel te realiseren woningen worden voorzien. Het betekende dat de high-tech maakindustrie een snelle omslag kon maken naar de bouw. Het resultaat is een internationaal opererende bouwsector die een significant lagere CO₂-uitstoot veroorzaakt en die snel kan voorzien in een grote vraag naar circulaire woningen. De industrialisatie heeft nieuwe banen opgeleverd met goede perspectieven en veilige en gezonde arbeidsomstandigheden.

Dit is één van de vier scenario's die in dit whitepaper geschetst worden als mogelijke richtingen voor de ontwikkeling van bouwen met hout en andere biobased materialen in Nederland tot 2030.

DE COMMUNITY OF PRACTICE HOUTBOUW

KANSEN EN UITDAGINGEN VOOR HOUTBOUW IN NEDERLAND

Houtbouw biedt grote kansen voor de bouwopgave in Nederland. Het is de ambitie van de Nederlandse bouwsector om tot 2030 jaarlijks 80.000 woningen bij te bouwen om een groeiend aantal huishoudens te kunnen bedienen en het huidige woningtekort van 3,2% te dichten.⁸ En dat terwijl er vanwege de stikstofproblematiek minder bouwvergunningen worden afgegeven, de bouwkosten stijgen, locaties en ruimte schaars zijn en er sprake is van een opeenstapeling van eisen.⁹ Schaarste van essentiële grondstoffen drijft prijzen verder op. Daar bovenop komen nog eens de uitdagingen als gevolg van de uitbraak van COVID-19.

Houtbouw biedt alle mogelijkheden om duurzamer, sneller, lichter, goedkoper en beter te produceren dan de traditionele bouw. Dat was de belangrijkste reden voor ons om in dit onderzoek nader te kijken naar bouwen met hout. Dit materiaal leent zich goed voor verschillende toepassingen en is ook nog eens klimaatpositief, omdat tijdens de groei van een boom in het hout CO₂ wordt opgeslagen. Intensiever gebruik van hout als bouw materiaal ligt dus voor de hand. Toch vervult hout op dit moment slechts een niche in de Nederlandse bouwsector.

Dit onderzoek dient om de (financiële) barrières te onderzoeken die grootschalig bouwen in hout tegenhouden. Wat zijn de kansen en de uitdagingen? Zijn de kosten van houtbouw hoger of lager dan die van de reguliere bouw en waar komt dat door? Wat zijn de knelpunten? Wat is het effect van de klimaatwetgeving om in het jaar 2030 een 55% reductie van CO₂-emissies te halen? En wat heeft de Nederlandse houtbouwketen nodig om structureel te kunnen opschalen? Met de antwoorden op al deze vragen wil de Community of Practice ('CoP') Houtbouw de weg wijzen naar een toekomst waarin hout en biobased materialen een essentieel onderdeel zijn van de circulaire economie.

DE COMMUNITY OF PRACTICE: EEN OPEN LEEROMGEVING

In deze CoP heeft een consortium samengewerkt om alle vragen zo goed mogelijk te kunnen beantwoorden. Daarbij heeft de woontoren HAUT, die momenteel in aanbouw is bij station Amsterdam Amstel, gediend als aanleiding en als casus. Alle betrokkenen uit het volledige productieteam achter HAUT hebben in de CoP hun expertise gedeeld. Dit zijn Lingotto (ontwikkelaar), Team V (architect), Arup (constructeur) en JP van Eesteren (aannemer). Hun ervaringen met het realiseren van een houten gebouw zijn aangevuld met expertise op het gebied van financiering (Invest-NL en ABN AMRO), de houtindustrie (Centrum Hout), milieueffectenberekeningen (NIBE) en de gemeentelijke overheid (Gemeente Amsterdam).

Voor verdere verdieping van bepaalde onderwerpen is met specifieke werksessies aanvullende expertise toegevoegd. Hier droegen de volgende partijen aan bij: TNO, Finch Buildings, Sustainer Homes, Holland Houtland, Lokaalhout, Rijksdienst voor Ondernemen, Amvest, Fien Wonen, BPD, AM, Provincie Utrecht, Noordelijk Innovatielab Circulaire Economie (NICE) en de Groene Huisvesters.

Een eerdere Community of Practice over de kansen van circulaire bouw en alternatieven voor de financiering en waardering, zijn te lezen in het rapport 'Building Value'.¹⁰

De kracht zit in de combinatie: goede ontwerpen maken gebruik van specifieke eigenschappen van bouwmaterialen. Hout waar het kan, beton waar het moet.

– **Mathew Vola**, director & property business unit leader Arup

Sfeerimpressie HAUT Amsterdam door Zwartlicht/TeamV

CASUS INTRODUCTIE: HAUT AMSTERDAM

Het iconische houten hoogbouwproject HAUT heeft als voorbeeld gediend om de hele keten aan tafel te krijgen om zo gedetailleerde inzichten te krijgen in de kansen en uitdagingen van houtbouw. Dat overleg heeft waardevolle dialogen en inzichten opgeleverd. Er is meer duidelijkheid ontstaan over de stand van zaken van houtbouw in Nederland, de kansen die geboden worden en de uitdagingen die overwonnen moeten worden. Ook heeft het overleg scenario's opgeleverd over hoe we de toekomst van houtbouw op grote schaal zien en wat daarvoor nodig is.

HAUT is de eerste hybride houten hoogbouwtoeren in Nederland. Het is een luxe woongebouw aan de Amstel dat op het moment van conceptie de hoogste houten woontoren van Europa was. HAUT is 73 meter hoog, telt 21 verdiepingen en bestaat uit 52 ruime appartementen.

HAUT is ook het nieuwe duurzaamheidsicoon van Amsterdam. Ecologische kenmerken zijn in de eerste plaats het gebruik van 2.800 m³ hout als voornaamste bouw materiaal. Verder beschikt HAUT over zonnepanelen op het dak en in de gevel, triple glass en milieuvriendelijke installaties. De groene daken worden geïrrigeerd door regenwater en er zijn vogelnesten voor gierzwaluwen, mussen en vlermuizen. Daarmee is HAUT het eerste woongebouw dat het hoogst haalbare duurzaamheidslabel voor gebouwen heeft behaald: BREEAM Outstanding.

HAUT is gebouwd als **hybride**, wat wil zeggen dat er een combinatie van hout en beton is gebruikt voor de constructie. Er is gekozen voor hybride bouw omdat daarmee de verschillende materiaaleigenschappen van hout en beton optimaal ingezet kunnen worden. De betonnen kern zorgt voor constructieve stabiliteit en stijfheid, de vloeren en de dragende wanden bestaan voor het grootste deel uit kruislaaghout (CLT oftewel Cross Laminated Timber). Alle houten onderdelen worden geprefabriceerd in een fabriek en op de bouwplaats als een nauwkeurig passende puzzel in elkaar gezet.

HAUT is een initiatief van projectontwikkelaar Lingotto en is ontworpen door Team V Architecten in samenwerking met Arup. De uitvoering wordt verzorgd door J.P. van Eesteren. Oplevering staat gepland voor medio 2021.

2 HOUT HEEFT DE TOEKOMST

DE SECTOR HEEFT EEN PROBLEEM

Het staat buiten kijf dat de huidige Nederlandse bouwsector een fikse ecologische voetafdruk achterlaat. Om de doelstellingen voor 2030 en 2050 op het gebied van klimaat en circulaire economie te halen moet er op een radicaal andere manier gebouwd worden. Momenteel gebruikt de bouw naar schatting 50% van alle grondstoffen van het Nederlandse totaal, veroorzaakt de bouw 40% van het afval en is verantwoordelijk voor circa 35% van de CO₂-uitstoot.¹¹ Ondertussen is de vraag naar woningen acuut en groot. Naar verwachting telt Nederland in 2035 18,8 miljoen inwoners die allemaal willen wonen. Dit vertaalt zich naar een vraag van in totaal 845.000 extra woningen in de periode 2020-2030.¹²

De vraag naar zoveel extra woningen brengt dilemma's mee. Hergebruik en recycling van traditionele bouwmaterialen alleen is niet voldoende. Daar is immers ook veel energie voor nodig. Circulair ontwerpen, met prefab-onderdelen die eenvoudig te (de-)monteren zijn, kan op lange termijn goede oplossingen bieden. Om echter op korte termijn CO₂-reductie te behalen zal ook naar de grondstoffen gekeken moeten worden. Onderzoek van de Ellen MacArthur Foundation heeft laten zien dat meer dan 50% van de CO₂-uitstoot veroorzaakt wordt door het produceren van bouw materiaal uit primaire grondstoffen.¹³ Door het gebruik van CO₂-intensieve bouwmaterialen als beton en staal fors te verlagen kunnen op termijn de klimaatdoelstellingen gehaald worden.

OMSCHAKELING BOUWINDUSTRIE

Hout en biobased grondstoffen zijn dus de toekomst voor de bouwsector. Grootschalige toepassingen ervan zijn in Nederland echter nog ver weg. Op dit moment worden er slechts 1.500 woningen per jaar in hout gerealiseerd.¹⁴ Een gemiste kans, want hout is uitermate geschikt voor fabrieksmatige productie van elementen die als een bouw pakket in elkaar kunnen worden gezet. Alleen door een toenemende en gegarandeerde vraag naar houtbouw zal de noodzakelijke omschakeling

van de bouwindustrie tot stand kunnen worden gebracht. Wetgeving speelt hierbij een cruciale rol. Extra belasting van CO₂-intensieve materialen en stimulering van het gebruik van duurzame grondstoffen leveren de financiële prikkels om succesvol over te schakelen. En ook de vraag naar houtbouw vanuit de eindgebruiker, de bewoners van toekomstig houten huizen, moet gestimuleerd worden. De voordelen van houtbouw en de nadelen van traditionele bouw moeten dus bredere bekendheid gaan krijgen.

DE SLEUTEL IS SAMENWERKING

Bouwen met hout heeft consequenties voor alle betrokken partijen, maar hoe precies is nog niet duidelijk. Samen optrekken in ontwikkeltrajecten en onderling kennis delen is essentieel voor het bereiken van schaalvergroting. Dit vraagt om samenwerking van alle betrokken partijen in de bouwsector, zowel partijen in de bouwketen – zoals ontwikkelaars, architecten, (onder)aanneemers en leveranciers als overheden, financiers, investeerders, taxateurs en andere betrokkenen bij vastgoedprojecten. Samenwerking is essentieel is voor het ontketenen van een Houten Revolutie.

HAUT was een avontuur, maar de volgende generatie projecten zal veel verder gaan. Wat fors gaat toenemen zijn lagere gebouwen die je volledig uit hout kunt optrekken. Daar kun je de voordelen maximaal toepassen.

– Rob Verhaegh , senior structural engineer Arup

3 INDUSTRIEEL BOUWEN MET HOUT

MEER EN SNELLER BOUWEN MET MINDER KLIMAATBELASTING

We hebben vastgesteld dat de vraag naar nieuwe woningen in combinatie met de ambitieuze klimaatdoelen van overheden de bouwindustrie voor een flinke uitdaging stelt. Industrieel bouwen, ook wel 'prefab bouwen' genoemd, wordt al jaren als beste oplossing gezien. De gehele bouw- en vastgoedsector is bekend met de voordelen van meer industrialisatie: het is duurzamer, goedkoper, sneller en levert woningen van hogere kwaliteit. In de woorden van Gert van Vugt, CEO Sustainer Homes: 'Door de combinatie van hout, circulariteit, digitalisering en het enorme woningtekort gaat ook de bouw eindelijk industrialiseren. Deze beweging van bouwplaats naar fabriek is nu niet meer te stoppen.'

Hoe werkt het? Industrieel bouwen houdt in dat bouwelementen in een fabriek geproduceerd worden en tot modules geassembleerd. Vervolgens worden de modules naar de bouwplaats vervoerd om daar eenvoudig en snel in elkaar te worden gezet. Volgens een onderzoek van ABN AMRO kan modulair bouwen het woningtekort in Nederland versneld oplossen. Toch wordt deze vorm van bouwen, die grotendeels in de fabriek plaatsvindt, nog maar mondjesmaat toegepast. Zonde, want momenteel is de arbeidsproductiviteit in de bouw laag door te weinig automatisering en standaardisering. Door modulaire bouw zou het aantal nieuwe woningen met 40 procent omhoog kunnen: van gemiddeld 58.200 die in de afgelopen vier jaar werden gebouwd naar wel 81.500 woningen.¹⁵

Bouwbedrijven en projectontwikkelaars hebben de afgelopen jaren stappen gezet om hun productiviteit te verbeteren en verspilling tegen te gaan. Industrieel bouwen in beton is nog niet doorgebroken, onder andere door het gewicht van prefab-beton en de beperkte flexibiliteit. Door over te schakelen op prefabdelen in hout als CLT (kruislaaghout), Glulam (gelamineerd hout) en LVL (niet kruislings verlijmd hout) krijgen bouwers een product in handen dat de potentie heeft om de gewenste industrialisatie in een stroomversnelling te brengen.

De vier voordelen van industrieel bouwen met biobased materiaal op een rij:

1. Bouwen met prefabdelen van biobased materiaal gaat sneller dan bouwen in beton, staal en baksteen. Het is lichter en kan met eenvoudige middelen in elkaar gezet worden. Niet alleen gaat daardoor de bouw tijd omlaag, op de bouwplaats is ook minder overlast van verkeer en geluid. Door industrialisatie kan de kostprijs van een woning omlaag. Schaalvergroting bij de productie van bouw materiaal brengt de prijs omlaag, net als standaardisatie, voorspelbaarheid en efficiëntie. Bouwplaatskosten worden lager en het percentage faalkosten (de fouten in het bouwproces¹⁶) neemt af. Op termijn zullen woningen gebouwd met industriële, biobased materialen goedkoper zijn dan bouwprojecten van beton en staal. Nu is dat veelal nog niet zo.
2. Biobased bouw materiaal is in tegenstelling tot staal en beton snel hernieuwbaar. Hout, vlas en hennep leggen tijdens de groei CO₂ uit de atmosfeer voor lange termijn vast, de zogenaamde biogene koolstofopslag. Productie ervan kent geen verspilling, elk onderdeel van een gerooide boom kan worden gebruikt. De CO₂-emissie die plaatsvindt tijdens de productie van biobased bouw materiaal (bijvoorbeeld door vervoer of het zagen en drogen van het hout) is veel lager dan de emissies die optreden bij de productie van staal en beton. Hierdoor kan de bouwsector onderdeel zijn van de oplossing voor de klimaatopgave.
3. Industrieel bouwen zorgt voor standaardisatie en maakt demontabel bouwen mogelijk. Dit betekent dat de materialen zonder waardeverlies aan het eind van de functionele levensduur kunnen worden hergebruikt op een andere locatie. Dit is een aanzienlijk aanvullend milieuvoordeel. Door de eenvoudige (machinale) verwerking lenen halffabricaten zich ook voor het tegenovergestelde: 'mass customisation'. Uit een plaat CLT is zonder extra kosten een veelvoud aan toepassingen te zagen.



Dit in tegenstelling tot prefab-beton, waar een bekisting vele malen hergebruikt moet worden om rendabel te kunnen zijn.

4. Industrialisatie van het bouwproces verhoogt de productiviteit per werknemer, zorgt voor betere werkomstandigheden en een veiliger bouwplaats en vormt zo een oplossing voor het tekort aan vakmensen, die hard nodig zijn voor de verduurzaming van de bestaande voorraad woningen.

Met zoveel voordelen kun je je afvragen waarom we in Nederland nog steeds met voornamelijk CO₂-intensieve bouwmaterialen werken. Dit komt omdat de omslag die nodig is in de bouwketen een andere manier van denken, werken en organiseren vraagt. Het vergt durf van de opdrachtgevers, kennisontwikkeling en -deling onder architecten, constructeurs en aannemers, en investeringen in de opleiding van vakmensen. En niet in de laatste plaats vraagt het om rendementsdenken op lange termijn van ontwikkelaars en financiers, zodat hout echt kan concurreren met staal en beton.

Het traditionele deel van de sector zal zeker tegengas geven. In het beste geval betekent dit dat staal, aluminium en beton door innovatie minder milieubelastend gaan worden. En vanuit de overheid is omarming nodig, door biobased bouwen in richtlijnen op te nemen als de nieuwe norm en daarmee een duidelijk signaal af te geven aan alle betrokken partijen.¹⁷

Zo kan houtbouw echt het klimaatverschil gaan maken.

Critici vragen zich af of we voor een houten gebouw niet te veel beton gebruiken. Ik vind dat als je nadenkt over duurzaamheid, je moet nadenken over de beste toepassingen van je materiaal. Met een laag beton op de houten vloerplaten bereik je eenvoudiger de benodigde massa voor de optimale akoestische demping.

– **Jeroen Dunnebacke**, projectmanager J.P. van Eesteren

WERK & VAARDIGHEDEN IN EEN CIRCULAIRE HOUTINDUSTRIE

Een Houten Revolutie biedt nieuwe kansen op de arbeidsmarkt. Van nieuwe banen in houtverwerking en prefabricage van bouwelementen tot de transformatie en bijscholing van huidige banen in land- en bosbouw, architectuur en stadsplanning. Ook automatisering (o.a. robotica) gaat werk opleveren, zowel bij productie als bij plaatsing.

INVESTERINGEN EN AANBESTEDINGEN

- Door bijscholing van investeerders en financiers over de voordelen van biobased bouwen kunnen biobased investeringen beter worden beoordeeld volgens een levenscyclusbenadering, met daarbij passende risico-opslagen die de voordelen van biobased bouwen meerekenen.

- Publieke opdrachtgevers moeten intern én extern samenwerken om het proces van aanvraag en goedkeuring van biobased ontwerpen te versnellen. Het bundelen van projecten en een betere coördinatie tussen opdrachtgevers en stedenbouwkundigen vraagt om begeleiding en training, waarmee deze nieuwe kennis bij publieke en private stakeholders wordt vergroot.

ONTWERP EN CONSTRUCTIE

- Door architecten vertrouwd te maken met het concept van modulariteit voor de gebouwde omgeving (ook wel mass customisation) zal deze beroepsgroep in hun ontwerpen sneller kiezen voor industrialisatie, demontage en de toepassing van biobased materialen.

- Kennis van het werken met gestandaardiseerde componenten, energiezuinige systemen en biobased materialen moet standaard onderdeel uitmaken van de gereedschapskist van de architect en constructeur.

- Werknemers in de hele bouwketen moeten worden bijgeschoold om met bouwwerk-informatie-modellen (BIM) te werken, waardoor de industriële aanpak van ontwerp, realisatie en beheer zal leiden tot lagere bouwkosten en verlaagde faalkosten.

BOUW EN MONTAGE

- Industrieel bouwen verschuift werk van de bouwplaats naar fabrieken, waar veelal in multi-inzetbare teams gewerkt wordt. Vergelijkbaar met werk in andere maakindustrieën biedt het kansen voor werknemers met veelzijdige vaardigheden.¹⁸ In fabrieken zijn de arbeidsomstandigheden veelal beter, door bescherming tegen weerscondities, ergonomische werkplekken en een gelijkblijvende reisafstand.

- De banen in fabrieken voor de bouw vertonen vergelijkingen met banen in andere maakindustrieën waarvan geleerd kan worden, bijvoorbeeld de autoindustrie.

- Het assembleren van bouwdelen tot woningen op de bouwplaats vraagt om training van kleine, gespecialiseerde ploegen met een breed palet aan vaardigheden.

- De verschuiving van bouwplaats naar een fabrieksomgeving moedigt diversiteit in de werknemerspopulatie aan, bijvoorbeeld voor vrouwen. Die zijn nu nog nauwelijks op de bouwplaats te vinden vanwege de vaak zware arbeidsomstandigheden of een gebrek aan veiligheid.

TOTAAL AANTAL BANEN

- Hoewel automatisering van de bouw de hoeveelheid arbeid per woning vermindert, wordt het totaal aantal banen dat verdwijnt beperkt doordat een geïndustrialiseerde bouwketen beter zal kunnen voldoen aan de groeiende vraag naar woningen. Ook zal er een verschuiving plaatsvinden naar duurzaam verbouwen in de bestaande voorraad. Industrieel wat kan, traditioneel wat moet.

- De groei van de totale werkgelegenheid gerelateerd aan prefabricage en houtbouw wordt ondersteund door cijfers en voorspellingen uit andere landen. In Duitsland, waar de verkoop van geprefabriceerde houten gebouwen tussen 2010 en 2016 met 41,8% is gestegen, is de werkgelegenheid in fabrieken van de bouwsector in dezelfde periode met 5,1% gestegen. In Schotland wordt voorspeld dat de groei van de prefab-industrie met 18% over een periode van vijf jaar vanaf 2020 gepaard gaat met een groei in werkgelegenheid van 2%. Hierbij is rekening gehouden met een toename in productiviteit en efficiëntie.¹⁹

VAN BOS TOT HUIS: DE HUIDIGE HOUTBOUWKETEN

De houtbouwketen begint in het bos, waar hout wordt geoogst. Vrijwel al het Nederlandse en Europese bos is ontwikkeld als productiebos, waarbij sinds de jaren '70 ook de ontwikkeling van natuur een steeds grotere rol speelt. In duurzaam beheerde bossen wordt minder hout geoogst dan dat er jaarlijks bij groeit, en wordt het bos beheerd om de biodiversiteit te versterken. Een deel van het geoogste hout wordt vervolgens in zagerijen en fabrieken via halffabricaten verwerkt tot bouwmaterialen.

In Nederland is grofweg 10% van het landoppervlak begroeid met bos. De overheid heeft als ambitie dit aandeel met 10% te laten groeien naar 407.000 ha in 2030. In de Nationale Bossenstrategie²⁰ wordt het multifunctionele karakter van het bos opgesomd: biodiversiteit, klimaatadaptatie en CO₂-opslag, recreatie en houtproductie. Prioriteit van het Nederlands bosbeheer is de natuurfunctie in stand houden en verdroging en verzuring tegengaan. Zo kan men een vitaal bos behouden dat daarnaast geschikt is voor houtproductie

HET BOS ALS GRONDSTOFFENLEVERANCIER

In de Bossenstrategie gaat de voorkeur uit naar een hoogwaardige inzet van het geoogste hout vanuit klimaatperspectief. Op deze manier blijft de in het hout vastgelegde CO₂ zo lang mogelijk opgesloten. Hoogwaardig is het gebruik van productiehout voor de bouwsector, voor grond-, weg en waterbouw en in de chemie. Laagwaardig is het gebruik als haardhout voor particulieren. De verwachte toename in de vraag naar hoogwaardig gebruik van hout vergroot de druk op de bosbouw en vraag om gegarandeerd en aantoonbaar duurzaam bosbeheer. Er is sprake van duurzaam beheer als de natuurwaarde gelijk blijft en er niet meer hout wordt geoogst dan er jaarlijks aangroeit.²¹

Onafhankelijk kennisinstituut Probos heeft recent een rapport uitgebracht over hoogwaardig houtgebruik in Nederland.²² Uit de ongeveer 400.000 hectare bos kan jaarlijks ongeveer 100.000 kubieke meter hout worden geoogst. Hiermee kunnen ongeveer 4.000 woningen in houtskeletbouw of 2.000 woningen in CLT worden gerealiseerd. Dit is slechts een fractie van de

benodigde 80.000 woningen die in Nederland jaarlijks gebouwd moeten worden om aan de vraag te voldoen. Om serieus op te schalen naar 80% biobased huizen is veel meer productiehout nodig. Hiervoor bestaan grofweg drie bronnen: Europees hout, rest- en sloophout en biobased materialen.

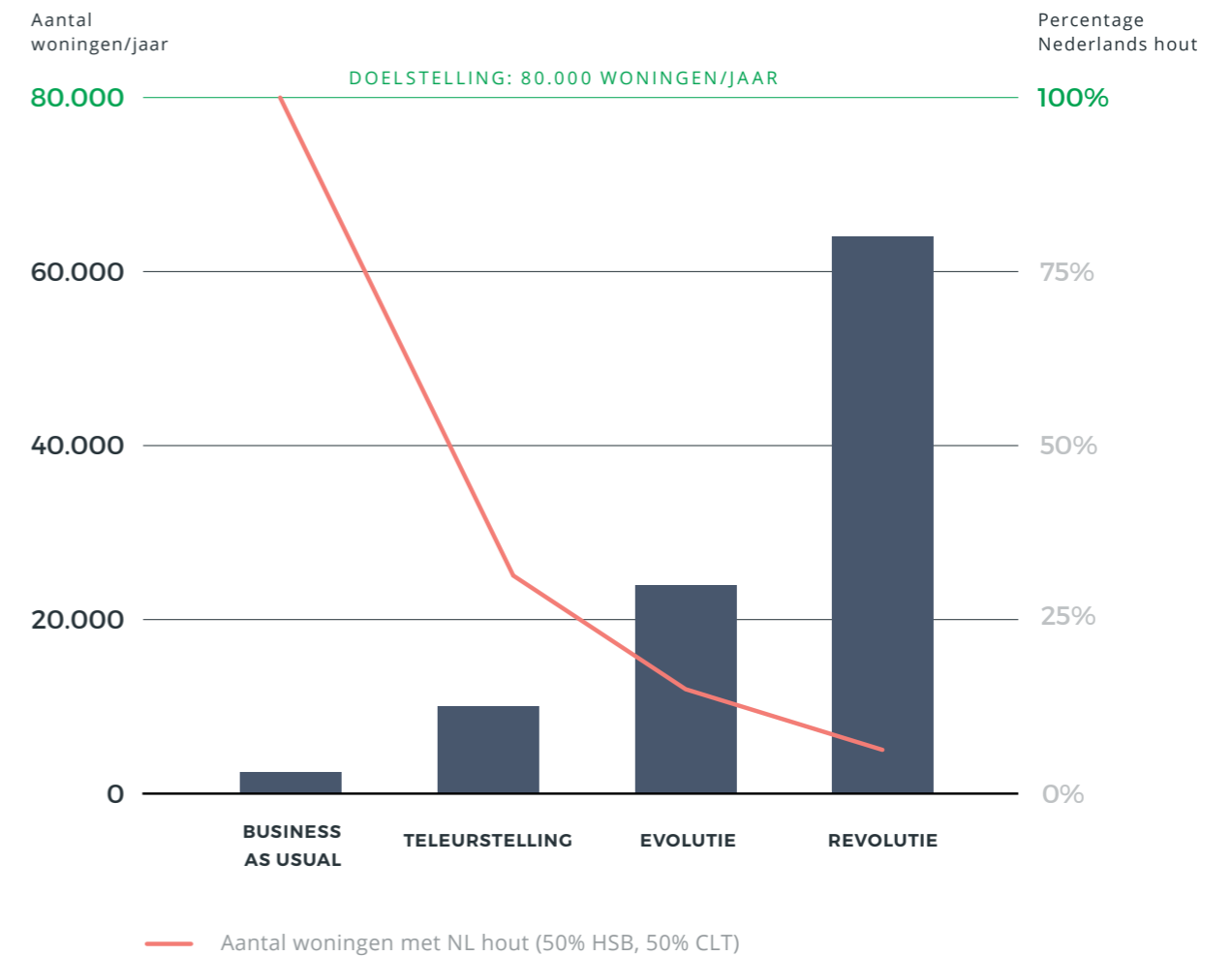
1. Hout afkomstig van andere Europese houtproducenten

In totaal is 38% van het landoppervlak van de 27 EU-landen plus het Verenigd Koninkrijk bedekt met bossen. Daarvan is meer dan 83% (134 miljoen hectare) beschikbaar voor houtoogst. De grootste Europese productielanden voor hout voor de bouwsector zijn Finland, Duitsland en Zweden. Ook hout uit Oostenrijk wordt regelmatig in Nederland toegepast. Naar schatting wordt in de EU jaarlijks gemiddeld 65% van de bijgroei van het bos geoogst.²³ Dit betekent dat van de hoeveelheid hout die jaarlijks aangroeit, slechts een deel wordt geoogst en dat de totale hoeveelheid bos dus toeneemt. Een verhoging van de oogst tot 80% van de bijgroei kan worden gerealiseerd zonder negatieve effecten op de natuurwaarde van de bossen. Hierdoor komt er jaarlijkse ongeveer 50 miljoen kubieke meter extra hout beschikbaar dat kan worden ingezet voor de bouw.

Als we ervan uitgaan dat de helft van de nieuw te bouwen biobased woningen in houtskeletbouw wordt uitgevoerd, en de andere helft in CLT, is gemiddeld 37,5 kubieke meter hout per woning nodig. Groeit het aantal biobased woningen van 1.500 naar 2.500

per jaar, is 100.000 kubieke meter productiehout nodig. Nederlandse bossen kunnen dit leveren. Kijken we echter naar het streven om 80 procent van 80.000 woningen in hout uit te voeren, wordt de behoefte plots een stuk groter: 2,4 miljoen m³ aan hout per jaar. In dat geval kan slechts vijf procent van die woningen met hout uit Nederland gebouwd worden. Afgezet tegenover de bijgroei die Europese bossen opleveren is die extra 95% echter een kleinigheid. Bij Nederlandse afname slinkt het Europese overschot slechts vijf procent. Dit lijkt realistisch en haalbaar. Figuur 1 laat voor alle vier de scenario's uit dit whitepaper zien wat de benodigde hoeveelheid Nederlands en Europees

FIGUUR 1: AANTAL WONINGEN IN HOUT/JAAR PER SCENARIO (2030)



hout is.

2. Resthout en sloophout verwerken in prefabdelen

Niet alleen vers productiehout kan verwerkt worden tot engineered wood. Ook hout dat vrijkomt bij sloop en houtsoorten als vuren kunnen na veredeling (bijvoorbeeld platoniseren) worden toegepast. Zelfs hout dat voorheen werd gebruikt voor biobrandstof kan zo hoogwaardig worden hergebruikt, als plaatmateriaal of grondstof voor CLT.²⁵

3. Andere biobased materialen toepassen

Een deel van het hout dat nu wordt verwerkt kan worden vervangen door andere biobased grondstoffen die sneller groeien, zoals hennep

en vlas.²⁶ Deze gewassen kunnen worden geteeld als agrarische producten. Hierdoor neemt de productiedruk op de bossen af en de diversiteit van het agrarische landschap toe. De materialen vormen ook een potentiële bron van inkomsten voor (Nederlandse) boeren als alternatief voor de stikstof-intensieve veeteelt. Verschillende start-ups en initiatieven zoals Holland Houtland zijn dit aan het verkennen en experimenteren met de mogelijkheden.²⁷

VAN HOUT TOT GEBOUW

Voordat er op een bouwplaats een houten gebouw kan worden gerealiseerd, zijn er een aantal stappen in de keten aan voorafgegaan. Architectuur en engineering zijn hierbij van groot belang, waarbij moet worden opgemerkt dat de kennis en ervaring in Nederland op dit gebied nog beperkt is. Wel is er

al veel interesse en wordt er veel in kennis omtrent houtbouw geïnvesteerd.

Op hoofdlijnen zien de stappen in de houtbouwketen voor Nederland er als volgt uit:

- **Zagerij:** In zagerijen wordt geoogst rondhout verwerkt tot planken en balken. Zagerijen bevinden zich normaliter dicht bij de productiebossen waar wordt geoogst. In Nederland is sprake van een versnipperd en kleinschalig netwerk van zagerijen met een beperkte capaciteit. De grotere zagerijen zijn de afgelopen tientallen jaren stuk voor stuk gesloten.
- **Productie halffabricaten:** De planken en balken kunnen in fabrieken worden verwerkt tot engineered wood zoals CLT of Glulam. We noemen dit halffabricaten. In Europa gebeurt dit momenteel door een zeer beperkt aantal bedrijven (vaak onderdeel van grote houtleveranciers) in voornamelijk Oostenrijk, Duitsland en Scandinavië. Plaatmateriaal waar Nederlands resthout (snippers) in wordt verwerkt komt hoofdzakelijk uit België.
- **Productie bouwdelen:** In timmerfabrieken voor prefabdelen worden de halffabricaten verwerkt tot bouwdelen zoals HSB, houtskeletbouw. Dit gebeurt volgens de tekeningen van architecten en constructeurs die in opdracht van projectontwikkelaars werken. Met de prefabdelen kan op de bouwplaats snel en efficiënt het gebouw in elkaar gezet worden, als betrof het legoblokken. In Nederland zijn een aantal van deze timmerfabrieken te vinden. Hier laten pioniers in houtbouw zoals Finch Buildings en Sustainer Homes in toenemende mate houten huizen fabriceren. Deze timmerfabrieken hebben jarenlange ervaring met HSB en werken in toenemende mate met producten als CLT en Glulam. Meer specialistische kennis, met name op het gebied van hybride elementen (zoals een combinatie van een betonnen bovenlaag op een CLT-paneel), ontbreekt in Nederland en wordt daardoor bij buitenlandse partijen gezocht en gehaald.
- **Bouwplaats:** Tot slot worden de prefab bouwdelen op de bouwplaats gemonteerd. Vaak verzorgen de partijen die de bouwdelen

produceren ook de installatie ter plekke. Door de beperkte kennis en ervaring in Nederland wordt die arbeid nu regelmatig door buitenlandse partijen ingevuld. In het geval van HAUT bijvoorbeeld, wordt de installatie verzorgd door de Duitse producent van de bouwdelen, Brüninghoff. Voorbeelden van partijen die de weg banen in Nederland zijn

Je volgende huis is van hout, demontabel, op maat gemaakt, en komt van de lopende band gerold.

– **Gert van Vugt**, CEO, Sustainer Homes

DE CO₂-UITSTOOT VAN DE BOUWMATERIALEN VAN EEN WONING

MILIEU PRESTATIE GEBOUWEN (MPG)

De MPG is een methode om de milieubelasting van een gebouw te bepalen. De input is de levenscyclusanalyse ('LCA') van de materialen die in het gebouw worden verwerkt, aan de hand waarvan de negatieve milieubelasting van bouwmaterialen wordt bepaald. Het resultaat van de MPG-berekening is de totale milieubelasting van het gebouw uitgedrukt in €/m². Per 1 januari 2021 voert het Ministerie van Binnenlandse Zaken een aanscherping door van €1,00/m² naar €0,80/m², waardoor ontwerpen moeten voldoen aan scherpere eisen. Naar verwachting daalt de MPG-eis geleidelijk naar €0,50 of lager in 2030.²⁸

DE LCA VAN HOUT

In de huidige methode om de LCA van een product te bepalen, wordt de CO₂ opname die plaatsvindt tijdens de groei van bomen en andere planten (de biogene koolstofopslag) niet meegerekend. Ook het zogenaamde "einde levensduur scenario" van hout is op dit moment in de LCA methode standaard op verbranden gezet, terwijl hout ook goed kan worden hergebruikt. Hierdoor scoort hout relatief minder goed dan verwacht zou mogen worden ten opzichte van andere bouwmaterialen, en is het toepassen van hout voor de MPG score minder effectief dan zou mogen worden verwacht.

TNO is in opdracht van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland een alternatief voor de huidige bepalingmethode aan het ontwikkelen, waarbij de biogene koolstofopslag wél in de LCA wordt meegerekend, en er wordt gekeken naar de effecten van hergebruik in plaats van verbranding.

Om deze methode op korte termijn effectief te laten zijn kan niet worden gewacht op Europese harmonisatie van de LCA-methode. Nederland zou hierop vooruitlopend wetgeving moeten maken om de biogene opslag mee te nemen. Een nieuwe versie van de rekensoftware voor de MPG zorgt ervoor dat dit technisch eenvoudig kan worden gedaan.



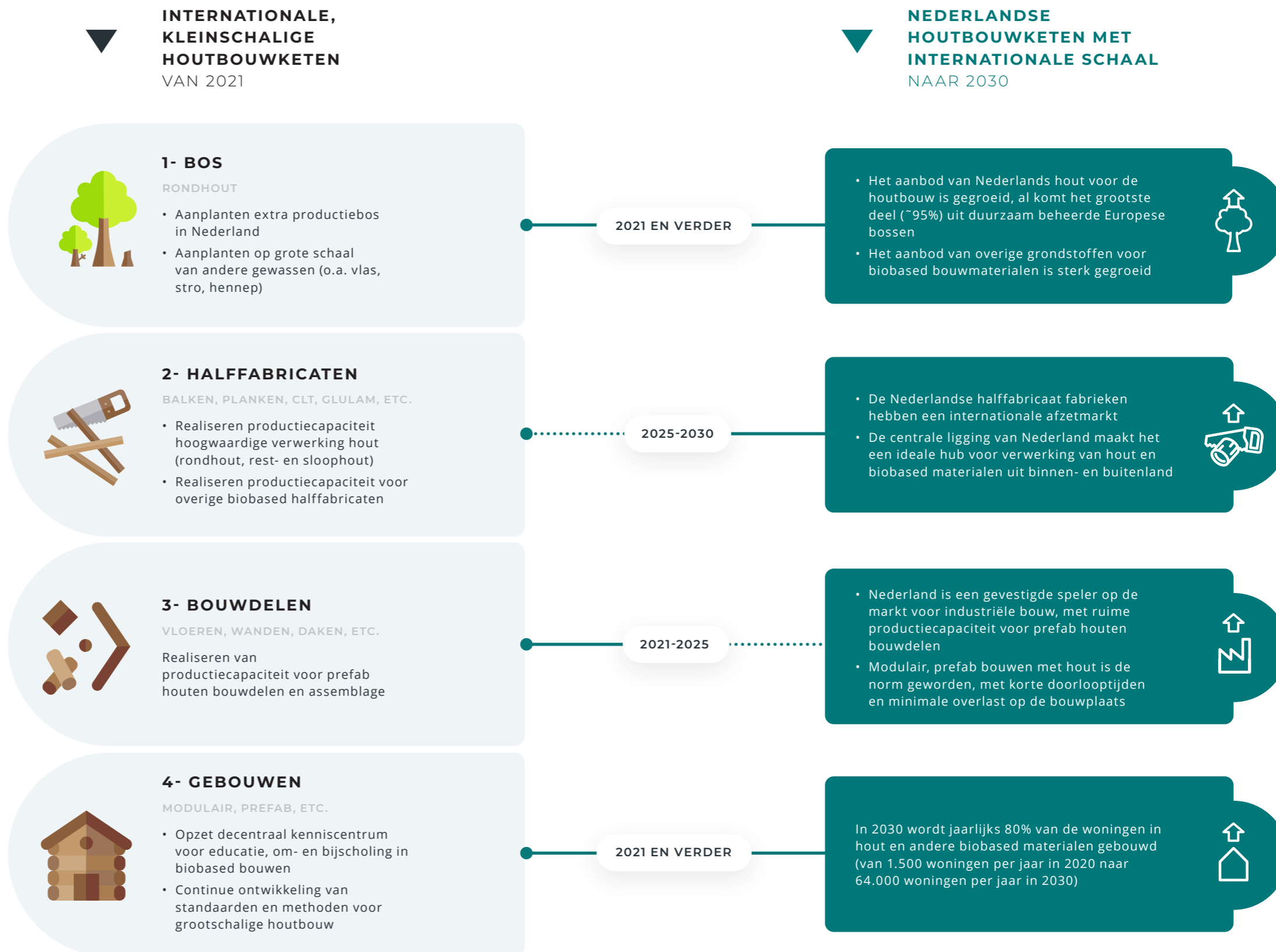
4 ROADMAP VOOR EEN FUNCTIONERENDE HOUTBOUWKETEN

VAN KLEIN NAAR GROOT:

De houtbouwketen in Nederland is momenteel niet in staat om op te schalen zonder de hulp van buitenlandse productiepartners. De voornaamste redenen zijn het beperkte aanbod van Nederlands productiehout dat geschikt is voor de bouwsector en een beperkte productiecapaciteit van halffabricaten (balken, CLT, Glulam, etc.) en bouwdelen (wanden, kozijnen, etc.) Kennis bij ontwerpende partijen en bouwers is zich aan het ontwikkelen in lijn met de langzaam toenemende vraag. Dit zal echter sneller moeten verlopen, gezien de huidige milieuproblematiek en de nijpende situatie op de Nederlandse woningmarkt.

Een Houten Revolutie in de bouw schept een gouden kans om in Nederland een sterke houtbouwketen te realiseren die op grote schaal houten gebouwen kan produceren. Dit is van grote ecologische, sociale en economische waarde. Ecologisch, door meer duurzame groei en de toepassing van biobased materialen. Sociaal, door onder meer toekomstbestendige banen. En economisch door de bloei van een bouwsector die nationaal en internationaal een rol speelt in een groeiende houtmarkt.

Om te komen tot een keten die op grote schaal houten woningen kan leveren - 64.000 woningen per jaar in het scenario voor een houten revolutie - is er een stap-voor-stapaanpak nodig, van bos tot gebouw. Grafisch ziet dat er zo uit:



TRAJECT BOS VAN 2020 TOT 2030

Door de verwachte toename van de vraag naar productiehout is de ontwikkeling van meer productiebos in Nederland wenselijk. Toch zal ook op termijn Nederlands hout slechts een klein (c. 5%) percentage uitmaken van de totale vraag naar hout voor woningbouw. De rest komt uit Europese landen met een grotere bijgroei. Wel kan de Nederlandse landbouw al op korte termijn worden ingezet om gewassen te telen die als grondstof dienen voor biobased bouwmaterialen als vlas, stro en hennep. Hiermee kunnen Nederlandse boeren aanvullende inkomsten genereren.²⁹

TRAJECT HALFFABRICATEN VAN 2025 TOT 2030

Er worden in Nederland nog geen halffabricaten voor de houtbouwsector geproduceerd, zoals kruislaaghout (CLT) of gelamineerd hout (Glulam). Toch kan en moet deze productiecapaciteit ook hier ontwikkeld worden. Het grondstoffenaanbod zal vooral bestaan uit hout van versnipperd bosareaal in Nederland en nabijgelegen landen, in combinatie met biobased materialen als vlas en hennep. Verwerking tot halffabricaten in nieuw te bouwen houtfabrieken draagt bij aan de vermindering van transportkosten en -uitstoot. De centrale ligging van Nederland maakt het ook mogelijk grondstoffen via het water uit nabijgelegen landen aan te voeren, en de halffabricaten uit te voeren.³⁰

TRAJECT BOUWDELEN VAN 2020 TOT 2025

Als we in Nederland de houtbouwketen willen opschalen, is de eerste stap het vergroten van de productiecapaciteit van houten bouwdeelen. Als de productie van houten bouwdeelen eenmaal staat, kan industrieel, modulair en prefab bouwen een vlucht nemen. De productie en assemblage zal plaatsvinden in speciaal te realiseren productiefaciliteiten. De in Nederland aanwezige kennis op het gebied van logistiek en automatisering (auto-industrie, ontwerpen in 3D-modellen) kan worden ingezet om automatisering en industrialisatie van de houtbouw mogelijk te maken. Dit maakt van Nederland een gevestigde speler op de markt voor industriële houtbouw op grote schaal.

TRAJECT GEBOUWEN VAN 2020 TOT 2030

Door de opschaling in de houtketen kan in 2030 zo'n 80% van de Nederlandse nieuwbouwwoningen in hout worden uitgevoerd. Om dit te ondersteunen vraagt om een decentraal kenniscentrum voor educatie, bijscholing en omscholing. Architecten en constructeurs moeten worden geschoold in het ontwerpen met en hergebruiken van hout als bouw materiaal. Opdrachtgevers moeten de voordelen van houtbouw leren herkennen. Bouwers moeten hun personeel trainen in het werken met hout op de bouwplaats. De overheid moet milieuwetgeving zo sturen dat circulair en biobased bouwen de meest logische optie voor een opdrachtgever is.

Ook noodzakelijk om de houtbouwketen naar volwassenheid te brengen is de continue ontwikkeling van normen, standaarden en bouwmethoden die grootschalige houtbouw algemeen geaccepteerd maken.



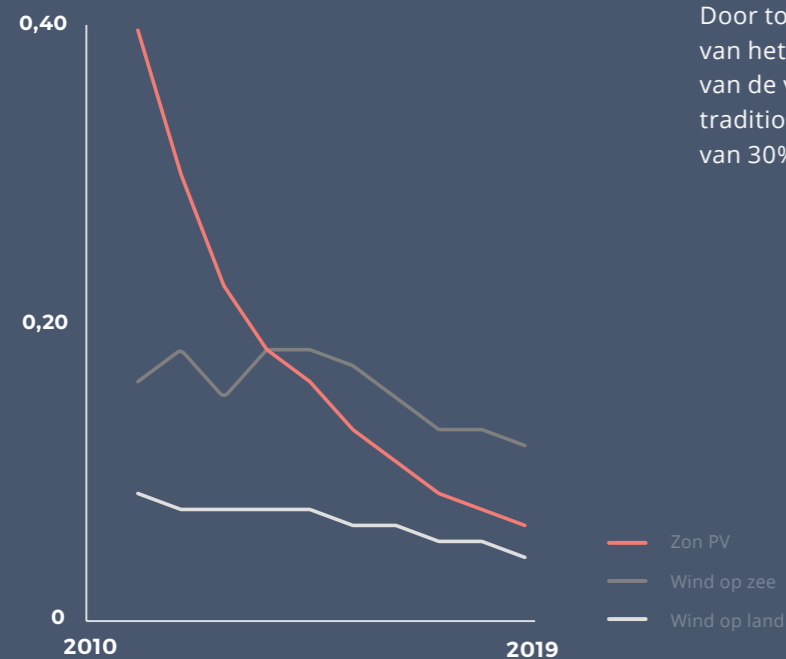
CASUS: INSCHATTING DALING KOSTPRIJS HOUTBOUW DOOR INDUSTRIALISATIE

De industrialisering en opschaling van houtbouw zal ertoe leiden dat de productiekosten in fabrieken en op bouwplaatsen dalen. Om een idee te krijgen van deze kostendaling is een analyse uitgevoerd naar andere ontwikkelingen waar, net als bij hout, CO₂-emissiereductie de aanleiding was voor de ontwikkeling en industrialisatie van innovatieve producten.

1. HERNIEUWBARE ENERGIE

Duurzaam opgewekte energie is de afgelopen tien jaar steeds goedkoper geworden. Door de sterk toegenomen vraag naar hernieuwbare energie van zonnepanelen en windturbines kon de prijs van groene stroom significant dalen. Een methode om de kosten van het opwekken van zonne- en windenergie te meten is via LCOE, Levelized Cost of Energy. Die is tussen 2010 en 2019 gedaald met respectievelijk 80% voor zonne-energie, 40% voor windenergie op land en 29% voor windenergie op zee (zie figuur 2 'Wereldwijd gemiddelde Levelized Cost of Energy (USD/kWu)').³¹

FIGUUR 2: WERELDWIJD GEMIDDELDE LEVELIZED COST OF ENERGY (USD/KWU)



2. INDUSTRIËLE HOUTBOUW IN DE VERENIGDE STATEN

In de Verenigde Staten heeft het bouwbedrijf Katerra de bouwsector flink op weten te schudden door het gehele bouwproces, waaronder die in hout, te industrialiseren. Door gebruik te maken van de nieuwste technologie is een hooggeautomatiseerd proces ontwikkeld waarin modulaire bouwdelen, voornamelijk van CLT, in een fabriek worden gemaakt en op de bouwplaats worden gemonteerd. Het geïndustrialiseerde proces en de reductie van verspilling op de bouwplaats heeft geleid tot een kostendaling van ongeveer 30%.³²

EERSTE ONTWIKKELINGEN IN NEDERLAND

Ook in Nederland is de opschaling van de houtbouw-industrie inmiddels gestart. Onder meer bouwbedrijf TBI heeft plannen gepresenteerd om modulair bouwen 'haalbaar en betaalbaar' te maken via HOUTbaar. De eerste drie prototypes zijn, in samenwerking met TheNewMakers en Sustainer Homes in november 2020 geplaatst in Rotterdam.³³ Een ander voorbeeld is Hotel Jakarta dat sinds 2019 in Amsterdam staat. De 176 modules, die in de houtbouwfabriek van Ursem Modulaire Bouwsystemen (Wognum) in 2,5 maanden werden geproduceerd, zijn in 4 weken gestapeld tot het huidige hotel.³⁴

Door toenemend aanbod, verdere optimalisatie van het productieproces en de verwachte toename van de vraag door verhoging van de prijs van traditionele bouwmaterialen, is een kostendaling van 30% in 10 jaar realistisch.

5 IMPACT KLIMAATWETGEVING OP BOUWMATERIALEN

HET KLIMAATAKKOORD EN CO₂-BELASTING

Op 28 juni 2019 heeft het kabinet het Klimaatakkoord gepresenteerd, met meer dan 600 afspraken op sectorniveau om de uitstoot van broeikasgassen aan banden te leggen. In de begeleidende kamerbrief wordt aangehaald dat dit een opgave is die om internationale samenwerking vraagt, immers 'Klimaatverandering houdt zich niet aan landsgrenzen'.³⁵ Houtbouw kan zeker bijdragen aan de reductie van CO₂ in de bouw- en vastgoedsector. Een actief klimaatbeleid van de overheid, wat resulteert in meer regels voor CO₂-reductie in de bouw, zal bijdragen aan innovaties in de traditionele sector en kansen voor de houtbouw.

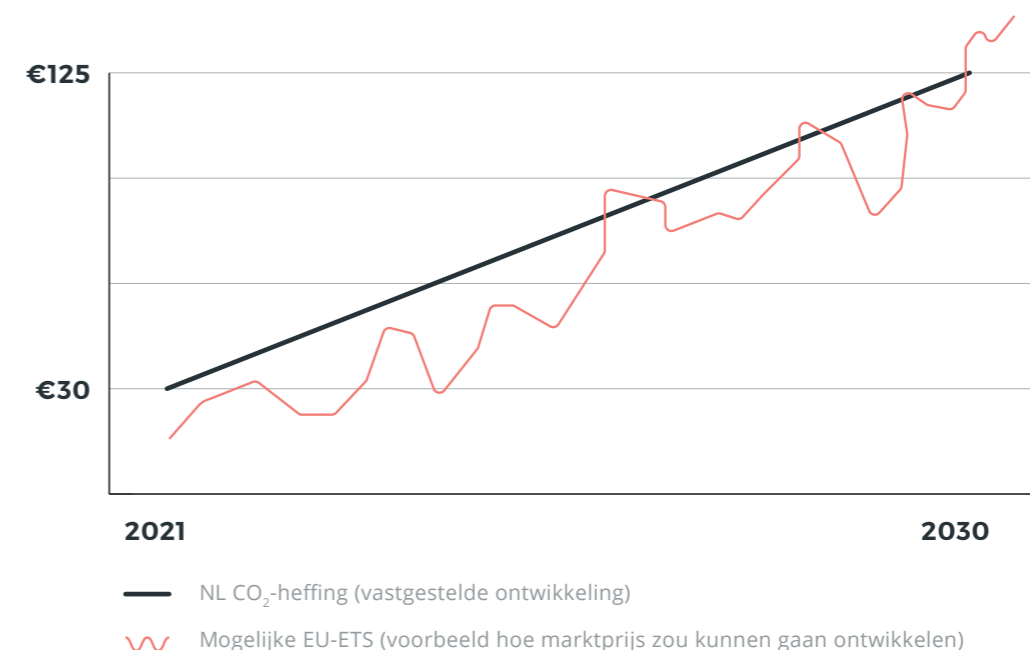
Naast de MPG (zie box 'De CO₂-uitstoot van de bouwmaterialen van een woning') is een ander instrument dat de Nederlandse en Europese overheden gaan toepassen om de klimaatdoelstellingen te bereiken een CO₂-belasting. Dit heeft als doel om de kosten van CO₂-uitstoot mee te nemen in de besluitvorming van bedrijven, bijvoorbeeld voor investeringen of inkoop.

De heffing is een expliciete prijs die organisaties moeten betalen voor de uitstoot van broeikasgassen zoals CO₂.³⁶ Nederland voert de heffing in per 1 januari 2021, als bodembedrag onder het reeds bestaande Europese emissiehandelssysteem bekend als de EU ETS (European Emission Trading Systeem, zie pagina 10).³⁷

Waar de EU ETS een fluctuerende marktprijs heeft, zal de Nederlandse heffing een lineaire stijging laten zien. Vanaf 2021 betalen Nederlandse bedrijven (enkele uitzonderingen daargelaten) minimaal €30 per ton uitgestoten CO₂, oplopend tot €125 per ton in 2030. Het bedrag dat aan de Nederlandse overheid wordt afgedragen is gelijk aan de Nederlandse CO₂-heffing min de EU ETS heffing die aan Europa moet worden afgedragen. Indien de EU ETS prijs hoger is dan de Nederlandse CO₂-heffing vervalt de Nederlandse heffing. De figuur 'Ontwikkeling van NL CO₂-heffing en EU ETS' op (zie onderstaande grafiek) laat zien hoe de CO₂-belasting zich de komende jaren kan gaan ontwikkelen.³⁸

In bijlage 1 is een lijst opgenomen van Nederlandse bedrijven die bouwmaterialen produceren en onder de EU ETS vallen.

FIGUUR 3: ONTWIKKELING VAN NL CO₂-HEFFING EN EU-ETS



FINANCIERING IN DE TOEKOMST AFHANKELIJK VAN CO₂-VOETAFDRUK

Financiële instellingen kunnen en zullen steeds meer invloed uitoefenen op de CO₂-voetafdruk van ondernemingen. Dat doen ze door de CO₂-voetafdruk van ondernemingen mee te wegen bij hun investeringsbeslissingen en door in dialoog te gaan over de CO₂-voetafdruk van ondernemingen waarin ze beleggen of die ze financieren. Dat gegeven vormt de basis van het Platform Carbon Accounting Financials (PCAF). Dit is een van de eerste initiatieven waarin financiële instellingen samenwerken aan vermindering van de CO₂-uitstoot. Tijdens de klimaatconferentie van Parijs in 2015 beloofden de eerste PCAF-deelnemers, in de Dutch Carbon Pledge, zich samen in te zetten voor het klimaat. Nieuwe deelnemers onderschrijven bij deelname deze belofte.³⁹

MONDIALE CO₂-HEFFING

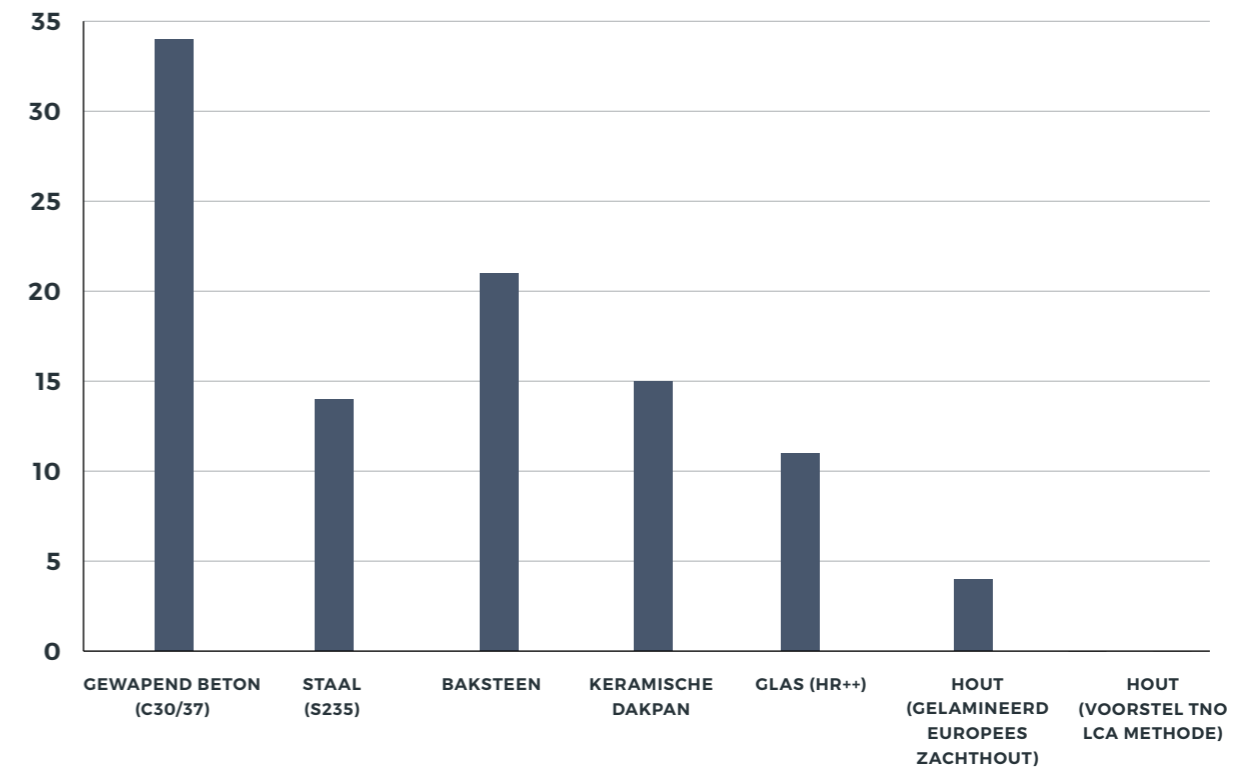
In het ideale geval wordt CO₂-uitstoot wereldwijd belast. De praktijk is echter anders. Bedrijven in landen met een CO₂-prijs ondervinden daardoor een concurrentienadeel, waardoor in sommige gevallen CO₂-intensieve industrie verplaatst naar landen zonder CO₂-heffing. Hierdoor neemt de CO₂-uitstoot niet af, maar 'lekt' weg naar andere landen. Om dit negatieve effect te voorkomen, krijgen veel internationaal opererende bedrijven nu een korting op hun CO₂-belasting. Op Europees niveau wordt daarom gewerkt aan een grensbelasting: het Carbon Border Adjustment Mechanism. CO₂-emissies die plaatsvinden in het productieproces buiten Europa worden daarmee aan de buitengrenzen van de EU voorzien van een heffing gelijk aan de in Europa geldende heffing. Hierdoor vervalt het concurrentienadeel voor productie in landen binnen de Europese Unie en de kortingen die dat moeten voorkomen.

Samenvattend: als alle beleidsplannen wetgeving worden, zal de EU ETS gaan stijgen en zullen uitzonderingsposities vervallen. Hierdoor zal de heffing op het uitstoten van CO₂ in 2030 stijgen tot €125/ton zoals vastgelegd in de Nederlandse CO₂-heffing, of een bedrag (ver) daarboven, mocht de EU ETS verder stijgen.

DE IMPACT VAN CO₂-HEFFING OP KOSTPRIJZEN

De belasting op de uitstoot van CO₂ zal in de komende jaren effect gaan hebben op de kostprijs van bouwmaterialen. Om een beeld te krijgen hoe groot dit effect is, is een analyse uitgevoerd op een aantal veel voorkomende bouwmaterialen. (zie figuur 4, 'Toename kostprijs materialen door CO₂-heffing van €125/ton CO₂') Door CO₂-emissie data uit de NIBE-database te koppelen aan kostprijsdata afkomstig van adviesbureau IGG, kan een goede inschatting worden gemaakt van de impact. Voor iedere ton CO₂-emissie is de actuele kostprijs van een ton van het materiaal met €125 verhoogd.

FIGUUR 4: GEMIDDELDE TOENAME KOSTPRIJS MATERIELEN
DOOR CO₂-HEFFING VAN €125/TON CO₂ (IN %)



Opmerkingen:

- De CO₂-heffing kan hoger uitkomen dan €125/ton indien de EU ETS harder stijgt dan de Nederlandse CO₂-heffing.
- De CO₂-heffing kan lager uitkomen dan €125/ton indien uitzonderingsposities voor internationaal opererende industrie blijven bestaan.
- In het model is geen rekening gehouden met innovaties die de CO₂-emissies van productieprocessen van bijvoorbeeld staal en cement zou kunnen verlagen.
- Voor hout zijn twee resultaten gegeven. Eén op basis van de huidige LCA-methode waarbij geen rekening wordt gehouden met de biogene koolstof opslag, één waarbij dit wel is gedaan zoals wordt voorgesteld in de studie van TNO. Een mogelijk versterkend effect is niet meegenomen: potentieel komen bossen in

aanmerking als CO₂-compensatie onder het EU ETS, waardoor bedrijven die te veel CO₂-emissies veroorzaken deze kunnen compenseren door te investeren in de aanplant en/of bescherming van bossen. Hierdoor zou de kostprijs van hout verder kunnen dalen.

Zie Bijlage 2 voor een uitwerking van deze berekening.

6 SCENARIO'S VOOR DE ONTWIKKELING VAN DE HOUTINDUSTRIE

De toekomst voorspellen is moeilijk, ook in het geval van de bouwsector. Wel is zeker dat de innovatie van de bouw richting grotere duurzaamheid doorzet. Het gevolg is dat we onder toenemende druk van meer duurzaamheid in regelgeving en een grotere vraag naar duurzaamheid anders tegen materiaalgebruik zullen aankijken. Naast innovatie van bestaande CO₂-intensieve materialen als beton en staal zal er meer nadruk komen te liggen op hergebruik en inzet van biobased materialen.

De daadwerkelijke uitwerking van de klimaatdoelstellingen van de Nederlandse en Europese overheden zijn op hoofdlijnen beschreven, maar nog niet in detail vastgelegd in wetgeving. Wel staat vast dat de Europese Green Deal⁴⁰ impact zal hebben op de sectoren bouw en vastgoed. Houtbouw is een markt in ontwikkeling. De kosten-baten analyse is nog onduidelijk en incompleet, onder meer vanwege de huidige afwezigheid van circulaire indicatoren en de geringe invloed van CO₂ in de kostprijs.

Er bestaat dus onzekerheid over wat precies de industrialisatie van het biobased bouwproces aan kostenbesparing gaat opleveren, terwijl er wel grote veranderingen en dito investeringen nodig zijn om dit traject door te zetten. Hoe gaan we dan toch uitkomen bij een meer duurzame en circulaire toekomst in hout? De urgentie om versneld alternatieven te onderzoeken en daadwerkelijk toe te gaan passen wordt onderstreept door de voortdurende woningnood en crises zoals de stikstof-, klimaat- en grondstoffencrisis.

Eerder zijn in deze whitepaper een viertal scenario's geïntroduceerd waarin CoP en partners vier verschillende routes naar 2030 hebben uitgestippeld. Deze scenario's geven een beeld van wat haalbaar en schaalbaar is onder verschillende omstandigheden. De ontwikkelingen in de scenario's zijn waar mogelijk onderbouwd vanuit onderzoek- en beleidsdocumenten en zijn aangevuld met expert opinions, terug te vinden in de noten.

In bijgaande grafiek worden de scenario's geplaatst langs twee assen die de belangrijkste factoren van invloed op de toekomst van hout- en biobased bouwen vertegenwoordigen. De horizontale as toont de invloed van milieuwet- en regelgeving, de verticale as de industrialisatie van het houtbouwproces. We zullen de effecten van deze factoren nader toelichten.

Milieuwetgeving: minimaal effect

Het effect van de Nederlandse en Europese milieuwetgeving blijkt in 2030 minimaal en heeft als gevolg daarvan de prijzen van traditionele bouwmaterialen ten opzichte van 2020 nauwelijks veranderd. De grenswaarde van de MPG is niet verlaagd, het blijft rendabel om met traditionele materialen te werken. De EU ETS is niet hard genoeg gestegen omdat er teveel weerstand vanuit de CO₂-intensieve industrie en sommige EU-landen was. Een CO₂-heffing op goederen van buiten de EU is er nooit gekomen. De gehoopte stijging in de vraag naar biobased materialen is door dit alles uitgebleven.

Milieuwetgeving: maximaal effect

De traditionele bouwmaterialen zijn in 2030 inmiddels zo zwaar belast als gevolg van milieuwetgeving dat ze uitsluitend nog worden toegepast als biobased alternatieven niet beschikbaar zijn. De MPG-grenswaarde is verlaagd naar €0,25 per vierkante meter en de LCA-methode waarmee een eerlijk milieuprofiel van bouw materiaal kan worden samengesteld wordt algemeen gehanteerd. De vraag naar hout en overige biobased materialen is door deze ontwikkeling explosief gegroeid.

Industrialisatie: minimaal effect

De gehoopte totstandkoming van een volwaardige Nederlandse, industriële houtbouwketen is in 2030 uitgebleven. Er is door de spelers in houtbouw nauwelijks geïnvesteerd in schaalvergroting. Architecten, constructeurs en aannemers zijn bouwen in biobased materialen blijven negeren, en nieuwe partijen hebben zich niet aangediend. De Nederlandse bosbouw heeft zich door de uitgebleven vraag naar meer productiehout niet kunnen ontwikkelen. Mede daardoor is de kostprijs van hout en andere biobased materialen niet gedaald en bleef het aandeel nieuwe houten woningen beperkt tot ongeveer 2.500 per jaar.

Industrialisatie: maximaal effect

De Nederlandse houtbouwketen is volwassen geworden. Schaalvergroting heeft de kostprijs van industriële houtbouw met dertig procent laten dalen. Houtkennis onder architecten en constructeurs is toegenomen, net als de publieke en private vraag naar houten woningen. Die vraag heeft geleid tot een volwaardige bedrijfstak voor de productie van houten bouwelementen. Ook de teelt van biobased materialen is gegroeid, net als de import vanuit het buitenland. De traditionele betonindustrie legt zich steeds meer toe op het produceren van hybride bouwelementen, die een succesvol exportartikel zijn.

DE 4 SCENARIOS VOOR DE ONTWIKKELING VAN HOUTBOUW IN NEDERLAND

SCENARIO 1: HOUTEN REVOLUTIE

De impact van wetgeving op CO₂-intensieve materialen is zodanig groot gebleken dat opdrachtgevers en aannemers versneld op zoek zijn gegaan naar een alternatief: biobased materialen als hout, vlas en hennep. Investeerders en ondernemers hebben hier op tijd op geanticipeerd door met veel kapitaal een Nederlandse industrie op te bouwen die kan voldoen aan de vraag. Daardoor is ook de kostprijs van deze materialen verder gedaald. Het vliegwiel is aangezet en de biobased revolutie is niet meer te stoppen. Van de 80.000 woningen die jaarlijks worden gebouwd is in 2030 minimaal 80% grotendeels in biobased materialen uitgevoerd.

SCENARIO 2: HOUTEN EVOLUTIE

Mede op basis van aangekondigde wet- & regelgeving die biobased materialen zoals hout een voordeel zouden moeten geven, is er sinds 2020 op grote schaal geïnvesteerd in de industrialisatie van bouwen in hout en andere biobased materialen. Hierdoor is de kostprijs van die materialen significant omlaag gegaan, is de kwaliteit beter geworden en heeft prefabricage zijn voordeel op de bouwplaats bewezen. Hoewel de impact van wet- & regelgeving achter is gebleven, is bouwen met deze producten gemeengoed geworden in Nederland en is het aandeel gestegen tot 20-30% van de totale markt, ongeveer 25.000 woningen op jaarbasis.

Industrialisatie houtindustrie

		<i>Uitgelicht scenario, zie pagina 14-15</i> Hoog	
	2	1	
	Houten evolutie	Houten revolutie	
	Business as usual	Houten teleurstelling	
	4	3	
Laag			

Impact milieuwetgeving

SCENARIO 3: HOUTEN TELEURSTELLING

Hoewel de vraag naar alternatieven voor CO₂-intensieve bouwmaterialen sterk is toegenomen door de stijging in de kostprijs vanwege verhoogde CO₂-belastingen, is de Nederlandse houtindustrie niet in staat geweest om aan deze stijgende vraag te voldoen. De houtbouwindustrie is nog steeds versnipperd en kleinschalig en kan in 2030 opdrachtgevers en architecten slechts voorzien van ongeveer 10.000 woningen per jaar. Een deel van dit probleem wordt opgelost door elders in Europa extra bouwdeelen in te kopen. De grote afstand tot de bouwplaats heeft echter een kostprijsverhogend effect, waardoor traditionele materialen toch nog steeds grootschalig worden toegepast.

SCENARIO 4: BUSINESS AS USUAL

De economische situatie na de COVID-19 pandemie heeft het investeringsklimaat in de Nederlandse bouw negatief beïnvloed. Er hebben nauwelijks investeringen plaatsgevonden in de industrialisatie van de houtindustrie in Nederland. Daarnaast hebben Nederlandse en Europese politici onder invloed van de lobby van de CO₂-intensieve industrie de CO₂-wetgeving afgezwakt. Daardoor hebben prijsprikkels die alternatieve materialen moesten stimuleren niet het beoogde resultaat opgeleverd. De toepassing van biobased materialen is hierdoor sinds 2020 nauwelijks toegenomen. Alleen hout wordt regelmatig toegepast, zij het voor slechts een klein deel van de markt: ongeveer 2.500 woningen per jaar.

7 WAT IS ER NODIG VOOR EEN HOUTEN REVOLUTIE?

HET DILEMMA VAN VRAAG EN AANBOD

De Houten Revolutie zoals die in deze whitepaper geschetst wordt is vanuit de klimaatdoelstellingen bezien het beste scenario. Het voorziet in de mogelijkheid om op grote schaal betaalbare woningen van hoge kwaliteit te realiseren. Bovendien zal de bouwtijd kort zijn, voor weinig overlast zorgen en financieel haalbaar zijn. Logisch dat bouwen met hout en andere biobased materialen in de strategie van vrijwel alle grote ontwikkelaars en woningbouwcorporaties staat. Ook past het naadloos binnen de klimaatdoelstellingen van de Nederlandse overheid.

De voorbeelden van houtbouwprojecten in Nederland en internationaal (zie bijlage 3, 'Voorbeeldprojecten in hout') zijn veelbelovend, aantrekkelijk en prijswinnend. Ze tonen de mogelijkheden, zijn het tastbare bewijs dat het kan en maken dat de bewoners tevreden zijn over hun houten woning, ook in de sociale huursector. Zo ontstaat een nieuwe golf van voorbeeldprojecten, waarin weer meer partijen de mogelijkheden van houtbouw gaan onderzoeken. Dit alles draagt bij aan de leercurve en de opschaling die noodzakelijk zijn om de pilotfase van houtbouw achter ons te laten.

Toch is het geen zekerheid dat het gewenste scenario zich daadwerkelijk zo gaat ontwikkelen. Schaalvergroting is cruciaal en om deze te bereiken moeten we eerst een kip-ei dilemma doorbreken. Elk aanbod creëert een vraag, wordt gezegd. Maar het opzetten van productiecapaciteit voor grootschalige houtbouw is kapitaalintensief, en financiers willen graag de zekerheid van een gegarandeerde vraag en een bewezen product. Maar grootschalig aanbesteden van houten woningen is nu lastig omdat er nog niet voldoende houtproductiebedrijven bestaan en het product nog weinig in het echt gezien kan worden. Hoe kunnen we de noodzakelijke schaalvergroting van de houtbouwketen tot stand brengen?

DE RANDVOORWAARDEN VAN SCHAALVERGROTING IN DE HOUTBOUW OP EEN RIJ

- **Kennis:** Er moet beter worden samengewerkt om kennis te ontwikkelen over de wijze van het opstellen van een programma van eisen, risicobeheersing en de ondersteuning van de keten. Hier moeten opdrachtgevers, architecten, constructeurs, inkopers en aannemers onder vallen. Kennisopbouw is nodig om de voordelen te kunnen benutten en de risicoperceptie te verlagen. Als de keten voldoende kennis heeft en de onderdelen op elkaar kunnen vertrouwen, is houtbouw hét alternatief voor (woning)bouw.
- **Flexibiliteit:** Net als in de energietransitie moet er over traditionele grenzen worden heen gestapt. Niet alleen technische programma's van eisen, maar ook stedenbouwkundige plannen moeten flexibeler worden zodat hout als bouw materiaal niet wordt uitgesloten of benadeeld door regels passend bij bestaande bouwmethoden.
- **Communicatie:** Heldere communicatie over de middellange- en langetermijneffecten van de MPG en CO₂-heffing moet alle partijen in de bouw bereiken, zodat er nu al geanticipeerd kan worden op toekomstige prijzeffecten.
- **Vraag:** Woningbouwcorporaties en gemeenten kunnen vanwege hun grote opgave en langetermijnperspectief een belangrijke rol spelen. Ze dienen hun vraag in de eerste ontwikkelfase te bundelen tot projecten van 100-200 woningen in totaal, en die projecten samen in de markt te zetten. Indien deze verspreid over een langere periode kunnen worden geleverd, krijgen houtbouwproducenten de kans om te investeren in optimalisatie en tegelijkertijd om in een haalbaar tempo te leveren. In Nederland hebben we, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de Verenigde Staten, geen sterke traditie van houtbouw. De bewoner moet dus ook aan het idee wennen. Als er meer projecten worden voltooid krijgen 'consumenten' meer aansprekende voorbeelden en tastbaar bewijs dat houtbouw kan en goed is. Dit zal het vertrouwen versterken en de vraag verder versnellen.

- **Investerings:** Ontwikkelaars moeten samen met investeerders afspraken maken over de investeringen in houtbouwfabrieken die het mogelijk maken om projecten van 40-50 woningen te realiseren. Hierdoor zal het houten businessmodel voor ontwikkelaars een stuk aantrekkelijk worden. Hier bestaan al mooie voorbeelden van die als inspiratie kunnen dienen, zoals project Fien Wonen;⁴¹
- **Openbare ruimte:** Tot slot kan de vraag naar houtbouw bekeken worden vanuit het perspectief van de bredere openbare ruimte, door bundeling met o.a. grond-, weg-, en waterbouw. Dit kan bijdragen aan het vergroten van de vraag naar en kennisontwikkeling van werken met houten materialen en producten.⁴²

INVESTEREN EN KANSEN

Wat kan bijdragen om deze transitie te laten slagen is meer bundeling van kennis en krachten. Dat kan bijvoorbeeld bij een nationaal platform dat aansluit op één van de vele innovatieplatformen die Nederland rijk is, en waar hout ook een plek verdient. Een plek waar publiek en privaat samenkomt, voor opdrachtgevers en opdrachtnemers. Dit platform kan over een periode van enkele jaren de belangen van alle betrokken partijen inventariseren en zich richten op het in kaart brengen van de belemmeringen die als eerste moeten worden weggenomen. Een dergelijk platform kan de huidige ambassadeurs van houtbouw, zij die vooroplopen en duidelijk laten zien wat er al kan, nadrukkelijk in de schijnwerpers plaatsen. Op deze manier wordt een bijdrage geleverd aan het centraal opbouwen en beschikbaar maken van kennis en trainingen, met als einddoel om iedereen een eigen plek te helpen vinden in een toekomstbestendige bouwsector.

Naast kennisopbouw en geslaagde experimenten en houtbouwprojecten vraagt de houten revolutie om ondernemers, investeerders en financiers die de potentie van houtbouw in klinkende munt vertalen naar kansen en mogelijkheden op de lange termijn. De markt is wat dat betreft zijn werk al aan het doen. Het aantal houten projecten in ontwerp is snel aan het stijgen, net zoals de fraaie voorbeelden die gerealiseerd zijn en worden.

Innovaties zijn echter moeilijker te financieren, dat weet elke ondernemer. Innovaties zijn nieuw en

onbekend en moeten vaak nog een markt maken. Daarom worden ze door financiers als risicovol gezien. Dat telt ook voor de nieuwe generatie houtbouw in engineered wood.

Momenteel zijn houten bouwprojecten en houtbouwfabrieken daardoor moeilijker te financieren dan traditionele bouwprojecten en -fabrieken. Dat is omdat vermeende risico's als gebrek aan vraag en ervaring en de kans op ontwikkelfouten en haperende verdienmodellen leiden tot een hogere risico-opslag. Wanneer in schaalvergroting wordt geïnvesteerd, komen kennisontwikkeling en ervaring op gang, nemen de kosten af en daarmee de risico's en voorzieningen. We zitten middenin een transitie, die via verdere innovatie en opschaling leidt naar de Houten Revolutie.

VRAAG ONTMOET AANBOD

Om de Houten Revolutie echt van de grond te krijgen is het nodig om een brug te slaan tussen vraag en aanbod. Door te investeren in fabrieken waarmee de capaciteit van zowel houten halffabricaten, houten bouwelementen en assemblagehallen voor houtmodules wordt vergroot, krijgen opdrachtgevers meer vertrouwen dat het aanbod voor houtbouw gegarandeerd kan worden. Dit stimuleert weer ontwikkelaars en constructeurs om met hout te werken en zo ervaring op te doen, waarmee de kwaliteit en bouwsnelheid zullen gaan stijgen. Bij die schaa sprong horen ook schaalvoordelen zoals efficiëntie en kostenverlaging. Dit wederzijds versterkende effect kan dan bijdragen aan de ontwikkeling naar een volwassen houtbouwketen, die de benodigde zekerheden kan bieden aan de financiers, voldoende rendement voor de investeerders en duurzame waarde creëert voor eigenaar en bewoner.

Een belangrijke succesfactor is om al in een vroeg stadium samen te werken, dat geldt ook voor de financiering. Zoals ABN AMRO al in een vroege fase betrokken was bij de ontwikkeling en structurering van HAUT. In projectfinanciering zijn financiers nodig die mee willen doen aan duurzaam pionieren en daarom ook meer risico durven te nemen op voorbeeldprojecten als HAUT. Inzicht en kennis verkleinen de risicoperceptie en verlagen de financieringskosten. Dat vergroot de kans op een haalbare casus.

En het creëert toenemend vertrouwen in de toekomst van houtbouw. Als alle partijen op één lijn liggen en de mooie voorbeelden toenemen, is de Houten Revolutie geen mooi ideaal maar een bestendige realiteit.

DE BUSINESS CASE VAN BOOM TOT BOUW

Wanneer in 2030 de Houten Revolutie inderdaad een feit is, zullen pakweg 64.000 woningen per jaar (zo'n 80% van de vraag) uitgevoerd worden met hout en andere biobased materialen. Hierdoor kan sneller en schoner gebouwd worden, wat een besparing in kosten én een reductie in CO₂ oplevert.

Het proces van boom tot bouwplaats loopt grofweg via bosbouw, drogerij en zagerij naar de productie van CLT en de fabricage van bouwelementen. Die moeten vervolgens nog bewerkt worden om samengevoegd te eindigen in een module: een appartement of een woning. Logischerwijs kan het complete traject – van het bomen rooien tot en met het vervaardigen van op maat gemaakte CLT-platen – het beste plaatsvinden in de buurt van het bos. Boomstammen transporteren is zwaar en inefficiënt, maatvasten platen laten zich veel makkelijker verplaatsen.

Gezien de beperkte opbrengst van de Nederlandse productiebossen zullen hier op kleine schaal houten halffabricaten gemaakt worden. Daarvoor zijn grote partijen als bijvoorbeeld de Fins-Zweedse bosbouwonderneming Stora Enso veel beter uitgerust. Zij investeren in volledige CLT-productielijnen zo dicht mogelijk bij hun bossen. Zo heeft Stora Enso recent een uitbreiding aangekondigd van een CLT-productielijn in Tsjechië, een investering van 79 miljoen euro. De hele faciliteit kan op jaarbasis 120.000 m³ hout verwerken levert daarmee voldoende CLT voor circa 2.400 appartementen en of woningen.

Wanneer de bouwdelen in Nederland geassembleerd worden zal dit tot een aanzienlijke werkgelegenheid leiden. In assemblagehallen worden van de elementen modules gemaakt, die vervolgens op de bouwplaats gemonteerd worden tot appartementen of woningen. De productie van 2.400 woningen vergt een montagehal en -terrein van circa 20.000 m², kostprijs 10 miljoen euro. Nederland zal voor een houten scenario van circa 64.000 woningen per jaar ongeveer 25 van dit soort

montagelocaties nodig hebben, wat een totale investering vergt van circa 250 miljoen euro. Hierin is niet meegenomen de waarschijnlijke transformatie van traditionele productiefaciliteiten, zoals die van prefab-beton, naar houtbouw. Dit zou een logische ontwikkeling zijn, gezien de verwachte groei van de houtbouwindustrie en de daarmee gepaard gaande krimp van traditionele industrieën.

Het financiële rendement van houtbouw mag dan nu nog lastig te bepalen zijn, wanneer we het businessmodel uitdrukken in CO₂-equivalenten is succes verzekerd. Wie deze kans pakt zet de champagne alvast koud: de Houten Revolutie in de woningbouw komt eraan. Een Houten Eeuw kan beginnen.

Om interessant te zijn voor ontwikkelaars moeten fabrieken binnen korte tijd 40-50 woningen kunnen produceren.

– Maarten Markus, projectmanager duurzaamheid, AM Vastgoed

BIJLAGE 1 - SELECTIE VAN BOUW GERELATEERDE NEDERLANDSE BEDRIJVEN VALLEND ONDER DE EU ETS

Onderstaande lijst bevat bedrijven die met traditionele bouwmaterialen bouwen en als gevolg van de EU ETS een prijsstijging in productie kunnen verwachten. Gegevens komen van de Nederlandse Emissieautoriteit, september 2020, Bijlage 1 van het nationaal toewijzingsbesluit broeikasgasemissierechten 2013-2020 kenmerk IENM/BSK-2013/226553.

VERGUNNING NUMMER **IDENTIFICATIE NUMMER NIM** **NAAM INSTALLATIE**

NL-200400283	NL000000000000134	AGC Flat Glass Nederland B.V.
NL-200400098	NL000000000000124	Almatis B.V.
NL-200400079	NL000000000000147	Aluminium Delfzijl B.V.
NL-200400292	NL-new-NL-200400292	Aluminium en Chemie Rotterdam B.V.
NL-200800061	NL-new-NL-200800061	Asfalt Centrale BAM (ACB)
NL-200800065	NL-new-NL-200800065	Asfalt Centrale Harderwijk
NL-200800067	NL-new-NL-200800067	Asfalt Centrale Limburg (ACL)
NL-201100053	NL-new-NL-201100053	Asfalt Centrale Nijkerk (ACN) B.V.
NL-201000061	NL-new-NL-201000061	Asfalt Centrale Stedendriehoek (ACS) B.V.
NL-201000110	NL-new-NL-201000110	Asfalt Centrale Utrecht
NL-201000111	NL-new-NL-201000111	Asfalt Fabriek Roermond (AFR)
NL-200800062	NL-new-NL-200800062	Asfalt Productie Amsterdam (APA) B.V.
NL-201100052	NL-new-NL-201100052	Asfalt Productie De Eem (APE) B.V.
NL-200800064	NL-new-NL-200800064	Asfalt Productie Doetinchem
NL-201000113	NL-new-NL-201000113	Asfalt Productie Hoogblokland
NL-201000114	NL-new-NL-201000114	Asfalt Productie Kootstertille B.V.
NL-201000062	NL-new-NL-201000062	Asfalt Productie Maatschappij (APM)

NL-201000116	NL-new-NL-201000116	Asfalt Productie Nijmegen (APN) B.V.
NL-200800063	NL-new-NL-200800063	Asfalt Productie Rotterdam Rijnmond (APRR) B.V.
NL-201000118	NL-new-NL-201000118	Asfalt Productie Westerbroek
NL-200800066	NL-new-NL-200800066	Asfaltcentrale Lelystad
NL-201000107	NL-new-NL-201000107	Asfaltcentrale Overbetuwe (ACOB) B.V.
NL-201000108	NL-new-NL-201000108	Asfaltcentrale Rivierenland
NL-201000117	NL-new-NL-201000117	Asfaltproductie Rasenberg Wegenbouw B.V.
NL-200800038	NL-new-NL-200800038	Asfaltproductie Regio Amsterdam B.V. (ARA)
NL-201000119	NL-new-NL-201000119	Avery Dennison
NL-200700114	NL0000000000000256	B.V. Steenfabriek Hedikhuizen
NL-201000120	NL-new-NL-201000120	Brabantse Asfalt Centrale (BAC)
NL-200400114	NL0000000000000257	B.V. Steenfabriek Huissenswaard
NL-200400121	NL0000000000000258	B.V. Steenfabriek Spijk
NL-201100058	NL-new-NL-201100058	Caldic Chemie B.V.
NL-200400146	NL000000000000123	Croda Nederland B.V.
NL-200400302	NL000000000000146	E-max Aluminium Remelt
NL-200400077	NL000000000000110	Emerald Kalama Chemical
NL-200400082	NL000000000000142	ENCI B.V., vestiging Ijmuiden
NL-200400006	NL000000000000143	ENCI B.V., vestiging Maastricht
NL-200700060	NL0000000000000312	Forbo Flooring B.V.
NL-200700095	NL0000000000000363	Gouda Refractories B.V.
NL-201000122	NL-new-NL-201000122	Haagse Asfalt Centrale (HAC)
NL-200800071	NL-new-NL-200800071	Heijmans Infra B.V. Asfaltcentrale Heijmans Amsterdam
NL-200800073	NL-new-NL-200800073	Heijmans Infra B.V. Asfaltcentrale Heijmans 's-Hertogenbosch
NL-200800074	NL-new-NL-200800074	Heijmans Infra B.V. Asfaltcentrale Heijmans Venlo
NL-200800075	NL-new-NL-200800075	Heijmans Infra B.V. Asfaltcentrale Heijmans Zwijndrecht
NL-200400271	NL000000000000141	Kleiwarenfabriek De Bylandt B.V.
NL-200700076	NL0000000000000218	Kleiwarenfabriek Façade Beek
NL-200700077	NL0000000000000333	Kleiwarenfabriek Joosten Kessel B.V.

NL-200700145	NL-new-NL-200700145	Koninklijke Mosa B.V., locatie vloertegelafabriek
NL-200700036	NL0000000000000339	Koninklijke Mosa B.V., locatie Wandtegel
NL-200800076	NL-new-NL-200800076	Koudasfalt Staphorst
NL-200800077	NL-new-NL-200800077	KWS Infra B.V., Asfalt Centrale Eindhoven
NL-200800072	NL-new-NL-200800072	KWS Infra B.V., Asfalt Centrale Roosendaal
NL-200400034	NL-new-NL-200400034	Lafarge Gips B.V.
NL-200400239	NL-new-NL-200400239	Monier Tegelen B.V.
NL-200400238	NL-new-NL-200400238	Monier Woerden B.V.
NL-200700168	NL0000000000000404	Nievelsteen B.V.
NL-200800078	NL-new-NL-200800078	Noordelijke Asfalt Productie (NOAP) B.V.
NL-201000127	NL-new-NL-201000127	Ooms Producten B.V.
NL-200800079	NL-new-NL-200800079	Owens Corning Veil Netherlands B.V.
NL-200400225	NL0000000000000136	PPG Industries Fiber Glass B.V.
NL-200400020	NL0000000000000139	Rockwool Lapinus Productie B.V.
NL-200700106	NL0000000000000251	Rodruza, steenfabriek de Zandberg
NL-200700105	NL0000000000000250	Rodruza, steenfabriek Rossum B.V.
NL-200400015	NL0000000000000114	SABIC Innovative Plastics B.V. BKG 1
NL-200400015a	NL0000000000000114a	SABIC Innovative Plastics B.V. BKG 2
NL-200400236	NL0000000000000138	Saint-Gobain Construction Products Nederland B.V.
NL-200400110	NL0000000000000122	Shin-Etsu PVC B.V. Locatie Botlek
NL-200400186	NL0000000000000144	Tata Steel IJmuiden B.V. BKG 1
NL-200400186a	NL0000000000000144a	Tata Steel IJmuiden B.V. BKG 2
NL-200500009	NL0000000000000305	Trespa International B.V.
NL-201100013	NL-new-NL-201100013	Wienerberger B.V. Dakpannenfabriek Janssen Dings
NL-200700153	NL0000000000000268	Wienerberger B.V. Steenfabriek Heteren
NL-200700158	NL0000000000000270	Wienerberger B.V. Steenfabriek Kijfwaard West
NL-200700157	NL0000000000000273	Wienerberger B.V. Steenfabriek Poriso
NL-200700126	NL0000000000000261	Wienerberger B.V. steenfabriek Bemmelen
NL-200700161	NL0000000000000277	Wienerberger B.V. steenfabriek de Wolfswaard
NL-200700129	NL0000000000000264	Wienerberger B.V. steenfabriek Doorwerth

NL-200700130	NL0000000000000265	Wienerberger B.V. steenfabriek Erlecom
NL-200700132	NL0000000000000267	Wienerberger B.V. steenfabriek Haaften
NL-200700154	NL0000000000000269	Wienerberger B.V. steenfabriek Kijfwaard Oost
NL-200700156	NL0000000000000272	Wienerberger B.V. steenfabriek Nuance
NL-200700163	NL0000000000000274	Wienerberger B.V. steenfabriek Schipperswaard
NL-200700159	NL0000000000000275	Wienerberger B.V. steenfabriek Thorn
NL-200700162	NL0000000000000278	Wienerberger B.V. steenfabriek Zennewijnen
NL-201100014	NL-new-NL-201100014	Wienerberger dakpanfabriek Narvik Deest
NL-201100015	NL-new-NL-201100015	Wienerberger dakpanfabriek Narvik Tegelen
NL-200400125	NL0000000000000077	WKC De Eendracht B.V.
NL-200400224	NL0000000000000148	Zeeland Aluminium Company N.V.

BIJLAGE 2 – IMPACT CO₂-HEFFING OP KOSTPRIJS BOUWMATERIALEN

Om een inschatting te maken van de impact van de CO₂-heffing is gebruik gemaakt van de expertise en data van twee organisaties met databases voor milieu- en kostendata:

NIBE milieuclassificaties (www.nibe.org)
IGG Bouweconomie Database (www.igg.nl)

De volgende stappen zijn doorlopen om tot de volgende resultaten te komen:

1. Selectie van 'producten' in de beide databases die passen bij de producten die in het onderzoek zijn opgenomen (cement, gewapend beton, staal, baksteen, keramische dakpan, HR++ glas en hout).
2. Vaststelling CO₂-emissie per ton materiaal (in kg CO₂-equivalenten) voor de LCA modules A1-A5 (winning, productie en transport naar de bouwplaats). Hiervoor zijn Functionele eenheden omgerekend tot kg. De milieugegevens zijn berekend met AUTOTWIN v6.70 (www.nibe.org), data gebaseerd op Ecolnvent 3.4. Voor cement is het profiel CEM I NL 52,5 R uit de Nationale Milieudatabase aangehouden.
3. Vaststelling kostprijs in Euro voor het materiaal per ton (prijspeil Q3 2020), uitgaande van een bandbreedte van materialen met een lage en een hoge kostprijs in de IGG Bouweconomie Database.
4. Verhogen van de kostprijs met een CO₂-heffing van €125/ton CO₂-emissie.

			PRODUCT						
			CEMENT	GEWAPEND BETON	CONSTRUCTIES TAAL	BAKSTEEN	KERAMISCHE DAKPAN	GLAS (HR++)	HOUT (GELAMINEERD EUROPEES ZACHTHOUT)
			CEM I NL 52,5 R (NMD)	Breedplaatvloer (dikte 200 mm)	plaatmateriaal interieurbouw	Baksteen-metselwerk	Dakpan, keramisch; 75 mm overlap	HR++ isolatieglas in aluminium frame	Europees zacht hout; gevingerlast / gelamineerd; db
NIBE milieu classificaties	Element Code		nvt	23.02	22.23	21.01	47.05	31.04	32.01
	Milieu classificatie tabel		nvt	verdiepingsvloer (overspanning van 5,4 m)	plaatmateriaal interieurbouw	binnenspouwblad	dakbedekking hellend dak	deur (buitengevel)	deurkozijn (binnen)
	Gewicht		1000,0	507,4	5,5	185,8	44,7	33,5	2,8
	Dichtheid [kg/m ³]		2000	2400	7800	1800	3000	2500	500
	Global Warming Potential [kg CO ₂ -eq]	per Functionele Eenheid	1188	141,9	14,8	46,9	22,8	61,5	1,6
	per ton	1188	280	2719	253	510	1838	556	
	per m ³	2376	671	21211	455	1529	4596	278	
IGG Bouweconomie	uitgangspunten voor kostprijsberekening		cement in zakken van 25 kg; met selcement; bron Bouwkosten.nl	beton C30/37; wapening FeB 500; bron: Database IGG Bouweconomie	S235; regulier balkstaal; bron: Database IGG Bouweconomie	waalformaat (220x110x6mm), halfsteens; bron: Database IGG Bouweconomie	Koramic OVH; 2.7 kg/st; kleine projecten; bron: Database IGG Bouweconomie	HR++, d = 9 mm; bron: Database IGG Bouweconomie	constructiehout; HSB; bron: Database IGG Bouweconomie
	kostprijs laag [€/ton]		€ 130	€ 99	€ 1,600	€ 115	€ 369	€ 1,822	€ 1,400
	uitgangspunten voor kostprijsberekening		cement in zakken van 25 kg; CEM I 52,5 N; bron Bouwkosten.nl	beton C35/45; wapening FeB 500; bron: Database IGG Bouweconomie	S355; kokerprofiel; bron: Database IGG Bouweconomie	waalformaat (220x110x6mm), wildverband; bron: Database IGG Bouweconomie	Koramic OVH; 2.7 kg/st; grote projecten; bron: Database IGG Bouweconomie	HR++, d = 11 mm; bron: Database IGG Bouweconomie	constructiehout; CLT; bron: Database IGG Bouweconomie
	kostprijs hoog [€/ton]		€ 292	€ 107	€ 4,500	€ 230	€ 533	€ 2,327	€ 3,000

	MATE- RIAAAL	CEMENT	GE- WAPEND BETON	STAAL	BAKSTEEN	KERAMISCHE DAKPAN	GLAS (HR++)	HOUT (GELAM- INEERD EUROPEES ZACHTH- OUT)	HOUT (VOORS- TEL TNO LCA METH- ODE)
ton CO ₂ emissie/ ton product		1.188	0.280	2.719	0.253	0.51	1.838	0.556	0
Ton CO ₂ emissie/ m ³ product		2.376	0.671	21.211	0.455	1.529	4.596	0.278	0
Dichtheid kg/m ³		2,000	2,400	7,800	1,800	3,000	2,500	500	500
CO ₂ - heffing/ ton CO ₂		€ 125	€ 125	€ 125	€ 125	€ 125	€ 125	€ 125	€ 125
Actuele Kostprijs/ ton product	Laag	€ 130	€ 99	€ 1,600	€ 115	€ 369	€ 1,822	€ 1,400	€ 1,400
	Hoog	€ 292	€ 107	€ 4,500	€ 230	€ 533	€ 2,327	€ 3,000	€ 3,000
Kostprijs 2030/ ton product	Laag	€ 278	€ 134	€ 1,940	€ 146	€ 432	€ 2,052	€ 1,470	€ 1,400
	Hoog	€ 441	€ 142	€ 4,840	€ 261	€ 597	€ 2,557	€ 3,070	€ 3,000
kostprijs steiging 2030 vergeleken met actueel	Laag	115%	35%	21%	28%	17%	13%	5%	0%
	Hoog	51%	33%	8%	14%	12%	10%	2%	0%

BIJLAGE 3 – VOORBEELDEN PROJECTEN IN HOUT

Houtbouw wordt onterecht bestempeld als een experimentele of risicovolle bouwmethode. Door heel Nederland - van grote steden zoals Groningen tot kleine dorpen zoals Harkstede - staan inmiddels woonwijken waar hout in verwerkt zit, meestal in de vorm van HSB. De grootste beweegreden voor deze keus is altijd duurzaamheid in de vorm van CO₂-opslag, maar ook stijl en comfort gelden als motivatie. Hieronder enkele voorbeelden van projecten in hout die al gerealiseerd zijn of gepland staan voor de nabije toekomst, van laag- tot hoogbouw in woningen en utiliteitsgebouwen.

WONING GRONDGEBONDEN:



Vasalishof

In het Vasalishof in Culemborg staan rijtjeshuizen, gebouwd met HSB en triplex vloeren.⁴³ De huizen staan sinds 2000 en laten de duurzame natuur van houtbouw goed zien.



Velve-lindenhof

In de wijk Velve-Lindenhof in Enschede staan 211 huizen met een HSB-constructie. De woningen staan sinds 2012⁴⁴ en worden door bewoners positief beoordeeld. In de huizen gaan duurzaamheid en comfort goed samen.⁴⁵



Plant je vlag

Plant je vlag in Nijmegen is een project van massief houtbouw.⁴⁶ Naast CLT wordt hier ook gebruik gemaakt van houtvezelisolatie en wordt de gevel bekleed met thermisch verduurzaamd hout.



SAWA

SAWA wordt het eerste houten gebouw in Rotterdam. De woontoren heeft mede door het gebruik van hout en groen een duurzaam uiterlijk en moet voor diversiteit in het centrum van Rotterdam zorgen. Er wordt voornamelijk gebruik gemaakt van vurenhout uit Scandinavië. De CLT-methode zal toegepast worden om de vloeren, wanden en daken te maken.⁴⁷



Provast

Ontwikkelaar Provast wil naast het Centraal Station van Rotterdam een houten woontoren van 140 meter neerzetten, Tree House. De houthybride met 275 appartementen heeft een bijzonder ontwerp, met uitstekende houtbekleedde balustrades die aan de buitenkant van het gebouw verbonden zijn door trappen. Geplande oplevering 2024.



Patch22

Patch22 werd gebouwd in 2009 in Buiksloterham, Amsterdam.⁴⁸ Het gebouw heeft een houten draagconstructie en is ca. 30 meter hoog. Mede hierdoor is het gebouw energieneutraal.



Monnickendam

In Monnickendam bouwt Finch Buildings aan 62 appartementen.⁴⁹ Het gebouw is energieneutraal en wordt modulair opgebouwd uit 106 modules van massief hout.



FOR Building

(Floating Office Rotterdam) wordt een duurzaam drijvend kantoor in Rotterdam.⁵⁰ In CLT wordt een vurenhouten casco gebouwd van drie verdiepingen. Voor de gevels wordt gedeeltelijk gebruikt gemaakt van HSB-elementen. Alle bouwdelen zijn demontabel en dus circulair in gebruik.



DPG Media

Het nieuw te bouwen hoofdkantoor van DPG Media in Amsterdam is een hout-hybride gebouw van dezelfde architecten van HAUT.⁵² De bouw staat gepland om te beginnen in 2021.



Koning Willem I College⁵¹

is een MBO-school met vijf verdiepingen in 's-Hertogenbosch en wordt opgeleverd in 2021. Het gebouw heeft een houten hoofddraagconstructie van gelamineerde houten kolommen en liggers. Ook de vloeren bestaan gedeeltelijk uit houten kruizen en zorgen samen met kanaalplaten voor voldoende stabiliteit.

VOETNOTEN

1. Duurzaam bosbeheer. Houtinfo.nl. Geraadpleegd oktober 2020 via [website Houtinfo.nl](#).
2. Wat is LCA? Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Geraadpleegd oktober 2020 via [website RIVM](#).
3. DuboCalc. Rijkswaterstaat. Geraadpleegd oktober 2020 via [website Rijkswaterstaat](#).
4. NIBE. (3 november 2020). Biobased: een pijler van de circulaire bouwconomie. Via [website NIBE](#).
5. Finch Modules. Finch Buildings. Geraadpleegd oktober 2020 via [website Finch Buildings](#).
6. Dutch Green Building Council. Geraadpleegd oktober 2020 via [website DGBCC](#).
7. Rozinga, G (regie). (2019). Houtbouwers [Televisie aflevering]. VPRO Tegenlicht. Hilversum: VPRO.
8. Baars, J. (20 augustus 2020). Hoe de coronacrisis de daklozenproblematiek blootlegt. VPRO Tegenlicht, artikel. Via [website VPRO Tegenlicht](#).
9. Van Veldhoven – Van der Meer, S. (2020). Kamerbrief over versnellen aanpak woningtekort (Kenmerk 2020-0000089305). Via [website Rijksoverheid](#).
10. Circle Economy en Sustainable Finance Lab. (Januari 2019). Building Value. Via [website Circle Economy](#).
11. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu en het ministerie van Economische Zaken, mede namens het ministerie van Buitenlandse Zaken en het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2016). Nederland circulair in 2050. Via [website Rijksoverheid](#).
12. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2020). Staat van de Woningmarkt - Jaarrapportage 2020. Via [website Rijksoverheid](#).
13. Ellen MacArthur Foundation and Material Economics (23 September 2019). Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change. Via [website EMF](#).
14. Probos. (2020). Meer hoogwaardig gebruik van Nederlands hout. Via [website Probos](#).
15. Buijs, M. Van der Stee, W, Van Heel, P. (17 december 2019). Modulair bouwen levert 40 procent extra woningen op. Via [website ABN AMRO](#).
16. Van Heel, P., Buijs, M., Wolf, C. (4 april 2019). Faalkosten in de bouw lopen jaarlijks op tot miljarden euro's. Via [website ABN AMRO](#).
17. Hoekstra, L., Wissing, N., Dwars, O., Cluitmans, C., De Jong, J., Goedbloed, D., Schannink, E., Van Ormondt, H., Vet, L., Snep, R., Van den Dobbelen, A., Maas, J., Arentsen, M., Haas, M., Van der Leest, K., Ursem, B., Westerhof, H., Kooijmans, J., Boon, J., Roozen, E. en Veldstra, W. (2019). Open brief: Maak natuurinclusief bouwen de norm. Tegenlicht, artikel. Via [website VPRO Tegenlicht](#).
18. Duncheva, T., en Bradley, F. F. (2019). Multifaceted Productivity Comparison of Off-Site Timber Manufacturing Strategies in Mainland Europe and the United Kingdom. Journal of Construction Engineering and Management, 145(8).
19. Deakin, M., Mora, L., Reid, A., Hairstans, R., Duncheva, M., Calcagno, C., Smith, M., Smith, P. en Lang, V. (2020). Increasing offsite housing construction in Scotland: An evidence base to support new policy and systems. Via [website Construction Scotland](#).
20. Vereniging van Bos- en Natuureigenaren. (2020). Nationale Bossenstrategie. Via [website VBNE](#).
21. Bijvoorbeeld het TPAS (Timber Procurement Assessment System) van de Nederlandse overheid, om de aantoonbare duurzame herkomst van hout te toetsen. Uit rapport van Probos, via [website Probos](#).
22. Probos. (2020). Meer hoogwaardig gebruik van Nederlands hout. Via [website Probos](#).
23. Hetemäki, L., Palahí, M. en Nasi, R. 2020. Seeing the wood in the forests. Knowledge to Action 01, European Forest Institute. Via [website EFI](#).
24. Hout van Architecten. Geraadpleegd november 2020 via [website Platowood](#).
25. Potentieel biobased bouwmaterialen en -systemen beter benutten. TNO. Geraadpleegd oktober 2020 via [website TNO](#).
26. NIBE. (2020). Biobased: een pijler van de circulaire bouwconomie. Via [website NIBE](#).
27. Biobased bouwen. Holland Houtland. Geraadpleegd oktober 2020 via [website Holland Houtland](#).
28. Van Kempen, M. (15 juli 2020). Nieuwe versie MPG en aanscherping eis stimuleren circulair bouwen. Via [website Duurzaamgebouwd.nl](#).
29. Boeren blijven boeren, bouwers blijven bouwen. Holland Houtland. Geraadpleegd oktober 2020 via [website Holland Houtland](#).
30. Houtbouw is niet alleen circulair, maar ook sneller. TNO. Geraadpleegd oktober 2020 via [website TNO](#).
31. IRENA.(2020). Renewable Power Generation Costs in 2019. Via [website IRENA](#).
32. Van Heel, P, en Wolf, C. (2019). Disruptie nu ook in de Bouw. ABN AMRO, artikel. Via [website ABN AMRO](#).
33. HOUTbaar. Geraadpleegd november 2020 via [website HOUTbaar](#).
34. Hotel Jakarta. Ursem. Geraadpleegd november 2020 via [website Ursem](#).
35. Wiebes, S. (2019). Kamerbrief Voorstel voor een klimaatakkoord (Kenmerk DGKE-K / 19156279). Via [website Rijksoverheid](#).
36. CO₂-beprijzing. Klimaatverbond Nederland. Geraadpleegd november 2020 via [website CO₂-beprijzing](#).
37. Ministerie van Financiën en het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2020). Memorie van toelichting bij het wetsvoorstel CO₂-heffing industrie. Via [website Rijksoverheid](#).
38. Planbureau voor de Leefomgeving. (2019). Het Klimaatakkoord: effecten en aandachtspunten. Via [website PBL](#).
39. Financiële instellingen maken CO₂-impact zichtbaar. ABN AMRO. (29 november 2018). Geraadpleegd november 2020 via [website ABN AMRO](#).
40. A European Green Deal. European Commission. Geraadpleegd oktober 2020 via [website Europese Commissie](#).
41. Kuys, D. (2019). Deze woningcorporaties gaan voor hout. Tegenlicht, artikel. Via [website VPRO Tegenlicht](#).
42. Hout in de GWW. Een initiatief van Centrum Hout. Geraadpleegd november 2020 via [website Hout in de GWW](#).
43. Vasalishof. EVA-Lanxmeer. Geraadpleegd november 2020 via [website EVA-Lanxmeer](#).
44. Passief-woningen in Velve-Lindenhof Enschede. Nieman, de raadgevende ingenieurs. Geraadpleegd november 2020 via [website Nieman](#).
45. Jury duurzaamste huis van Nederland. Nieman, de raadgevende ingenieurs. Geraadpleegd november 2020 via [website Nieman](#).
46. Nieuwbouw 5 woningen CPO massief houtbouw (CLT) Plant je Vlag Nijmegen. Eco + Bouw. Geraadpleegd november 2020 via [website Eco + Bouw](#).
47. Bouwen met hout. SAWA. Geraadpleegd november 2020 via [website SAWA](#).
48. De 5 meest opvallende houtprojecten in Nederland. Bouwbeurs. Geraadpleegd november 2020 via [website Bouwbeurs](#).
49. Monnickendam | Kohnstammlocatie | BMB. Finch Buildings. Geraadpleegd november 2020 via [website Finch Buildings](#).
50. Floating Office Rotterdam, FOR Building. FOR Building VOF. Geraadpleegd november 2020 via [website FOR Building](#).
51. Koning Willem I College. Pieters Bouwtechniek. Geraadpleegd november 2020 via [website Pieters Bouwtechniek](#).
52. Team V ontwerpt houten hoofdkantoor voor DPG media. Team V Architectuur. Geraadpleegd november 2020 via [website Team V Architectuur](#).

