

Catalogus biobased bouwmaterialen

JAN VAN DAM EN MARTIEN VAN DEN OEVER



Catalogus

Biobased bouwmaterialen

Het groene bouwen

Jan van Dam en Martien van den Oever

Voorwoord

In het kader van het overheidsbeleid met betrekking tot “duurzaam inkopen” heeft het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) WUR-FBR opdracht gegeven om biobased materialen die voor bouwtoepassingen geschikt zijn in kaart te brengen. Deze catalogus is opgezet om biobased bouwmaterialen te etaleren en beoogt een overzicht te geven van commercieel beschikbare biobased bouwmaterialen in 2012. De catalogus heeft als doel de grondstoffen, materialen, producten en diensten die betrekking hebben op biobased bouwen zoveel mogelijk te rubriceren naar grondstof en toepassing en kort te beschrijven. In sommige gevallen voldoen puur biobased producten niet aan bouwvoorschriften en bestaat een product deels uit biobased materiaal en deels uit niet-biobased materiaal. Daarnaast worden diverse bouwgrondstoffen van petrochemische of minerale oorsprong besproken wanneer ze in combinatie met biobased producten toegepast worden. Waar mogelijk zijn verwijzingen naar producenten en leveranciers opgenomen. De doelgroep van de catalogus is de gehele bouwketen: architecten, bouwbedrijven, aannemers, (inkopers van) bouwmarkten en de diverse opdrachtgevers van overheden tot collectieve particuliere opdrachtgevers.

Deze catalogus is opgesteld op basis van onder andere een update van de complete long list van hernieuwbare bouwproducten uit de eerdere studie van 2002, aangevuld met nieuwe bioproducten die sindsdien werden ontwikkeld. De catalogus is een brondocument voor hernieuwbare bouwmaterialen en duurzame bouwmethoden, waarmee de bouwsector een instrument in handen heeft voor het maken van verantwoorde keuzes van globaal ontwerp tot detail afwerking.

Leeswijzer

In deze catalogus worden de resultaten gepresenteerd van een studie in het kader van beleidsondersteunend onderzoek in het thema Biobased Economy. Hierin is onderzocht welke biobased materialen er in de bouw reeds worden toegepast of de potentie hebben op korte termijn ingezet te worden. In hoofdstuk 1 wordt de achtergrond van biobased bouwen en de aanleiding voor het samenstellen van deze catalogus toegelicht. In hoofdstuk 2 wordt gemotiveerd waarom het gebruik van CO₂ neutrale grondstoffen kan bijdragen aan de verduurzaming van de bouw. Hoofdstuk 3 bevat een uitgebreid overzicht van de bouwgrondstoffen die als biobased kunnen worden aangemerkt plus samengestelde bouwmaterialen die een aandeel biobased hebben. In hoofdstuk 4 wordt de potentie van biobased bouwmaterialen bij restauratie of renovatie kort toegelicht. Hoofdstuk 5 geeft een samenvatting van mogelijke interieurdesign met biobased producten terwijl in hoofdstuk 6 enkele toekomstige ontwikkelingen voor biobased producten in de bouw worden aangegeven. Hoofdstuk 7 geeft een lijst van voorbeeldbouwprojecten waarbij materiaalkeuze en duurzaamheid een belangrijke rol

heeft gespeeld plus enkele nieuwe initiatieven, die op dit gebied worden ontplooit. In hoofdstuk 8 worden de verschillende bestekonderdelen volgens de STABU coderingen beschreven, waarin biobased bouwmaterialen inzetbaar zijn, waarbij wordt verwezen naar de materiaallijsten uit hoofdstuk 3. In hoofdstuk 9 worden de gebruikte afkortingen en termen toegelicht. Leveranciers van producten uit hoofdstuk 3 worden vervolgens in hoofdstuk 10 vermeld, terwijl in hoofdstuk 11 adressen van verschillende instanties en partijen worden gegeven.

Dankwoord

Onze dank gaat uit naar Cornelis Mijnders, Peter Fraanje, GertJan Hof, Harriëtte Bos en Paulien Harmsen voor hun bijdrage aan de realisatie van deze publicatie, alsmede naar de directie Biobased Economy van het Ministerie van EL&I voor de financiële ondersteuning van dit project (BO-12.05-002-024). Speciale dank gaat uit naar Daan Bruggink die de illustraties heeft verzorgd.

Inhoudsopgave

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 7 |
| 1.1 | Groen bouwen | 7 |
| 1.2 | Battle of Concepts 2010 | 7 |
| 1.3 | Beleid en Regelgeving | 8 |
| 1.4 | Innovatie in de bouw en duurzaamheid..... | 9 |
| 1.5 | Agrodôme | 11 |
| 1.6 | Eerdere publicatie in 2002 | 11 |
| 2 | Bio-based bouwen | 13 |
| 2.1 | Inleiding..... | 13 |
| 2.2 | CO ₂ uitstoot..... | 13 |
| 2.3 | Milieu impact | 14 |
| 2.4 | Cradle to cradle en trends in ecologisch bouwen..... | 15 |
| 3 | Bouwgrondstoffen en bouwmaterialen | 17 |
| 3.1 | Inleiding..... | 17 |
| 3.2 | Hout | 17 |
| 3.3 | Houtverbindingen en verlijmde houtproducten | 23 |
| 3.4 | Geïmpregneerd hout en coatings | 27 |
| 3.5 | Gemodificeerd hout..... | 32 |
| 3.6 | Vezelplaatmaterialen..... | 33 |
| 3.7 | Overige composiet bouwmaterialen (samengestelde producten) | 38 |
| 3.8 | Isolatie materialen..... | 46 |
| 3.9 | Afdichtingskitten | 52 |
| 3.10 | Vegetatiedaken, daktuinen en gevelbegroeiing..... | 52 |
| 3.11 | Diverse biobased producten | 53 |
| 4 | Renovatie, restauratie en duurzame ontwikkelingen | 55 |
| 5 | Interieurafwerking en -design | 57 |
| 5.1 | Inleiding..... | 57 |
| 5.2 | Linoleum | 57 |
| 5.3 | Parket..... | 57 |
| 5.4 | Tapijten en vloerbekleding | 58 |
| 5.5 | Wandbekleding | 59 |
| 5.6 | Bouwen met papier en karton..... | 60 |
| 5.7 | Installatie en sanitatie | 60 |
| 6 | Kansrijke ontwikkelingen | 61 |
| 6.1 | Inleiding..... | 61 |
| 6.2 | “Groene” bouwchemicaliën..... | 61 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 6.3 | Agrovezelplaten | 61 |
| 6.4 | Bouwblokken en prefab | 62 |
| 6.5 | Overige biobased ontwikkelen | 63 |
| 6.6 | ICT en webwinkels..... | 64 |
| 7 | Voorbeeldprojecten in Nederland | 65 |
| 7.1 | Inleiding..... | 65 |
| 7.2 | Gerealiseerde voorbeeldprojecten | 65 |
| 7.3 | Voorbeeld initiatieven..... | 69 |
| 8 | Bestekonderdelen volgens STABU codering | 71 |
| 9 | Glossary..... | 79 |
| 10 | Mogelijke leveranciers | 81 |
| 11 | Adressen..... | 101 |
| 11.1 | Onderzoek en innovatie: | 101 |
| 11.2 | Algemeen | 102 |
| 11.3 | Architecten | 103 |
| 11.4 | Aannemers en advies- en ontwerp bureaus | 105 |
| 11.5 | Bouwmateriaalleveranciers | 105 |
| 11.6 | Webwinkels | 106 |
| 12 | Referenties | 109 |
| | Index..... | 115 |

1 Inleiding

1.1 Groen bouwen

“Green Building” staat wereldwijd midden in de belangstelling zoals bijvoorbeeld ook blijkt uit de World Green Building Week en de Nederlandse organisatie van “parade van Duurzaamheid”¹ en het programma van de Conferentie “Duurzaam bouwen een kwestie van doen”². Biobased



BIOBASED HUIS
geheel

bouwsystemen zijn gebaseerd op een lange traditie en veelal niet nieuw maar wel nog grotendeels onbekend terrein voor de huidige bouwindustrie.

Veel van de bouwbedrijven zijn op zoek naar mogelijkheden voor meer duurzaam en maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO) (Bouwend Nederland, 2011). De 7 grootste ondernemingen in de bouw in Nederland hebben zich gecommitteerd aan MVO en hebben daarvoor gedragsregels opgesteld³. Hierbij staat ook het verminderen van de milieubelasting door bouwactiviteiten centraal. “Meer met minder”, is de slogan.

Ook kleinere spelers in de bouwketen, van aannemers en toeleveranciers tot adviseurs en architecten, worden met vragen en opdrachten geconfronteerd omtrent meer duurzaam ontwerpen, anders aanbesteden of alternatieve bouwmethoden. De vraag rijst dan: wat zijn meer duurzame of groene bouwsystemen? Wanneer spreken we van energie neutraal, biobased of ecologisch bouwen? Is dat allemaal hetzelfde of zijn er alternatieven die zich onderscheiden. Wanneer is een ‘groen’ product biobased en wanneer is er sprake van “green washing”? Deze studie wil hierin inzicht verschaffen door in kaart te brengen welke biobased bouwmaterialen beschikbaar en/of inzetbaar zijn voor de verschillende bouwtoepassingen.

1.2 Battle of Concepts 2010

In 2010 werd door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit een prijsvraag uitgeschreven voor studenten (HBO en WO t/m 30 jaar), de Battle of Concepts, met als uitdaging: “bedenk een innovatief concept voor biobased bouwmaterialen”. Er kwamen 64 inzendingen binnen met een breed scala aan creatieve en innovatieve ideeën waardoor biobased bouwmaterialen een bredere toepassing zouden kunnen vinden. De inzendingen varieerden van diverse ICT

¹Dutch Green Building Council (DGBC), 19-23 september 2011, www.dutchgreenbuildingweek.nl/deelnemen.

²CAP’EM, 3 november 2011, Apeldoorn.

³BallastNedam, www.ballast-nedam.nl; Strukton, www.struktonbouw.com; TBI, www.tbi.nl; VolkerWessels, www.volkerwessels.com; Heijmans, www.heijmans.nl; Dura Vermeer, www.duravermeer.nl; BAM, www.bam.nl

oplossingen⁴ en stimulerende maatregelen om hernieuwbare bouwmaterialen meer bekendheid te geven, tot zeer concrete materiaal toepassingen zoals bijvoorbeeld isolatiematerialen op basis van gerecycled vet en kurkvloeren met vloerverwarmingssysteem (werd uiteindelijk de winnaar). Vervolgens organiseerde De Bouwbeurs 2011 een minisymposium Biobased (ge)bouwen, waarvoor een brede belangstelling bleek te bestaan. Op het Gala van de Nederlandse Bouw, maart 2011, werd biobased bouwen als nieuwe categorie voor “talent van de toekomst” in de tweejaarlijkse Nederlandse Bouwprijs mee genomen. De prijsuitreiking van de bouwprijs door Mw. drs. K.M.H. Peijs aan de winnaars gaf een breed podium aan innovatieve bouw mogelijkheden voor hernieuwbare bouwmaterialen. Ook in de categorie bouwmaterialen en –systemen viel de prijs dit jaar op een ‘groen’ innovatief product (Biofoam zie §3.8.10).

1.3 Beleid en Regelgeving

Het Duurzaam bouwen (DuBo) beleid heeft zich in de afgelopen decennia, naast energiebesparing en isolatie en recycling van grondstoffen (betongranulaat, pvc, gips), ook gericht op materiaal beperking (grind, koper, zink, lood) en stimulering van meer gebruik van hout. De doelstelling van het actieplan uit 1995 van Milieuberaad Bouw om 20% meer hout in de bouw te gebruiken is nog niet gehaald, maar het gebruik van hout is wel aanzienlijk gestegen.

Innovatiedoelen die voor nieuwbouw en bestaande bouw zijn opgesteld voor de periode 2015-2020 zijn vooral gericht op energie neutraal bouwen: terugdringen van fossiel energiegebruik en lokale opwekking van energie (EnergieNeutraal, 2007).



In de Nationaal Milieubeleidsplannen 3 en 4 en het tweede Structuurschema Oppervlaktedelfstoffen werd het beleid van de rijksoverheid aangaande materialen globaal weergegeven (NMP 3, 1998; NMP 4, 2001; Rijksoverheid, 2001; Rijkswaterstaat, 2009). In het Bouwbesluit 2012 (2011) wordt opnieuw beperkt aandacht gegeven aan grondstofgebruik en de

milieuprestatie van gebouwen en GWW-werken (artikel 5.9 Duurzaam bouwen, p96). Om de milieuprestatie te bepalen, worden de LCA berekeningen volgens de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen van Stichting Bouwkwaliteit (SBK) voorgeschreven (p296). Er zijn echter geen genormeerde

⁴ Online portal voor groene bouwmaterialen, een bestek scan, en virtueel bouwen en ontwerpen.

Marktgrootte en kansen

De bouw is sterk conjunctuurgevoelig en de omzet in de gehele bouwnijverheid is sterk teruggevallen in het afgelopen jaar. Met name de nieuwbouw van woningen en utilitaire gebouwen noteren dalende groeicijfers (CBS, EIB). De stagnatie wordt vooral gevoeld door architecten en de aannemerij. Desondanks is een lichte omzetsijging voor houtproducten waargenomen t.o.v. voorgaande jaren. Deze groeicijfers van de houtsector worden toegeschreven aan de stijgende prijzen van hout. Raming voor de komende periode (EIB) is dat vanaf 2014 herstel voor het bouwbedrijf verwacht kan worden. In de sector wordt in Nederland jaarlijks meer dan 50 miljard € omgezet, waarvan naar schatting ca. 33% bestaat uit materiaalkosten. In de bouw wordt een groeiende vraag naar meer duurzame materialen ervaren, maar aanbod stagneert en achtergrondkennis over welke materialen als duurzaam aangemerkt kunnen worden ontbreekt. Daarom is ook het exacte aandeel biobased bouwgrondstoffen vooralsnog lastig vast te stellen.

In het 9-topsectoren beleid is beperkt aandacht voor de innovatie en vergroening van de bouwsector en ook bij de “green deals” die door de overheid werden afgesloten om de bioeconomy te bevorderen is de bouwsector nauwelijks betrokken.

waarden opgenomen waaraan moet worden voldaan. Achtergrond informatie over de bepalingmethode (volgens NEN 8006) is te vinden in de SBK publicatie (2011). Aandacht voor biobased bouwen past ook in het SER beleidsadvies voor de stimulering van de biobased economie en krijgt daarin de steun van VNO-NCW voor “groen” ondernemen. Grondstoffen efficiëntie en minder afhankelijkheid van fossiele bronnen is een van de zeven “flagships” voor het strategische EU beleid voor duurzame groei en het bereiken van de Horizon 2020 doelstellingen.

1.4 Innovatie in de bouw en duurzaamheid

Innovatie in de bouw wordt erg belangrijk gevonden maar wordt belemmerd en blijft achter door het z.g. bouwparadigma (Dorée, 2003). Het ontwikkelen van nieuwe producten en methoden is een uitdaging en vraagt veel durf van bedrijven. De hoge concurrentiedruk in de bouw geeft echter weinig ruimte voor experimenten en maakt de innovatiekracht laag. Milieuprestatie en duurzaamheid zijn voor veel bouwbedrijven niet de eerste zorg. Onbekendheid met de nieuwe bouwmaterialen, methoden of meerkosten door kleinschalige productie en arbeidsintensievere installatie maken dat er gemakkelijk wordt teruggегреpen naar de vertrouwde methoden. Veel van de alternatieve bouwmethoden zoals bio-ecologisch bouwen worden als niche markten beschouwd. Bouwmethoden met volhout en houtskelet systemen worden nog door slechts een beperkte groep professionele bouwers toegepast. Strobalembouw is arbeidsintensief en gespecialiseerde aannemers zijn beperkt. Leembouw, vaak in combinatie met strobalembouw en vakwerkhuisen, is een oude traditionele bouwmethode die weer steeds vaker wordt toegepast, ook in moderne gebouwen.

De bekende ruwbouw methoden die gebruik maken van niet-biologische bouwmaterialen als baksteen, kalkzandsteen of natuursteen, kleidakpannen, geglazuurde tegels etc. kunnen onder voorwaarden eveneens worden aangemerkt als duurzame bouwproducten. Dergelijke materialen kunnen na hun functionele levensduur deels worden hergebruikt. De duurzaamheid van een bouwsysteem wordt bepaald door de volledige levenscyclus en de CO₂ uitstoot tijdens materiaalproductie, verwerking en gebruik.

Duurzaamheidcertificaten

Sinds het samengaan van GreenCalc en BREEAM-NL kunnen bouw- en verbouwprojecten ook een duurzaamheidscertificaat van BREEAM-NL verkrijgen. Door dit hulpmiddel kunnen projecten in een vroeg ontwerpstadium reeds inzicht verkrijgen in de duurzaamheid van de bouwplannen. Voor materiaalgebruik kunnen de duurzaamheidscriteria worden bepaald via de BREEAM-NL (2009) richtlijnen.

Eco-quantum (2010) is een LCA rekenprogramma dat (uitsluitend) voor materiaal en energiegebruik wordt toegepast om milieuprestaties te kwantificeren en bouwbeleid te onderbouwen. Hout en andere hernieuwbare producten scoren in dergelijke LCA vergelijkingen over het algemeen goed, zolang geen sprake is van ontbossing, onder andere ten gevolge van illegale houtkap.

Om milieuclassificaties te kunnen geven, gebruikt het NIBE het TWIN model (Haas, 1997), dat toegepast kan worden voor bepaling van zowel de milieubelasting als ook de gezondheidsaspecten die zijn verbonden aan het toepassen van bouwmaterialen of constructies. Internationaal zijn er verschillende certificeringen (LEED, Green Star, HQE, etc.) te vinden, die met analoge criteria een groter milieubewustzijn voor bouwmethode of materiaalgebruik trachten te bevorderen.

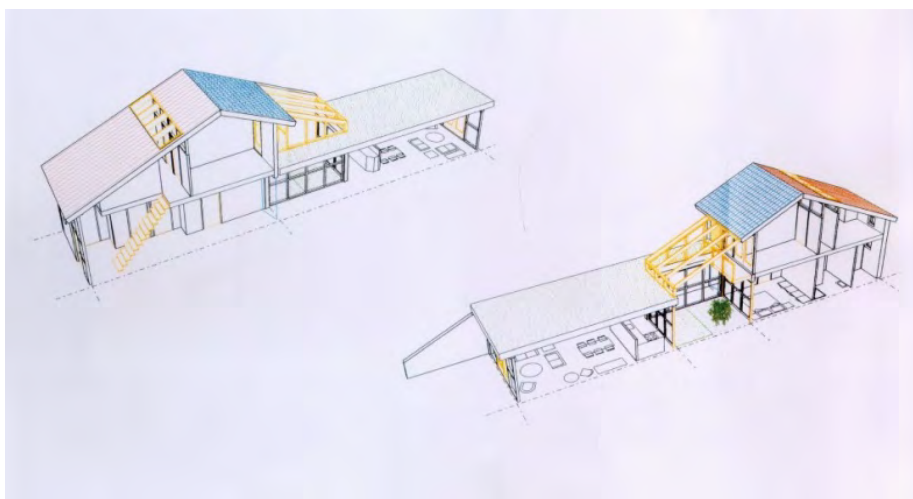
Diverse SBR handboeken zijn verschenen die relevant zijn voor materiaalkeuze en duurzaamheidsaspecten van de bouw zoals duurzame monumentenzorg, SBR Houtskeletbouw, etc.

Niettemin staat bio-based bouwen meer en meer in de belangstelling als duurzame bouwmethode bij opdrachtgevers. Ook vanuit de hele bouwketen –van toeleveranciers en architecten tot aannemerij– krijgt bio-based bouwen in toenemende mate aandacht vanwege de potentiële verbeterde milieuprestaties. Hernieuwbare grondstoffen zoals hout, riet en stro fixeren CO₂ uit de lucht als zij groeien en kunnen daardoor een positief effect op de broeikasgasbalans hebben.

Het gebruik van meer duurzame bouwgrondstoffen past ook in het MVO beleid, waarin maatschappelijk verantwoord ondernemen wordt bevorderd (MVO, 2012).

1.5 Agrodôme

De laatste jaren zijn diverse bouwprojecten ontwikkeld, waarbij milieuprestatie of materiaalkeuze centraal staat in het ontwerp. Ook is daarbij aandacht besteed aan constructie met biobased bouwmaterialen. Zo is bij het Agrodôme ecologisch bouwproject dat in Wageningen werd gerealiseerd in 2007 een bewuste keuze gemaakt voor bouwmaterialen die zoveel mogelijk uit CO₂ neutrale of hernieuwbare grondstoffen zijn samengesteld. Het toegepaste houtskeletbouwsysteem en prefab-elementen met FSC-keurmerken werden op een schuimbeton fundering (geschuimd met eiwit schuimmiddel) opgetrokken. Vlaswol isolatie werd in de wandelementen toegepast met leemstuc en waddenschelp stuc afwerking op gipsvezelplaat en OSB beplating (Agrodome, 2005).



Figuur 1: Ontwerpschets van Agrodôme

1.6 Eerdere publicatie in 2002

Om hernieuwbare grondstoffen als bouw materiaal onder de aandacht te brengen, werd in 2002 in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (I&H) en het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (DWW) een boekje samengesteld: "Hernieuwbare grondstoffen als bouw materiaal" (Tjeerdsma, 2002). Hierin werden de kansrijke bouwproduct-marktcombinaties onderzocht voor hernieuwbare alternatieven. Op basis van een long list werden daaruit de 10 meest gangbare producten geselecteerd en beschreven.

Onderwerpen in 'Hernieuwbare grondstoffen als bouw materiaal' uit 2002:

- Schelpkalkmortel om te metselen
- Cellulose als isolatiemateriaal (bestaande bouw)
- Vlas- en hennepwol als isolatiemateriaal in dakdozen
- Schapenwol als isolatie in verdiepingsvloeren, wanden en daken
- Kokos voor geluidsisolatie in vloeren
- Kurk voor (plat)dakisolatie
- Gesloten-gebonden rieten schroefdak
- Schelpen als bodemafsluiter
- Vlasspaanplaat in prefab wandsystemen
- Strobalenwanden

In het licht van de huidige groeiende belangstelling voor het onderwerp is het van belang een update en uitbreiding van het productenpalet van bio-based bouwmaterialen te maken.

2 Bio-based bouwen

2.1 Inleiding

Vanwege de wens naar meer duurzame bouw en energiebesparing is de afgelopen tijd veel aandacht uitgegaan naar vermindering van het gebruik van (fossiele) energie door betere isolatie en balansventilatie, opwekking van groene energie (zonnepanelen, windenergie) en installatie van groene daken. Daarnaast heeft hergebruik van bouwgrondstoffen relatief veel aandacht gehad. Daarmee wordt echter niet het gebruik teruggebracht van de fossiele energie die nodig is voor de winning en productie van staal en beton gebaseerde bouwmaterialen. Biobased bouwen is een van de kansrijke mogelijkheden om beter klimaatneutraal te presteren. Biobased bouwen maakt gebruik van hernieuwbare bouwgrondstoffen; dit zijn grondstoffen uit gewassen die door fotosynthese CO₂ uit de lucht vastleggen. Hout en houtproducten zijn daarvan het belangrijkste voorbeeld. De beleidsdoelstelling om meer hout in de bouw toe te passen heeft nog slechts beperkt ingang gevonden. Alternatieve bouwmethoden en het gebruik van hernieuwbare grondstoffen voor de bouw zijn tot nu toe beperkt gebleven tot enkele voorbeeld projecten (zie hoofdstuk 7).

2.2 CO₂ uitstoot

De bouw is een van de industriële sectoren waarbij de meeste grondstoffen en materialen worden ingezet. Reductie van de CO₂ uitstoot door optimalisatie van het materiaalgebruik in de bouw is daarom van belang omdat de bouw in West Europa verantwoordelijk is voor bijna 30% van de emissies (Goverse, 2003). Hernieuwbare bouwgrondstoffen met een aanzienlijk lagere carbon footprint, ofwel koolstofvoetafdruk, kunnen positief bijdragen aan de reductie van CO₂ emissies (VROM 2010).

Nog afgezien van de hoge (fossiele) energiebehoefte voor de productie van de diverse bouwmaterialen komt bij de productie van cement

(CaO) uit kalksteen (CaCO₃) ook direct een aanzienlijke hoeveelheid CO₂ vrij⁵. De cement productie levert ongeveer 5% van de mondiale broeikasgas uitstoot (OECD/IAE, 2007). Ter verdere illustratie: de globale CO₂ emissiewaarden voor de productie van een aantal veelgebruikte bouwstoffen zijn als volgt: ca. 0.5 kg CO₂/kg



⁵ Bij cementklinkerproductie komt CO₂ vrij als gevolg van chemische reactie: ca. 0.8 ton CO₂ per ton cement.

cementklinker, kalk en soda (0.4 kg/kg), glas (0.15 kg/kg), ijzer (balkstaal 0.5 kg/kg), aluminium (0.4 kg/kg) (VROM, 2010). IJzer- en staalindustrie nemen wereldwijd ongeveer 19% van het industrieel energieverbruik voor zijn rekening en een kwart van de totale CO₂-emissies (o.a. kolenverbranding) (GHG protocol 2011). Meer dan een kwart van het staal wordt in bouwtoepassingen verwerkt. Hout en houtproducten daarentegen fixeren koolstof en geven daarom netto een negatieve CO₂-emissie waarde zolang het hout in gebruik is, en mits de energie die benodigd is voor de productie ook volledig hernieuwbaar is. De CO₂ opslag in hout is ca. 0.9 ton CO₂ per m³ hout, en levert overeenkomstig een negatieve emissiewaarde van ca. -1.7 g CO₂/kg hout (EPA, 2010). Deze lage emissie-waarden leiden ertoe dat voor toepassingen van hout en houtproducten als vervanging van beton of staal “vermeden CO₂ emissies” opgevoerd kunnen worden (Centrum Hout, 2007). Een houtsteembouw levert zo een meer dan dubbele CO₂ besparing (Fruhwald, 2004). Van oppervlakte delfstoffen als zand en grind worden jaarlijks miljoenen tonnen verbruikt in Nederland voor bouw- en infrastructuurprojecten: 20 Mt beton- en metselzand, 16.6 Mt grind, 6.2 Mt steenslag (Rijkswaterstaat, 2009). Vervanging van een deel daarvan door hernieuwbare bouwwijze kan potentieel veel CO₂ besparen. Energiezuinige bouwsystemen worden door verschillende bouwbedrijven aangeboden⁶. Hierbij worden energiebesparende technieken toegepast om zeer lage EPC waarden te bereiken (0.4 - 0.3). Gebruik van hernieuwbare bouwmaterialen beperkt zich hier tot FSC-keur hout.

2.3 Milieu impact

Bouwgrondstoffen die nu de markt overheersen zijn minerale producten als cement en beton, staal en glas, steen, gips en aluminium. Van petrochemische oorsprong zijn de kunststofkozijnen, PVC leidingen, PUR/PIR isolatie, folies, EPS-isolatie, polyester composieten, etc. Deze producten worden vervaardigd uit eindige grondstoffen en scoren hoog in de verschillende milieu impact categorieën, zoals global warming, verzuring, ozon, etc. (Tabel 1). Veel beter scoren hout en andere hernieuwbare producten, die door productie (landbouw en bosbouw) en natuurlijke aanwas of afzetting (klei, zand) duurzaam kunnen worden gewonnen zonder onomkeerbare uitputting van de grondstof (Deltares, 2009; PBL, 2009). Voor een volledige milieuanalyse dient rekening gehouden te worden met alle milieu impact factoren zoals ook fijnstof en eutrofiering.

⁶ *Volker Wessels Climate ready woning; Dura Vermeer PCS hybride woning; BAM W&R groenwoning; Ballast Nedam IQ woning, etc.*

Tabel 1. Energie en milieu-indicatoren voor verschillende bouwmaterialen (Asif, 2009).

| Materiaal | Energie-inhoud GJ/m ³ | Milieu impact factoren kg/m ³ | | |
|-------------------|-------------------------------------|---|------|-------|
| | | GWP | AP | POCP |
| Aluminium | 497 | 29975.4 | 162 | 321.3 |
| Baksteen | 5.4 | 342 | 3.6 | 30.6 |
| Keramische tegels | 16 | 1142 | 8 | 102 |
| Beton | 4.8 | 156 | 2.4 | 0.72 |
| Glas | 19.2 | 1365.6 | 96 | 4.8 |
| Gipsboard | 4.5 | 238.5 | 2.7 | 1.8 |
| Dakpannen | 2.2 | 288.2 | 2.2 | 2.2 |
| PVC | 116 | 1932 | 17/9 | 0.69 |
| Staal | 200 | 17840 | 80 | 6720 |
| Hout | 1.65 | 63.8 | 0.55 | 0.55 |

GWP = Global warming potential; AP = Acidification potential; POCP = Photochemical ozone creation potential

2.4 Cradle to cradle en trends in ecologisch bouwen

Er zijn verschillende benaderingen om meer duurzaamheid in de bouw te bereiken. Enkele belangrijke trends en invloeden voor het duurzaam ontwerp en bouwen zijn bijvoorbeeld Triple P (people, planet, profit) of Trias Ecologica (Stofberg, 2008).

De lancering van het Cradle to cradle (C2C) (McDonough, 2002) principe heeft veel los gemaakt in het denken over duurzaam bouwen. Het volledig hergebruiken van materialen en sluiten van de kringloop is hierbij het motto voor het ontwerp. Toepassing van hernieuwbare bouwgrondstoffen is daarbij niet een prioriteit. Kritiepunten over de praktische haalbaarheid van C2C doelstellingen en onduidelijke criteria voor certificering hebben geen positief effect op de toegankelijkheid van het gedachtegoed (Verdonk, 2010).

Ecologisch bouwen omvat veel aspecten. Het gebruik van natuurlijke bouwmaterialen staat daarbij centraal en veelal worden daarbij houtskelet, leembouw en grasdaken toegepast (Ecobouwen, 2012). In de filosofie passen daarnaast ook: decentrale waterzuivering (grijswater /regenwater); ontwerpen van passiefhuizen en nul-energie woningen; toepassing van warmtepompen, zonnepanelen; opwekking van biogas uit organisch afval. Helaas worden de milieueffecten van gebruik van bouwgrondstoffen hierbij vaak nog onderbelicht. Autarkisch bouwen gaat hierin verder en wordt o.a. door VIBA centrum in 's Hertogenbosch opgevoerd als ideale vorm van bouwen, waarbij het streven naar een hoge mate van zelfvoorziening voorop staat (Autarkisch, 2012). Dit omvat opwekking van energie, grondstoffen recycling, hergebruik van water, terugwinning en opslag van warmte, etc. Toepassing van hernieuwbare bouwmaterialen sluit hierbij naadloos aan.

Naar de ideeën van architect Mike Reynolds⁷, worden ook in Nederland z.g. earthships gebouwd, waarbij het doel is een ecologisch huis te realiseren dat geheel uit hergebruikte materialen is opgetrokken (autobanden, flessen, etc.) en zichzelf van energie kan voorzien. Dergelijke projecten vragen veel extra voorbereiding en inzet van vrijwilligers en zijn voor reguliere bouw minder geschikt.

De duurzaamheid van bouwmaterialen wordt bepaald door een complex van verschillende factoren gedurende de totale levenscyclus van het product (Asif, 2009). Hierin weegt de energie mee die nodig is voor de totale productieketen van grondstofwinning en verwerking tot de toepassing van bouwproducten. Verder zijn de levensduur van een product en effecten tijdens de gebruiksfase zoals vereist onderhoud van doorslaggevende invloed voor de milieubelasting, en tenslotte de mogelijkheden voor hergebruik, recycling of energierterugwinning na de sloop.

⁷ Enkele voorbeelden van earthships: OWAZE (www.owaze.nl); Ecodorp Brabant; Hunzedorp Drenths Borger-Odoorn; Zwolle (SWZ, Nooterhof).

3 Bouwgrondstoffen en bouwmaterialen

3.1 Inleiding

Er zijn diverse mogelijkheden voor vervanging van oppervlakte delfstoffen (zand, grind, klinker) door hernieuwbare materialen in de bouw. Met name hout (vuren, grenen, lariks en douglas) en houtproducten (grenen spaanplaat, populier multiplex, vezelplaat) kunnen worden ingezet voor diverse bouwdeelen als vervanging van staal, cement en beton voor heipalen, casco, vloerdelen, binnenwanden, en dakdelen (Fraanje en Van Kampen 1998). Hiermee zijn hout en houtvezels de voornaamste bron van bio-based bouwmaterialen. Voor binnenwanden komen ook andere vezelgrondstoffen in aanmerking zoals stro en vlasscheven of hennepspaanplaat. Vezelplaten en vezelcomposieten zijn eveneens voor de meubelindustrie inzetbaar. Diverse vezelgrondstoffen (cellulose, vlas, hennep, wol) kunnen verwerkt worden tot thermische isolatieproducten. Strobalen kunnen worden toegepast als bouwblokken voor buitenwanden. Metselmortel kan worden geproduceerd van schelpkalk. Schelpen worden tevens toegepast als vochtisolatie onder woningen. Daarnaast zijn eiwitten, rubbers, oliën en andere bestanddelen van organische oorsprong potentieel toepasbaar in de bouw. Verder kunnen vormdelen op basis van vezels als vlas en hennep die reeds worden geproduceerd voor de automobieliindustrie toepassing vinden in de bouw. In de volgende hoofdstukken wordt nader ingegaan op de diverse hernieuwbare bouwgrondstoffen en materialen, die reeds worden toegepast en innovatieve producten die in de nabije toekomst mogelijk meer toepassing kunnen vinden. Achtergrondinformatie over bouwmaterialen is te vinden op diverse websites zoals Nederlandse Bouw Documentatie (zie §11.2) waar producten en leveranciers kunnen worden aangetroffen of sites waar producten ook direct kunnen worden besteld (zie §11.5). Speciaal voor architecten zijn er diverse sites⁸, waarop men op de hoogte kan geraken van nieuwe ontwikkelingen, onder andere ook van nieuwe bouwmaterialen.

3.2 Hout

3.2.1 Toepassingen en markt

Voorbeelden van hernieuwbare bouwmaterialen zijn in de eerste plaats producten op basis van hout en (hout)vezelplaten zoals spaanplaat, hoge dichtheid vezelplaat (volkern HDF), MDF, of multiplex. Timmerhout wordt in de bouw zowel constructief (houtskelet, wanden, vloeren, daken) als in de afwerking (kozijnen, plinten, parket, gevelbekleding, rabat, schroten, koplatten, boeidelen & boeiboord, traptreden, leuning, etc.) gebruikt. Voor



**BIOBASED HUIS
geheel**

⁸ www.materia.nl.

verschillende toepassingen worden verschillende eisen gesteld aan de sterkte, duurzaamheid en uitstraling. Hout is leverbaar in veel verschillende kwaliteiten en prijzen. Een overzicht wordt gegeven in het document 'Houtwijzer' van Centrum Hout (2005).

In Nederland wordt jaarlijks ca. 15-16 miljoen m³ rondhout verbruikt waarvan 0.9-1.0 miljoen m³ tropisch hout. Het meeste hout wordt geïmporteerd. Hiervan is 30% gezaagd hout en 15% plaatmateriaal (AVIH, 2011). Het overige deel wordt voornamelijk in de papier en karton industrie verwerkt. In 2011 is er in de bouw in Nederland minder productie en afzet van hout en houtproducten waargenomen (CBS), maar door prijsstijgingen (ca. 2.5%) werd een verhoogde omzet t.o.v. van 2010 genoteerd.

3.2.2 Houtbouwsystemen

Er is een aantal houtbouwsystemen te onderscheiden:

- HSB houtskeletbouw
- CLT cross laminated timber / kruislaaghout
- Traditionele houtbouw (Finnhouse, Finn-logs HufHouse)
- STEKO bouwsysteem



Per houtskelet nieuwbouwwoning wordt ca. 12-15 m³ hout gebruikt. In een standaard woning op basis van gietbouw of prefab beton wordt gewoonlijk niet meer dan 2-3 m³ hout ingezet. Massiefhouten bouw of volhout maakt geen gebruik van metaalverbindingen of lijm, slechts houten borgpennen (deuvels). Holz100TM presenteert dergelijke massiefhouten bouw als zeer duurzaam, comfortabel en veilig (Holz100, 2012). Nur-Holz prefab bouwelementen worden o.a. toegepast in een project van Bouwpuur (2012) in Roosendaal.

Figuur 2: Houtprefab in Agrodôme

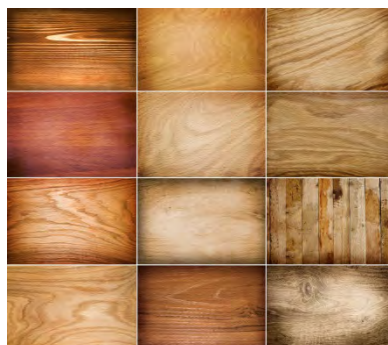
3.2.3 Certificering

Van groot belang bij de keuze voor houtbouwsystemen is dat het hout ook duurzaam wordt geproduceerd. Milieukeurmerken voor hout zoals FSC, PEFC (Programme for Endorsement of Forest Certification systems), keurhout etc. worden reeds breed toegepast, zowel voor inlands Europees hout alsook voor geïmporteerd tropisch hardhout, eucalyptus en naaldhout soorten (AVIH, 2011; Milieu Centraal, 2011). In 2006 werd 45% van de import duurzaam geproduceerd (VVNH, 2006) terwijl in 2010 reeds 71% uit duurzaam beheerde bossen afkomstig was. Het streven van de Vereniging van Nederlandse Houtondernemingen (VVNH) is dit aandeel nog verder omhoog te brengen. Meer gebruik van hout in de bouw vraagt om duurzame productie en (controleerbare) keurmerken (Milieu Centraal, 2011). VVNH en de timmerbranche (NBvT) wensen in de komende jaren een impuls te geven aan gebruik van verantwoord hout (= aantoonbaar duurzaam). Doel is het aandeel duurzaam tropisch hardhout te verhogen van nog niet een derde deel van het geïmporteerde hardhout nu naar 50% in 2015 (PBL, 2009).

3.2.4 Houtsoort keuze

De toepassingsmogelijkheden van hout hangen o.a. af van de houtsoort en de omgevingscondities. Overzichten van toepassingsmogelijkheden van diverse soorten hout (duurzaamheidsklasse volgens NEN-EN 350-2) in relatie tot de omgevingscondities (risicoklasse volgens NEN-EN 335-1) en gewenste levensduur (volgens NEN-EN 460) zijn door verschillende partijen verzameld, o.a. door Stichting Probos (2009) en Ingenieursbureau Boorsma. De meest toegepaste houtsoorten in de bouw in Nederland en de meest gangbare tropische hardhoutsoorten zijn op een rij gezet in tabellen 2 en 3.

Houteigenschappen die van belang zijn voor de keuze in een toepassing zijn: fysische en mechanische eigenschappen (zoals dichtheid, hardheid, sterkte en modulus in buig-, druk-, en trekbelasting, krimp- en zwelgedrag); bewerkbaarheid en gebruiksmogelijkheden en beschikbaarheid. Dergelijke info is te vinden op diverse databases, waarop ook andere technische gegevens van hout zijn te vinden⁹.



⁹ www.houtdatabase.nl/?q=hout/bouw/4; www.wood-database.com/wood-identification/by-scientific-name; www.matbase.com – link naar 'wood'.

Tabel 2. Meest toegepaste houtsoorten in de bouw in Nederland (Houtinfo, 2012).

| Houtsoort | Wetenschappelijke naam | Duurzaamheidsklasse NEN | Dichtheid kg/m ³ | Toepassingen |
|--------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--|
| Fijnspaar (vuren) | <i>Picea abies</i> | 4 | 460 | kozijnen, puien, ramen, deuren, trappen vloeren, kasten, bekisting lijstwerk, triplex, spaanplaat |
| Grove den (grenen) | <i>Pinus sylvestris</i> | 3/4 | 510 | kozijnen, ramen, deuren, vloeren, binnen- en buiten betimmering, balkhout, triplex, houtwol, hekpalen |
| Lariks | <i>Larix sp</i> | 3 | 590 | dragende constructies, kozijnen, ramen, gevelbekleding, binnen betimmering, trappen, stutten, daksporen, afrastering |
| Western red cedar | <i>Thuja plicata</i> | 2 | 350 | Buitentoepassingen, palen, plankieren, shingles |
| Douglas | <i>Pseudotsuga menziesii</i> | 3/4 | 530 | Timmerhout, balken, planken, heipalen, multiplex |
| Berk | <i>Betula sp</i> | 5 | 670 | Fineer, multiplex |
| Beuk | <i>Fagus sylvatica</i> | 5 | 680-720 | Voor binnen toepassingen, meubels, dorpels, trappen, parket, gereedschap |
| Eik | <i>Quercus robur</i> | 2 | 650-750 | Constructiehout, houtskelet frames, balken, parket, fineer |
| Kastanje (tamme) | <i>Castanea sativa</i> | 2 | 590 | hekwerk |
| Iep | <i>Ulmus sp</i> | 4 | 550-600 | Meubels, |
| Wilg | <i>Salix sp</i> | 5 | 420 | Vlechtwerk en afscheidingen, fineer |
| Populier | <i>Populus sp</i> | 5 | 350-450 | Pallets, multiplex, papierpulp |
| Robinia | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 1/2 | 750-950 | Meubels, vloeren, wanden, hekwerk |
| Noten | <i>Juglans regia</i> | 3 | 570-660 | Meubels, vloeren, fineer |
| Eucalyptus | <i>Eucalyptus sp</i> | 1/2 | 620 | constructie, trappen, hekken, leuningen, parket, tuinhout, plaatmateriaal (multiplex, houtvezelplaat) |
| Esdoorn | <i>Acer sp</i> | 5 | 755 | Timmerhout, meubels, houtsnijwerk, gereedschap |
| Es | <i>Fraxinus sp</i> | 5 | 540-710 | Meubels, fineer, schrijnwerk |

Tabel 3. Overzicht van meest gangbare tropische hardhoutsoorten (Houtinfo, 2012).

| Houtsoort handelsnaam | Wetenschappelijke naam | Duurzaamheids-klasse NEN | Dichtheid kg/m ³ | Toepassingen (Herkomst) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---|
| Acapou | <i>Vouacapoua americana</i> | | | (Midden & Zuid Amerika) |
| Angelim de campigna (Macucu de paca) | <i>Aldina heterophylla</i> | 1 | 880 | Buitentoepassing, vlonders en vloeren, zware meubels (Brazilië) |
| Angelim vermelho (Gurupa) | <i>Dinizia excelsa</i> | 1 | 1070 | Buitentoepassing, vlonders en vloeren, trappen (Brazilië) |
| Azobé (Bonkole) | <i>Lophira alata</i> | 1/2 | | Buitentoepassing, vlonders en vloeren, trappen, constructief en zware meubels (West Afrika) |
| Bangkirai (Meranti) # | <i>Shorea spec.div.</i> | 1/2 | 500-600 | Sterk constructief timmerhout voor buiten toepassingen en tuinmeubelen. (Zuidoost Azië) |
| Bilinga | <i>Nauclea diderrichii</i> | 1 | | Buitentoepassing, hekwerk, beschoeiing (W. Afrika) |
| Cumaru | <i>Dipteryx odorata</i> | 1 | 910-1060 | Vloeren, parket, (N. Zuid Amerika) |
| Ebben (Ebony) # | <i>Diospyros sp</i> | | 960-1120 | Houtbewerking, snijwerk, meubels, muziekinstrumenten (India, Sri Lanka, West Afrika) |
| Favinha, Timbauba | <i>Enterolobium schomburghi</i> | 1 | | Meubels, boten, vloerdelen, constructie hout, fineer (Brazilië) |
| Guariuba, Mururé | <i>Clarisia racemosa</i> | 1 | 1160 | Tuinmeubels, dekvloeren (Brazilië) |
| Ipé | <i>Tabebuia sp</i> | 1 | 850-970 | meubels, vloerdelen (M en Z Amerika) |
| Itauba | <i>Mezilaurus sp</i> | 1 | 960 | Boten, vloeren (M Amerika tot ZO Brazilië), |
| Iroko | <i>Milicia excelsa</i> | 1/2 | 655 | (Afrikaans teak, bedreigde soort) |
| Jarrah | <i>Eucalyptus marginata</i> | 1 | 860 | Buitentoepassingen, vloeren, constructiehout, fineer (West Australië) |
| Jatoba | <i>Hymenaea courbaril</i> | 1 | 710-820 | Meubels, vloeren, parket decoratie, snijwerk, gereedschap (Caribben, Midden & Zuid Amerika) |

Staan op IUCN rode lijst

Tabel 3 (vervolg). Overzicht van meest gangbare tropische hardhoutsoorten (Houtinfo, 2012).

| Houtsoort handelsnaam | Wetenschappelijke naam | Duurzaamheidsklasse NEN | Dichtheid kg/m ³ | Toepassingen (Herkomst) |
|----------------------------------|--|-------------------------|-----------------------------|---|
| Karri | <i>Eucalyptus diversicolor</i> | 2 | 900 | Vloeren en aftimmerwerk (Australië) |
| Louro gamela | <i>Ocotea rubra</i> | 2 | 640-720 | Meubels, dekvloer en parket (Brazilië, Suriname, Guyana) |
| Louro preto (Imbuaya) | <i>Ocotea spec. div.</i> | 1 | 650 | (Zuid Brazilië) |
| Mahonie (Sipo) # | <i>Entandrophragma utile</i> | 2/3 | 650 | Meubels, fineer (Afrika) |
| Massaranduba | <i>Manilkara huberi</i> <i>M. bidentata</i> | 1/2 | 870-1050 | Meubels en vloeren (Midden Amerika) |
| Merbau | <i>Intsia bijuga</i> | 2 | 1050 | Vloeren, deuren, kozijnen (Zuid Azië, Pacific) |
| Padoek (Narra, Amboyna) | <i>Pterocarpus soyauxii</i> <i>Pterocarpus indica</i> | 2/3 | 740 | Fineer, vloeren, meubels, draaiwerk (Centraal-West Afrika) |
| Piquia | <i>Caryocar villosum</i> | 2 | 780 | Kozijnen en constructiehout (Brazilië) |
| Purperhart | <i>Peltogyne spec. div.</i> | 2/3 | 860 | Meubels, fineer, parket (Midden & Zuid Amerika) |
| Sucupira amarelo Mandloqueira | <i>Ferreira spectabilis</i> <i>Bowdichia nitida</i> <i>Qualea paraensis</i> <i>Ruizterania sp</i> | 2/3 | 980 1010 720 | Meubels, fineer, vloeren, balkhout, shingles, constructiehout (Brazilië) |
| Sucupira vermelho | <i>Andira parviflora</i> | 2 | 630-710 | Constructiehout, deuren, kozijnen, trappen en gevelbekleding, meubels, fineer (M & Z Amerika) |
| Teak | <i>Tectona grandis</i> | 1 | 630-720 | Meubels, vloeren, timmerhout (Zuidoost Azië, Afrika, Caribben) |
| Vitex | <i>Vitex cofassus</i> | 1/2 | 700-800 | Vloeren, constructiehout (Zuidoost Azië, Papua N Guinea) |
| Wengé # | <i>Millettia laurentii</i> | 2 | 750 | Vloeren, parket, hekwerk, draaiwerk, instrumenten (West-Centraal Afrika) |

Staan op IUCN rode lijst

3.3 Houtverbindingen en verlijmde houtproducten

3.3.1 Houtverbindingen

Houtverbindingen zijn van belang voor het maken van degelijke constructies, omdat hout voor bouwtoepassingen is gebonden aan de maximale lengte en breedte van de boom en omdat hout in de verschillende richtingen ook verschillende sterkte eigenschappen heeft. Door breedte verbindingen (rabat, messing en groef) en lengte verbindingen (vingerlassen) worden houten onderdelen verkregen van gewenste dimensies. Daarnaast zijn er diverse hoek-, kruis- en halfhout-verbindingen bekend in de timmerindustrie, waarmee een grote vormvrijheid kan worden bereikt: pen-gat-, deugel-, tand- en zwaluwstaartverbindingen, etc. Metalen schroeven, spijkers en bouten zijn welbekend voor bevestiging van houten delen. Daarnaast kunnen ook diverse metalen verbindingenplaten, winkelhaken, hoekankers, balkdragers en strips worden ingezet om een houten constructie samen te stellen. Een andere veel toegepaste mogelijkheid is het onderling verlijmen van houten oppervlakken.

Verlijmde bladen en panelen van massief hout en doorlopende gevingerlaste lamellen worden in verschillende afmetingen door de houtverwerkende industrie geproduceerd. Naast het verlijmen van houten planken of balken worden ook dunne fineerlagen verlijmd. Deze hout(vezel)producten worden meestal verlijmd met synthetische (petrochemische) lijmen zoals Ureum formaldehyde (UF), Phenol formaldehyde (PF), Polyvinylacetaat (PVAc) of isocyanaat-gebaseerde binders. Vanwege verscherpte wetgeving om emissies van schadelijke stoffen te verminderen, komen de formaldehyde gebaseerde producten steeds meer onder druk. Dergelijke schadelijke stoffen worden ook wel volatile organic compounds (VOC) genoemd. De formaldehyde lijmen worden naar verwachting mondiaal uitgefaseerd. Hierbij valt op dat de normen voor binnenshuis toepassing van formaldehyde in de USA en Japan (< 0.03 ppm) aanzienlijk strenger zijn dan in de EU (< 0.13 mg/m³ lucht of < 0.1 ppm).

3.3.2 Fineer

Gefineerd hout is reeds lang toegepast in de meubelmakerij en interieurafwerking om houtoppervlakken af te werken. Vóór de introductie van synthetische lijmen werden beenderlijm of runderbloed als lijm gebruikt.

Vanwege de bewerkelijkheid en de huidige strikte regels voor het gebruik van dierlijke producten in de EU zijn deze biobased producten vervangen door synthetische lijmen (UF, PF of PVAc). Fineer is verkrijgbaar op basis van veel verschillende houtsoorten (eik, beuk, mahonie, teak, etc.) en specialiteiten



BIOBASED HUIS
interieur

(noten wortel e.a.) en wordt veel gebruikt in de meubelmakerij, meubelrestauratie en interieurafwerking (deuren, kasten, boten, dashboards).

3.3.3 Multiplex

Triplex of multiplex (Plywood) wordt in grote hoeveelheden toegepast in de bouw en meubelindustrie. Deze plaatmaterialen zijn opgebouwd uit drie of meer lagen houtfineer, die kruislings worden verlijmd. Hierdoor ontstaat in alle richtingen een hoge sterkte. De dunne fineerlagen (tot 0.6 mm) worden meestal verkregen door het (machinaal) schillen van rondhout over de lengte van de stam. Het hout voor de toplaag is meestal van betere kwaliteit fineer. Soms wordt ook een (decoratieve) melamine toplaag toegepast voor fabricage van keukenbladen, deuren of kasten. Voor betonbekisting wordt ook vaak multiplex ingezet.



BIOBASED HUIS
interieur
afwerking

3.3.4 Gelamineerde houtelementen

Innovaties voor bouwen met hout wordt gevonden in de meerlaags verlijmd (gelamineerde) prefab houtelementen waarmee grote overspanningen kunnen worden gerealiseerd. De lijm is gewoonlijk UF, PF of melamine formaldehyde (MF). Vergelijkbaar met multiplex houtfineer producten worden kruislings georiënteerde lagen van planken verlijmd voor dragende vloer- en dakdelen. Gelamineerde vuren of lariks houten balken zijn geschikt voor overspanningen en dragende constructies, die inzetbaar zijn in bijvoorbeeld sporthallen of fabriekshallen.



BIOBASED HUIS
constructie



3.3.5 Prefab elementen en logbouw

HIB-System AG heeft een innovatief prefab bouwblok elementen (HIB) ontwikkeld en onder de merknamen Ökoflex en Ökovario op de markt gebracht voor inpassing in houtskeletbouw dat kan worden gestapeld als bakstenen. Verlijming is hierbij overbodig en installatie van bedrading of leidingen kan worden geïntegreerd in het ontwerp. In Nederland wordt dit systeem door HIB-System Nederland op de markt gebracht. In de UK en de USA wordt een vergelijkbaar modulaire prefab blokken bouwsysteem geproduceerd onder de merknaam STEKO®.

Houtstapelbouw of logbouw wordt momenteel toegepast in verschillende nieuwbouw projecten (Houtbouwprojecten, 2012). Hierbij worden massieve of gelamineerde balken gestapeld tot constructieve wanden welke met verschillende methoden kunnen worden afgewerkt. Deze manier van bouwen zou ook voor zelfbouwen en renovatie geschikt zijn. Finnforest maakt houten I-liggers t.b.v. vloeren, wanden en daken.



BIOBASED HUIS
prefab

3.3.6 Houtlijmen

Alternatieve formaldehyde vrije houtlijmen worden als milieuvriendelijke lijm op de markt aangeboden. Dergelijke lijmen zijn gebaseerd op sojameel maar ook een aandeel chemische cross-linker bevatten. Het gebruik van deze cross-linkers wordt niet breed uitgemeten. Ze zijn veelal op

basis van reactieve chemische componenten als epichloorhydrine (C_3H_5ClO) of isocyanaat (methylene di-isocyanaat MDI; toluene di-isocyanate TDI; hexamethylene di-isocyanate HDI) of acrylaat. Op basis van sojameel en PAE (polyamidoamine epichloorhydrine) is een lijm (Soyad™) met een goede natsterkte ontwikkeld (Kuo, 2001). In Nederland en de rest van de EU brengt Ashland dit product op de markt onder de naam Purebond®. Acrodur® is een nieuwe "ecologische" lijm van BASF op basis van acrylaat voor de fabricage van vezelcomposieten en thermohardende vormdelen.

De moderne formaldehyde gebaseerde lijmen hebben een lage formaldehyde emissie en de daarmee verlijmde producten voldoen aan de Europese emissiewaarden regelgeving¹⁰. Fenol-formaldehydelijmen (PF) worden vooral in multiplex en HDF platen toegepast. Ook worden decoratieve papiercoatings met PF geïmpregneerd.



BIOBASED HUIS
lijmen

¹⁰ MAC waarde 0.3 ml/m^3 ; UF verlijmde spaanplaat klasse A $< 3.5 \text{ mg/m}^2\text{h}$; NEN-EN1084; www.apa-europe.org.

Resorcine (Resorcinol formaldehyde hars, RF) wordt ingezet voor vingerlassen en buitentoepassingen (boten). Melamine hars (melamin formaldehyde resin, MF), is een synthetisch thermohardende kunststof (BASF), die voornamelijk wordt toegepast in de (decoratieve) toplaag van houtvezelplaten (MDF, spaanplaat, HDF). Het geeft een water- en brandwerende laag en is hard en krasvast. Dergelijk materiaal wordt ook wel formica genoemd. MUF lijm is een UF houtlijm die door toevoeging van melamine een sterkere en water bestendiger lijm geeft.

Acrylaat lijmen zijn snel drogende lijmen die een goede hechting en sterkte geven. Ze bestaan vaak uit twee componenten: polycarboxyuren en multifunctionele alcoholen die worden uitgehard met een katalysator of door UV. Cyanoacrylaat is de bekende secondelijm of superlijm.

Epoxy twee-componenten (bisfenol A en epichloorhydrine) lijm is een oplosmiddel vrije lijm die door polymerisatie en vernetting van epoxide op het houtoppervlak de verschillende delen aan elkaar verbindt. Epoxy wordt vaak als reparatielijm toegepast.

Bioadhesives op basis van eiwitten of koolhydraten:

Er is een hele serie biobased lijmen, die niet meer, nog niet of slechts sporadisch in bouwproducten worden toegepast, maar die mogelijk wel geschikt zijn. Huidige toepassingen geven een indicatie van de toepassingsmogelijkheden:

- ii wordt gemaakt op basis van collageen dat wordt gewonnen uit slachtafval zoals beenderen, huiden en vis. Het is niet watervast en door temperatuur en vochtinwerking reversibel weer los te maken. Het is beschikbaar met verschillende eigenschappen (sterkte, hardheid, droogsnelheid en 'bloomgetal'). Beenderlijm is geschikt voor het lijmen van hout (fijner) en andere binnen toepassingen. Het wordt nog slechts in beperkte hoeveelheden toegepast, en dan met name voor muziekinstrumentenbouw en de restauratie van meubelen.
- Ook van dierlijke oorsprong zijn de caseïne lijmen, die uit koeienmelk wordt gewonnen. Caseïne lijm wordt behalve als etiketterlijm ook gebruikt om kleurstoffen te binden en decoraties op pleisterkalk aan te brengen.
- Plantaardige eiwitlijmen zijn bijvoorbeeld sojelijm die in de USA als formaldehydevrij product op de markt is voor multiplex en OSB (Frihart, 2010). Ook gluten eiwit heeft goede lijm eigenschappen, maar wordt niet op commerciële schaal in de bouw toegepast als lijm.
- Zetmeellijmen (stijfsel) worden uit aardappel, tarwe, maïs of rijst geproduceerd. Aardappel dextrine wordt bijvoorbeeld toegepast voor papier & karton. Hiermee kunnen papier schuimen, isolatie platen of ook vezel non-wovens worden geproduceerd die in bouwtoepassingen inzetbaar zijn.

- Voor vergelijkbare toepassingen, maar met name als behangplaksel en papierlijm, komen ook cellulose derivaten in aanmerking: zoals Methyl cellulose lijm (MC), methylhydroxyethyl cellulose (MHEC), carboxymethylcellulose (CMC), hydroxyethyl cellulose (HEC); hydroxypropylcellulose (HPC). Ieder derivaat heeft zijn typische toepassing om papier of cellulose vezels te verstevigen, te binden of hydrofoob te maken.
- Andere koolhydraat gebaseerde lijmen zijn gebaseerd op chitosan (uit garnalen), of plantaardige gom zoals Arabische gom. Deze hars van *Acacia senegal* e a. geeft een watergevoelige lijm en is bekend als verdikkingsmedium in waterverf.

Furaan hars

Als hernieuwbare lijm en milieuvriendelijker vervanger van fenolformaldehyde hars is ook furaan hars uitstekend inzetbaar als houtlijm. De beschikbaarheid van furaanhars op de markt is echter (nog) beperkt.

3.4 Geïmpregneerd hout en coatings

3.4.1 Houtbescherming

Hout en houtproducten zijn gevoelig voor biologische afbraak als het vochtgehalte te hoog (> ca. 20%) wordt, waardoor met name voor buitentoepassingen maatregelen nodig zijn om voortijdige degradatie te voorkomen (Probos, 2009). Daarnaast hebben blootstelling aan weersinvloeden zoals uv-licht en wind ook een negatief effect op de materiaaleigenschappen.

Als bescherming van hout en houtproducten tegen vocht, uv-licht of aantasting door micro-organismen (schimmels) wordt vaak een waterafstotende, ondoordringbare laag aangebracht. Het grootste aandeel van deze impregneermiddelen, lakken en coatings worden geproduceerd op basis van petrochemische producten, maar ook biobased grondstoffen zijn inzetbaar. Natuurlijke houtbeschermingsmiddelen zijn was (wax), schellak, drogende oliën (lijnolie, tung olie), vernis, lak en verf (op plantaardige oliebasis).

Voor de bestrijding van zwammen op hout en vezels in buitentoepassingen wordt sinds het verbod op creosoot (steenkolteer) en Wolman zouten¹¹ met name boorzuur houdende oplossingen populair¹².

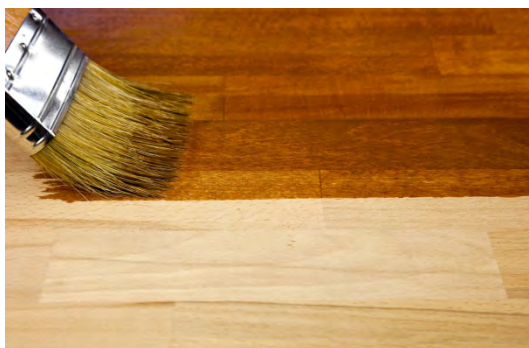
¹¹ Wolmanzouten zijn zouten op basis van chroom en koper (CC) of chroom, koper en arseen (CCA)

¹² Boorzuur, borax, natriumoctaboraat.

3.4.2 Verven en houtcoatings

De verven en lakken die worden gebruikt voor hout bewerking vallen onder de categorie chemische bouwstoffen en worden voor het overgrote deel niet uit hernieuwbare grondstoffen geproduceerd. Niettemin vergroten ze de toepassingsmogelijkheden van houtproducten in de bouw aanzienlijk.

Hout en houtproducten worden tegen beschadiging en slijtage beschermd door het aanbrengen van een beschermende verf- of laklaag. Een coating beschermt tegen weer en wind en verhindert het binnendringen van vocht en aantasting door schimmels of insecten. Een goede coating moet beschermen tegen uv-straling en



kunnen 'ademen' om ophoping van vocht te voorkomen. Deze verven worden meestal geproduceerd op basis van alkyd en/of acrylaat.

De meeste coatings worden aangebracht met behulp van organische oplosmiddelen, die als schadelijk voor de gezondheid worden bestempeld (bijv. toluen, terpentijn) (FNV Bouw, 2009).

Lakken zijn oorspronkelijk transparant, waardoor de houtkleur en nervenstructuur zichtbaar blijft, en geven een dekkende laag die niet doordringt in het hout. Verven zijn niet transparant en bestaan hoofdzakelijk uit pigmenten, bindmiddelen en vulmiddelen, die meestal zijn verdund in een vluchtig oplosmiddel. Ook wordt een drogingsmiddel of siccatief toegepast. De begrippen lak en verf worden tegenwoordig vaak door elkaar gebruikt. Lakverven worden gefabriceerd op waterbasis (acrylverf) of terpentijnbasis (alkyldverf). Verven op thinnerbasis (epoxyverf, celluloselak) en terpentijn basis (lijnolieverf, langzaam drogend) worden beperkt ingezet.

- Houtvernissen zijn doorgaans transparant en glanzend, waardoor de houtnerf zichtbaar blijft. Vernissen op plantaardige oliebasis kunnen succesvol als bescherming van hout worden toegepast, maar langere droogtijden en meerdere behandelingen maken het bewerkelijker dan de sneldrogende synthetische producten. Deze olievernissen worden gefabriceerd uit drogende plantaardige oliën zoals tall olie, lijnolie, jojoba olie, maanzaadolie, walnootolie, etc. Dergelijke oliën zijn gevoelig voor oxidatie en kunnen daardoor aan de lucht ranzig worden. Er



BIOBASED HUIS
Verven
Houtcoating

worden in commerciële producten vaak metaalzout katalysatoren aan toegevoegd (Co, Mn, Fe), die de droging versnellen.

- Terpentijn wordt aan lijnolie toegevoegd, waardoor vernis verdund wordt. Terpentijn (pineen) wordt uit naaldhout gewonnen door destillatie. Terpentine daarentegen is een nafta kraakproduct dat ook wordt gebruikt voor het verdunnen van verven.
- Alkyd en PUR gebaseerde vernissen gebruiken eveneens petrochemische oplosmiddelen en geven een goede bescherming. Water-gebaseerde middelen geven minder VOC emissies maar kunnen zwelling van de vezels veroorzaken waardoor een ruw oppervlak ontstaat.
- Nitrocellulose lak (NC) is een cellulose derivaat dat nog beperkt wordt geproduceerd (vanwege vervuiling tijdens de productie en vergeling van het gelakte hout). Deze verspuitbare lak is transparant en geeft een goede glans maar is niet erg hard. Door instrumentmakers en modelbouwers is NC gewild voor de bescherming van houten instrumenten, vanwege het positieve effect op de klank.
- Alkydverven worden samengesteld uit een pigment (meestal minerale kleurstoffen) en alkydhars. Dit is een polymeer dat is opgebouwd uit polyolen, die zijn gecondenseerd met organische zuren. Aan de gevormde polyesters worden veelal emulsies van plantaardige oliën toegevoegd (lijnolie, sojaolie, zonnebloemolie) en een katalysator voor de uitharding (metaalzouten zoals Fe, Co, Ca, Zn, Zr, Pb).
- Beitsen dringen in tegenstelling tot verf en vernis door in het hout en geeft daardoor een extra bescherming. Beits zal daardoor niet afbladderen. Beitsen kunnen transparant of dekkend zijn en worden geleverd in uiteenlopende kwaliteiten. Binnenbeits is veelal op basis van waterverdunbare acrylaten. Buitenbeits is op basis van alkydhars en een oplosmiddel als terpentine. Beits geeft een donkere kleur aan het hout.
- Pigmenten zijn meestal minerale producten zoals oker, omber, titaanwit, sienna, ultramarijn, FeO_2 , Cr_2O_3 , etc. Biobased organische pigmenten en kleurstoffen zijn vaak minder kleurecht (bijvoorbeeld purper uit brandhoornslak, karmijn uit cochenille schildluis, indigo uit *Indigofera tinctoria*, wede, meekrap, etc.).

Het aandeel bio-based componenten in de verf- en lakken sector is aanzienlijk (plantaardige oliën), maar zou nog kunnen worden uitgebreid. Deze componenten worden terug gevonden in de verschillende alkyd bindmiddelen op basis van natuurlijke olie (soja, zonnebloem, lijnolie, ricinus, saffloer, tallolie, houtolie, koolzaad, calendula). Ook worden cellulose derivaten (zoals CMC) toegepast als additief

verdikkingsmiddel, glansmiddel. Daarnaast kunnen de oplosmiddelen van biologische oorsprong zijn (ethanol, terpentijn). Enkele voorbeelden van producten:

- Latex (watergedragen) muurverf bevatte vroeger natuurrubber latex, maar wordt tegenwoordig meestal gemaakt op basis van synthetische bindmiddelen (vinyl, acryl, styreen). Latex verf bevat verder kalk en pigment en vaak ook een schimmelwerend middel.
- Op basis van caseïne-kalk is een muurverf beschikbaar voor binnen en buiten. Deze verf is beschikbaar in 45 kleuren en is ademend, vochtregulerend en electrostatisch neutraal (Calcatex).
- Finse kookverf op lijnolie basis met 'aardpigmenten' (oker) is een traditionele kookverf. Voor sommige formuleringen wordt zetmeel van rogge en/of tarwe meegekookt als verdikkend bestanddeel.
- Wohlfühlfarbe is een waterverdunbare witte dispersieverf op natuurharsbasis voor binnen toepassing op minerale ondergrond (pleisters, gips).
- Ecoleum is een transparante beits, een milieuvriendelijke carbolineum vervanger voor houtbescherming voor ruwhout in buitentoepassingen tuinhout, schuren etc. Deze beits wordt op basis van lijnolie en alkydhars samengesteld.
- Van Wijhe Verf (Wijzonol) en ook Dreisol ontwikkelen beschermende coatings en lakken met betere milieuprestaties (reductie VOC emissies, oplosmiddelvrije lakken, UV hardende lakken). Deze zijn vooralsnog voornamelijk op petrochemische basis met uitzondering van het aandeel plantaardige oliën die in veel alkydharsen worden verwerkt.

3.4.3 Hydrofobeermiddelen (wassen)

Wassen komen in de natuur voor als de waterafstotende componenten die aan het oppervlak van plantaardige cellen een barrière vormen. Natuurlijke wassen worden ook door verschillende insecten uitgescheiden: bijenwas, schellak en Chinese schildluis was.

Informatie over de oorsprong en samenstelling van de toegepaste wassen als houtbeschermingsmiddel is beperkt voorhanden. Veelal wordt Paraffine wax toegepast, dit is een petroleum gebaseerde was (Russell, 2006).



- Bijenwas wordt uit de honingraten gemaakt en is opgebouwd uit vetzuur-esters en vet-alcoholen. Bijenwas vereist herhaalde behandeling en opwrijven om de glans te behouden.

- Schellak is afkomstig van de lakschildluis (*Coccus lacca* / *Laccifer lacca*), het geeft een gelige kleur en is erg duurzaam.
- Lanoline, of schapenwolvet, geeft een uitstekende bescherming aan leer, metaal en ook hout. Behalve voor onderhoud van antieke meubels wordt het slechts beperkt toegepast.
- Enkele voorbeelden van plantaardige wassen, die commercieel worden gewonnen, en voor impregnatie van hout gebruikt kunnen worden, zijn:
 - Carnauba palm was (*Copernicia prunifera*, Brazilië),
 - Candelilla (*Euphorbia cerifera*, *E. antisiphilitica*, Mexico),
 - Ouricury was gewonnen uit de vederpalm (*Syagros coronata*, Brazilië)
 - Japan was (*Rhus vermiciflua*)
 - Retamo was (*Bulnesia retamo*, Argentinië)
- Er zijn een aantal minerale wassen (koolwaterstoffen) te gebruiken als hydrofoberingsmiddel van hout:
 - Paraffine, C20-C40 alkanen, zware fractie uit aardolie
 - Montan, donkerbruine was geëxtraheerd uit lignite kool of turf,
 - Ozokerite, waxstone ook bekend als wassteen of mijnsteen. Dit is een minerale delfstof
 - Ceresine, is een extract uit waxstone

Voor het impregneren van poreuze gevels zijn siliconen hydrofobeer middelen op de markt. Dit zijn synthetische anorganische polymeren met synthetisch organische substituenten die sterk water afstotende eigenschappen bezitten (bijv. polydimethylsiloxaan = siliconen rubber). Dergelijke siliconen kunnen ook hout een goede bescherming en verduurzaming geven.

3.4.4 Brandvertragers

Vanwege de brandbaarheid van hout en andere hernieuwbare grondstoffen worden deze materialen soms behandeld om te kunnen voldoen aan de strengste veiligheidsnormen die in de bouw gelden [NEN 6068] (Centrum Hout, 2007b). Ter bescherming tegen brand en brandvoortplanting wordt hout geïmpregneerd met brandvertragers.

De methoden om hout en houtproducten brandvertragend te maken zijn gericht op het vertragen van de vlamvorming en het voorkomen van uitbreiding van de brand. Hiervoor worden verschillende zouten toegepast die kunnen reageren met de brandbare gassen die bij hoge temperatuur (> 250 °C) vrijkomen. Halogenen (fluoride, chloride, bromide) zijn zeer effectief, maar schadelijk voor het milieu en daarom



BIOBASED HUIS
brandvertragers

worden deze niet meer ingezet voor deze toepassing. Meestal is geen of zeer beperkte informatie te vinden over de toegepaste brandvertragende middelen, die meestal wel de claim hebben vrij van halogenen te zijn. Alternatieve vlamvertragers die vaak worden toegepast als impregneer middel voor hout zijn op basis van boorzouten, (quaternaire) ammonium zouten, en fosforverbindingen.

Waterglas (Na_2SiO_3) wordt vanouds gebruikt om hout en textiel brandwerend te maken en ook om poreuze wanden vochtwerend te maken. Keim Soldalan is bijvoorbeeld een op waterglas gebaseerde muurverf. Met waterglasverven kunnen ook buitengevels worden behandeld.

3.5 Gemodificeerd hout

Om hout te verduurzamen kan het een milde thermische behandeling worden gegeven (150-200 °C). Hierdoor worden voor schimmels en bacteriën makkelijk toegankelijke koolhydraten omgezet en onverteerbaar gemaakt en wordt het materiaal tegelijkertijd meer waterafstotend.



- ThermoWood® en Plato hout® zijn naaldhout (vuren) producten die door een thermische behandeling zijn verduurzaamd en daardoor breder inzetbaar zijn, o.a. voor buitentoepassingen als gevelbekleding, hekwerk of schuren.
- Acyleren of veresteren van hout heeft het effect dat het behandelde materiaal geen water meer opneemt en dat het door hout afbrekende micro-organismen niet meer wordt herkend.
- Accoya wood geeft (naald)hout een behandeling met azijnzuuranhydride, waardoor het materiaal waterafstotend wordt en betere dimensiestabiliteit vertoont.
- Waxwood® is een voorbeeld van een waterwerend houtproduct op basis van inheemse houtsoorten die bij verhoogde temperatuur met was zijn geïmpregneerd. Het product is geschikt voor buitentoepassing.
- Koolteer werd vroeger in de scheepsbouw toegepast. Door middel van pyrolyse van hout onder zuurstofvrije omstandigheden wordt een reactieve zwarte koolteer olie verkregen (bio-olie) waarmee hout verlijmd, gehydrofobeerd en verduurzaamd kan worden.
- Impregneren van hout met hernieuwbare producten zoals pyrolyse olie, lignine (restproduct uit de papierproductie) en furaan-harsen heeft een uitstekend verduurzamend effect, met name op goedkopere en lichtere houtsoorten zoals populier en wilg of naaldhout.



Figuur 3: Het NIOO-gebouw in Wageningen met gemodificeerd houten gevelbekleding

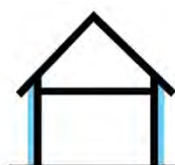
3.6 Vezelplaatmaterialen

Plaatmaterialen worden in diverse bouwdelen toegepast, van gevelbekledingen, die weer en wind moeten kunnen weerstaan, tot binnenwanden waarbij akoestische isolatie en decoratieve afwerking samen gaat met veiligheid en comfort.

3.6.1 Gevelbekleding

Architectonisch is de gevelbekleding van groot belang voor de uitstraling van een gebouw. De visie van vooraanstaande architecten zoals Paul Ruiters en Bert Lieveerse daarop geeft niet veel ruimte voor groen en hernieuwbaar; daarentegen zijn glas en kunststoffen favoriet (Stedebouw, 2010). Toekomst scenario's voor nieuwe materialen in de bouw houden rekening met de mogelijke recycling.

Biobased plaatmaterialen en panelen voor gevelbekleding worden veelvuldig toegepast. Naast (gecoate, geïmpregneerde, verduurzaamde) houten rabatdelen, shingles of schelpen stuc als gevelbekleding kunnen ook de Volkern HDF decoratieve panelen (zie §3.6.5) als biobased materiaal worden aangemerkt, vanwege het aandeel houtvezels (ca 70%).



BIOBASED HUIS
vezelplaten
gevel

3.6.2 Spaanplaat

Spaanplaat (Particle board) wordt in grote hoeveelheden toegepast in de bouw en meubelindustrie. Deze hout(vezel)producten worden veelal gebonden met synthetische (petrochemische) lijmen of harsen (zie §3.3.6) zoals Ureum formaldehyde (UF), Phenol formaldehyde (PF), en Polyvinylacetaat (PVA) of isocyanaat-gebaseerde binders. Vanwege verscherpte wetgeving m.b.t. hoge emissies van schadelijke stoffen staan de formaldehyde gebaseerde producten steeds meer onder druk.

Spaanplaten op basis van vlas- en hennepscheven worden geproduceerd door o.a. Faay, LCDA, Lefeber, Linex Pro-grass, Linopan en Unilin. Vlasschevenplaat wordt toegepast in wand- en plafondsysteem. Separatiewanden, voorzetwanden bij renovatie of isolatiewanden kunnen worden opgetrokken van lichtgewichtspaanplaat ($320\text{-}540\text{ kg/m}^3$) gebonden met UF hars (Formaldehyde Klasse E1) en eventueel afwerking met gipskartonplaat, verf, sierpleister, tegels of stucwerk of vinyl decoratielaag. Ook meerlaagsproducten gelamineerd met steenwolisolatie of resol-hardschuimkern kunnen worden geleverd.



BIOBASED HUIS
vezelplaten
spaanplaat

3.6.3 MDF

MDF (medium density fibre board) wordt tegenwoordig grootschalig toegepast in de bouw en de meubelindustrie. MDF platen worden geproduceerd door houtvezels te besproeien met een lijm (gewoonlijk UF of PUR) en te persen bij verhoogde temperatuur. De vlakke platen hebben een dichtheid van ca $0.6\text{-}0.8\text{ g/cm}^3$ en worden geleverd met standaard afmetingen ($1.22 \times 2.44\text{ m}$ en $4\text{-}30\text{ mm}$ dikte). Tegen watergevoeligheid of brandbaarheid kunnen de platen ook worden geleverd met een extra toevoeging. Het grote voordeel van vezelplaten is dat het gehele hout kan worden gebruikt (zonder zaagresten) en dat een hoogwaardig product kan worden gemaakt uit mindere kwaliteit houtsoorten (EPF, 2012).



BIOBASED HUIS
vezelplaten
MDF

3.6.4 Hardboard

Hardboard is een plaatmateriaal dat gewoonlijk van houtvezels wordt gefabriceerd. Hardboard platen worden geperst uit vervezelde gestoomde houtchips volgens de procedure van Mason (1924) zonder toevoeging van een hars: natte vezels



BIOBASED HUIS
vezelplaten
hardboard

worden op een fijn gaas geperst onder hoge druk en temperatuur (175-200 °C) waardoor het vocht wordt verwijderd. Deze vorm van hardboard heeft een dichtheid van ca 800 kg/m³ en is ook wel bekend als Masonietvezelplaat. Masoniet (3-6 mm dik) wordt toegepast in de meubelindustrie en voor het egaliseren van ondervloeren. Ook wordt masoniet veel door kunstenaars gebruikt als ondergrond voor schilderwerk.

3.6.5 HDF (High density fibre board)

HDF volkern is een massieve hoge dichtheid vezelplaat (1350 kg/m³), die veel wordt toegepast als gevelbekleding en in natte ruimtes (zwembaden, sportscholen) en in meubels, kasten, tafel- en werkbladen. HDF of Formica, beter bekend als de Trespa[®]-plaat, wordt geproduceerd door heet persen van met fenolhars beharste houtvezels (TMP of thermomechanisch vervezelde naaldhout chips) of van lagen met fenolhars geïmpregneerd kraftpapier.



BIOBASED HUIS
vezelplaten
HDF

3.6.6 Oriented strandboard (OSB)

Oriented strand boards (OSB) wordt vooral in de USA en Canada aangetroffen, maar wordt ook steeds vaker in Europa toegepast. OSB is sterker dan spaanplaat en heeft eigenschappen vergelijkbaar met multiplex platen maar is goedkoper. Deze platen van beharste en geperste dunne houtsnippers of schilfers worden met name binnen en in tijdelijke bouwvoorzieningen toegepast. Het gebruik van lagere kwaliteit houtsoorten zoals



BIOBASED HUIS
vezelplaten
OSB



populier- of esdoornhout in OSB is mogelijk zonder groot kwaliteitsverlies. Vanwege striktere regels m.b.t. formaldehyde emissies worden dergelijke platen tegenwoordig ook met sojalyjm (en isocyaanaat hars) als formaldehydevrije platen op de markt gebracht (Soynewuses, 2011).

3.6.7 Stropanelen

- Geperste stroplaat werd vroeger gebruikt als scheidingswand en isolatiemateriaal; een andere naam was Halmplank (De Vree, 2012). Stramit (UK) en Ekodesky (Cz) produceren en leveren nog dergelijke geperste stropanelen met papier toplaag.
- Plaatmaterialen op basis van formaldehyde-vrije hars gebonden strovezels worden in Nederland onder de naam Ecoboards vermarkt.
- Durra plafond- en wandplaten (van Ortech, Australië) gemaakt van tarwe- of rijststro gebonden met PVA lijm op water basis, hebben een uitstekende akoestische en thermische isolatie.
- Stro-cellulose (karton) board wordt in W. Europa niet meer geproduceerd. Eind jaren 70 werden deze fabrieken (voornamelijk in Groningen) vanwege hun grote milieubelasting gesloten. Ook elders in Europa (Spanje, Denemarken) werden stropulpfabrieken gesloten of voor andere grondstoffen (papier recycling) geschikt gemaakt.
- Vroeger werden platen op basis van geperst nopriet toegepast als isolatieplaat, dakbeschot of wandisolatie.



BIOBASED HUIS
vezelplaten
stropanelen

3.6.8 Bagassevezelplaat

Bagassevezelplaat wordt gemaakt op basis van het restproduct dat vrijkomt bij suikerrietproductie. Jaarlijks wordt er wereldwijd meer dan 1,2 miljard ton suikerriet geoogst, waarbij ca 0.4 miljard ton bagasse vrijkomt. Deze vezelplaatproducten zijn beperkt op de Nederlandse markt beschikbaar.

Wall Art 3D wandpanelen levert in Europa interieur producten op basis van bagasse. Bagasse panelen worden geproduceerd als particle board en MFD via verlijming met UF. Wereldwijd zijn diverse producenten actief zoals bijvoorbeeld in Cuba maar ook India (Sleek Boards Ltd.), en Thailand. De Duracane fabriek van Acadia Board Company in de USA past in de productie MDI lijm toe.



BIOBASED HUIS
vezelplaten
bagassevezel

3.6.9 Bamboe

Bamboe wordt niet inheems geproduceerd maar geïmporteerd uit vooral China, en in mindere mate uit andere landen zoals Indonesië en Colombia. Bamboe als bouw materiaal heeft vele mogelijkheden en traditioneel werd het toegepast



BIOBASED HUIS
vezelplaten
bamboe

in vlechtwerk en als (goedkoop) constructie materiaal. Ook voor moderne bouwtoepassingen zijn bamboe en rotan inzetbaar. Bamboe wordt toegepast voor de fabricage van diverse bouwmaterialen en producten voor binnenhuis en tuinrichting. Nieuwe methoden voor de verlijming van de stroken bamboe leveren een heel scala aan goede kwaliteit bouwmaterialen op voor kozijnen, vloerdelen of traptreden.



Figuur 4: Bamboe, verlijmd bamboeparket en -composiet

3.6.10 Geluidisolatie-platen

Geluidwering in scheidingsconstructies is tamelijk gecompliceerd. De mate van geluidisolatie wordt uitgedrukt in een isolatie-index, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen lucht- en contactgeluid (NEN 1070). Kwaliteitsklassen worden onderscheiden van I (zeer goed) tot V (slecht).

In bouwkundige ontwerpen moet hiermee volgens de richtlijnen in het bouwbesluit rekening worden gehouden (zwevende dekvloeren, ankerloze spouw, geluid van installaties, etc.)



BIOBASED HUIS
vezelplaten
geluidisolatie

3.7 Overige composiet bouwmaterialen (samengestelde producten)

Veel materialen die tegenwoordig worden toegepast zijn opgebouwd uit een aantal verschillende en soms heel uiteenlopende componenten en grondstoffen. Dit geldt zeker ook voor bouwmaterialen. De ingrediënten kunnen zijn: metalen, niet-metaalachtige minerale grondstoffen (zand, steen, klei, glas, cement, beton, kalk), synthetische kunststoffen (plastics, harsen) en/of organische grondstoffen zoals hout, stro, plantaardige vezels, agrarische afval (kaf, schillen, etc). Deze ingrediënten leveren ieder een functionele en specifieke bijdrage aan de eigenschappen van het samengestelde materiaal, ook wel composiet genoemd. Hierbij worden onderscheiden de matrix, (vezel)versterking, vulstof, kleurstof, coating en hulpstoffen ten behoeve van de fabricage zoals plastificeerder, lossingsmiddel etc.

3.7.1 Vezelcement

Sinds asbestcement golfplaten en plaatmaterialen voor gevelbekleding en dakbedekking in 1993 werden verboden vanwege schadelijke effecten op de gezondheid, zijn verschillende alternatieve cement-vezelcomposieten ontwikkeld met kunststofvezels, glasvezels of houtvezels.

Bijvoorbeeld houtwol-cementplaten zijn evenals asbestcement brandwerend en worden in binnentoepassingen ingezet: systeemwanden, vloerdelen en plafonds. Naast cement gebonden vezelplaten worden ook magnesiet en gips met natuurlijke vezels in bouwapplicaties aangetroffen. Enkele voorbeelden:



BIOBASED HUIS
afwerking

- Eternit produceert vezelcement dakbedekking en -platen, die niet als biobased kunnen worden aangemerkt. Als 'groen' product etaleert Eternit, in samenwerking met Mosterd de Winter ook vegetatiedaken voor dakhellingen (7-25°) op vezelcement golfplaten ondergrond.
- Cempanel[®] is een cement-gebonden houtspaanplaat voor niet dragende binnenwanden en tevens inzetbaar voor buitentoepassing. Het is een brandwerende plaat met vochtwerende eigenschappen en een goede geluidsisolatie.
- Houtwol-cement heeft een meer open structuur en is geschikt voor plafondplaten, ondergrond voor stucwerk en akoestische demping.
- Fermacell heeft cement gebonden houtvezelplaten die worden toegepast in o.a. vloerelementen.
- Celenit Houtwolcement is een lichtgewicht (360 kg/m³) plafondplaat op basis van vurenhoutwol gebonden met Portland cement (35%). Het materiaal is eventueel

ook leverbaar in gelamineerde combinaties met EPS, steenwol, gipsplaat, houtvezelplaat voor wanden en akoestische demping en isolatie.

Hempcrete en Isochanvre zijn isolerende bouwplaten geproduceerd uit een mengsel van hennep houtpijp en een minerale binder (kalk, zand, cement). De producten zijn in Nederland moeilijk verkrijgbaar. Er was veel publiciteit voor Hemp houses (UK) waarin hempcrete zou zijn toegepast, maar waarover verder niet veel concrete info kan worden gevonden.

- Diverse biobased bouwprojecten met hennep als bouwgrondstof worden in Frankrijk uitgevoerd: CenC ofwel Construire en Chanvre (2012). Hierbij worden hennep houtdeeltjes aan beton en mortels toegevoegd. Ook in Friesland zijn plannen voor bouwprojecten met bouwblokken van leem en hennep.

3.7.2 *Schuimbeton*

Schuimbeton, of ook gasbeton of cellenbeton genoemd, heeft een lage dichtheid (250-300 kg/m³). Schuimbeton kan worden toegepast als fundering of ook bij renovatie van woningen als bodemafluiters (SSN, 2012). Als schuimmiddelen in het beton kunnen dierlijke of plantaardige eiwitten worden ingezet. Bij het storten van beton wordt als plastificeerder soms ook lignine (lignosulfonaat) ingezet, dat wordt gewonnen als bijproduct uit het papier pulp proces.



Figuur 5: Schuimbeton met eiwit schuimmiddel

3.7.3 Gipsvezelplaat

Gipsvezelplaat wordt samengesteld met houtdeeltjes en gips. Natuurlijk gips wordt gewonnen in bijv. Frankrijk en Duitsland, maar de winning ervan tast het natuurlijke landschap aan. Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) bouwproducten worden meer en meer uit "synthetisch" gips geproduceerd als

alternatief voor natuurlijk gips. Synthetisch gips is een bijproduct dat vrijkomt bij de ontzwaveling van rookgassen uit kolenenergiecentrales, maar het komt ook vrij bij de neutralisatie van bijproducten uit zuur gekatalyseerde bioraffinage processen (zoals 2^e generatie bio-ethanol uit lignocellulose). De duurzaamheid van gips wordt breed uitgemeten door de industrie en hergebruik en recycling van gips uit bouwafval wordt door de producenten bevorderd. Natuurgips wordt nog steeds geleverd.



BIOBASED HUIS
afwerking

3.7.4 Kalk en kalksteen

Steenkalk (CaCO_3) of schelpkalk is de grondstof voor metselmortels, pleister en kalkzandsteen. Steenkalk is een fossiele grondstof terwijl schelpkalk als hernieuwbaar en biobased kan worden aangemerkt. Door verhitten van kalk (900 °C) ontstaat ongebluste kalk (CaO), dat met zand

en water vermengd tot kalkzandstenen kan worden geperst. Mortels en pleisters worden samengesteld uit ongebluste kalk met zand of zilverzand, met toevoeging van een aandeel gips of trass. Kalk is water bestendig en heeft een vochtregulerende werking. Schelpkalk wordt slechts in beperkte mate toegepast (zie §3.8.9).

Trass-kalk (trass-cement) is een pleister van fijngemalen vulkanisch gesteente, dat ook als ingrediënt in kallei-pleister toepassing vindt als gevelbekleding. Trass wordt gewonnen uit vulkanische tufsteen.

Een melding van biobeton als mengsel van zand, grind en water gebonden met kalk en of trasskalk is weinig biologisch en als zodanig misleidend. Een andere referentie is de zelf-reparerende 'biobeton' die door extremofiele bacteriën wordt geproduceerd, die onder bepaalde omstandigheden kalk kunnen afzetten en mogelijk kunnen worden ingezet bij scheurvorming in beton (Jonkers, 2009).

Tadelakt kalkpleister is een minerale glanspleister afkomstig uit Marokko die waterbestendig is en toepassing vindt als pleister voor binnen en buiten.



BIOBASED HUIS
constructie
afwerking

3.7.5 Leem of silt

Leem is een fijnkorrelig sediment (keileem, löss), dat niet van biologische oorsprong is maar wel veelvuldig wordt gecombineerd met milieuvriendelijke bouwmaterialen. Als bouw materiaal wordt een mengsel toegepast van deeltjes van uiteenlopende grootte van zand (50-



BIOBASED HUIS
afwerking

2000 μm SiO_2), klei ($< 2\mu\text{m}$ kaoline, illiet $\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_3$) en silt (2-50 μm). Er worden verschillende productietechnieken gebruikt om bouwelementen (leemblokken of leemstenen) of strolemen (prefab) vloer-, dak- en wandelementen te fabriceren. Stroleem geeft materialen met een lager gewicht (300 kg/m^3) dan de verdichte leemblokken (tot 2000 kg/m^3). Leem is vochtgevoelig en hygroscopisch en minder sterk onder vochtige omstandigheden, waardoor in de toepassing rekening moet worden gehouden met vochtinwerking (Holst, 2011).

Tabel 4. *Bouwfysische eigenschappen van leem.*

| | Verdichte leem | | Stroleem | | | |
|---|----------------|---------|----------|-------|-------|-------|
| | 1800 | 2000 | 300 | 600 | 800 | 1000 |
| Soortelijk gewicht, ρ (kg/m^3) | 1800 | 2000 | 300 | 600 | 800 | 1000 |
| Warmtegeleidingscoëfficiënt (W/mK) | 0,91 | 1,13 | 0,1 | 0,17 | 0,25 | 0,35 |
| Warmteweerstand, R , $d=40 \text{ cm}$ ($\text{m}^2\text{K/W}$) | 0,44 | 0,35 | 4 | 2,35 | 1,6 | 1,14 |
| Specifieke warmte-Capaciteit, S (kJ/kgK) | 1 | 1 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| Warmteopslag-Capaciteit, W ($\text{kJ/m}^3\text{K}$) | 1800 | 2000 | 390 | 660 | 880 | 1100 |
| Dampdiffusieweerstandgetal, μ (-) | < 10 | < 10 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 |
| Thermische uitzettingscoëf., α (10^{-6}m/mK) | 12 | 12 | 4 - 12 | | | |
| Luchtgeluidisolatie I_{lu} , bij $d=40\text{cm}$ (dB) | 54 | 56 | | | | |
| Drukvastheid ongestabiliseerd, σ_d (N/mm^2) | 1 – 3 | 2 – 5 | nvt | nvt | nvt | nvt |
| Drukvastheid gestabiliseerd, σ_{dg} (N/mm^2) | 10 – 30 | 20 – 50 | nvt | nvt | nvt | nvt |

- Leembouwplaten op basis van jute weefsel en riet worden in Duitsland geproduceerd.
- Leemstuc wordt toegepast voor binnenwandafwerking in combinatie met houtskeletbouw met strobalen of als stro-leem mengsel in een (glijdende) bekisting. Ecodesign en opMaat Delft ontwerpen bijvoorbeeld met biobased materialen en geven daarin ook leembouw een plaats.
- Stampleem is een oude techniek waarbij leemstructuren zoals massieve wanden laag voor laag worden aangebracht. In Limburg werden de wanden van houtskelet

vakwerkhuzen samengesteld met gevlochten wilgentenen die met leem werden gedicht.

- Om leem voor buitentoepassingen geschikt te maken heeft BASF een toevoeging op basis van acrylaat (Acronal®) ontwikkeld waarmee leem weersbestendig gemaakt kan worden.
- Voorbeelden van leemtoepassingen in combinatie met strobalembouw kunnen in Nederland op verschillende plaatsen worden aangetroffen(zie ook §7.1).

3.7.6 Klei

Klei wordt in verschillende vormen toegepast in de bouw. Klei is net als leem in principe hernieuwbaar, maar niet biobased. Kleibakstenen worden vaak toegepast als gevelafwerking of bestrating (KNB, 2012). Baksteen wordt uit (rivier)klei gebakken bij ca. 900-1100 °C. De



BIOBASED HUIS
constructie
afwerking

productie van bakstenen kost veel energie tijdens het bakproces (4.1 MJ/kg of 7 GJ/m³). Jaarlijks worden in Nederland ca. 1 miljard bakstenen geproduceerd. Het gebruik van baksteen wordt als duurzaam –in de betekenis van lange levensduur– aangemerkt en de lange traditie van baksteenproductie en -toepassing in de bouw wordt uitvoerig beschreven (Bouwtrefpunt, 2008). Andere toepassingen van klei in de bouw:

- Geëxpandeerde kleikorrels worden ingezet als lichtgewicht isolatiemateriaal in vloeren, fundering en spouw.
- Terracotta is een (poreus) keramisch materiaal van (meestal) ongeglazuurde (rode) klei die als decoratie (tegels, ornamenten) in gevels wordt toegepast.

Zongebakken kleistenen, die met natuurlijke vezelmateriaal (stro, vlas, papyrus) zijn versterkt, werden reeds vroeger in Egypte toegepast. Nog steeds worden in verschillende landen dergelijke bouwblokken toegepast (Afrika, India, China). Het voordeel is de isolerende werking waardoor het gebouw koel blijft in de zomer en warm in de winter. De watervastheid van dergelijke adobe constructies (aangestampte klei met vezels) is beperkt, waardoor uitsluitend in droge gebieden een dergelijk materiaal kan worden gebruikt.

In gebakken keramische materialen zijn cellulose vezels minder geschikt, onder andere vanwege de beperkte thermische stabiliteit van cellulose (tot ca. 200 °C) en de meestal te hoge temperaturen tijdens het bakproces. Poriso-steen is een lichte steen die verkregen wordt door een mengsel van oud papier en klei te bakken. Het papier verbrandt bij het bakproces waardoor poriën ontstaan. Patenten die nano-cellulose en

kleideeltjes combineren claimen een hogere thermostabiliteit, waardoor nieuwe producten mogelijk worden.

Klei gemengd met schapenwolvezels en alginaat (een uit algen gewonnen verdikkingsmiddel) geeft een stevig bouwblok dat niet hoeft te worden gebakken (Kraaijvanger, 2010).

3.7.7 Composiet steen

- In Duitsland, Zwitserland en Oostenrijk zijn naadloze gietvloeren verkrijgbaar, de z.g. Steinhölboden of Holzestrich. Dit zijn magnesiet (MgO en $MgCl_2$) gebonden composieten met houtdeeltjes en minerale vuller (talc en marmerpoeder). Xylolith of Xylite en woodstone zijn de Engelse benamingen voor het Duitse Steinhölb (belag).
- Gegoten composietsteen (Geco-stone[®]) van Holonite bevat minerale vulmiddelen (kwartszand) met (polyester)kunsthars voor vensterbanken, dorpels, plinten muurafdekkingen, douchebakken etc. als vervanger van keramische of natuursteen producten. Het blijft onduidelijk wat de biobased component is.
- Terrazzo is een composietmateriaal van gebroken (gekleurde) steen en glas (recyclage) in kunsthars of cement dat als een decoratieve mozaïek vloerafwerking wordt toegepast. Vergelijkbare (gedeeltelijk) biobased producten lijken realiseerbaar.

3.7.8 Vezel-Kunststofcomposieten

Kunststoffen worden in de bouw veelvuldig toegepast in o.a. kozijnen, deuren, schuifpuien, gevelbekleding, dakgoten, lichtkoepels, leidingen, buizen en hulpstukken, kunststof planken, rubber tegels, zonwering en luiken, polyester dakkapellen, ventilatieroosters, (KBH Kunststofbouw Holland).

Mogelijkheden om petrochemische kunststoffen door hernieuwbare grondstoffen te vervangen worden onderzocht: deze producten zijn nog niet commercieel verkrijgbaar.



BIOBASED HUIS
afwerking

- Thermoplastische kunststoffen (PE, PVC, PP, PC, PS) zijn in principe recyclebaar in tegenstelling tot thermohardende kunststoffen (PUR, PIR, UP polyester, epoxy, aminohars, fenolhars), die na gebruik niet als materiaal kunnen worden hergebruikt. Wel kan energie worden teruggewonnen door verbranding in een energiecentrale.
- Zowel thermoplastische als thermohardende kunststoffen kunnen in plaats van met glasvezels en minerale vulstoffen met natuurlijke vezels worden versterkt en

worden ook wel natural fibre composites (NFC) genoemd. Er is een aantal categorieën te onderscheiden.

- Houtvezelcomposieten of WPC (Wood Polymer composites) kunnen een aandeel van 30-70% natuurvezel bevatten die zijn versmolten met een thermoplastische kunststof (meestal PP). De kunststof binder kan ook een biobased polymeer zijn. Voorbeelden van WPC's zijn geëxtrudeerde planken en profielen van houtdeeltjes gebonden met PP, die worden toegepast in buitentoepassing zoals vlonders, afrasteringen, tuinschermen en terrassen, vanwege de rotbestendigheid. WPC zoals ontwikkeld door TechWood is met name in de USA succesvol en is in Europa aan een opmars bezig. De inzetbaarheid van dergelijke producten voor bouwtoepassingen wordt nog beperkt door de lage brandveiligheid die met name het gevolg is van het thermoplastische polymeer. Vergelijkbare producten kunnen ook worden geproduceerd met andere vezels dan hout (bamboe, stro, etc).
- A photograph showing a well-maintained wooden deck with a matching railing and a built-in wooden bench. The deck is situated outdoors, surrounded by lush green trees and foliage, suggesting a garden or park setting. The wood has a warm, reddish-brown tone.
- Nonwovens van natuurlijke vezels kunnen geïmpregneerd worden met zowel thermoplasten als thermoharders om ze te verwerken tot composiet. Natuurlijke vezelmat versterkte thermoplast (natural fibre mat thermoplastic, NMT) wordt meestal als nonwoven van natuurlijke en thermoplastische vezels gemaakt en vervolgens bij een verwerker bij hoge temperatuur en druk tot vormdelen geperst (o.a. bij toeleveranciers van de automobiellindustrie). Een natuurlijke vezel nonwoven kan ook besproeid worden met hars en in een warme pers uitgehard tot een vormdeel. Beide soorten natuurvezelcomposiet worden veelvuldig als vormdelen in de automobiellindustrie ingezet, o.a. vanwege het lagere gewicht t.o.v. glasvezelversterkte kunststoffen. Afhankelijk van de toegepaste technologie kunnen verschillende vormdelen met thermoplastische of thermohardende polymeren worden vervaardigd.
 - NPSP levert vezelversterkte composieten voor de bouw (gevelbekleding, sanitair, vloeren en dakconstructie). De kunststofcomposieten worden geproduceerd op basis van onverzadigd polyester met een vacuüminjectietechniek. Naast glasvezels gebruiken zij ook natuurlijke vezels als vlas, jute en kokos in hun Nabasco®

composieten. NPSP onderzoekt ook bioharsen als alternatief voor hun epoxy en polyester harsen.

- Natuurlijke vezels als vlas, hennep en jute worden ook gecomponeerd met plastics als PP en PLA (o.a. GreenGran®) waarna het als granulaat geschikt is om te spuitgieten tot 3D producten.
- Enviroshake (Ontario, Canada) maakt shingles voor dakbedekking op basis van 95% gerecycled plastic, rubber en cellulosevezel materiaal en geven daarvoor een 50 jaar garantie.

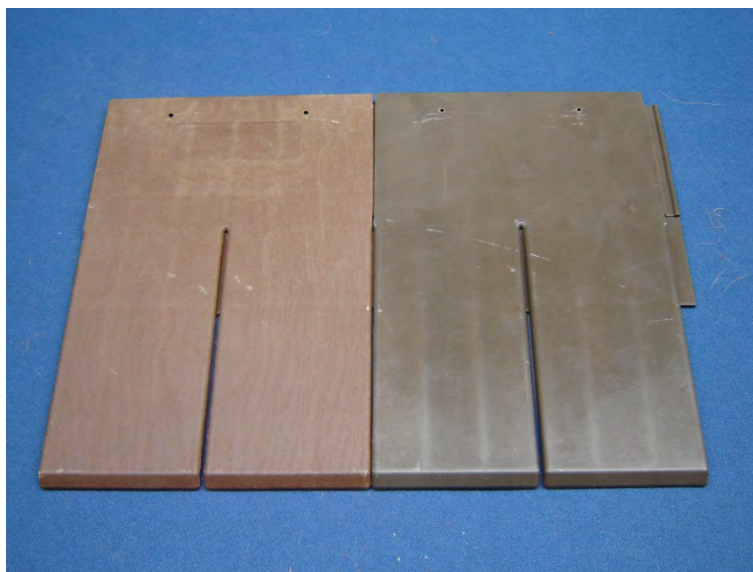
3.7.9 *Hernieuwbare kunststoffen*

Hernieuwbare kunststoffen worden nog slechts beperkt in de bouw toegepast. Een hernieuwbaar plastic in opkomst is polymelkzuur (poly lactic acid, PLA). Andere mogelijke hernieuwbare kunststoffen zijn polyhydroxyalkanoaten (PHB, PHA) en de verschillende cellulose derivaten zoals

cellulose diacetaat (CA), en cellulose acetate-butyrate (CAB). Inmiddels bestaan er verschillende producenten van thermoplastisch verwerkbare composieten (voor extrusie, spuitgieten) die 100% uit natuurlijke grondstoffen zijn samengesteld.



BIOBASED HUIS
wandisolatie
vloerisolatie
afwerking



Figuur 6: Shingle op basis van houtvezel-lignine-PLA composiet (gespuitgiet door Promolding bv).

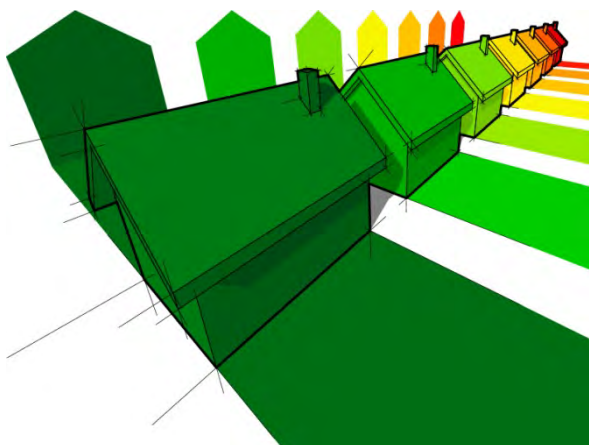
Bijvoorbeeld biopolymeren als PLA of PHA gevuld met lignine of zetmeel en/of versterkt met cellulose vezels: o.a. GreenGran, Rodenburg, Tecnaro. GreenGran en Tecnaro produceren natuurlijke vezelversterkte bioplastic granulaat voor spuitgiettoepassingen. Tecnaro produceert Arboform[®], granules op basis van PLA, lignine en cellulose vezels die kunnen worden gespuïtgiet in verschillende vormen bijvoorbeeld als shingles voor dakbedekking (zie Figuur 6). Mogelijkheden voor toepassingen van deze biokunststoffen in elektrische behuizing of constructieve bouwdelen zijn in onderzoek, bijvoorbeeld PLA met toevoeging van lignine en of furaan harsen.

3.8 Isolatie materialen

Naast houtproducten zijn diverse hernieuwbare isolatiematerialen op de markt, die in veel gevallen glas- en steenwol isolatiedekens of kunststof (PUR-PIR, polystyreen) isolatie kunnen vervangen. De technische prestaties van dergelijke producten op basis van cellulose vezels (vlas, kenaf, hennep, katoen, etc) zijn vergelijkbaar (Tabel 6) en leveranciers claimen dat deze producten een positieve vochtregulerende invloed op het binnenklimaat hebben. De isolatiewaarde, R , is afhankelijk van de dikte van het materiaal: $R = \lambda/d$. Andere technische aspecten van belang voor isolatiematerialen zijn de dampdiffusiecoëfficiënt (μ), de dichtheid (SG) en de brandveiligheid of brandklasse. Om de brandveiligheid te verhogen worden boorzouten of ammonium sulfaat toegepast (Bouwcenter, 2011). De feitelijke prestaties hangen af van hoe het product wordt toegepast.

Door de steeds verder doorgevoerde energieprestatie-eisen van huizen en de installatie van mechanische luchtverversing en gesloten balansventilatiesystemen, wordt de kans op ophoping van schadelijke stoffen, micro-organismen (bacteriën en schimmels) en vocht verhoogd. Balansventilatie kan geluidsoverlast veroorzaken en de

capaciteit van de ventilatie blijkt niet altijd te reguleren. Veel van de huizen waar dergelijke systemen zijn geïnstalleerd voldoen niet aan de bouwvoorschriften en kunnen aanleiding geven tot gezondheidsklachten (Zembla, 2011). Aangepaste balansventilatie waarbij de warme uitgaande lucht alleen wordt gebruikt om de ingenomen lucht te verwarmen moet dit probleem verhelpen.



Tabel 5. Technische eigenschappen van isolatiematerialen op basis van natuurlijke vezels.

| | Lambda, λ W/m²K | Dikte cm (benodigd voor R=2.5) | SG kg/m³ | dampdiffusie coëfficiënt, μ | energie- inhoud (R=2.5) MJ/m² |
|-------------|--|---|--------------------------------|---|---|
| Stro | 0.12 | 30 | | | |
| Riet | 0.06 | 15 | | | |
| Kokos | 0.045 | 11 | | | |
| Vlas | 0.040-0.055 | 14 | 50 | | |
| Katoen | 0.040 | | | | |
| Schapenwol | 0.040 | 10 | | | |
| Schelpen | 0.106-0.250 | 63 | | | |
| Kurk | 0.045 | 11 | 250 | | |
| Houtwol | 0.050 | 13 | | | |
| Houtvezels | 0.100 | 25 | | | |
| Cellulose | 0.040 | 10 | 30-70 | 1.5 | 3 |
| PUR / PIR | 0.025-0.027 | | 50 | 23-185 | 244 |
| PS | 0.035-0.038 | | 15 | 23-150 | 158 |
| Steenwol | 0.040 | | 35 | 1-2 | 84 |
| Glaswol | 0.038 | | 35 | 1-2 | 53 |
| Kleikorrels | 0.110 | | | | |

Voor advies over een gezond binnenmilieu (isolatie, balansventilatie, etc) kan de hulp worden ingeroepen van adviesbureaus. De producenten van hernieuwbare isolatiematerialen zijn verenigd in de Vereniging Vernieuwbare Isolatie (VVI). Andere organisaties geven advies over energiebesparing en over het gebruik van allerlei vormen van isolatie (kurk, schelpen, kleikorrels, en synthetische materialen) voor bepaalde toepassingen¹³.

¹³ www.duurzaam buurten.nl

3.8.1 Vlaswol en hennepwol non-wovenvlies

Vlas- en hennepwol wordt toegepast als thermische spouwisolatie, dakisolatie, en vloerisolatie. Vanouds worden vlas- en hennepvezels als isolatie gebuikt in houtbouw, zoals nog te zien is in de houten logbouw van Rusland en Scandinavië. In de Nederlandse bouw was dit geen gebruik, maar al meer dan 15 jaar geleden werd het Eco-office in Bunnik als voorbeeld voorzien van vlaswol isolatiemateriaal. Het werd daar toegepast in de spouw.



BIOBASED HUIS
wandisolatie
vloerisolatie

3.8.2 Cellulose isolatie

Cellulose isolatie is verkrijgbaar in verschillende vormen. Gerecyclede cellulose, o.a. uit oud papier, wordt als spuitbare isolatie in spouwmuren aangebracht of als gebonden platen. Cellulose isolatie materialen zijn damp-open, vochtregulerend, geluiddempend, en door toevoeging van brandvertragers ook brandwerend te maken. De isolatiewaarde van dergelijke cellulose materialen is vergelijkbaar met overige natuurvezel gebaseerde isolatiematerialen (Tabel 6).



BIOBASED HUIS
wandisolatie
vloerisolatie

Homatherm (Duitsland) maakt een elastische isolatieplaat van gerecycled papier. Hetzelfde bedrijf levert ook een spuitisolatie met hoge brandklasse (B2 DIN 4102). Deze producten zijn samengesteld uit oud papier, jute, lignine en boomhars, en als brandvertragers Aluminium Sulfaat, boorzout en boorzuur. De lichtgewicht cellulose isolatieplaat (70-100 kg/m³) is ook leverbaar met latex binder.

Er zijn ook diverse producenten van houtwol-isolatieplaten, die van zaag- en boomkapresten, gebonden met hars of latex, een lichtgewicht isolatieplaat maken (100-140 kg/m³).

3.8.3 Kurk en kurkproducten

Natuurkurk wordt geproduceerd uit de bast van de kurkeik (*Quercus suber*) die in het middellandse zeegebied en vooral Spanje en Portugal wordt geoogst. Naast de afnemende toepassing als flessenkurk, vindt kurk meer toepassingen in de bouw. Kurk is van nature waterafstotend, vocht- en rotbestendig en heeft uitstekende brandwerende eigenschappen (Brandklasse 2 NEN 6065). Kurkplaat heeft thermische isolatiewaarden vergelijkbaar met natuurvezel



BIOBASED HUIS
wandisolatie
vloerisolatie
afwerking

gebaseerde isolatiematerialen (Tabel 6). Bovendien is kurk een goede isolator tegen (contact)geluid. Geëxpandeerde kurk ($110\text{-}120\text{ kg/m}^3$), wat door een thermische behandeling wordt vervaardigd uit gemalen kurkbast, is verkrijgbaar in geperste platen in verschillende diktes (vanaf 10 mm). Kurk is uitstekend geschikt voor brandveilige geluid en thermische isolatie van wanden en vloeren. In sandwichpanelen en deuren kan kurk als lichtgewicht kernmateriaal worden ingezet.



Figuur 7: Kurkschors en kurkproducten

Verskillende bedrijven leveren een uitgebreid productenpakket voor vloeren (kurkparket, laminaten, linoleum) en wanden. Deze kunnen eventueel ook worden gelamineerd met een kokosvezelmat voor extra akoestische demping in tussenwanden. Voor toepassing in ondervloeren wordt kurk ook met bitumen gebonden.

3.8.4 *Katoen*

Katoen is een bekende cellulose grondstof voor de textielindustrie. Voor bouwtoepassingen is katoen cellulose relatief duur. Van gerecyclede katoen (en linnen) textiel wordt ook een isolatie materiaal gemaakt.



BIOBASED HUIS
wandisolatie
vloerisolatie

3.8.5 *Kokos isolatie/stucdrager*

Kokosvezels worden gewonnen van de harige kokosbolster, die om de noot heen zit. De stugge vezels worden toegepast in deurmatten en vroeger ook in geweven tapijten. Als non-woven vilt



BIOBASED HUIS
wandisolatie
vloerisolatie

worden kokosvezels ingezet voor geluidisolatie en als bouw-industrieviltten bij zwaardere opleggingen (kanaalplaatvloeren), ondervloeren en parket. Diverse kokos isolatiematerialen zoals latexgebonden non-wovens (rubberized coir) en geperste plaatmaterialen met of zonder binders worden op de markt aangeboden.



Figuur 8: Cocosbolster, cocosvezel en cocosvilt

3.8.6 Schapenwolisolatie

Schapenwol is een zeer goede warmte isolator met een warmtegeleidingscoëfficiënt $\lambda = 0.035-0.04$ W/mK (DIN) en warmteopslagcapaciteit van 1720 J/kg.K. Bovendien heeft het goede akoestische eigenschappen en net als cellulose isolatie is het dampdoorlatend en vochtregulerend.

De slechte brandbaarheid leveren een indeling in brandklasse E op; de NIBE milieuklasse is 1a.

Wol is relatief kostbaar maar vindt desondanks toch toepassing. In het kantoor van Van Zoelen aannemers in Utrecht is in 1996 reeds schapenwolisolatie aangebracht.



BIOBASED HUIS
wandisolatie
vloerisolatie

3.8.7 Riet

Riet als dakbedekkingsmateriaal is traditioneel een bekend product voor boerderijen en villa's. De isolerende eigenschappen van de dikke laag riet kan bij een goed uitgevoerde constructie voor een aangenaam binnenklimaat zorgen. Aandacht voor eventuele dampdoorlatendheid van de isolerende lagen is van belang. Daarnaast kan riet worden toegepast als drager voor stucwerk of ook in een verloren bekisting voor beton.



BIOBASED HUIS
afwerking

3.8.8 Kleikorrels

Geëxpandeerde kleikorrels worden ingezet als ondervloerisolatie (losse korrels in kruipruimten) in nieuwbouw en renovatie, maar ook in open beton producten, en als lichtgewicht ondergrond voor groene daken. (zie ook §3.7.6)



BIOBASED HUIS
vloerisolatie
opvulling

3.8.9 Schelpen

Schelpen kunnen op verschillende manieren worden ingezet als bouwgrondstof. Gestort in kruipruimtes werkt het isolerend, waardoor vochtproblemen in huis voorkomen kunnen worden. Schelpkalkmortel is een geschikte mortel voor metselen of toepasbaar als pleister voor afwerken van binnen of buitenwanden. De waddensteen is een ongebakken steen uit schelpen, schelpengruis, zeezand en zeekiezels.



BIOBASED HUIS
wandisolatie
vloerisolatie

3.8.10 Overige isolatie materialen

Eco-coustic[®] is een nieuw 100% composteerbaar isolatiemateriaal op basis van maiscellulose vezels of schapenwol.

Recent is op basis van polymelkzuur (poly lactic acid, PLA) Biofoam geïntroduceerd. Biofoam wordt gefabriceerd door opschuimen van PLA dat door fermentatie uit suiker wordt geproduceerd. PLA gebaseerd Biofoam[®] isolatiemateriaal is beschikbaar als platen en als parels en de eigenschappen zijn vergelijkbaar met die van EPS. Het kan worden toegepast voor spouwisolatie, dak isolatie en sandwich constructies.

Zeegras is een veel voorkomend zeewier dat aan de Noordzee- en Oostzee-kust in grote hoeveelheden kan aanspoelen. Zeegras is in het verleden toegepast als isolatiemateriaal en kan worden aangetroffen in monumentale panden. Het kan

worden toegepast als gevel- en spouwisolatie materiaal. Het geeft een onbrandbare isolatie.

Zachtboardisolatie is een bindervrije 100% houtvezelplaat, eventueel voorzien van een afwerktoplaag, die wordt toegepast in aftimmerwerk of als ondergrond voor stucwerk, vloerplaten en in deuren. De dichtheid is ca. 275 kg/m³.

Rijstkaf is slecht brandbaar en resistent tegen vraat en schimmel en wordt als isolatiemateriaal aanbevolen (USA). Vanwege de vochtregulerende werking heeft het gebruik van rijstkaf in wandisolatie een positief effect op het binnenklimaat.

Diverse andere vezelmateriaal zijn in principe ook inzetbaar als isolatiemateriaal zoals grasvezel, of jute-cellulose-isolatieplaat. Hiervan zijn geen leveranciers bekend.

3.9 Afdichtingskitten

Stopverf, is een mastiek gemaakt van krijt, lijnolie en vroeger ook loodwit, dat werd toegepast om ruiten in sponningen te bevestigen en gaten of scheuren in hout te dichten. Met name door de lange droogtijd is stopverf verdrongen door kunststofkitten (PUR en Siliconen kit, etc).

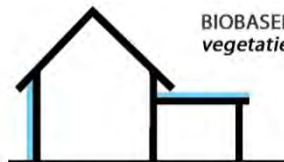


BIOBASED HUIS
afdichting

3.10 Vegetatiedaken, daktuinen en gevelbegroeiing

Toepassing van beplanting op daken en gevels geven een direct herkenbaar groen imago aan bouwwerken. De groenbeplanting op het dak houdt water vast en isoleert (koelt) in de zomer. Met name in Scandinavië worden grasdaken veelvuldig toegepast. Als voordelen van groene daken worden

o.a. het afvangen van fijnstof in steden, het verhogen van biodiversiteit (nestmogelijkheden voor vogels) en minder weerkaatsing van geluid en licht genoemd.



BIOBASED HUIS
vegetatie

- Vegetatiedaken kunnen niet overal worden ingezet omdat onderhoud en afwatering speciale aandacht vragen. Voor vegetatiedaken is het van groot belang dat het dak waterdicht is en dat de wortels van planten niet door het folie heen kunnen dringen. Een kunststof folie (EPDM folie) wordt hier meestal voor ingezet. Voor platte daken is bitumen een veel toegepast alternatief, maar dit is minder geschikt voor beplanting vanwege de doordringende plantenwortels.
- Recycled rubber, gebonden met PUR en verbeterd met EPDM, kan eveneens voor toepassing op dakterrassen worden ingezet, met name voor beloofbare tegels op begroeide daken.

- Eternit Ecolor Green combineert golfplaten en zogenaamde 'hydropacks' op basis van gerecycled HDPE, waardoor op hellende daken sedum planten kunnen worden toegepast.
- Derbigum roofing produceert bitumen dakbedekking en adverteert met Derbipure® als milieuvriendelijk niet-bitumineus alternatief waaraan een Cradle to cradle certificaat is toegekend. Derbipure is een witte, reflecterende vervanger voor bitumen dakmembranen, waardoor minder hitte wordt geaccumuleerd onder het platte dak in de zomer. Er wordt geclaimd wordt dat het product 100% recyclebaar is en voornamelijk gebaseerd is op plantaardige bestanddelen, deze worden echter niet nader gespecificeerd. Wel wordt aangegeven dat het materiaal een (niet biobased) glasvezel-polyester wapening en een acrylcoating heeft.



3.11 Diverse biobased producten

3.11.1 Bekistingsmateriaal

Ook in de reguliere gietbouwsystemen zijn mogelijke aanpassingen te realiseren met biobased producten. Zo zijn er voor betonbekistingen en ontkisting van beton alternatieven beschikbaar, die veel tijd- en kostenbesparing kunnen opleveren, o.a. op basis van plantaardige ontkistingsolieën op de markt. Textiel als flexibel bekistingsmateriaal maakt nieuwe modellering mogelijk en spaart beton (Cauberg, 2008; Van Velden, 2010). Biobased textielen zouden hiervoor ook inzetbaar kunnen zijn.



BIOBASED HUIS
bekisting

3.11.2 Coating en cement additieven

Bij de verbranding van graanstro, en met name van rijstkaf en -stro, komt as vrij dat rijk is aan silica. Deze stro-as silica is geschikt voor toepassing als additief in coating of cement. Silica uit rijstkaf-as heeft uitstekende pozzolane eigenschappen en kan (deels) cement vervangen in mineraalgebonden bouwelementen (vezelplaten, bouwblokken) (Rice husk, 2006).



BIOBASED HUIS
coatings
cement additieven

3.11.3 Metaalcoating

Novochem heeft een anticorrosieve polymere coating "NovoShield" op de markt gebracht voor metaaloppervlakken op basis van vetzuur. De coating is bestand tegen extreme omstandigheden waaronder chloor, zuur en hoge temperatuur.

3.11.4 Geotextielen

In de civiele techniek worden geotextielen, meestal geokunststoffen, toegepast die diverse functies kunnen hebben. Geotextiel wordt gebruikt bijvoorbeeld als erosiematten op taluds of dient als oeverbescherming en grondscheiding. Biologisch afbreekbare geotextiel zou uitstekend kunnen

worden ingezet in tijdelijke constructies of waar door natuurlijke wortelvorming het geotextiel materiaal mag vergaan (CUR-NGO, 1996). Anti-erosiematten zijn zowel biobased of synthetisch verkrijgbaar. Grondstoffen voor dergelijke geotextielen kunnen zijn kokos, jute en vlas.

Wilgenrijshout wordt toegepast voor de productie van wilgenschermen en wilgentenenmatten. Wilgentenen of elzen grienthout vlechtwerk werd vroeger toegepast in vakwerkhuisen. Ook bij de deltawerken werden wilgentenen veelvuldig voor bezinkstukken ingezet. Geluidschermen en oeverbeschermingsmatten van wilgentenen worden nog regelmatig toegepast (Van Weverwijk, 2012) o.a. door Natuurmonumenten.



4 Renovatie, restauratie en duurzame ontwikkelingen

Mede vanwege de huidige stagnatie in de woningmarkt kan een opleving van de bouwrenovatie worden waargenomen. De verwachting dat leegstand bij kantoorpanden in de komende jaren nog verder zal oplopen, heeft geleid tot plannen om bestaande ongebruikte panden om te vormen tot woningen. Hiervoor worden de diverse mogelijkheden onderzocht.

Bij renovatie van de bestaande bouw zijn ook diverse mogelijkheden voor keuze van biobased materialen. Veel gemeentes besteden aandacht aan energieneutraal renoveren en stimuleren dit op verschillende manieren. Diverse gemeentes hebben reeds aangegeven dat zij in de komende jaren klimaatneutraal willen zijn (Amersfoort, Assen, Den Haag, Tilburg, Venlo, etc.). Daarbij is van belang dat ook de bestaande bouw wordt verduurzaamd, en dat zou mogelijk ook kunnen door toepassing van meer CO₂ neutrale bouwgrondstoffen. Om lokaal de krachten te bundelen worden door de VNG enkele gemeentelijke voorbeeldprojecten geselecteerd (Rothengatter, 2008), die extra ondersteuning krijgen om de strengere milieuambities te kunnen optimaliseren (koploperaanpak).



Bij renovatie van de bestaande bouw zijn energie besparende maatregelen de meest voorkomende verbeteringen, die worden toegepast. Om de energiebeleidsdoelstelling van 20% energiebesparing in 10 jaar tijd voor de bestaande woningvoorraad te kunnen realiseren moet de energieprestatie van de woningen verbeterd worden. Energie-

labelberekeningen aan woningen volgens EPA (labels A tot G) hebben aangetoond dat besparende maatregelen gewenst zijn bij onderhoud en renovatie. Standaard uitkomst /advies is daarbij het aanbrengen van dubbelglas, wand- en vloer- en dakisolatie, en de installatie van hoogrendementsketels en ventilatiesystemen. Installatie van een warmtepomp, waarbij gebruik wordt gemaakt van aardwarmte, of systemen waarmee energie wordt opgewekt met zonnepanelen zijn daarbij extra's die niet in alle gevallen realiseerbaar zijn.

Praktische informatie voor duurzaam verbouwen is beschikbaar op verschillende websites van bijvoorbeeld de branchevereniging voor klussenbedrijven (VLOK) of

Bouwgarant. Bouwgarant geeft veel informatie over de mogelijkheden om te verbouwen, maar duurzaamheid van materialen blijkt nog weinig aandacht te krijgen. Milieu Centraal geeft consumenten voorlichting over milieu en energie, maar o.a. ook over milieuvriendelijke materialen.

Kennisplatform SBR geeft informatiebladen uit over bouwen en bouwsystemen waaronder ook een DuBo catalogus waarin aandacht voor het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen m.b.t zonnepanelen, warmtepompen, windturbines. SBR geeft beperkt info over alternatieve bouwmaterialen. Er is wel informatie beschikbaar over bijvoorbeeld rietdaken of vegetatiedaken.

In het kader van monumentenzorg en -restauratie geeft de Rijksdienst voor Archeologie, cultuurlandschap en monumenten (RACM) praktische techniekbrochures uit voor verduurzaming en voorkoming van aantasting van hout en voegwerk.

Voorbeelden van duurzame renovatie worden gegeven door DuMo en de Stichting de Witte Roos in Delft.

Materialen specifiek voor renovatie/herbestemming bestaande bouw

Bij duurzame bouwrestauratie is het in de eerste plaats van belang dat de aanwezige materialen zoveel mogelijk worden hergebruikt. Sloophout uit oude gebouwen is veelal van hogere kwaliteit dan moderne houtproducten vanwege de andere oogst- en bewerkingsmethoden tegenwoordig. Verder gelden bij renovatie meestal dezelfde overwegingen en keuzemogelijkheden als bij nieuwbouw. Voor monumenten gelden vaak strikte eisen, waaraan de gewenste aanpassingen moeten voldoen. Iedere renovatie van monumentale panden vergt een unieke toegespitste aanpak.

Mogelijkheden om met hernieuwbare bouwmaterialen het EPA label te verbeteren, zijn bijvoorbeeld: Spouwisolatie, dakisolatie en vloerisolatie aanbrengen door gebruikmaking van hernieuwbare isolatiematerialen zoals cellulose, wol, vlas en door het aanbrengen van schelpen in de kruipruimte (zie §3.8). Vervanging van tussenwanden kan met gebruikmaking van diverse binnenwand systemen (zie §3.6). Herindeling van bestaande bouw met flexibele en demontabele tussenwanden is een oplossingsrichting voor de toenemende leegstand bij kantoorpanden. Hiervoor kunnen diverse biobased bouwsystemen worden ontwikkeld en toegepast. Voor meer ingrijpende verbouwingen van bestaande gebouwen of uitbouw met een dakraam, dakkapel, erker, serre, etc., liggen de mogelijke keuzes voor duurzame materialen niet anders dan voor nieuwbouw (zie hoofdstuk 3).

5 Interieurafwerking en -design

5.1 Inleiding

Interieurdesign is bijzonder gevoelig voor trends. Binnenhuisarchitectuur en -decoratie is een aanzienlijke markt, waar ook hernieuwbare producten een aandeel hebben. Biezen matten en hoogpolig wollen tapijten zijn misschien niet trendy en niet innovatief, maar veel meubels en stoffering kunnen prima van linnen, katoen, wol, of andere natuurlijke grondstoffen worden vervaardigd. In deze paragraaf wordt aandacht gegeven aan biobased producten voor vloeren en wanden. Noemenswaard zijn in dit verband linoleum, parket en tapijt en diverse soorten wandbekleding. Informatie over milieueffecten bij keuze van vloeren en vloerbedekkingen wordt door Milieu Centraal gegeven (Milieu Centraal, 2012). Keukens en installaties vallen buiten de scope van deze catalogus.

5.2 Linoleum

Forbo levert, naast vinyl, een breed scala aan marmoleum vloerbedekking, die wordt geproduceerd op basis van hernieuwbare grondstoffen: lijnolie, hars, kalk en houtmeel op een jute doek. Daarnaast is Forbo ook producent van industriële lijmen voor lamineren met hout op basis van synthetische componenten (EVA, PUR en PVAc) die van een Greenguard certificaat zijn voorzien (GEI, 2012). Het Greenguard certificaat richt zich met name op gezondheid en binnenklimaat.



BIOBASED HUIS
afwerking

5.3 Parket

Parketvloeren worden geproduceerd op basis van verschillende kwaliteiten hout of ook bamboe strips of gegranuleerde kurk. Vele hardhoutsoorten (zie §3.2) zijn geschikt om decoratieve vloeren te leggen. Van belang voor de milieuprestatie zijn de lijmen en lakken die worden toegepast bij aanbrengen en onderhoud.

Praktisch alle commerciële bedrijven die parket en parketonderhoudsproducten leveren hebben een productenpakket uitsluitend op basis van kunststoffen (lakken, lijmen). Veelvuldig worden PVAc, PUR of Epoxy gebaseerde systemen aangeboden. Vaak is het zoeken naar de (technische) specificaties, terwijl wel de milieuvriendelijkheid wordt aangevoerd (geen oplosmiddelen). Voor dispersielijmen of polymeerlijmen worden



BIOBASED HUIS
afwerking

geen nadere specificaties geleverd. Waarschijnlijk worden in sommige van deze lijmen ook silaanpolymeren toegepast.



Parketvloerlakken worden geproduceerd op basis van synthetische polymeren (PUR, Epoxy), waarmee slijtvastheid en waterafstotendheid wordt gegarandeerd. Voor parket en kurk is er een water gedragen PUR, een twee-componenten lak die een sterke beschermende laag vormt. Op basis van natuurlijke olie is een uitstekende beschermende laag aan te brengen, maar daarbij is een langere behandeling nodig en ook een meer intensief onderhoud vereist. Dit kan weer mogelijke consequenties hebben voor de ecologische footprint.

5.4 Tapijten en vloerbekleding

Tapijten, karpotten en vloerkleden zijn er in vele vormen en kleuren en worden gemaakt van uiteenlopende materialen. Tapijten zijn beschikbaar van met de hand vervaardigde tapijten en matten (getuft, geknoopt, geweven) tot industrieel geproduceerde vervulde tegels en

hoogpolig kamerbreed tapijt. De vezels (pool) kunnen van dierlijke of plantaardige oorsprong zijn (wol, katoen, sisal, kokos, jute) of veelal ook synthetisch (polyamide nylon, PP). Soms worden gerecyclede vezels gebruikt. In veel gevallen is de tapijtrug gemaakt van bijvoorbeeld een bitumen of pvc. In enkele gevallen wordt ook rubber latex toegepast in ondertapijten. Cunera heeft o.a. in hun productenpakket kokosmatten met latex rug. Natuurrubber wordt ook gebruikt voor decoratieve vloertegels.

Tapijten kunnen worden geleverd met een milieuproductverklaring (EPD). De tapijt industrie in Europa heeft productnormen ontwikkeld, waaraan vloerbedekkingen moeten voldoen om door te gaan als duurzaam geproduceerd tapijt¹⁴.

Duurzaam inrichten is een van de nieuwe trends waarop de tapijten branche inspeelt. Desso bijvoorbeeld streeft C2C-productontwerp na. Ook andere bedrijven streven naar milieukeur voor hun producten zoals Interfaceflor, MarcJansen, etc (Vloerbekleding, 2012). Voor de tapijtbranche zijn recycling technieken nog niet optimaal (Bijleveld, 2010).



BIOBASED HUIS
afwerking

¹⁴ GUT label = Gemeinschaft Umweltfreundlicher Teppigboden, www.pro-dis.info

Voorbeelden van biobased vloerbedekkingen zijn verder:

- wollen tapijten
- berggras vloer
- zeegras tapijt
- jute tapijt
- kokos tapijt
- sisal vloerbedekking
- papiertapijt
- leer

Vloerverwarming (lage temperatuur verwarming) wordt veelal toegepast in combinatie met natuursteen plavuizen of keramiektegels, maar is ook een optie met sommige tapijten, (dun) parket of laminaat, linoleum of vinyl.

Rubber-cement tussenvloer is geschikt voor toepassing van natuursteen op een houten ondervloer. Rubbersnippers worden daarvoor gemengd met cement, water en latex. Een dergelijke tussenlaag kan de werking van houten ondervloer opvangen.

5.5 Wandbekleding

Voor wandafwerking en decoratie is, naast leemstuc, schelpenkalkstuc en latex muurverf, een scala aan diverse wandbekledingen op de markt, deels van biobased herkomst. Behang is een traditionele manier om wanden af te werken.

Vanouds waren dit met decoratieve patronen bedrukte rollen papier. Tegenwoordig zijn ook alle mogelijke soorten fotobehang verkrijgbaar (Fotobehang, 2012). Rollen behang worden tegenwoordig veelal voorzien van een vinyl toplaag en/of een non-woven vlies onderlaag. Ook glasvezelweefsels worden in verschillende soorten behang toegepast om scheuren in wanden te overbruggen. Raufaser behang is een dik behangpapier waarin houtdeeltjes zijn vermengd.

Voorbeelden van andere biobased wandbekleding zijn: kurk, linnen wandbekleding, houten lambrisering en schroten, wandpanelen (MDF, hout). Ook wordt lederen wandbekleding aangeboden, maar regelmatig is dit een kunststof imitatie (PVC en PUR kunstleer, of skai).

In Duitsland is zogenaamde Faserputz op de markt, een product dat primair aangeprezen wordt als een wandbekleding, die de warmte-isolatie verbetert en geluidsisolerend en -dempend werkt. Dit materiaal is o.a. gebaseerd op natuurlijke oliën en cellulose vezels. Ook in Nederland zijn spuitsystemen op de markt voor het



BIOBASED HUIS
afwerking

aanbrengen van cellulose vezels op wanden (met ca 15% PVA lijm), met name voor akoestische demping.

5.6 Bouwen met papier en karton

Bouwen met papier en karton heeft aandacht gekregen van het Kennis Centrum Papier en Karton (Van Iersel, 2010), waarbij de voordelen van lichtgewicht bouwen en tijdelijke constructies werden belicht (Boosting, 2010). Bekende voorbeelden zijn honingraat karton kern in sandwich panelen en Octatube (Chris Wattel) ontwerpen met kartonnen kokers naar voorbeeld van Japanse architecten (Shigeru Ban). De kant-en-klare kartonnen binnenwandpanelen van Spanell onderscheiden zich door de eenvoudige montage, en diverse toepassingsmogelijkheden en stabiliteit. Honingraatkarton, als kernmateriaal voor lichtgewicht deuren, meubels en sandwich constructies heeft beperkte thermische isolatiewaarde.

Kartonnen 'buizen' of vormprofielen kunnen worden toegepast in plaats van PVC buizen of kunststofschuimen in beton. Zo werden kartonnen ventilatiekokers met een verwachte levensduur van 20 jaar toegepast in een kantoorgebouw XX architecten (Jouke Post) in Delft (Post, 2012).

Vochtgevoeligheid en brandveiligheid zijn beperkende factoren bij toepassing van papier en karton in bouwconstructies. Papercrete (2009) wordt in USA toegepast als alternatief duurzaam bouw materiaal. Dit is een product waarbij gerecycled papier wordt vermengd met cement tot lichtgewicht constructiemateriaal en stuc afwerking. Bouwpapier wordt door verschillende leveranciers geleverd. Het wordt toegepast als winddichte en dampremmende folie. Sisalex is een sisalvezel versterkt bouwpapier dat toepassing vindt als onderdakfolie.

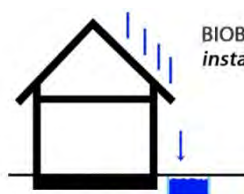
5.7 Installatie en sanitatie

Er komt in nieuwe bouwprojecten ook meer en meer aandacht voor gebruik van grijswater en gescheiden sanitatie (Bentvelzen, 2008). Er worden diverse systemen voor regenwateropvang, grijswater, decentrale sanitatie en filtersystemen aangeboden waarmee een besparing op de drinkwaterzuiveringskosten kan worden gerealiseerd (GEP, 2012).

Connex ecodesign heeft een kabelgoot van bioplastic op basis van aardappelzetmeel en maïsmeel met bieten- of spinaziekleurstoffen.



BIOBASED HUIS
*constructie
afwerking*



BIOBASED HUIS
installaties

6 Kansrijke ontwikkelingen

6.1 Inleiding

Er zijn voor biobased bouwmaterialen nog veel mogelijkheden te bedenken, die tot nu toe geen haalbare opties waren of die in de afgelopen decennia werden verdrongen door goedkopere synthetische producten. Voorbeelden hiervan zijn de vervanging van rubber latex in muurverven door synthetische binders of stopverf door PUR-kit. De beperkte marktpenetratie van biobased bouwproducten wordt deels veroorzaakt door de huidige grootschalig toegepaste bouwmethoden, die zeer competitief zijn en zoveel mogelijk besparen op materiaalkosten en arbeid. Een nieuw concurrerend product moet voor de bouw zowel goedkoper zijn en ook gemakkelijker te installeren. Zodra de CO₂-impact wordt doorberekend in de materiaalkosten zullen hernieuwbare bouwsystemen breder toepassing kunnen vinden. Toepassing in de bouw wordt interessant als een materiaal in voldoende mate beschikbaar komt tegen een concurrerende prijs. De mogelijkheden om cement en beton, petrochemische kunststoffen en composieten door (nieuwe) CO₂-neutrale producten te vervangen zijn sterk afhankelijk van de marktontwikkelingen, die ook gelden voor de slaagkansen voor 'groene' energieproductie. Bijproducten uit de verschillende biomassa ketens kunnen worden omgezet in 'groene' energie, maar zouden – vanwege de meerjarige fixatie van de CO₂ in materialen – bij voorkeur ingezet worden als bouwgrondstof. Daarnaast zijn er vanuit het perspectief van bouwen met CO₂-neutrale grondstoffen ook een aantal wensen om specifieke synthetische producten zoals formaldehyde lijmen, PVC, PUR of EPS te kunnen vervangen door alternatieve bouwproducten.

6.2 "Groene" bouwchemicaliën

Er worden veel chemische bouwstoffen toegepast, die mogelijk door hernieuwbare producten kunnen worden vervangen. Deze chemicaliën worden gebruikt om materialen vuilafstotend, vochtregulerend, waterkerend, of thermisch isolerend te maken. Producenten van chemische additieven noemen hun bouwchemicaliën milieuvriendelijk vanwege de verbeterde milieuprestatie ("Blaue Engel" milieupredicaat) ten opzichte van concurrerende producten of vanwege een verlenging van levensduur van producten of vermindering van onderhoud.

6.3 Agrovezelplaten

Vezelplaten kunnen gemaakt worden op basis van veel verschillende (landbouw)grondstoffen zoals stro, bagasse, miscanthus of kokosbolster. Miscanthus of olifantsgras is voornamelijk bekend geworden als energiegewas met hoge biomassa opbrengst (briquettes), maar het zou ook gebruikt kunnen worden voor de productie van MDF, isolatie matten of vezelcementplaten. Uit de vezelrijke bolsters van

kokosnoten kunnen plaatmaterialen of vormdelen worden geperst zonder toevoeging van synthetische lijmen (Ecocoboard, 2007). De in de bolster rijkelijk aanwezige lignine vormt hier de thermohardende binder, die door heet persen uithardt tot een hoge dichtheidsplaat. Dit product is nog niet commercieel beschikbaar. Er zijn wel diverse geperste (agro)vezelplaten met fenolformaldehyde of MDI gebaseerde hars als synthetische binder in het buitenland op de markt. Een kwalitatief goede rijststroplaat vergelijkbaar met MDF kan worden geproduceerd op basis van vervezeld rijststro. Vooralsnog is relatief veel hars nodig om deze goede kwaliteit te verkrijgen (Agrifiber panels). Vanwege de beperkte leverbaarheid van dergelijke stropanelen is het gebruik in de praktijk geen succes.



Figuur 9: Labschaal vezelplaatmateriaal op basis van kokosbolster

6.4 Bouwblokken en prefab

6.4.1 IFD

Voor de ontwikkeling van volwaardige bouwsystemen met biobased materialen is het van belang dat de bouwproducten op industriële schaal kunnen worden gefabriceerd. Hierbij zijn de mogelijkheden van prefab en IFD (Industrieel Flexibel en Demontabel bouwen) interessant. Om verbouw te vergemakkelijken en verspilling van bouwgrondstoffen te beperken is het gewenst een bouwontwerp te hebben met demontabele en verplaatsbare tussenwanden of eenvoudig uit te bouwen constructies. Modulaire op-maat bouwsystemen voor tijdelijke en semipermanente constructies kunnen uitstekend van biobased materialen worden gerealiseerd. Bij houtskeletbouw

kunnen hele gevels, buitenwanden, vloeren en binnenwanden modulair geprefabriceerd worden. Zulke pre-gefabriceerde bouwelementen kunnen met diverse maatvoeringen worden geleverd.

6.4.2 *Turf*

Samengeperste en gedroogde turfblokken zijn tamelijk hard en kunnen worden gebruikt als stapelbare bouwblokken. Behalve dat turf voor toepassing in de tuinbouw zwaar onder druk staat vanwege afgravingen van kwetsbare hoogveengebieden (met name in Ierland, de Baltische staten en Rusland) is lokaal op kleine schaal turf winbaar, ook in Nederland (bijvoorbeeld in Zeeland). Voor constructieve doeleinden is de vormvastheid, vochtgevoeligheid en brandbaarheid van turf een punt van aandacht. Turf is vanwege het langzame vormingsproces niet aan te merken als een hernieuwbare grondstof en door oxidatie van natte turf bij blootstelling aan de lucht komt extra CO₂ in de atmosfeer, zoals bijvoorbeeld bij toepassing onder golfbanen. Wanneer turf wordt gedroogd en gecompacteerd, blijft de aanwezige koolstof langduriger vastgelegd.

6.4.3 *Baggerslib*

In vergelijkbare toepassingen als turfblokken is mogelijk ook baggerslib inzetbaar. Gebakken baggerslib wordt ingezet als granulaat of steenachtige producten. Tevens wordt het in geotextiele tubes gebruikt als oeverversterking (Leeuwen, 2008; Dronkers, 2008). Voor een veilige toepassing van baggerslib behoeven mogelijke verontreinigingen aandacht.

6.5 Overige biobased ontwikkelen

Enkele voorbeelden van producten die nog niet op de markt zijn maar die mogelijk wel potentieel hebben om toepassing te vinden als bouw materiaal:

- Er zijn ontwikkelingen in gang gezet om bitumen of EPDM, die worden toegepast op groene daken en als dakbedekking (platte daken), te vervangen door biobased materialen op basis van rubber, lignine en of houtteer (pyrolyse-olie fracties). Deze materialen moeten ondoordringbaar zijn voor plantenwortels.
- Hernieuwbare en goedkope alternatieven voor cement en beton zijn beperkt voorhanden. Mogelijke toepassing van rijststro- en rijstkafsilica als minerale binder is aangetoond en toevoeging aan cement geeft interessante verbetering m.b.t. dimensie stabiliteit. Vergelijkbare minerale bijproducten uit bio-energieproductie zijn voorsnog beperkt beschikbaar.

- Op het gebied van kunststeen worden veel biohars ontwikkelingen gemeld waarvan het aandeel biobased tussen de 10-55% ligt. Bijvoorbeeld DSM met Palapreg ECO.
- Cellulose-acetaat zou toegepast kunnen worden in golfplaten en lichtstraten.

Veel onderzoek wordt verricht naar PLA plastic en composietmaterialen. PLA wordt gemaakt op basis van suikers en kan petrochemische plastics als PP en PET in veel gevallen vervangen. PLA kan puur gebruikt worden, of gemengd met vezels, vullers of andere plastics. Voorbeelden van mogelijke ontwikkelingen:

- Funderingsbekisting (PLA van Synbra)
- Systeemvloeren (Beton met brandvertragend EPS vervangen door PLA)
- Impermeabele bouwfolies voor vochtregulering en isolatie op basis van PLA.
- Dampdoorlatende geïmpregneerde non-woven vezelvliesen en doeken.

Verschillende andere bioplastics en bioharsen zijn in ontwikkeling. Bestaande petrochemische kunststoffen als polycarbonaat, polyester en polyetheen kunnen in principe ook worden geproduceerd uit biomassa. Dit zou onder meer fabricage van bio-kunststof golfplaten en lichtstraten mogelijk maken.

Voor een scala aan bouwproducten zoals afdichtingsproducten, lijmen en kitten zouden naar voorbeeld van eiwit- of ligninelijmstoffen in de natuur nieuwe formuleringen kunnen worden ontwikkeld (biomimic). Voorbeelden hiervan zijn lignine en furaan hars, eiwitgebaseerde harsen, geëpoxideerde lijnolie kit, etc. Onderstaand worden nog enkele kansrijke ontwikkelingen benoemd.

6.6 ICT en webwinkels

Via de moderne ICT media is het eenvoudig om biobased bouwproducten onder de aandacht te brengen bij potentiële gebruikers. Een onafhankelijke virtuele etalage van producten en hun materiaal- en milieuspecificaties maakt eenvoudige vergelijking mogelijk, en daarmee een beter gefundeerde keuze. Daarnaast kan de website aan opdrachtgevers of architecten de mogelijkheid bieden om persoonlijke voorkeuren voor materialen bij een bouwproject aan te geven. Via een geïntegreerd webwinkel systeem of virtuele bouwmarkt kunnen bouwbedrijven de materialen bestellen. De gefundeerde afwegingen voor de keuze van alternatieve biobased producten zou dan eenvoudig online per computer thuis kunnen worden gedaan.

7 Voorbeeldprojecten in Nederland

7.1 Inleiding

Voor de bouwpraktijk is het van belang dat nieuwe producten een aantoonbaar voordeel opleveren. De bouwsector hecht belang aan innovatie, met name om de opgelegde lange termijn politieke doelen t.a.v. CO₂ reductie en verduurzaming te halen. Systeeminnovatie of de transitie naar meer duurzaam materiaalgebruik in de bouw verloopt echter langzaam (BouwIssues, 2012). Om te kunnen demonstreren dat nieuwe bouwmaterialen en -methoden een geschikt alternatief bieden, zijn succesvolle voorbeeldprojecten van belang als referentie. Pioniers zijn daarom essentieel voor het aantonen van de geschiktheid van nieuwe bouwsystemen en -producten. Het betrekken van lokaal bestuur en de organisatie van de gehele bouwketen zijn van doorslaggevend belang voor succesvolle realisatie van dergelijke plannen. In de volgende paragraaf worden enkele voorbeeldprojecten uitgelicht, die in de afgelopen jaren in Nederland zijn uitgevoerd (Omslag, 2011). De lijst is zeker niet volledig, maar er is hier met name gekeken naar sprekende pionierprojecten, waarbij met name milieubewuste omgang met materialen aandacht heeft gekregen. Er zijn ook veel nieuwe initiatieven in voorbereiding die in paragraaf 7.3 worden genoemd.

7.2 Gerealiseerde voorbeeldprojecten

Praktijkvoorbeelden van energie-neutrale of nul-woningen zijn op diverse plaatsen te vinden, bijvoorbeeld zoals door Agentschap NL geëtalende energie-neutrale scholen en kantoren (Agentschap NL, 2010). Het gebruik van biobased materialen is hierbij in het algemeen niet een eerste prioriteit.

Zonnewoningen maken maximaal gebruik van de invallende zonnewarmte waardoor een lage EPC kan worden bereikt (EPC 0.6-0.7). Daarbij worden veelvuldig warmtepompen en lage-temperatuur vloerverwarmingssystemen toegepast. Door het hele land zijn dergelijke woningen gerealiseerd, onder andere in Veghel, Tilburg, Wageningen, Apeldoorn, Goes, Harderwijk en Boxtel (Zonnewoning, 2012).

Op de websites van de VIBA vereniging en VIBA-expo (2012) zijn diverse voorbeelden te vinden van bewust materiaalgebruik in bouwprojecten die als autarkische bouw of milieuwoningen worden geëtalend.

In veel Nederlandse gemeenten worden initiatieven genomen om meer duurzaamheid in de bouw te bevorderen. Hierna volgt een selectie:

ALMERE: Profileert zich als praktijkatelier voor duurzaamheid. Voorbeelden hiervan zijn de 55 HSB woningen van het De Buitenkans project (2007) in Almere buiten naar ontwerp van ORGA architect Daan Bruggink en het in aanbouw zijnde Cascade villa

park. Ecodorp Alminder, was opgezet als een experimentele C2C woonwijk, maar is na langdurige planvorming recent door de gemeente afgestoten (november 2011). In het project in Almere Hout Noord zou een woon-werkgebied ter grootte van 335 ha worden gerealiseerd, waarbij collectief particulier opdrachtgeverschap een belangrijke plaats innam.

ALPHEN a/d RIJN: Colonia (1992) is een voorbeeld van een pioniersproject voor een experimenteel woonerf (Archi Service), waarbij het gebruik van HSB met cellulose isolatie en groendaken zijn gedemonstreerd.

AMSTERDAM, IJburg, Steigereiland: 'het Blauwe Huis' (2007) van architect Peter Weijen (FARO) werd volgens de principes van Trias Energetica en C2C gerealiseerd met gebruikmaking van zoveel mogelijk CO₂ neutrale bouwmaterialen (houten constructie, leem, cellulose isolatie, etc). Opmerkelijk is de intacte geschilde boomstam, die in het gebouw is opgenomen. Een interessant experiment was de toepassing van een oude Japanse techniek om hout door middel van vuur te verduurzamen.

Tuvalu strobouw realiseert op IJburg een HSB nieuwbouwproject waarbij ook diverse hernieuwbare materialen worden ingezet (Tuvalu, 2012). Bij de Q-woningen van Edwin Smit (MIII Architecten) is aandacht voor innovatie en conceptueel bouwen in alle aspecten van de bouw. In deze woningen wordt gestreefd naar een gebruik van meer dan 90 volume procenten aan hernieuwbare materialen en er is oog voor detaillering en aandacht voor binnenklimaataspecten (Qforyou, 2011). Andere voorbeelden van deze architect zijn villa's in Bodegraven en woningen in Emmeloord, Dinxperlo of het Bomencentrum Baarn.

BOXTEL: Infocentrum Kleine Aarde (1994) van Tjerk Reijenga (BEAR) is een van de pioniersprojecten in Nederland voor alternatieven bouwmethoden en biobased materiaalgebruik.

CULEMBORG: Op initiatief van Marleen Kaptein werd het EVA Lanxmeer (2005) project gerealiseerd van 250 energiezuinige woningen met zonnepanelen, -boilers en keuze voor duurzame bouwmaterialen en helofytenfilters. Het werd ontworpen door opMAAT architecten.

DOETINCHEM: Plaza Mediterra is een project van 16 milieuwoningen van de architecten P. van Gerwen & S. Seitz, waarbij veel hout werd toegepast. De woningen

werden geconstrueerd met ankerloze spouwmuren, kruipruimten met schelpen isolatie, cellulose wand isolatie, en ook sedumdaken. Het project werd gerealiseerd door Van Campen Bouwgroep.

DELFGAUW: Het Carré is een voorbeeldproject van 49 milieuvriendelijke woningen met een centrale gemeenschapsruimte, die op initiatief van Vereniging Ecodorp werd gerealiseerd.

DRIEBERGEN: Zonnespreng (2010) is een bouwproject waarbij duurzaamheid en toepassing van ecologische materialen een belangrijke rol heeft gespeeld. Het project is uitgevoerd in collectief particulier opdrachtgeverschap en heeft een relatief lange aanlooptijd gehad.

DEURNE: Dubo-woningen met HSB en groen daken gerealiseerd door Coopmans Lutters Bouw in o.a. Deurne en Reuver. In Ospel heeft het bedrijf het natuuractiviteiten centrum "Mijl op zeven" gerealiseerd.

ENSCHUDE: Oikos, deelplan VINEX locatie Eschmarke (1999), is een ecologische wijk met 550 woningen die zich onderscheidt door gezamenlijke ecologische tuinen, wadi's en experimentele bestrating, water beheer en groene erfafscheidingen.

's GRAVENHAGE: De nieuwbouwwijk aan de Erasmusveld-Leywegzone (2011) krijgt extra steun van het ministerie van VROM als voorbeeldproject van zeer energiezuinig bouwen. De subsidie van maximaal 300.000 € is bedoeld om het project te begeleiden. Het is de opzet dat ook andere gemeenten van de ervaring met energiezuinig bouwen kunnen profiteren (Erasmusveld, 2011).

's HERTOGENBOSCH: Hooipolder (1986) is een pioniersproject ontworpen door architect Renz Pijnenborgh (ArchiService) op basis van MW2 (mens en milieuvriendelijk wonen en werken) principes waarbij grasdaken en bio-ecologische principes werden toegepast. Dit project is een voorloper voor biobased bouwen in Nederland. In navolging hiervan zijn diverse andere projecten door ArchiService gerealiseerd, zoals Bio-recreatiewoningen te Herpen, Zandgoed te Deventer (2003), Ecologisch Woonproject te Purmerend (2000), Brabantwoningen o.a. in St Oedenrode (2011), etc.

HOOGVLIET: Hof van Heden (2009) bestaat uit 60 woningen met een centraal gelegen binnentuin van architectenbureau opMAAT.

KOLLUM: De Waddenwoningen (1997) zijn voorbeeld woningen, waarin schelpen in vele vormen werden toegepast als experimenteel biobased bouw materiaal. Daarnaast werd ook zogenaamd 'ecobeton' toegepast met hout, kurk en riet.

STAVOREN: De Groene Leguaan (1998) is een project van 9 houten eco-woningen dat door initiatiefnemers Fokke de Boer en Hendrik Gommer werd uitgevoerd met grasdaken en zonnepanelen, zonnestroom PV, passieve zonnewarmte, warmtepompen, lage-temperatuur wandverwarming, en damp-open cellulose isolatie, schelpen isolatie, kookverf coating. Het project kreeg navolging in Deventer (2000).

STEENWIJK: De eco-woning die door Jan Husslage werd opgetrokken van secundaire materialen, (sloophout, plaatmateriaal, etc.) werd in 2008 op last van de rechtbank onder veel protest weer gesloopt. Ook rijksbouwmeester Mels Crouwel wees de sloop af.

UTRECHT: het Groene Dak (2012) is het eerste milieuvriendelijke woonproject in Utrecht, Voordorp (1993, 66 woningen), waarbij aandacht is gegeven voor diverse aspecten van materiaal gebruik en energiebesparing.

De Kersentuin (2003) in Leidse Rijn omvat 94 woningen die werden gerealiseerd in collectief particulier opdrachtgeverschap (CPO). De website geeft een summier overzicht van alternatieve materialen voor metalen (kunststoffen) en keuzes voor hout en plaatmaterialen (Kersentuin, 2003).

Rijnsburg moet een duurzame en klimaatbestendige nieuwbouw wijk worden met 7000 woningen.

WAGENINGEN: De Zonnewoningen aan de Veerweg (2004) met een EPC van 0.56 werden door de Woningstichting gerealiseerd met steun van de gemeente. Behalve passieve zonne-energie, zonnepanelen en warmtepompen werd tevens houten gevelbetimmering toegepast.

Ook heeft de Woning Stichting het initiatief genomen om het Agrodôme project aan de Veerstraat (2007) te realiseren. Hierbij werden 4 woningen ontworpen door een samenwerking van Architecten Renz Pijnenburg en Tjerk Reijenga (BAER), waarin zoveel mogelijk biobased bouwmaterialen werden toegepast (Agrodome, 2012). Een van de woningen is te bezichtigen en als demowoning in gebruik door Stichting Agrodome.

Het nieuwe gebouw van het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW) is in Wageningen gevestigd. Het gebouw werd ontworpen door architecten Claus en Kaan en is winnaar van de Duurzame architectuur prijs 2011 (categorie meest duurzame gebruiker). Innovaties op het gebied van duurzame architectuur, bouwfysica, energietechniek, watertechnologie en landschapsinrichting werden gerealiseerd. Biobased voorbeelden zijn hier de Plato-houten wandafwerking en houten kozijnen.

De gemeente Wageningen en de Woning Stichting hebben het voornemen in de nieuwbouwwijk Kortenoord naar voorbeeld van het Agrodome-project ook biobased architectuur toe te passen.

ZUTPHEN: Woonderij EOS (2006), een huizencomplex met 29 woningen en een zorghuis in de wijk Leesten-Oost. Als materiaalkeuze werd voor zoveel mogelijk milieuvriendelijke producten gekozen (kalkzandsteen, FSC hout, cellulose isolatie).

ZWOLLE: Meanderhof (2008), een houtskeletbouw project in de wijk Stadhagen, waarbij 53 woningen werden gerealiseerd met damp-open wandisolatie en installatie van zonneboilers en warmte-terugwin installaties zijn toegepast.

De Bongerd (2007) is een ander voorbeeld van mens en milieuvriendelijk wonen in Oldenelerbroek, Zwolle Zuid.

Voorbeelden van strobalenbouw kunnen in Nederland op verschillende plaatsen worden aangetroffen (Strobouw, 2012). Ook hier valt de materiaalkeuze doorgaans bewust op biobased producten en meestal worden de strowanden afgewerkt met leemstuc. Bij strobalenbouw valt de ambachtelijkheid van het bouwproces op, evenals dat het meestal gaat om zelfbouw door de initiatiefnemers. In een aantal plaatsen zijn sprekende voorbeelden van strobalenwoningen gerealiseerd: Warns (Eef Bruinsma); Almere (De Buitenkans); Veghel; Amsterdam IJburg; Koudum; Vreeland; de Floriade 2002 (Rabobank Auditorium); etc.

7.3 Voorbeeld initiatieven

Naast de reeds gerealiseerde projecten worden er overal in Nederland initiatieven genomen door gemeenten en bewoners (collectief en particuliere opdrachtgevers) om ecologische wijken of energie neutrale voorbeeld bouwprojecten te realiseren (ICEB, 2011). Een selectie:

AMERSFOORT: De Vereniging Duurzaam Wonen Amersfoort organiseert informatiebijeenkomsten om nieuwe leden voor haar initiatief te werven. De

Vereniging wil in Vathorst in collectief particulier opdrachtgeverschap een wijk met 30 tot 40 koop- en huurwoningen ontwikkelen die energieneutraal of energieleverend zijn.

BOXTEL: Eco-dorp Brabant (2012) is in ontwikkeling (Huub van Laarhoven) en ook op andere plaatsen worden vergelijkbare initiatieven voorbereid.

DELFT: Bedrijventerrein SchieOevers (Wessel Tiessens en Merle Stein) moet een Woon-werk gebied worden met groene ambities.

GRONINGEN: Plannen voor klimaatneutraal bouwen worden breed uitgemeten en zijn ambitieus en wervend (Klimaatneutraal Bouwen Groningen, 2011).

HAARLEMMERMEER: Bedrijventerrein Schiphol ontwikkelt plannen voor een C2C kantorenpark.

HOUTEN: Initiatiefgroep voor een nieuwe ecologische wijk met 35-40 woningen in collectief particulier opdrachtgeverschap (Ecowijk Houten, 2011).

NIJMEGEN: Initiatiefgroep Ecologisch Wonen Nijmegen werkt aan een woongemeenschap bestaande uit een aantal woon/werk-gebouwen gemaakt van houtskeletbouw met stobalen en leem (Strowijk Nijmegen, 2012).

Greenport VENLO, klinkt groen, maar richt zich sterk op C2C principes, waarbij CO₂ neutrale biobased bouwmaterialen niet voorop staan.

WIJHE: Volgens de principes van het Passief Huis moeten nieuwe appartementen verrijzen aan de Julianalaan. Dat betekent dat ze energiebesparend worden gebouwd. Woningcorporatie SallandWonen wil de huidige zestien duplexwoningen uit 1950 aan de Julianalaan slopen om deze nieuwbouw te kunnen plegen.

8 Bestekonderdelen volgens STABU codering

In de woningbouw wordt veelvuldig gebruik gemaakt van bestekteksten, die volgens de STABU systematiek zijn opgesteld (STABU, 2008). Een projectbestek wordt opgesteld aan de hand van voorbeeldbestekken, eventueel aangevuld met BNA aanbevelingen. Gebruikmakend van de vaste STABU coderingen (STABU, 2011) voor de diverse bestekonderdelen kunnen aanbevelingen voor inzet van biobased



bouwproducten worden ingevoerd. In dit hoofdstuk worden de meest relevante bestekonderdelen voor toepassing van de diverse vermelde producten uit hoofdstukken 3-5 volgens de STABU nummercodering aangegeven. Tussen <> zijn relevante paragraafnummers aangegeven.

05 – Bouwplaats voorzieningen

- Wapening van tijdelijke wegfunderingen, tijdelijke ophopingen, geluidswallen, oever bescherming <3.11.3>
- Verpakkingsmateriaal voor bouwmaterialen: Biobased kunststoffen, papier, karton, jute weefsels, non-woven vilt <3.7.9 en 5.6>
- Beschermingsmateriaal tijdens bouw: bv jute doek en planken ter bescherming van boomstammen.

12 – Grondwerk

- (Tijdelijke) grondrukspreiding door een biobased non-woven vlies van kokos of PLA <3.11.4>
- Scheidingsfolies of korrels onder een tijdelijke stortplaats <3.7.9 en 3.8.8>

14 – Riolering en drainage

- Gescheiden opvang hemelwater, grijswater, sanitatie <5.7>
- Verticale en horizontale drains met tijdelijke functie worden momenteel vrijwel uitsluitend op basis van kunststof profielen en non-wovens gemaakt.

(Bio)degradeerbare bioplastic materialen zouden hiervoor uitstekend dienst kunnen doen¹⁵.

15 – Terreinverharding

- Taludbescherming, grondwapening, wegfundering <3.11.4>
- Terras, bestrating <3.4; 3.5; 3.7.7>

17 – Terrein inrichting

- Hekwerk: kastanjehout, verduurzaamd vurenhout, wilgenschermen <3.2; 3.5; 3.11.3>
- Paden: houtsnippers, schelpen <3.2 en 3.8.9>
- Piketten
- Beplanting

20 – Fundering (palen en damwanden)

- Heiwerk: Fundering met houten heipalen wordt minder toegepast in nieuwbouw vanwege risico's (op termijn) van houtrot op de scheiding water-lucht. Een oplossing daarvoor zou kunnen zijn een (partiële) verduurzaming van het hout door impregnatie. Ook behoren "opzetters" van beton tot de technische oplossingen.
- Damwanden: vingerlassen van tropisch hardhout en inlands vuren.
- Lichtgewicht Schuimbeton fundering, bij voorkeur met organische additieven als schuimmiddelen (eiwitten) en plastificeerders (lignine).
- Menggranulaat als grindvervanger.

21 – Betonwerk en isolatie

- Mogelijke inzet van biobased grondstoffen in cement en beton komt aan de orde in <3.7.1 en 3.7.2>.
- De diverse opties voor isolatie met hernieuwbare bouwgrondstoffen zijn uitgebreid beschreven in <3.8>.

22 – Metselwerk, buitenwanden, woning scheidende wanden

- Metselwerk van baksteen <3.7.6> kan worden opgetrokken met schelpmortel als alternatief <3.8.9>.
- Ongebakken klei en composietstenen <3.7.7>
- Vezelcement bouwblokken <3.7.1>

¹⁵ www.geotechnics.com ; www.horman.nl

- Prefab verlijmde houtproducten <3.3.4 en 3.3.5>
- Leemblokken <3.7.5>
- Strobalen <3.7.5>
- Turfblokken <6.4.2>

De diverse houtbouwsystemen <3.2> kunnen worden gecombineerd met buitenwanden en woningscheidende wanden, die bijvoorbeeld worden opgetrokken met zogenaamde houten I-liggers <3.3.4> met daar tussen isolatiemateriaal <3.8> en afgewerkt met een binnen- en buitenplaat:

- Geperste vezelplaat <3.3.4; 3.6; 3.7.1; 3.7.3>
- Shingles <3.2; 3.4; 3.7.8>
- Leem <3.7.5>
- Schelpenkalk stuc <3.8.9>
- Geperste vezelblokken (strobalen) <3.6.7>

Bij de constructie van wanden en daken is er discussie over de beste manier van isolatie met betrekking tot koudebruggen en vochtkering. In de context van de discussies over toepassingen van een damp-remmende laag of juist een dampdoorlatende laag worden diverse oplossingen aangedragen (Meuwissen, 2004), die betrekking hebben op inzet van kunststoffolies:

- Dampfolie (Delta-vent) waterdicht damp-open
- Damp-remmende folie, dampdichte folie, winddichte folie
- PE-papier, glasvezel-PES, paraffine papier
- EPDM rubber afdichting bestand tegen UV.

Materialen t.b.v. onder peil constructies: kalkzandsteen <3.7.4>, composiet steen <3.7.7> en water werende folie <3.7.9>.

24 – Ruwbouwtimmerwerk, balkconstructies, raveling, kapconstructie

Voor HSB ruwbouwtimmerwerk wordt een milieukeurmerk als FSC meer een meer vereist. Voor keuze van houtsoorten voor specifieke toepassingen wordt verwezen naar <3.2 en 3.3>.

Hout wordt met name nog veel toe past in:

- Regel-, tengel- en rachelwerk
- Woningscheidende wanden
- Binnenwanden

- Verdiepingsvloeren
- Dakconstructie
- Sporen, balklagen en liggers
- Nokgording, schuine daken
- Sporenkap, dakbeschot en panlatten

30 – Kozijnen, ramen & deuren, roosters, hang en sluitwerk

Kozijnen van

- Geselecteerde houtsoorten <3.2.4> met FSC en KOMO attest
- Verduurzaamd en gemodificeerd hout <3.4 en 3.5>
- Vezelkunststof composieten <3.7.8>
- Binnenkozijnen, bijv. geïmpregneerd met lijnolie <3.4.1>

Deuren

- Massief tropisch hardhout <3.2> o.a. sipo, afzelia, meranti
- Massief inlands lariks
- Gelamineerde deuren op basis van MDF, met melamine coating
- Gefineerde deuren met kurkvulling
- Opdekdeuren met karton honingraatvulling

Hang en sluitwerk: standaard RVS (evt. met houten krukken).

31 – Gevelbekledingen

Voor gevelbekleding zijn de volgende producten in gebruik:

- Houten gevelbetimmering bijv Lariksdelen <3.2>
- Gecoat of geïmpregneerd hout <3.4>
- Gemodificeerd hout <3.5>
- Houten shingles <3.2>
- HDF <3.6.5>
- Vezelcement <3.7.1>
- Buiten stucwerk:
 - Schelpkalk <3.8.9>
 - Kalleipleister <3.7.4>
 - Leemstuc <3.7.5>

Gevelbeplanting is onder bepaalde omstandigheden decoratief toepasbaar <3.10>

32 – Trappen en balustraden

Trappen, muurleuningen en traphekken kunnen worden uitgevoerd met diverse houtsoorten en houtproducten:

- Hardhout of naaldhout <3.2>
- Geïmpregneerd of gecoat hout <3.4>
- Gemodificeerd hout <3.5>
- Verlijmde laminaten en houtcomposieten <3.3 en 3.7.8>

33 – Dakbedekking, isolatie, bitumen, dakpannen, shingles, felsplaat

- Houten shingles <3.2>
- Groen dak of vegetatie dak, sedum begroeiing <3.10>
- Rieten dak <3.8.7>
- Vezelcement golfplaten <3.7.1>
- Vezelcement dakpannen <3.7.1>
- Bitumen composiet biofolie <6.5>
- EPDM afdekvliezen vegetatiedaken <3.10>
- Rubberen tegel dragers, drainage tegels <3.10>
- Natuur rubber of gerecycled rubber als EPDM vervangers <6.5>
- Dakranden, kraallatten <3.2>

34 – Beglazing

Voor glas is om verschillende redenen moeilijk een biobased vervanging te vinden met dezelfde kwaliteit. Standaard HR++ wordt aanbevolen. In sommige toepassingen (bijvoorbeeld koepels) kunnen polycarbonaat (potentieel ook uit hernieuwbare grondstoffen) of cellulose acetaat (CA) gebaseerde producten worden ingezet. Deze materialen zijn transparant, hoewel CA een lichtgele kleur heeft.

35 – Natuur- en kunststeen (dorpels)

Binnendorpels vragen om slijtbestendige hardhoutsoorten: beuken, eiken, jatoba <3.2.4>.

Hout wordt voor buitendorpels slechts beperkt toegepast vanwege schimmel- en rottingsrisico's.

36 – Voegvullingen

Voor voegvullingen als overgang tussen verschillende materialen worden kunststoffen en elastische kitten ingezet. Voegvullingen zijn potentieel biobased te maken met bijvoorbeeld rubber, biobitumen, stopverf <3.9 en 6.5>.

37 – Na-isolatie

Voor na-isolatie zijn verschillende biobased producten op de markt:

- Vlas- en hennepwol <3.8.1>
- Spuitbaar cellulose <3.8.2>
- Kurk <3.8.3>
- Katoen uit gerecycled textiel <3.8.4>
- Kokos vilt <3.8.5>
- Schapenwol <3.8.6>
- Riet <3.8.7>
- Schelpen <3.8.9>
- Biofoam <3.8.10>

40 – Stukadoorwerk, pleisterwerk, buiten stuc en binnen stuc, wanden en plafonds

Leem-stuc en schelpen-stuc worden relatief veel toegepast in wandafwerking

- Leemstuc <3.7.5>
- Schelpenstuc <3.8.9>
- Behang <5.5>
- Tegels <5.4>
- Spuitwerk pleister mortel <3.7.4>
- Rogips (Brander Kristal) <3.7.3>
- Spuitbaar cellulose <3.8.2>

42 – Dekvloeren en vloersystemen

- Composiet steen afwerkvloer (magnesiet gebonden houtvezel) <3.7.7>
- Zwevend dekvloer <3.8.2>

44 – Plafond- en wandssystemen

- Spaanplaat en vlasscheven platen <3.6.2>
- Stroplaten <3.6.7>
- Vezelcement platen <3.7.1>
- Zachtboard <3.8.10>
- Gipsvezelplaat <3.7.3>
- Karton <5.6>

45 – Afbouw timmerwerk, lijsten en plinten

Voor HSB afbouw-timmerwerk wordt een milieukeurmerk als FSC meer een meer vereist. Voor keuze van houtsoorten voor specifieke toepassingen wordt verwezen naar <3.2 en 3.3>.

46 – Schilderwerk

In paragraaf <3.4> worden de verschillende coatings en impregneermiddelen voor hout en houtproducten besproken.

- Buitenschilderwerk
- Binnenschilderwerk
- Trappen en hekwerk

47 – Binneninrichting

- Wandbekleding <5.5>
- Papier en karton <5.6>
- Installatie <5.7>

Binnen deze studie zijn kasten en keukeninrichting zoals aanrecht, keukenbladen en buffetbladen buiten beschouwing gelaten.

48 – Vloerbedekking

Zie hoofdstuk <5>, waar diverse vloerbedekkingsmaterialen worden omschreven zoals:

- Linoleum <5.2>
- Parket, laminaat en kurk <3.8.3 en 5.3>
- Tapijten en vloerbedekking <5.4>

50 – Dakgoten en hemelwaterafvoer / Goot en regenpijpen

- Houten goot <3.2>
- Regenwater reservoir <3.7.9 en 6.5>

61 – Ventilatie en Luchtbehandelingsinstallaties

In dit verband zijn de discussies relevant m.b.t. ventilatiesystemen en damp-open bouwen. Om de EPC waarde van een woning te verbeteren is installatie van ventilatiesystemen gunstig.

9 Glossary

| | |
|-----------------|---|
| BREEAM | Building Research Establishment Environment Assessment method |
| C2C | Cradle to cradle |
| CA | Cellulose acetate |
| CBS | Centraal Bureau voor de Statistiek |
| CMC | Carboxymethyl cellulose |
| CLT | Cross laminated timber / kruislaaghout |
| CO ₂ | Koolzuurgas of kooldioxide |
| DIN | Deutsche Industrie Norm |
| DuBo | Duurzaam bouwen |
| EIB | Economisch Instituut voor de Bouw |
| EPA | Energie prestatie advies |
| EPC | Energie prestatie coëfficiënt |
| EPD | Environmental Product Declaration |
| EPDM | Ethylene propylene diene monomer rubber |
| EPN | Energieprestatie norm |
| EPS | Expanded polystyrene |
| EVA | Ethylene vinyl acetate |
| FSC | Forest Stewardship Council |
| HDF | High Density fibre board |
| HDPE | High Density Polyethylene |
| HSB | Houtskeletbouw |
| ICT | Information and communication technology |
| IFD | Industrieel Flexibel en Demontabel bouwen |
| LCA | Life cycle assessment (Levenscyclus analyse) |
| MDF | Medium Density Fibre board |
| MDI | Methylene di-isocyaan |
| MF | Melamine formaldehyde |
| MVO | Maatschappelijk verantwoord ondernemen |
| NEN | Nederlandse Norm |
| NFC | Natural Fibre Composite |
| NMT | Natural fibre mat thermoplastic |
| OSB | Oriented Strand Boards |
| PC | Polycarbonate |
| PE | Polyethylene |
| PEFC | Programme for Endorsement of Forest Certification systems |
| PF | Phenol formaldehyde |
| PHA | Polyhydroxyalkanoate |

| | |
|------|--|
| PIR | Polyisocyanuronate |
| PLA | Polylactic acid |
| PP | Polypropylene |
| PUR | Polyurethane |
| PVAc | Polyvinylacetate |
| PVC | Polyvinylchloride |
| RF | Resorcinol formaldehyde |
| SPN | Stralingsprestatie Norm |
| UF | Ureum formaldehyde |
| UV | Ultraviolet licht |
| VNG | Vereniging Nederlandse Gemeenten |
| VOC | Volatile organic compounds (vluchtige organische verbindingen) |
| WPC | Wood polymer composites |
| WPS | Water prestatie norm |

10 Mogelijke leveranciers

| Leverancier | Product | URL |
|--|-------------------------------------|--|
| Hout | | |
| Leveranciers van hout | | www.vvnh.nl/vvnh_leden |
| Leveranciers van gecertificeerde houtproducten | | www.houtwereld.nl/index.php?hn_av=6 |
| Leveranciers van deuren | | www.deurengids.nl www.bruynzeeldeuren.nl www.northgo.nl www.mooxdeuren.nl www.withagenhoutprodukten.nl |
| Leveranciers van houten heipalen en bedrijven die heiwerk verrichten | | www.dvanbiezen.nl www.heiwerken-pvanthout.nl www.wijfje-heiwerken.nl www.stigterheiwerken.nl www.heienwaterwerken.nl www.plompheiwerken.myplaces.nl www.schepbv.nl |
| Fineer | | |
| | | www.af.nl www.craftsupplies.nl www.dehoutexpert.nl www.woodworking.nl www.leeuwenburgh.com www.haagse-fijnhouthandel.nl www.ornamentenwinkel.nl |
| Gelamineerde houtelementen | | |
| Finnforest | Meerlaags verlijmd hout composieten | www.finnforest.com/products/kerto/Pages/Default.aspx |
| Nederlandse vereniging van gelamineerd hout | | www.nvl-site.nl |
| Withagen Houtproducten, Annen | Gelamineerd constructiehout | www.withagenhoutprodukten.nl |

| Prefab elementen | | |
|-------------------------------------|---|--|
| Eco Home (VS) | Houten bouw panelen (STEKO®) | www.ecohome-int.com |
| Finnforest | Houten I-liggers | www.finnforest.nl/Finnjoist |
| HIB-System Nederland, Gorinchem | Stapelbare houten prefab bouwblokken voor inpassing in houtskeletbouw | www.hib-systeem.nl |
| HIB-System AG, Meissenheim (D) | Innovatieve prefab bouwblok elementen (Ökoflex, Ökovario) | www.hib-system.com |
| Houtlijmen | | |
| Ashland, Barendrecht | | |
| Baptist, Arnhem | Gele houtlijm: alifatische hars; oplosmiddelvrij; water vast (Titebond adhesives) | www.baptist.nl www.titebond.com |
| Bison houtlijmen, Temse (B) | PVAc en PU | www.bison.be/BE/nl/index.do?entry2=selectlanguage.jsp |
| Bostic Benelux bv, 's Hertogenbosch | PVAc (Simson) | www.bostik.nl/uploads/pdf/SCNLO301/SCNLO301_Houtlijm_D3_KL_.pdf |
| Collall, Stadskanaal | Lijm op basis van aardappeldextrine voor papier en karton (Eco-Colle) | www.collall.nl/nl/producten/lijmen-vernisljm/ |
| Frencken bv, Weert | watervaste 1 en 2 componenten lijmen (NOVA COL) | www.frenckenweert.nl/producten.php?productgroepid=1 |
| Haga bouwstoffen | Lijmen, voorstrijkmiddelen, verven | |
| IVANA | Groothandel en industrie | www.ivana.com/chemie/lijmen/houtlijmen/ |
| Pattex houtlijm, Nieuwegein | PU, watervast | www.pattex.nl/new/index.php |

| | | |
|--------------------------------|--|--|
| Politoeren, Groot-Ammers | Beenderlijm, huidenlijm, vislijm | www.politoeren.com |
| SIKA, Utrecht | (Smelt)lijmen (SIKAbond, SIKAmelt) | nld.sika.com/nl/solutions_products/document_download/PDSBouw.html |
| Stork lijmen, Leusden | EVA en PU (DORUS: breed assortiment verschillende lijmtoeepassingen zoals fineer-, folielijm, smelt lijm) | www.storklijmen.nl/PrimoSite/show.do?ctx=2697,3133,3134&nav=2700 |
| Verven en houtcoatings | | |
| Ursapaint, Zaandam | Natuurverf Toplin / Corcol | www.aquamarijn.com |
| Auro, Naarden | Natuurverfproducten, geïmporteerd van AURO Naturfarben uit Duitsland | www.auro.nl |
| Dreisol, Oldenburg (Duitsland) | Verven en houtcoatings op basis van plantaardige oliën | www.dreisol.de |
| Eco-webwinkel | Natuurhars dispersieverf voor minerale ondergrond gipsplaat | www.eco-webwinkel.nl |
| FarvoColor bv, Damwald | Lijnolieverf met 'aardpigmenten' (traditionele kookverf, sommige formuleringen met zetmeel) (UULA, Farfoil) | www.farvocolour.com |
| Koopmansverfshop, Eenum | Beitsen op basis van lijnolie. Milieuvriendelijke carbolineum op basis van lijnolie en alkydhars voor buitentoepassing (Ecoleum) | www.koopmansverfshop.nl |
| Linova, Zutphen | Lijnolieverf | www.linova.nl |

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| Natuurlijk Kleurrijk, Den Haag | Lijnolieverf (Aglaia) | www.natuurlijk-kleurrijk.nl |
| Reincke Naturfarben GmbH (D) | Buitenverf op natuuroolie- basis (Leinos) | www.leinos.de |
| Selda, Mechelen (B) | Nitrocellulose vernissen | www.selda.be |
| Traditionele verven, Oene | Kalk-caseïne muurverf voor binnen en buiten. Beschikbaar in 45 kleuren: ademend, vochtregulerend en electrostatisch neutraal (Calcatex) | www.traditionele- verven.nl/calcatex.aspx |
| Van Wijhe Verf, Zwolle | Verven en houtcoatings op basis van plantaardige oliën | www.wijzonol.nl |

Wassen

| | | |
|-------------------------|---|---|
| De Monchy, Rotterdam | Wassen | www.monchy.com |
| Drycon, Heijen | Impregneermiddel voor hout tegen rot, schimmel en insecten (Drycon BZ) | www.drycon.nl/producten/dryconb z.html |
| Eco-webwinkel | Wassen en oliën voor hout (Auro) | www.eco-webwinkel.nl |
| Hermadix | Watergedragen impregneermiddel tegen houtrot en schimmelvorming in buitentoepassing van zachthout (Hermadix Impraline) en hardhout (Bankirai-olie) | www.hermadix.nl |
| Waxwood, Amberg (D) | Waterwerend met was geïmpregneerd houtproduct op basis van inheems hout | www.waxwood.de |

| Brandvertragers | | |
|---------------------------------------|--|--|
| Foreco, Dalfsen | Brandvertragend houten gevelbekleding; voldoet aan Euroklasse B NEN-EN 13501 (Safewood®) | www.foreco.nl |
| Holzprof, Venray | Holzprof® | www.holzprof.com |
| Keim, Almere | Muurverven op basis van waterglas (Soldalan) | www.keim.nl |
| Magma, Heijningen | Brandvertrager voor riet, textiel, papier, kunststoffen, hout en plaatmaterialen (Magma Firestop; KOMO gecertificeerd) | www.magma-int.nl/index.php?id=408 |
| Multifire International bv, Amsterdam | Brandwerende coating voor houtproducten | info@multifire.nl |
| Quick-Mix, Osnabrück (D) | Muurverven op basis van waterglas, voor binnen en buiten | www.quick-mix.com |
| Gemodificeerd hout | | |
| Accoya (Verenigd Koninkrijk) | Verduurzaamd naaldhout met verbeterde dimensiestabiliteit en waterafstoting | www.accoya.com/accoya-pure-performance-nederlands/ |
| Finnforest, Apeldoorn | Verduurzaamd hout (ThermoWood) | www.finnforest.nl |
| International ThermoWood Association | Hele reeks leden die gemodificeerd hout produceren in Finland en Zweden, waaronder Finnforest en StoraEnso | www.thermowood.fi |
| Plato International bv, Arnhem | Verduurzaamd hout | www.platowood.nl |
| StoraEnso (Finland, Zweden) | Verduurzaamd hout (ThermoWood) | www.storaenso.com/products/wood- |

| | | |
|---|--|--|
| | | products/products/thermowood/Pages/thermowood.aspx |
| TFC, Geel (B) | Biobased hars voor impregnatie van hout t.b.v. verduurzaming | www.transfurans.be ; www.biocomp.eu.com |
| Touwen & Co, Zaandam | Koolteer olie voor hydrofobering en verduurzaming van hout | www.tenco.nl |
| Gevelbekleding | | |
| Fetim bv, Amsterdam | Cementgebonden cellulose vezelplaat (Shera), Houtvezelpaneel (Canoxel), Verduurzaamd Europees naaldhout (ModiWood) | www.fetimprofessional.nl |
| Linnea bouwsystemen | Vurenhouten gevelbekleding van Linnea uit Scandinavië (Linnwood®) | www.linnea.nl |
| Mobilane bv, Leersum | Groene gevels, gevelbeplanting en verticale tuinen | www.mobilane.nl |
| Mostert de Winter, Hardinxveld-Giessendam | Groene gevels, gevelbeplanting en verticale tuinen | www.modulogreen.nl |
| Resopal, Breda | Decoratieve HDF platen (Resoplan) | www.resopal.nl |
| Sempergreen, Zeist | Gevelbeplanting | www.sempergreen.com |
| Trespa, Weert | Decoratieve HD vezelplaat (Trespa) | www.trespa.com |
| Werzalit, Oberstenfeld (D) | HD vezelplaat en WPC | www.werzalit.com |
| Spanplaat | | |
| Faay, Vianen | Vlasschevenplaat voor wand- en plafondsysteem | www.faay.nl |

| | | |
|-------------------------------|---|--|
| LCDA (F) | Hennepscheven plaat | |
| Lefeber bv, Axel | Vlasscheven- en houtspaanplaat | www.lefeber.nl |
| Linex Pro-grass bv, Koewacht | Vlasschevenspaanplaat | www.linex-pg.nl |
| Linopan, Wielsbeke (B) | Vlasschevenplaat (Flaxboard) | www.linopan.com |
| Unilin, Desselgem (B) | Vlasschevenplaat (UniFLAX) | www.unilin.com |
| HDF | | |
| Milin bv, Nieuwegein | HDF plaat (Milyt [®]) | www.milin.nl |
| Resopal, Breda | Decoratieve HDF platen t.b.v. gevels, boeiboorden en deuren (Resoplan) | www.resopal.nl |
| Trespa, Weert | HDF met een toplaag van melamine-gebaseerde decoratieve coating | www.trespa.com |
| Stropanelen | | |
| Ecoboards, Delft | Panelen op basis van formaldehyde vrije hars gebonden strovezels | www.eco-boards.eu |
| Ekodesky (Tsjechië) | Panelen op basis van geperst stro met papieren toplaag t.b.v. tussenwanden | www.ekopanely-drevostavby.cz |
| Ortech (Australië) | Panelen op basis van met PVA gebonden stro met papieren toplaag t.b.v. tussenwanden (Durra Panel [®]) | www.ortech.com.au |
| Stramit (Verenigd Koninkrijk) | Panelen op basis van geperst stro met papieren toplaag t.b.v. tussenwanden | www.stramit.co.uk |

| Bagasseboard | | |
|-------------------------------|---|--|
| WallArt, Gorinchem | Paneel op basis van bagasse (vezel van rietsuikerplant) | www.mywallart.nl |
| Bamboe | | |
| BIC, Schellinkhout | Parket, plaatmaterial en composiet (PLYBOO) | www.plyboo.nl |
| Buco Import, Emblem (B) | Bamboe producten voor interieur en exterieur: constructie, tuinschermen, vloeren, parketten, meubelpanelen, keukenbladen en fineer (EcoBam) | www.buco-import.com |
| Helwig, Geleen | Bamboekoziijnen | www.helwig.nl |
| Hout Import Reuver bv, Reuver | Massieve bladen van meerlaags geperst bamboe (Flexopanel Bamboe) | www.houtimportreuver.nl/flexopanel-bamboe |
| Luit Interieurbouw, Almere | Akoestische panelen (Bamboo acoustics) | www.bambooacoustics.nl |
| MOSO International bv, Zwaag | Parket, plaatmateriaal, plafondpanelen, balken, terrasdelen, fineer, op rol | www.moso-bamboe.nl |
| OWA Benelux bv, Amsterdam | Plafondplaten | www.owa.de/nl |
| Geluidisolatie-platen | | |
| Gevelplan BV, Beneden-Leeuwen | Vliesgevel, een combinatie van aluminium voor buiten en volhout of gelamineerd hout aan de binnenzijde of HSB gecombineerd met schuifraamsystemen (Twin®) | www.gevelplan.nl |

| Vezelcement | | |
|--|---|--|
| CemPlaat bv, Enschede | Cementgebonden vezelplaat voor gevels, wanden, plafonds en vloeren (CemPanel) | cemplaat.nl/cbouwproducten/Cempanel |
| Heraklith, Oosterhout | Houtwolcement- en houtwolmagnesietplaten voor brandwerende en isolerende wanden en plafonds | www.heraklith.com/nl/ |
| Knauf AMF | Houtwolcementplaten (Fibracoustics) | www.amf-cz.cz/infoeng.htm |
| Isolco bv, Maarheeze | Houtwolcement voor thermische en acoustische wand en plafondsysteem (Stertekt) | www.isolco.nl |
| Schuimbeton op basis van eiwit schuimmiddelen | | |
| Gebr van Antwerpen, 's Hertogenbosch | Schuimbeton | www.van-antwerpen.nl |
| Xella Nederland bv, Gorinchem | Schuimbeton (Ytong) | www.xella.nl |
| Gipsvezelplaat | | |
| CemPlaat bv, Enschede | Gipsvezelplaat en gipskartonplaat (CemPanel) | cemplaat.nl/cbouwproducten/Cempanel |
| Ecomat, Genk (B) | Natuurgips (Lutece 2000) | www.ecologischbouwen.be |
| Fermacell bv, Wijchen | Gipsvezelplaat op basis van (gerecyclede) papiervezels (Fermacell) | www.fermacell.nl/ |
| Gyproc, Vianen | Gipsvezelplaat voor wand en vloerafwerking (Rigidur) | www.gyproc.be/gyproc/producten/platen/rigidur-platen/nl ; www.gyproc.nl/gyproc/pdf/Rigidur%20vloeren.pdf |

| | | |
|---|---|--|
| Knauf, Utrecht | Breed assortiment gipsvezelplaatmaterialen voor binnenwanden, plafonds en vloeren | www.knauf.nl |
| Lafarge Gips bv, Delfzijl | Gipsvezelplaten voor vloeren, wanden en plafonds | www.lafargegips.nl |
| Leem en silt | | |
| BTC Chemical Distribution, Waterloo (B) | Additief om leem weerbestendiger te maken (Acronal®) | www.basf.be/ecp2/Group_companies_belgium_nl/BTC_Speciality_Chemical_Distribution |
| Buro Robing Design, Enschede | Leem- en andere stuc- en isolatie-materialen (Technostuc systemen) | www.technostuc.nl |
| Claytec, Viersen (D) | Leembouwplaat op basis van riet | www.claytec.com |
| Chris Drijvers, Noorbeek | Aannemer van houtskelet vakwerk huizenbouw | www.vakwerkbouw.nl |
| Eigensinn, Eindhoven | Stucadoor gespecialiseerd in o.a. leemstuc en kalkstuc | www.leemwerken.com |
| Klinkerwerke Muhr GmbH, Emmerich (D) | Leembouwplaat op basis van jute en riet | www.klinkerwerke-muhr.de/Lehmbauprodukte.php |
| Leembouw Nederland, Amsterdam | Leemstuc, leemverf, stampleem | www.tierrafino.nl |
| Leemwerk, Amsterdam | Stucadoorsbedrijf gespecialiseerd in o.a. leemstuc, kalkpleisters, stampleem | www.leemwerk.nl |
| | Bedrijven gespecialiseerd in leembouw en leemproducten | www.livingearth.nl www.sebunga.nl www.trepeinleembouw.nl |

| Klei | | |
|-----------------------------------|---|--|
| Argex, Naarden | Geëxpandeerde kleikorrels voor isolatie in vloeren, fundering en spouw | www.argex.eu |
| Composiet steen | | |
| Euböolithwerke AG (Zwitserland) | Hoge sterkte gietvloertoplagen op basis van magnesiet gebonden houtdeeltjes (Euböolith) | www.eubolith.ch |
| Repoxit AG (Zwitserland) | Gietvloer op basis van magnesiet gebonden houtdeeltjes (Repoxit-STH) | www.repoxit.com |
| Vezel-Kunststofcomposieten | | |
| Biotex (Verenigd Koninkrijk) | PP en PLA composieten op basis van weefsels | www.compositesevolution.com |
| Curtania, Mössingen (D) | Gordijn-ophangsystemen op basis van brandvertraagde harsgebonden houtvezel (NaF.MIX®) | www.curtania.de |
| Enviroshake (Canada) | Composiet shingles op basis van 95% biobased en/of gerecycled materiaal | www.enviroshake.com |
| Evonik (Duitsland) | Natuurlijke vezelversterkte polyamide (PA) compounds voor spuitgieten. Houtvezel gevuld PMMA voor duurzame terrassen. | www.vestamid.com |

| | | |
|----------------------------------|--|--|
| GreenGran, Ede | Natuurlijke vezel-versterkte PP en PLA compounds voor spuitgieten | www.greengran.com |
| Hiendl, Bogen (D) | WPC profielen. | www.hiendl.de |
| Kosche, Much (D) | WPC profielen en planken | www.kosche.de |
| Möller, Meschede-Eversberg (D) | WPC profielen en planken (Lignodur®). Geluidsisolerende wandprofielen op basis van WPC. | www.terrafinade.de ; www.moeller-profilssysteme.de ; www.nachwachsende-rohstoffe.info/nachricht.php?id=20111026-01 |
| NPSP, Haarlem | Natuurlijke vezelversterkte composiet producten | www.npsp.nl |
| Technamation, Guben (D) | WPC profielen en sheets | www.technamation.com |
| Tecnar, Ilsfeld-Auenstein (D) | Natuurlijke vezelversterkte compounds voor spuitgieten | www.tecnaro.de |
| Techwood, Enter | WPC planken en profielen (Techwood®) | www.top-vlonderplanken.nl |
| Werzalit, Oberstenfeld (D) | Natuurlijke vezelversterkte compounds voor spuitgieten, WPC planken | www.werzalit.com |
| Hernieuwbare kunststoffen | | |
| GreenGran, Ede | Natuurlijke vezelversterkte PLA compounds voor spuitgieten | www.greengran.com |
| Tecnar, Ilsfeld-Auenstein (D) | Natuurlijke vezelversterkte lignine en PLA compounds voor spuitgieten | www.tecnaro.de |

| | | |
|--|---|--|
| | Technische data en leveranciers van biopolymeergrondstoffen | www.ides.com of www.matweb.com/Search/MaterialGroupSearch.aspx?GroupID=117 |
|--|---|--|

Vlaswol en hennepwol non-wovensvlies

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| CemPlaat bv, Enschede | Isolatie op basis van 80% vlas, 10% zetmeel binder en 10% brandvertragende en schimmelwerende middelen (Vlasgoed) | cemplaat.nl/cbouwproducten/Vlasgoed |
| Isolina, 's Hertogenbosch | Isolatie, bouwvilt en ondertapijt op basis van vlasvezels | www.isolina.com/nl/isolatie-producten.cfm |
| Isovlas, Oisterwijk | Bouwisolatie (Isovlas PL en PN), dakelementen (Isovlas VRD) en ondervloeren (Isovlas SoundFelt) op basis van vlasvezels | www.isovlas.nl |
| Hempflax, Oude Pekela | Hennepwolisolatie | www.hempflax.com |
| Hock GmbH & Co, Nördlingen (D) | Isolatie op basis van hennep (Thermo-Hanf [®] PLUS) | www.thermo-hanf.de |
| Steico, Feldkirchen (D) | Isolatie op basis van hennepvezel (STEICOcanaflex) | www.steico.com/produkte/ueberblick.html |

Cellulose isolatie

| | | |
|-----------------------|---|--|
| Excel (Engeland) | Spuitbaar isolatiemateriaal op basis van 100% gerecycled papier (Warmcel) | www.warmcel.co.uk |
| Heraklith, Oosterhout | Houtwol platen voor thermische en acoustische isolatie van plafonds. | www.heraklith.com/nl |

| | | |
|------------------------------|--|--|
| Homatherm® Nederland | Losse isolatievlokken (fineFloc) en flexibele (holzFlex) en drukvaste isolatieplaten op basis van houtvezels | www.homatherm.com/nl |
| Linex Prefab bv, Hulst | Dakelementen op basis van spaanplaat en cellulose isolatie | www.linexprefab.nl |
| Pavatex, Enschede | Flexibele (PavaFlex) en drukvaste (PavaTherm-Forte) isolatieplaten op basis van houtvezels | www.pavatex.nl |
| Steico, Feldkirchen (D) | Isolatie op basis van houtvezel (STEICOflex) | www.steico.com/produkte/ueberblick.html |
| Warmteplan, Brummen | Cellulose isolatie (Isofloc, Homatherm) | www.warmteplan.nl |
| Duitse leveranciers | Cellulose isolatie | www.zellulose-daemung.de/hersteller/hersteller.html |
| Kurk en kurkproducten | | |
| Amorim Benelux bv, Tholen | Kurkvloeren | www.amorimbenelux.nl |
| Forbo, Krommenie | Kurklinoleum | www.forbo.nl |
| Thole bv, Lelystad | Kurkvloeren, -parket, -laminaat | www.tholeholland.nl |
| Van Avermaet, Lokeren (B) | Kurkproducten voor vloeren, wanden en isolatie | www.vanavermaet.be |
| Katoen | | |
| Metisse, Tilburg | Isolatie-platen en rollen op basis van gerecycled materiaal (ca. 85% katoen) | www.isolatiemetisse.nl |

| Kokos isolatie en stucdrager | | |
|---|--|--|
| Nevima bv, Amersfoort | Viltten voor geluidsisolatie, geluidsabsorptie en vloeropleggingen op basis van paarden- en/of koeienhaar | www.nevima.nl |
| Schapenwolisolatie | | |
| Doscha, Blaricum | Isoaltieproducten op basis van schapenwol | www.doscha.nl |
| Riet | | |
| Riet portal | | www.rietpromotie.nl |
| Vakfederatie Rietdekkers | | www.riet.com |
| Kleikorrels | | |
| Argex, Naarden | Geëxpandeerde kleikorrels voor isolatie tussen grond en vloerplaat | www.argex.eu |
| Lias Benelux bv, Enschede | Geëxpandeerde kleikorrels voor groene daken (Liapor) | www.liapor.nl |
| Schelpen en schelpkalkmortel | | |
| Altena Groep schelpkalkmortel, 't Harde | Schelpkalkmortel | www.altena-groep.nl |
| Beijert, Akkrum | Isolatieschelpen voor toepassing in kruipruimten | www.isolatieschelpen.com |
| Bos, Deventer | Isolatieschelpen voor toepassing in kruipruimten en t.b.v. verharding en paden | www.bosdeventer.nl |
| Gebroeders de Vries, Dokkum | Isolatieschelpen voor toepassing in kruipruimten | www.fries-drowa.nl |

| | | |
|------------------------------------|--|--|
| Goldshell, Zoutkamp | Isolatieschelpen voor toepassing in kruipruimten | www.goldshell.nl |
| Isoschelp, Yerseke | Isolatieschelpen voor toepassing in kruipruimten | www.isoschelp.nl |
| Spaanssen, Winkel | Isolatieschelpen voor toepassing in kruipruimten en t.b.v. verharding en paden | www.spaanssen.nl |
| Van Doorn, Soest | Schelpen t.b.v. verharding en paden | www.vandoorn-soest.nl |
| Van Rijn, Katwijk | Schelpen t.b.v. verharding en paden | www.schelpenhandelvanrijn.nl/kleischelpen |
| Overige isolatie materialen | | |
| Isobouw | PLA gebaseerd isolatieschuim | www.isobouw.nl |
| Merford Noise Control, Gorinchem | Isolatiemateriaal op basis van maiscellulose vezels of schapenwol (Eco-coustic®) | www.noisecontrol.nl/ecocoustic.html |
| Synbra, Etten-Leur | Geëxpandeerd PLA voor isolatie toepassingen | www.biofoam.nl |
| Afdichtingskitten | | |
| Vrancken bv, Geleen | Stopverf | www.vrankenbv.eu |
| Vegetatiedaken | | |
| Derbigum, Delft | Niet-bitumeuze dakbedekking met C2C certificaat | www.derbigum.com |
| Dinoflex, Naarden | Tegels op basis van gerecycled rubber voor beloopbare vegetatiedaken | www.dinoflex.nl |

| | | |
|---|---|--|
| EKOgras, Zaltbommel | Producten voor de aanleg van begroeide daken | www.ekogras.com |
| Esha Waterproofing bv, Grongingen | Producten voor de aanleg van begroeide daken | www.eshainfrasolutions.nl/upload/eshagroupcom/datasheets/groendaken.pdf |
| Groendak, Scherpenzeel | Producten voor de aanleg van begroeide daken | www.groendak.info |
| Mostert de Winter, Hardinxveld-Giessendam | Producten voor de aanleg van begroeide daken en daktuinsystemen (xeroflor®) | www.mostertdewinter.nl |
| Sempergreen, Zeist | Gevelbeplanting | www.sempergreen.com |
| Van Ginkel Groep, Veenendaal | Aanleg van daktuinen | www.ginkelgroep.nl |
| Bekistingsmateriaal | | |
| Cugla, Breda | Ontkistingsmiddel op basis van (gemodificeerde) plantaardige olie en dierlijke vetten (Marginel) | www.cugla.nl |
| Van den Bergh, Werkendam | Lossingsoliën en – emulsies op basis van (gemodificeerde) plantaardige olie (Pluriform, Marginel, Montaclean) | www.lossing.nl |
| Metaalcoating | | |
| NovoChem, Nieuwegein | Metaalcoating op basis van vetzuren (NovoShield) | www.novochemgroup.com/pdf/43.pdf |
| Geotextielen | | |
| BonTerra, Stolberg (D) | Kokos en kokos-stro matten voor anti-erosietoepassingen | www.Bonterra.de |

| | | |
|-----------------------|--|--|
| Colbond, Arnhem | Geotextiel op basis van jute en polyamide (Enkamat J) | www.colbond.com |
| Fastgrip bv, Bavel | Voorbeplante of doorgroeibare kokos- en stromatten voor oeverbescherming | www.Fastgrip.nl |
| Isovlas | Doorgroeibare geotextielen op basis van vlas (Geovlas) | www.isovlas.nl |
| Texion, Antwerpen (B) | Vlechtwerk van rijshout en (voorbeplante) matten op basis van kokosvezels (Greentex, Texi Flora) | www.texion.be |
| Tribute bv, Leusden | Kokosmat vegetatiedragers (Armaflor) voor oeverbescherming en mulchmatten op basis van PLA (Hortaflex) | www.Tributegreenfix.nl |
| Linoleum | | |
| Forbo, Krommenie | Vloerbedekking. Lijmen voor het lamineren van hout met Greenguard certificaat (Swift®lock, swift®therm en Swift®tak) | www.forbo.nl |
| Parket | | |
| Bax, Terheijden | Lamelparket en vele soorten hout | www.baxhout.nl |
| Bona Benelux, Haarlem | Parketlijm, -lak en -olie; alles voor parket | www.bona.com/nl |
| Homé hout, Tiel | Houten vloeren en vele soorten hout | www.homehout.nl www.fairwood.nl |

| | | |
|---------------------------|---|--|
| Lecol, Waalwijk | Totaalleverancier voor parket en houten vloeren | www.lecol.nl |
| Soudal, Turnhout (B) | Lijmen en schuimen voor de bouw | www.soudal.com/soudalweb/news.aspx?w=1&p=1 |
| Stauf, Wilnsdorf (D) | Lijmen voor vloeren, waaronder parket | www.stauf.de/index.php?lang=nl |
| Thomsit | Alles op het gebied van vloerafwerking | www.thomsit.nl |
| ZenDac WoodCare bv, Weesp | Hardwax-olie voor bescherming van hout (Blue Dolphin) | www.bluedolphin.nl/index.php?mid=3&lang=NL |

Tapijten en vloerbekleding

| | | |
|----------------------|------------------------------|--|
| Brabant Rubber, Best | (Natuur)rubberen vloertegels | www.brabantrubber.nl |
| Cunera, Rhenen | Cocosmatten met latex rug | www.cunera.nl |

Wandbekleding

| | | |
|---|--|--|
| Asona, Uithoorn | Spuitsysteem voor aanbrengen van cellulose vezels op wanden t.b.v. acoustische isolatie (Sonacel, SonaTherm, Sonaflex) | www.asona.nl |
| Mutsaerts Leather flooring, Kaatsheuvel | Lederen wandbekleding | www.leatherflooring.nl |
| Naturbau Direkt | (Cellulose) Faserputz | www.naturbaudirekt.de/ai.asp/id/13530 |

Bouwen met papier en karton

| | | |
|-----------------------------|---------------------------------|--|
| Ampack (Zwitserland) | Sisalvezel versterkt bouwpapier | www.ampack.eu/fileadmin/user_upload/ampack/00_Produktdaten/Bahnen/Sisalex_500/Drucksachen/Datasheet_Sisalex_500.pdf |
| Besin International, Ermelo | Kartonnen honingraatmateriaal | www.besin.com |
| Jaarsma bv, Almelo | Kartonnen honingraatmateriaal | www.jaarsma.nl |

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| Spanell, Medemblik | Kant-en-klare kartonnen binnenwandpanelen | www.spanell.nl |
| Installatie en Sanitatie | | |
| Connex, Tilburg | Composteerbare kabelgoot | www.kabelgoot.nl/product/energie-zuilen/chipchain |

11 Adressen

11.1 Onderzoek en innovatie:

Het Centrum voor Innovatie in de Bouw (CIB, www.bouwkolom.org) stelt dat duurzame innovatie de sleutel is voor de crisis in de bouw. In de kennisbank worden de diverse links naar innovatieve bouwtoeleveranciers gevonden. Hierbij is vooral aandacht voor innovaties op het gebied van beveiliging, installatietechniek, domotica en automatisering, ventilatiesystemen en energietechniek. In de rubriek bouwmaterialen van CIB vinden we geen vermelding van ecologische of biobased bouwmaterialen.

Onderzoek aan de Nederlandse instituten, universiteiten en hogescholen m.b.t. bouwmethoden en bouwmaterialen:

Technische Universiteit Delft (TUD)

Em. Prof. Kees Duijvesteyn: Architectuur

Prof Mick Eekhout: Sustainable architecture, bouwtechniek: onderzoekprogramma "green building innovation"

Prof Peter Luescuerre: Installatietechniek

Prof Hans Cauberg: Bouwtechniek: onderzoekprogramma "green building innovation"

Prof Andy van den Dobbelaer: Bouwtechniek: onderzoekprogramma "green building innovation"

Prof Ulrich Knaack: Bouwtechniek: onderzoekprogramma "green building innovation"

Technische Universiteit Eindhoven (TU/e)

Prof Jos Brouwers: Bouwmaterialen

Prof André Jorissen: Hout constructies

Prof Jos Lichtenberg: Productontwikkeling

Prof Jan Hensen: Building performance

Nijenrode, prof Anke van Hal: Sustainable building and development

Hogescholen (HBO)

HAN Arnhem, www.han.nl

RiBuiIT, kennisinstituut duurzaam bouwen van Hogeschool Zuyd, www.hszuyd.nl

R&D instituten

Stichting Hout Research (SHR), www.shr.nl, Wageningen

Stichting Bouwresearch (SBR), kennisplatform voor de bouw, www.sbr.nl, Rotterdam
 TNO bouwinnovatie, www.tno.nl, Henk Miedema (building & infrastructure); Jeroen Mennink (bouw en installaties); Bart Luijten (Dutch Green building Council)
 Wageningen UR, www.fbr.wur.nl, Jan van Dam (food and biobased research)

Opgeheven:

DuBo infodesk, Utrecht

Nationaal Dubo Centrum, Rotterdam; www.dubo-centrum.nl verwijst naar Agentschap.NL

11.2 Algemeen

Er zijn voor de bouw een groot aantal beroeps- en belangenverenigingen actief. Hieronder zijn de verschillende organisaties die relevant zijn voor biobased bouwen opgenomen.

| | |
|--|--|
| Bedrijfschap schilderbedrijven | www.afbouwsector.nl |
| Biologisch Bouw Collectief | www.biologische-bouw.nl |
| Bond voor fabrikanten van betonproducten (BFBN) | www.bfbn.nl |
| Bouwcentrum EXPO | www.bouwcentrum-rotterdam.nl |
| Bouwgarant | www.bouwgarant.nl |
| Branchevereniging voor klussenbedrijven (VLOK) | www.vlok.nl |
| Centraal bureau Riet- en Strodekkers | www.riet.com |
| Centrum Hout | www.centrum-hout.nl www.houtinfo.nl |
| Duurzaam Gebouwd | www.duurzaamgebouwd.nl |
| Duurzaam Thuis | www.duurzaamthuis.nl |
| Ecodorp (Stichting) | www.ecodorp.nl |
| Energie Prestatie Advies (EPA) | www.epadesk.nl |
| Federatie van Ondernemers in het Schilders-, Afwerkings- en Glaszetbedrijf (FOSAG) | www.fosag.nl |
| Glasbrancheorganisatie (GBO) | www.glasnet.nl |
| Informatiepunt Duurzaam Bouwen | www.ipdubo.nl |
| Innovatie Centrum Duurzaam Bouwen (ICDuBo) | www.icdubo.nl |
| Kennisplatform SBR | www.sbr.nl |

| | |
|--|--|
| Koninklijk Verbond van Nederlandse baksteenfabrikanten (KNB) | www.knb-baksteen.nl |
| Milieu centraal | www.milieucentraal.nl |
| Netwerk voor Bouwprofessionals | www.bouwprofs.nl |
| Vereniging van Nederlandse projectontwikkeling Maatschappijen (NEPROM) | www.neprom.nl |
| Nederlandse Bouw Documentatie | www.nbd-online.nl |
| Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE) | www.nibe.org |
| Rijksdienst voor Monumentenzorg (RDMZ) | www.monumentenzorg.nl |
| Service Instituut Duurzame Ontwikkeling | www.vibaexpo.nl |
| Stichting de Witte Roos | www.witteroos.nl |
| Stichting Keuringsbureau Hout (SKH) | www.skh.org |
| Verduurzaamd Hout Nederland | www.vhn.org |
| Vereniging Eigen Huis | www.eigenhuis.nl |
| Vereniging van Houtskeletbouwers | www.vhsb.nl |
| Vereniging Integrale Bio-Logische Architectuur (VIBA) | www.vibavereniging.nl |
| Vereniging van Kunststof Gevelelementenfabrikanten (VKG) | www.vkgkozijn.nl |
| Vereniging Leveranciers Vloerverwarming (VLV) | |
| Vereniging Nederlandse Schelpenvissers | www.schelpenvissers.nl |
| Vereniging Vernieuwbare Isolatie (VVI) | www.verantwoordisoleren.nl |
| Woningborg Groep (Stiwoga) | www.stiwoga.nl |

11.3 Architecten

- Beroepsvereniging Nederlandse Architecten (BNA) www.bna.nl
- Beroepsvereniging Nederlandse interieurarchitecten (BNI) www.bni.nl
- Bureau Architectenregister www.architectenregister.nl

Info over organische architectuur is te vinden op:

www.architectenweb.nl/aweb/archipedia/archipedia.asp?ID=3477

Enkele voorbeelden van architecten die betrokken zijn bij ecologisch bouwen of milieuvriendelijke innovatie in de bouw:

| | | |
|---|--|--|
| Hans Achterbosch | Achterbosch architectuur, Leeuwarden | www.achterboscharchitectuur.nl |
| Tjerk Reijenga | BEAR, Gouda | www.bear.nl |
| Felix Claus & Kees Kaan | Claus & Kaan Architecten, Amsterdam | www.clausenkaan.nl |
| Daan Bruggink | ORGA, Nijmegen | www.orga-architect.nl |
| Peter van der Cammen | ORTA Nova, Zeist | www.ortanova.nl |
| Edward Erasmus | ErasmusX, Schijndel | www.erasmusx.com |
| Alexander Giesen | Giesen Architectuur, Doetinchem | www.giesen.nl |
| Sjap Holst | Ecodesign, Geldrop | www.artchitecture.nl |
| Max van Huut | Alberts & van Huut, Amsterdam | www.albertsenvanhuut.nl |
| Willem Grotenbreg | Grotenbreg, Warnsveld | www.grotenbreg-architecten.nl |
| IAA Architecten, Enschede | | www.i-aa.nl |
| Edy Kwak | Buro voor architectuur, Winterswijk | |
| Jaap van der Laan | Architectenburo, Bergambacht | www.jaapvanderlaan.nl |
| Hiltrud Pötz | OpMAAT, Delft | www.opmaat.info |
| Peter Oterdoom | VORTEX, Groningen | www.vortex-architecten.nl |
| Renz Pijnenborgh | Archi Service, 's Hertogenbosch | www.archiservice.nl |
| Josse Popma en Jan Willem Ter Steege | Popma en Ter Steege, Leiden | www.popmaentersteege.nl |
| Michel Post | ORIO architecten, Maarssen | www.orioarchitecten.nl |
| Ro Koster en Ad Kil | RoAd, Bergen op Zoom | www.ro-ad.org |
| Edwin Smit | MIII architecten, Rijswijk | www.m3architecten.com |
| Rob de Vries | DVUA, Alkmaar | www.dvua.nl |
| Frans van der Werf | Zandvoort | www.vdwerf.nl |

11.4 Aannemers en advies- en ontwerp bureaus

Enkele voorbeelden van aannemers en advies- en ontwerp bureaus, die zijn betrokken bij ecologische bouwprojecten:

| | |
|---|--|
| Hegeman Bouwpartners, Arnhem | www.hegemanbouwpartners.nl |
| DHV, Amersfoort | www.dhv.nl/Markten/Bouw |
| Geveke, Groningen | www.gevekebouw.nl |
| VDM, Almere | www.vdm.nl |
| Slokker bouwgroep, Almere | www.slokker.com |
| Hendriksen Eco-bouw, Ruurlo | www.hendrikseneco-bouw.nl |
| John Hartongh, Naarden | www.hartongbouwbedrijf.nl |
| Siemensma, Surhuisterveen | www.bouwbedrijfsiemensma.nl |
| Pellikaan bouwbedrijf, Tilburg | www.pellikaan.com |
| Kingma Bouw bv, Twello | www.kingmabouw.com |
| Boerstra Binnenmilieu Advies, Rotterdam | www.binnenmilieu.nl |
| Platform Binnenmilieu Wonen | www.gezondbinnen.nl |

SchoonWoon Ontwikkeling bv (Tilburg, www.schoonwoon.nl) is een projectontwikkelaar die gebruik van duurzame materialen wil stimuleren, in samenwerking met Bouwbedrijf Hartman (Heusden, www.hartmanbouwbedrijf.nl) en Jos Franken Architectuur en stedenbouw (Bergeijk, www.josfranken.nl).

11.5 Bouwmateriaalleveranciers

Het Nederlands Verbond Toelevering Bouw (NVTB, www.nvtb.nl) is de koepelorganisatie voor industrie en handel in bouwmaterialen. Het overheidsbeleid om duurzaamheid te bevorderen in de bouw wordt door hen ondersteund. De invoering van het bouwbesluit van 2012 heeft verdere aanscherping van milieu- en energieprestaties van gebouwen tot gevolg. In het bouwbesluit zijn (nog) geen bepalingen over materiaalkeuze opgenomen. Het overheidsbeleid om “duurzaam inkopen” te stimuleren kan van grote invloed zijn op het gebruik van hernieuwbare bouwgrondstoffen.

Om een overzicht te krijgen van de gereedschappen en materialen die worden toegepast in de huidige bouwmarkt is een lijst van meer dan 2000 bouwproducten te vinden op www.bouwproducten.nl/trefwoorden. Daarbij is slechts een klein aandeel aan te merken als biobased of meer milieuvriendelijk alternatief.

11.6 Webwinkels

Alles duurzaam:

www.allesduurzaam.nl/verkooppunten/verkooppunten_item/t/groene_bouwmaterialen

| | |
|-------------------------------|--|
| Atrium, Arnhem | www.woonwinkelatrium.nl |
| Dubomat, Groningen en Rucphen | www.dubomat.nl |
| Eco-logisch, Amsterdam | www.eco-logisch.nl |
| Ecostuc, Hilversum | www.ecostuc.nl |
| Groenebouwmaterialen, Heusden | www.groenebouwmaterialen.nl |
| Vanbinnen, Rotterdam | www.vanbinnen.com |

Verschillende bouwmaterialen leveranciers hebben een portal voor on-line bestellen van bouwmaterialen of diensten, bijvoorbeeld:

| | |
|---|---|
| http://bouw-toeleveranciers.verzamelgids.nl | http://toeleveranciers.bouwlinks.nl |
| http://bouwwereld.besteverzicht.nl/Toeleveranciers.html | www.onlinebouwmarkt.nl |
| www.raabkarcher.nl | www.karwei.nl |
| www.gamma.com | www.praxis.nl |
| www.bouwtotaalmarkt.nl | www.omnia-bouwmarkt.nl |

Catalogi van gevestigde Bouwmaterialen leveranciers en bestellijsten van webwinkels bevatten uitsluitend traditionele hernieuwbare bouwproducten. Hout en vezelplaat vormen het belangrijkste biobased aandeel: hout, plaatmateriaal (triplex, multiplex, spaanplaat, OSB, MDF, zachtboard) met of zonder kunststofcoating. Zie bijvoorbeeld:

| | |
|--|--|
| www.bouwbestel.nl | www.stiho.nl |
| www.omnia-bouwmarkt.nl | www.bouwtotaalmarkt.nl |
| www.bouwmaat.nl | www.nubouwen.nl/hout |
| www.retbouwproducten.nl | www.bouwmaterialenleverancier.nl |

Anderen zijn meer gespecialiseerd in ecologische bouwmaterialen zoals:

www.dubomat.nl

De erkende houthandels hebben zich verenigd in de Koninklijke Vereniging van Nederlandse Houtondernemingen (VVNH, www.vvhn.nl). Deze organisatie is zeer betrokken bij de invoering van milieucertificaten en de import en productie van verantwoord hout in de gehele keten (zie www.bewustmethout.nl).

12 Referenties

- Agentschap NL, 2010. www.kennishuisgo.nl/voorbeeldprojecten/Lijst.aspx?lid=2 .
- Agrodome, 2005. Materiaalgebruik Woning Agrodome, www.wur.nl/NR/rdonlyres/8ADF955D-AB86-4D07-9D72-32D4BD77742B/71308/MaterialenAgrodome1.pdf .
- Agrodome, 2012. www.agrodome.nl .
- AVIH, Algemene vereniging inlands hout, 2011. www.avih.nl .
- Asif M, 2009. Sustainability of timber, wood and bamboo in construction. Chapter 2, in 'Sustainability of construction materials', J.M. Khatib eds, CRC press, pp 31-54.
- Autarkisch, 2012. <http://autarkischwonen.startpagina.nl> .
- Bentvelzen L, 2008. Nieuwe methoden voor de verwerking van sanitair- en regenwater, www.riool.net/riool/pdf/show.do?url=/binary/retrieveFile?itemid=4575 .
- Bijleveld MN, Sevenster MN, 2010. De milieu-impact van de Belgische tapijtketen, publicatienummer CE 10 7882 23, www.ce.nl/publicatie/de_milieu-impact_van_de_belgische_tapijtketen/1033 .
- Boosting, 2010. Construeren met Karton - Licht & Luchtig, www.boosting.nl/news/show/id/38 .
- Bouwbesluit 2012, 2011. www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/bouwregelgeving .
- Bouwcenter, 2011. www.bouwcenter.eyefi.nl/pdf/Hoofdstuk_05_36.pdf .
- Bouwend Nederland, 2011. www.bouwendnederland.nl/web/advies/bedrijfsontwikkeling/mvo/pages/default.aspx .
- BouwIssues, 2012. www.businessissues.nl/Bouwportal/?ContentId=bp073&BronId= .
- Bouwpuur, 2012. www.bouwpuur.nl .
- Bouwtrefpunt, 2008. www.bouwtrefpunt.nl/kennisbank/7-baksteen.htm .
- BREEAM-NL, 2009. www.breeam.nl/nieuwbouw/breeam_nieuwbouw .
- Cauberg N, 2008. Creatieve betonconstructies door het gebruik van textiel als flexibel bekistingsmateriaal of functionele liner in bekistingen, www.innovatienetwerk.be/projects/1118 .
- Centrum Hout, 2005. Houtwijzer Naaldhout in de bouw, www.houtinfo.nl/pdf/Houtwijzer_Naaldhout_03.pdf .
- Centrum Hout, 2007. Dossier Houtskeletbouw, www.houtinfo.nl/pdf/HSBDossiers_001-002_0506.pdf .
- Centrum Hout, 2007b. Houtwijzer Hout en Brand, www.houtinfo.nl/pdf/Hout_en_Brand.pdf .

- Construire en Chanvre, 2012. www.construction-chanvre.asso.fr
- CUR-NGO, 1996. Biologisch afbreekbare geotextielen, publicatie C187.
- De Bongerd, 2007. www.mmwzdebongerd.nl .
- De Buitenkans, 2007. www.debuitenkans.nl .
- De Groene Leguaan, 1998.
<http://kennishuisgo.nl/voorbeeldprojecten/ProjectPage.aspx?id=114> .
- Deltares, 2009. Hergebruik restproduct beperkt effecten zandwinning, Land en Water 49, pp 28-29.
- De Vree, 2012. www.joostdevree.nl/shtmls/stroplaat.shtml .
- Dorée A, Pries F, Van der Veen B, Vrijhoef R, 2003. Het bouwparadigma: waarom de bouw niet verandert. Building business.
- Dronkers JH, 2008. Bouwen met baggerspecie, in Proceedings van Mini-symposium 'Hergebruik baggerslib met geotextiele tubes', Zutphen, 3 juni. DWW 2004-063, ISBN 90-369-55666-1.
- Ecobouwen, 2012. www.ecobouwen.nl .
- Ecocoboards, 2007. www.ecocoboard.net .
- Eco-dorp Brabant, 2012. www.ecodorpbrabant.nl .
- Eco-quantum, 2010. www.kiesuwlabel.nl/eco-quantum .
- Ecowijk Houten, 2011. www.ecowijkhouten.nl .
- EnergieNeutraal, 2007. www.naarenergieneutraal.nl/over-energie-neutraal/watdoetnaarenergieneutraal .
- EPA, 2010. www.epa.gov/climatechange/wycd/waste/downloads/wood-products-chapter10-28-10.pdf .
- EPF, European Panel Federation, 2012. www.mdf-info.org .
- Erasmusveld, 2011. www.denhaag.nl/home/bewoners/wonen-en-bouwen/bouwen-in-Den-Haag/to/Erasmusveld-Den-Haag-1.htm .
- Eva Lanxmeer, 2005. www.eva-lanxmeer.nl .
- FNV Bouw, 2009. Arbowijzer 20 – Werken met verven, lakken en beitsen, www.fnvbouw.nl/SiteCollectionDocuments/arb wijzers/Arbowijzer20-Verven-2009.pdf .
- Fotobehang, 2012. www.debehangsite.nl ; www.behang.nl ; www.behang.startpagina.nl ; www.behangwereld.nl ; www.onlinebehang.nl .
- Fraanje PJ en Van Kampen MGH, 1998. Het vervangingspotentieel van vernieuwbare grondstoffen: indicatief onderzoek naar het potentiële van vernieuwbare grondstoffen om oppervlakte delfstoffen voor de bouw te vervangen. Dienst Weg- en Waterbouwkunde
- Frihart CR, Brikeland MJ, Allen AJ, Wescott JM, 2010. Soy adhesives that can form durable bonds for plywood, laminated wood flooring, and particle board, Proc Int

Convention Soc Wood Sci and Technology, co-hosted by UN Economic Commission for Europe – Timber committee, Geneva (Switzerland), October 11-14, Paper WS-20.

- Fruhwald A, 2004. www.vhn.org/pdf/Eurofact3-Wood_as_Carbon_stores.pdf
- GEI, 2012. Greenguard Environmental Institute, www.greenguard.org .
- GEP, 2012. www.regenwater.com .
- GHG protocol, 2011. www.global-greenhouse-warming.com/iron-and-steel-emissions.html
- www.ghgprotocol.org/calculation-tools/iron-and-steel-sector
- Goverse T, 2003. UVA, Thesis.
- Groene Dak, 2012. www.groenedak.nl .
- Haas EM, 1997. NIBE milieuclassificatie, www.nibe.info .
- Holst S, 2011. Ontwerpen in leem, SBR Nationaal Congres “Bouwen met leem”, Made, 17 maart.
- Holz100, 2012. www.holz100-thueringen.de ; www.wood100.com .
- Houtbouwprojecten, 2012. www.scanabouw.nl ; www.finnhouse.nl ; www.qsqs.nl
- Houtinfo, 2012. Een aantal websites zijn geraadpleegd: www.tracer.dk ; www.globalwoodimport.nl ; www.wood-database.com/lumber-identification/hardwoods; http://217.170.37.127/projecten/tuinhout/duurzaam_tuinhout_rapport_fase%20ref.pdf ; www.fsc.dk ; www.woodsoftheworld.org ; www.industrial-resources.net; www.engineeringtoolbox.com/wood-density-d_40.html .
- ICEB (Informatie Centrum Eigen Bouw), 2011. www.iceb.nl .
- Jonkers H, 2009. Zelfherstellend beton met behulp van calciumcarbonaat producerende bacteriën, citg.tudelft.nl/onderzoek/projecten/zelfherstellend-beton .
- Kersentuin, 2003. www.kersentuin.nl en www.duurzaam-huis.nl .
- Klimaatneutraal Bouwen Groningen, 2011. www.klimbogewo.nl/jb .
- KNB, vereniging Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek, 2012. www.knb-baksteen.nl
- Kraaijvanger, 2010. Stenen van wol: Sterker en milieuvriendelijker, www.scientias.nl/bakstenen-van-wol-sterker-en-milieuvriendelijker/17365 .
- Krutwagen B, Kortman J, Monné T, 2004. Gekwantificeerde milieudoelstellingen voor bouwmaterialen (IVAM).
- Kuo M, et al., 2001. Soybean-based adhesive resins and composite products utilizing such adhesives, U.S. Patent 6306997.
- Leeuwen J van, 2008. CUR commissie F50.
- McDonough W, Braungart M, 2002. Remaking the way we make things, www.cradletocradle.nl

- Meanderhof, 2008. www.mmwz.nl .
- Meuwissen, 2004. www.mi.nl/bouw/vocht.htm .
- Milieu Centraal, 2011, www.milieucentraal.nl/pagina.aspx?onderwerp=Keurmerk%20hout .
- Milieu Centraal, 2012. www.milieucentraal.nl/pagina.aspx?onderwerp=Vloerbedekking#Milieubelasting_van_vloerbedekking .
- MVO, 2012. MVO Nederland, www.mvonederland.nl .
- NMP 3, 1998. NMP 4, 2001. www.milieufocus.nl .
- OECD/IEA, 2007. Tracking Industrial Energy efficiency and CO2 emissions.
- Omslag, 2011. Ecologisch wonen en bouwen, www.omslag.nl/wonen/ecobouw.html
- Papercrete, 2009. www.papercrete.com .
- PBL, CBS, Wageningen UR, 2009. Compendium voor de leefomgeving (feiten en cijfers over milieu, natuur en ruimte in Nederland), www.compendiumvoordeleefomgeving.nl
- Post J, 2012. XX architecten, www.xxarchitecten.nl/showpage.php?menuitem=aproductontwikkeling .
- Probos, 2009. Infoblad Houtsoortenkeuze en toepassingen, www.houtdatabase.nl/infobladen/Infoblad%20Houtsoortenkeuze%20versus%20toepassing.pdf .
- Qforyou, 2011. www.qforyou.org .
- Rice Husk, 2006. www.ricehuskash.com/details.htm .
- Rijksoverheid, 2001. Planologische Kernbeslissing van het Tweede Structuurschema Oppervlaktedelfstoffen - 27890, www.denederlandsegrondwet.nl
- Rijkswaterstaat, 2009. Productie en verbruik van beton- en metselzand en gebroken grond in 2007.
- Rothengatter R, Mathijssen R, 2008. Milieu in ruimtelijke plannen: Gemeente, Projectburo IPO/ MILO, VNG en VROM.
- Russell SD, 2006. www.woodturningvideosplus.com/wax-finishes.html
- Soynewuses, 2011. www.soynewuses.org .
- SBK, Stichting Bouwkwaliiteit 2011 – Bepalingsmethode Milieuprestatie gebouwen en GWW werken. www.milieudatabase.nl/imgcms/SBK-Bepalingsmethode-1-7-2011.pdf
- SSN, Stichting Schuimbeton Nederland, 2012. www.schuimbetoninfo.nl
- STABU, 2008. www.stabu.org/bestekteksten .
- STABU, 2011. STABU-Catalogus 2011-2, 25 augustus, www.stabu.org .
- Stedebouw & Architectuur, 2010. www.stedebouwarchitectuur.nl/thema-s/expertpanel/gevels/vraag-2-materialen-productietechnieken-en.2.90626.lynkx .

-
- Stofberg F, Duijvesteijn K, 2008. Basisdoc XS 2 duurzaam bouwen. In opdracht van SenterNovem en VROM, www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzaam-bouwen-en-verbouwen/duurzaam-bouwen .
 - Strobouw, 2012. www.strobouw.nl .
 - Strowijk Nijmegen, 2012. www.strowijknijmegen.nl .
 - Tjeerdsma B, Van Dam J, Fraanje P, 2002. Hernieuwbare grondstoffen als bouw materiaal. Tien leverbare producten. ISBN90-9016283-6. Info online te vinden op: www.ekbouwadvies.nl/materialen/isolatie/plantaardigestoffen .
 - Tuvalu, 2012. www.tuvalustrobouw.nl .
 - Van Iersel T, 2010. KCPK bijeenkomst 'Constructief', 14 oktober, www.wereldvanpapier.nl/component/attachments/download/239 .
 - Van Velden F, 2010. Volume betonnen ligger kan 42 procent omlaag, Cobouw 17 juni, www.cobouw.nl/nieuws/algemeen/2010/06/16/Volume-betonnen-lijger-kan-42-procent-omlaag.xml
 - Van Weverwijk, 2012. www.griendhout.nl/toepassingen.htm .
 - Verdonk A, 2010. Cradle to cradle past slecht in huidige bouwcultuur: Zelfs het graf een wieg, De Ingenieur 15 Oktober, pp48-53.
 - VIBA, 2012. www.vibavereniging.nl ; www.vibaexpo.nl .
 - Vloerbekleding, 2012. www.desso.com ; www.interfaceflor.nl ; www.tapijten.nl .
 - VROM, 2010. Protocol 0054: Procesemissies niet fossiel, t.b.v. NIR 2010.
 - VVHN, Vereniging van Nederlandse Houtondernemingen, 2006. www.vvnh.nl/duurzame_vvnh_import .
 - Woonderij EOS, 2006. www.woonderijeos.nl .
 - Zembla, 2011, Uitzending op 19 mei, www.onjo.nl/Item.2569.0.html?&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=44284
 - Zonnespreng, 2010. www.zonnespreng.nl .
 - Zonnewoning, 2012. www.zonnewoning.nl .

Index

A

| | |
|-------------------|---------|
| Afdichtingskitten | 52, 96 |
| alkydverf | 28 |
| ammonium zouten | 32 |
| Autarkisch | 15, 109 |

B

| | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Bagassevezelplaat | 36 |
| Baggerslib | 63 |
| Bamboe | 36, 37, 88 |
| beenderlijm | 26, 83 |
| behang | 59, 110 |
| beitsen | 29, 83 |
| Bekistingsmateriaal | 53, 97 |
| bijenwas | 30 |
| bio-ecologisch bouwen | 9 |
| Biofoam | 8, 51, 76 |
| biogas | 15 |
| biokunststoffen | 46 |
| biologische afbraak | 27 |
| boeidelen | 17 |
| boorzouten | 32, 46 |
| bouwgrondstoffen ³ | 10, 13, 15, 17, 55, 62, 72, 105 |
| bouwketen | 3, 7, 10, 65 |
| Bouwpapier | 60 |
| Brandvertrager | 85 |
| broeikasgas | 13 |

C

| | |
|--------------------|------------|
| carbon footprint | 13 |
| Cellulose isolatie | 48, 93, 94 |
| cement additieven | 53 |
| CLT | 18, 79 |
| creosoot | 27 |

D

| | |
|----------------------------|--|
| daken ¹³ | 17, 25, 51, 52, 53, 63, 67, 73, 74, 95, 97 |
| dakisolatie | 48, 55, 56 |
| daktuinen | 52, 97 |
| decentrale waterzuivering | 15 |
| Duurzaam bouwen | 7, 8, 79 |
| duurzaam tropisch hardhout | 19 |

E

| | |
|-------------------|------------|
| ecologisch bouwen | 7, 15, 103 |
| emissie | 14, 25 |
| energie neutraal | 7, 8 |
| energieneutraal | 55, 70 |
| EPC waarden | 14 |
| EPD | 58, 79 |

F

| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| fineer | 20, 21, 22, 24, 26, 83, 88 |
| formaldehyde ²³ | 24, 25, 34, 35, 36, 61, 79, 80, 87 |
| fosforverbindingen | 32 |
| furaanhars | 27 |

G

| | |
|------------------------------|--|
| Gelamineerde houtelementen | 24, 81 |
| Geluidschermen | 54 |
| Gemodificeerd hout | 32, 74, 75, 85 |
| Geotextiel | 54, 98 |
| gevelbegroeiing | 52 |
| gevelbekleding ¹⁷ | 20, 22, 32, 33, 35, 38, 40, 43, 44, 74, 85, 86 |
| Gipsvezelplaat | 40, 76, 89 |
| Glaswol | 47 |
| grasdaken | 15, 52, 67, 68 |

H

| | |
|-----------|----|
| Hardboard | 34 |
|-----------|----|

hardhout 19, 72, 74, 84
 HDF 17, 25, 33, 35, 74, 79, 86, 87
 hennepwol 17
 hergebruik 13, 15, 16, 40
 Hernieuwbare kunststoffen 45, 92
 Honingraatkarton 60
 houtlijm 82
 houtskelet 9, 15, 17, 18, 20, 41, 90
 houtstapelbouw 25
 houtsteebouw 14
 HSB houtskeletbouw 18

I

ICT 7, 64, 79
 IFD 62, 79
 impregneermiddel 84
 Isolatie materialen 46
 isolatiematerialen 8, 46, 47, 48, 49, 56

K

kalksteen 13, 40
 keramische materialen 42
 kleikorrels 42, 47, 51, 91, 95
 klimaatneutraal 13, 55, 70
 kokos 44, 49, 54, 58, 59, 71, 97, 98
 koplatten 17
 kozijnen 17, 20, 22, 37, 43, 69
 Kurk 47, 48, 76, 94

L

Lanoline 31
 latex 30, 48, 58, 59, 61, 99
 LCA 8, 79
 leembouw 15, 41, 90
 Leembouw 9, 90
 levenscyclus 10, 16
 lignine 32, 39, 45, 46, 48, 62, 63, 64,
 72, 92
 linoleum 49, 57, 59

logbouw 25, 48

M

MDF 17, 26, 34, 59, 61, 74, 79, 106
 mechanische luchtverversing 46
 Metaalcoating 54, 97
 Metselmortel 17
 milieukeurmerk 73, 77
 monumentenzorg 56, 103
 multiplex 17, 20, 24, 25, 26, 35, 106
 MVO 7, 10, 79, 112

N

Natuurrubber 58
 nul-energie woningen 15

O

oppervlakte delfstoffen 14, 17, 110

P

Paraffine 30, 31
 parket 17, 20, 21, 22, 49, 57, 58, 59,
 94, 98, 99
 passiefhuizen 15
 Pigmenten 29
 plinten 17, 43, 77
 polymelkzuur 45, 51
 Prefab elementen 25, 82

R

rabat 17, 23
 recycling 8, 15, 16, 33, 36, 40, 58
 restauratie 3, 26, 55, 56
 riet 10, 41, 51, 68, 85, 90, 95, 102
 Rijstkaf 52

S

sandwich 51, 60
 sanitatie 60, 71
 schapenwol 51, 95, 96

| | | | |
|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|--|
| schellak | 27, 30 | vernis | 27, 29 |
| schelpen | 33, 47, 51, 56, 67, 68, 72, 76 | Vezelcement | 38, 72, 74, 75, 76, 89 |
| schelpkalk | 17, 40 | vezelcomposieten | 17, 25, 38 |
| Schelpkalkmortel | 51, 95 | vezelplaten | 17, 34, 38, 53, 62 |
| schroten | 17, 59 | Vlaswol | 11, 48, 93 |
| Schuimbeton | 39, 72, 89, 112 | vloerbedekking | 57, 59, 77, 112 |
| shingles | 20, 22, 33, 45, 46, 74, 75, 91 | vloerisolatie | 48, 56 |
| silt | 41, 90 | VOC | 23, 29, 30, 80 |
| Sloophout | 56 | vochtisolatie | 17 |
| sojalijm | 26, 35 | volatile organic compounds | 23 |
| spouwisolatie | 48, 51, 52 | | |
| steenwol | 39, 46 | W | |
| STEKO | 18, 25, 82 | wandbekleding | 57, 59, 99 |
| stobalen | 41, 70, 73 | wanden | 17, 20, 25, 32, 39, 41, 49, 57, 59, 60, 72, 73, 76, 89, 90, 94, 99 |
| Stobalenbouw | 9 | warmtepompen | 15, 56, 65, 68 |
| Stropanelen | 36, 87 | Waterglas | 32 |
| | | Wilgenrijshout | 54 |
| T | | windenergie | 13 |
| Terracotta | 42 | Wolman | 27 |
| thermohardende kunststof | 26 | Wood Polymer composites | 44 |
| timmerhout | 21, 22 | WPC | 44, 80, 86, 92 |
| traptreden | 17, 37 | | |
| Turf | 63 | Z | |
| | | Zachtboardisolatie | 52 |
| V | | Zeegras | 51 |
| vegetatiedaken | 38, 52, 56, 75, 96 | zonnepanelen | 13, 15, 55, 56, 66, 68 |
| ventilatiesystemen | 55, 77, 101 | | |
| verlijmen | 23 | | |

Colofon

Catalogus Biobased bouwmaterialen; het groene bouwen

Jan van Dam en Martien van den Oever

2012

© Wageningen UR Food & Biobased Research

ISBN 978-94-6173-335-1

Druk: Propress, Wageningen

Wageningen UR Food & Biobased Research

Bornse Weilanden 9

Postbus 17

6700 AA Wageningen

Internet: www.fbr.wur.nl

E-mail: info.fbr@wur.nl

Zijn er relaties die u met dit boek een plezier kunt doen dan zouden we dat graag van u vernemen.

Deze publicatie is mede mogelijk gemaakt door het beleidsondersteunend onderzoeksthema Biobased Economy (BO-12.05-002), gefinancierd door het Ministerie van Economische zaken, Landbouw & Innovatie. Het is de vijftiende in een reeks publicaties over het gebruik van agrogrondstoffen en nevenstromen in veilige en gezonde producten voor consumenten- en industriële markten (zie ook www.groenegrondstoffen.nl en www.biobasedeconomy.nl).

