

Natuurlijk hout

Citation for published version (APA):

Jorissen, A. J. M. (2004). *Natuurlijk hout*. Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/2004

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

TU/e

technische universiteit eindhoven

Intreerede
29 oktober 2004

prof.dr.ir. André Jorissen

natuurlijk hout

/ faculteit bouwkunde

Intreerede

Uitgesproken op 29 oktober 2004
aan de Technische Universiteit Eindhoven

natuurlijk hout

prof.dr.ir. André Jorissen

Inleiding

Geachte Leden van het College van Bestuur, mijnheer de Rector Magnificus, geachte collega's, familie en vrienden, dames en heren,

Natuurlijk Hout. Vanzelfsprekend...

Een prachtig materiaal met een menselijke maat. De natuur geeft het ons zomaar...

In de hedendaagse bouwpraktijk speelt het materiaal hout een grote rol. Als toepassing voor dragende constructies speelt hout echter een bescheiden rol. Wat is hiervan de reden? Is dat altijd zo geweest? Hoe is de positie van hout nu en in de toekomst?

Ik wil u deelgenoot maken van de aantrekkingskracht die het construeren met hout op mij heeft. Wellicht is die veroorzaakt door het feit dat ik een zoon ben van een jachtopzichter en daardoor mijn jeugd vooral in de bossen van Wallsteijn en de Buisssche Heide in Zuidwest-Brabant heb doorgebracht. Misschien

In ieder geval draagt deze achtergrond ertoe bij dat ik gedurende alle jaargetijden minimaal eenmaal per week in het bos te vinden ben, genietend van de natuur. Soms alleen. Meestal joggend met een groep van atletiekvereniging Argo uit Doetinchem.

Een andere oorzaak voor de aantrekkingskracht van hout is de rationele onderkenning van de mogelijkheden van het materiaal. Hout biedt ruime mogelijkheden dankzij specifieke eigenschappen, die betrekking hebben op schoonheid, bewerkbaarheid, gewicht, brandwerendheid, duurzaamheid, chemische resistentie, lijmbaarheid en de vele vormen waarin het industrieel te vervaardigen is. Ik verklaar de aantrekkingskracht mede uit mijn persoonlijke interesse in het analyseren en oplossen van min of meer complexe verbindingen die, door het verschil in gedrag evenwijdig en loodrecht op de houtvezel, leuke en interessante puzzels zijn.

Bos en houtgebruik



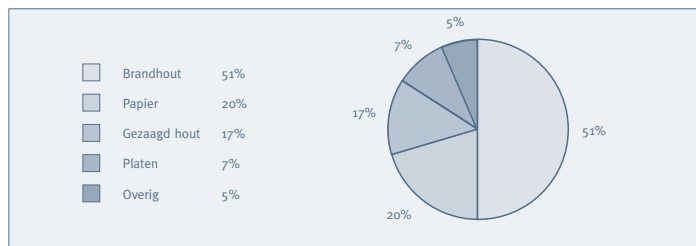
Bomen vormen zoals bekend de basis van alle hout. Vele bomen samen vormen een bos. Dat moge eveneens bekend zijn. Ongeveer 7% van het totale aardoppervlak is bedekt met bossen. Dit is ongeveer 27% van het landoppervlak. De Europese Unie is met ongeveer 114 miljoen hectare voor ongeveer 36% van het landoppervlak bebost. Nederland voor ongeveer 10%. Grofweg de helft van het bosoppervlak wereldwijd wordt ingenomen door naaldhout, de andere helft door loofhout.

Het bos heeft veel functies, die verschillend worden beoordeeld. Het is een huis voor dieren, maar ook een woonomgeving voor verschillende leefgemeenschappen, zoals bijvoorbeeld de pygmeeën in Kameroen of de Dayaks (Bidayuh) in Sarawak, Maleisië.

Het bos is ook leverancier van zuurstof. Het bos is verder zuiveraar van de lucht door het binden van kooldioxide tijdens de groei, maar ook een grote luchtvervuiler omdat er kooldioxide vrijkomt bij verbranding. Het bos reguleert de vochtthuishouding in de ondergrond en voorkomt daarmee erosie. Het bos smooft lawines in de kiem of stuit deze op berghellingen. Het bos is leverancier van brandstof, van natuurlijke medicijnen. Het is een sta-in-de-weg voor de ontwikkeling van andere (economische) activiteiten zoals landbouw, stedenbouw en de aanleg van infrastructuur. Het bos biedt recreatiemogelijkheden. Ten slotte is het bos de leverancier van het natuurproduct hout, dat in de samenleving veel toepassingen kent (zie figuur 1).

Figuur 1

Toepassingen van hout wereldwijd [1]



Sommige functies staan op gespannen voet met elkaar. De functies van een bos met de onderlinge spanningen vormen geen speerpunt voor de leerstoel Houtconstructies. Echter, een Universiteit heeft ook een algemeen vormende functie. Daarom wordt in colleges een en ander geschetst zonder diepgaand naar oplossingen te zoeken en wil ik er ook in deze rede kort bij stilstaan.

Er bestaan spanningen tussen lokale, volledig van het bos afhankelijke leefgemeenschappen en de zogenaamde commerciële houthandelaren. Deze spanningen halen regelmatig het nieuws. Van de grote bosbranden in het Indonesische gedeelte van Sarawak (Borneo) is bekend dat ze zeker voor een deel worden aangestoken. Dit toont de spanningen tussen een gewenst economisch grondgebruik en het als waardeloos bestempelde bos. Om dit, al is het maar ten dele, te voorkomen moet het bos een economische waarde vertegenwoordigen. In een algemeen verbod op het gebruik van hout met een bepaalde herkomst geloof ik dan ook niet, aangezien de waarde van dit hout tot nul wordt gereduceerd en het bos onherroepelijk zal verdwijnen. Ik geloof wel in regulering. Op een of andere manier lijkt een harmonieuze oplossing maar moeizaam tot stand te komen. Zo'n oplossing zou de belangen respecteren van de lokale bevolkingsgroepen, die volledig van het bos afhankelijk zijn, evenals de belangen van andere op de landbouw gerichte lokale bevolkingsgroepen en van de commerciële houthandel. Het tropische, met loofhoutsoorten gevulde oerbos is rijk aan boomsoorten. De houthandelaar vraagt naar slechts een beperkt aantal soorten bomen, die goed verhandelbaar zijn. Hij vraagt daarom naar een relatief boomsoortenarm bos. De houthandel is gebaat bij een aangeplant cultuurbos.

Naar verhouding hebben Azië en Zuid-Amerika nog veel oerbos en weinig cultuurbos in tegenstelling tot Europa, waar praktisch alle bos cultuurbos is.

Doordat cultuurbossen in grote delen van de wereld ontbreken, worden de oerbossen bedreigd. Dit brengt de beschreven functies in gevaar, wat algemeen als onwenselijk wordt ervaren. Organisaties, waarvan wellicht de Forest Stewardship Council (FSC) de bekendste is, hebben principes voor goed bosbeheer opgesteld en een certificeringssysteem opgezet om goed bosbeheer te beoordelen. De volledige handelsketen van bos tot aan het eindproduct wordt gecontroleerd en afgegeven certificaten worden getoetst.

Bos en houtgebruik in Nederland

In de vanouds sterk agrarische Nederlandse samenleving is de strategische positie van hout afgekalfd. Daardoor hadden we ca. 200 jaar geleden vrijwel geen hout meer ter beschikking. Het laatste oerbos in Nederland, het Beekbergerwoud in de buurt van Apeldoorn, is op het einde van de negentiende eeuw gekapt. Oorlogen gaven Nederland het inzicht dat volledige afhankelijkheid van het buitenland geen goede zaak is. Daardoor zijn delen van Nederland terug bebost, zodat we op dit moment voor ca. 7,5% in onze totale behoefte aan hout kunnen voorzien.

We zijn in Nederland 'matige' houtgebruikers met iets meer dan 1 m³ per hoofd van de bevolking per jaar. Dat is meer dan gemiddeld in Europa. Een Nederlander gebruikt ongeveer het dubbele van de gemiddelde wereldbewoner. Daartegenover staat dat een inwoner van Noord-Amerika gemiddeld meer dan dubbel zoveel hout gebruikt als wij.

De meeste van de Nederlandse bossen zijn voor de houtproductie aangeplant tussen 1920 en 1950. Het belang van de houtproductie is sindsdien overvleugeld door andere functies zoals recreatie en terugdringing van kooldioxide-uitstoot, een functie die door internationale verdragen belangrijk is geworden. Door deze gewijzigde functie is van de 350.000 hectare bos die Nederland rijk is slechts 180.000 hectare voor de Nederlandse houtproductie beschikbaar. Het totaal aan bos in Nederland groeit met ca. 350 hectare per jaar. De aangroei in Nederland is ca. 6,5 m³ hout per hectare per jaar waarvan in de geëxploiteerde gebieden globaal 70% wordt geoogst. De hoeveelheid hout in de Nederlandse bossen neemt dus toe. Het nastreven van een groter aandeel van Nederlands hout voor intern gebruik lijkt desondanks niet zinvol vanwege de Europese Unie, die als totaal zelfvoorzienend is (zie tabel 1).

Tabel 1

Beschikbaarheid van hout en houtgebruik	landoppervlak [*10 ³ ha]	bosoppervlak [*10 ³ ha]	%	Aangroei / jaar		Gebruik / jaar
				[m ³ /ha]	Totaal [m ³]	[m ³]
Nederland	3390	360	10,6+	6,5	2,2*10 ⁶	16,5*10 ⁶
EU	311.900	113.600	36,4	5,3	602,1*10 ⁶	≈300*10 ⁶
Wereld	12.980.000	3.454.400	26,6++	4+++	13.800*10 ⁶	≈3300*10 ⁶

+ neemt jaarlijks met ca. 0,1% toe / ++ neemt jaarlijks met 0,25% af / +++ schatting

Uit het oogpunt van duurzaam houtgebruik mag niet alle hout dat aangroeit worden gekapt. Het positieve verschil tussen aangroei en kap is wereldwijd zo groot, dat de stelling 'er is meer dan voldoende hout beschikbaar' gerechtvaardigd lijkt.

Het meeste in Nederland gebruikte hout wordt geïmporteerd. Per hoofd van de bevolking importeren we grofweg 1,5 m³ hout waarvan we, na waardetoevoegingen door bewerkingen, 0,5 m³ exporteren. Vrijwel alle geïmporteerde hout is naaldhout. Ongeveer 5% van alle in Nederland gebruikte hout komt uit tropische bossen (tabel 2). Het hout van tropische origine wordt voor het overgrote deel voor geveltimmerwerk, buitenkozijnen e.d. gebruikt. Een klein gedeelte is, vooral uit esthetische overwegingen, bestemd voor het vervaardigen van meubels.

Tabel 2

Oorsprong van het in Nederland gebruikte hout [1]

Oorsprong	Percentage	Overwegend
EU	75	Naaldhout
Rusland	10	Naaldhout
Noord Amerika	10	Naaldhout
Tropische bossen	5	Loofhout

Hout en milieu

Hout is hernieuwbaar, kooldioxide neutraal (zie figuur 2), vervuult de omgeving nauwelijks en gaat lang mee. Het is geschikt voor duurzame toepassingen, is bijzonder energiezuinig, zeker in verhouding tot andere bouwmaterialen, en is geschikt voor hergebruik [1]. Indien het hout gewonnen wordt uit duurzaam beheerde bossen scoort hout beter op milieuaspecten dan andere grondstoffen [2]. Duurzaamheid heeft de betekenis van 'een lange levensduur hebben'. Duurzaamheid wordt ook gebruikt in relatie tot de effecten op leefomgeving, op mens en dier. Hout is volledig hernieuwbaar. Hout is een belangrijke grondstof voor een duurzame samenleving. Wanneer we zorgen dat het gebruik de aangroei niet overtreft, is de beschikbaarheid van hout tot in de eeuwigheid gewaarborgd. Tevens kan hout lang meegaan, kan een houten voorwerp een lange levensduur hebben, en kan hout ook in die zin duurzaam zijn. Overigens is voor de beschikbaarheid van hout een lange levensduur niet noodzakelijk. De hoeveelheid hout voor door ons ontworpen en

gerealiseerde constructies wordt in een periode van 20 tot 50 jaar door de natuur volledig hernieuwd. Uit het oogpunt van beschikbaarheid van het materiaal hout kunnen constructies dan ook eerder worden vervangen dan uit het oogpunt van economische levensduur wenselijk is.

Tabel 3

Bouwmateriaal	Volumieke massa[kg/m ³]	GJ/m ³	GJ/ton
Gezaagd naaldhout (luchtdroog)	420	0,5	1,2
Gezaagd en geschaafd hout (kunstmatig gedroogd)	400	2,0	5,0
Gelamineerd hout	460	3,0	6,5
Gewapend beton	2400	4,5	1,9
Staal	7850	200	25,5
Aluminium	2700	370	137,0
Kunststoffen	1000	45,0	45,0

Kwaliteitsborging

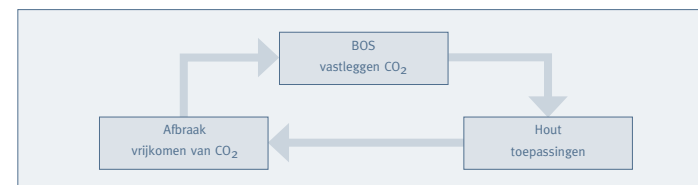
Hout kent vele toepassingen. In deze rede beperk ik me tot toepassingen van hout in de bouw. Deze zijn legio. Toepassingen variëren van plint tot volledig zelfdragende constructies. Afhankelijk van de toepassing stellen we eisen, enerzijds als consument, als opdrachtgever, en anderzijds gemeenschappelijk, als overheid. De door de consument gestelde eisen zijn in vergelijking met de door de overheid gestelde eisen over het algemeen zwaarder. De gemeenschappelijke eisen beperken zich vooral tot wat we minimaal kunnen verwachten ten aanzien van veiligheid en gezondheid. Hierin ligt de oorspronkelijke aanleiding voor certificering. Het deel van de industrie dat gecertificeerde producten levert onderscheidt zich van een ander deel dat oncertificeerde producten levert. In de bouw gaat het zoals bekend om het zogenaamde KOMO-certificaat, dat voor de houtindustrie voornamelijk wordt gecontroleerd door de Stichting Keuringsbureau Hout (SKH).

Dit KOMO-certificaat komt meer en meer onder vuur te liggen. Niet in de positieve zin willen onderscheiden van je collega-producenten lijkt nog het belangrijkste. Het KOMO-certificaat dreigt de discussie over kwaliteit dood te slaan. Het bestaan van certificaten lijkt meer en meer een rechtvaardiging van het voorkómen van de kwaliteitsdiscussie. De vraag is: waarom zou je verdergaan dan de minimumeisen die de overheid

stelt? Wanneer de industrie zelf aangeeft dat een gecertificeerd product uitsluitend aan toepassingsgerichte minimumeisen hoeft te voldoen, zal dit de toekomst van de certificaten bepalen.

Figuur 2

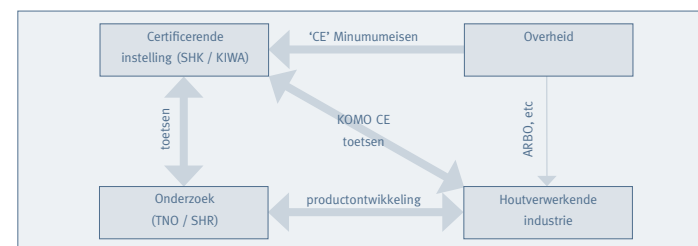
De kringloop van hout



In deze discussie speelt het zogenaamde ‘CE’-merk als potentiële tegenhanger van KOMO een eigenaardige rol. Het CE-merk geeft uitsluitend aan dat het product getoetst is conform een aantal op Europees vlak geformuleerde normen en/of richtlijnen. Hoewel elk vrij verhandelbaar product in de Europese Unie moet zijn voorzien van een CE-merk betekent dit nog niet dat dit product ook zomaar overal kan worden toegepast. CE is niets meer en niets minder dan een ‘paspoort’ waarin staat omschreven waaraan het product voldoet. Uitsluitend indien het product voldoet aan alle voor een toepassing omschreven minimumeisen kan het product voor die toepassing worden ingezet. KOMO biedt daarom een grotere zekerheid dat het product ook werkelijk voldoet aan de eisen voor toepassing in Nederland.

Figuur 3

‘Kwaliteitsbeheersing’ voor houtproducten in de bouw



Beoordeling van hout

Hout wordt beoordeeld op esthetica, op duurzaamheid, op sterkte,

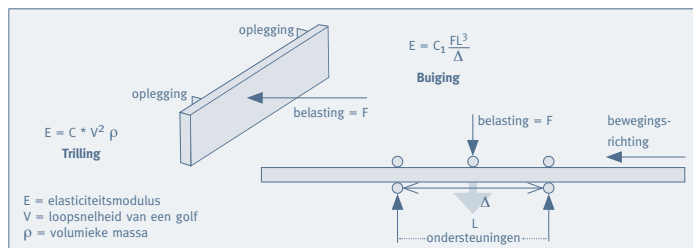


op stijfheid, op bewerkbaarheid. De leerstoel houtconstructies is een onderdeel van de capaciteitsgroep Constructief Ontwerpen. De meeste aandacht gaat uit naar de sterkte en stijfheid en, zij het in iets mindere mate, de duurzaamheid. De sterkte en stijfheid van verschillende plaatmaterialen, zoals triplex, spaanplaat, OSB en MDF wisselen sterk, afhankelijk van het fabrikaat. Productbladen van fabrikanten vermelden vaak uitsluitend gemiddelde waarden zonder enige referentie naar de spreiding, waardoor deze niet in berekeningen kunnen worden betrokken.

Grote aandacht gaat uit naar de sterkte en de stijfheid van gezaagd hout. Deze worden vastgelegd door het hout op sterkte te sorteren. Dit gebeurt visueel of machinaal. Visueel op sterkte sorteren gaat uit van veronderstelde relaties tussen visueel waarneembare onregelmatigheden, bijvoorbeeld kwasten, en de sterkte. Machinaal op sterkte sorteren gaat primair uit van een relatie tussen de objectief te meten stijfheid en de sterkte, eventueel verfijnd door visuele aspecten in de beoordeling te betrekken. De stijfheid wordt bepaald door het betreffende element te buigen of door dit element in trilling te brengen (zie figuur 4).

Figuur 4

Bepaling van de (buig)stijfheid



Hout kan effectief aan de bron worden gesorteerd. Dit betekent dat de zagerijen van sorteermachines moeten zijn voorzien. Dit heeft echter beperkingen. Bovendien bezitten de meeste zagerijen buiten Scandinavië geen sorteermachine. Beperkingen worden gevonden bij de fabricage van gelamineerd hout, waarbij de lamellen een proces van zogenaamd 'upgraden' ondergaan. Tevens is bij de huidige opzet van de sorteeregels na eventueel herzagen hersorteren noodzakelijk vanwege

een (vermeend) volume-effect.

De sterkte-eigenschappen van het gebruikte materiaal moeten objectief kunnen worden vastgesteld. Voor het materiaal beton is hiervoor de kubus-druksterkte een indicator, voor het materiaal staal de vloeigrens c.q. de 2% rekgrens. De sterktewaarden kunnen steekproefsgewijs op de vereiste sterkte worden gecontroleerd. Voor het materiaal hout moet een andere weg worden genomen. We hebben met een natuurproduct te maken. De verschillen tussen elementen onderling kunnen aanzienlijk zijn. Van elk constructief element moeten de sterkte-eigenschappen worden bepaald met het genoemde op sterkte sorteren. Het in Nederland bij de houthandel opgeslagen hout is vaak visueel gesorteerd en voorzien van een stempel waarop een lokale Scandinavische visuele sorteerklassen voor niet-constructief gebruik is aangegeven. De relatie met de sterkte en stijfheid is zoek. Langzaam begint hierin verandering te komen. In Nederland verlaten we voor constructief toegepast hout de eigen visuele sorteerklassen, zoals vastgelegd in de zogenaamde KVH (Kwaliteiten van Hout), en omarmen we steeds vaker de overeenkomstige Scandinavische visuele klassen. Voor constructieve toepassingen wordt steeds meer hout geïmporteerd dat mechanisch op sterkte is gesorteerd.

Tabel 4

Sterkteklassen voor hout

Sterkteklasse		C18	C24	C27	C30	C35	C40
Met betrekking tot uiterste grenstoestanden	$f_{m,0.05rep}$	18	24	27	30	35	40
	ρ_{rep} [kg/m ³]	320	350	370	380	400	420
	$f_{t,0.05rep}$	11	14	16	18	21	24
	$f_{t,0.025rep}$	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
	$f_{c,0.05rep}$	18	21	22	23	25	26
	$f_{c,0.025rep}$	4.4	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8
	$f_{v,0.05rep}$	2.0	2.4	2.8	3.0	3.4	3.8
	$E_{0.05rep}$	6000	7400	7700	8000	8700	9400
Met betrekking tot bruikbaarheidsgrenstoestanden	$E_{0.05serrep}$	9000	11000	11500	12000	13000	14000
	$E_{90.05serrep}$	300	370	380	400	430	470
	G_{serrep}	560	690	720	750	810	880

Visueel sorteren gebeurt altijd met een beperkt onderscheidend vermogen, hetgeen aanleiding geeft tot fouten. Fouten in de zin van te

laag inschalen hebben negatieve economische consequenties. Fouten in de zin van te hoog inschalen hebben een negatief gevolg voor de veiligheid van de gerealiseerde constructie en moeten daarom zeker worden voorkomen.

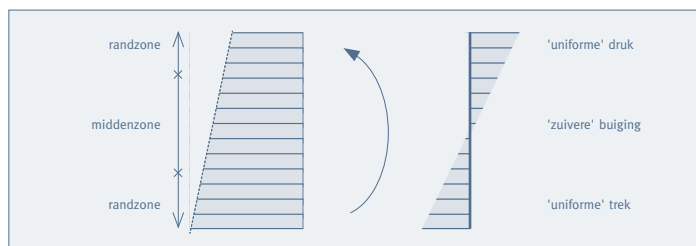
Het beperkte onderscheidende vermogen bij visueel sorteren leidt er tevens toe dat het onmogelijk is de zeer sterke delen van minder sterke te scheiden, waardoor uitsluitend sterkteklassen tot en met C24 bereikbaar zijn (zie tabel 4). De hogere sterkteklassen zijn uitsluitend met machinale sortering te bereiken.

De hogere sterkteklassen zijn zeker van belang voor het produceren van gelamineerd hout (zie figuur 5), verkregen door lamellen, oftewel planken, op elkaar te lijmen. De stijfheid van de lamellen verschilt waardoor een herverdeling van de inwendige spanningen optreedt: de stijve lamellen, die naar we hopen ook de sterkste zijn, dragen in verhouding meer.

Zeker bij de grotere horizontaal gelamineerde liggers worden de buitenste lamellen in hoofdzaak door uniforme normaalspanningen belast terwijl de binnenste lamellen meer op buiging worden belast (zie figuur 5).

Figuur 5

Spanningen in
afzonderlijke lamellen
van op zuivere
buiging belast
gelamineerd hout



De herverdelingsmogelijkheden in een uniform belaste doorsnede zijn afwezig, waardoor de sterkte van een element belast op zuivere trek lager is dan de sterkte op zuivere buiging. De herverdeling in een gelamineerde ligger is vrijwel uitsluitend het gevolg van de ondersteuning door de iets lager belaste naar binnen gelegen lamellen. De buigsterkte van gelamineerd hout is ten gevolge van deze

herverdeling groter dan de treksterkte van de in de randzone toegepaste lamellen.

Dit effect is het grootst voor gelamineerd hout dat is opgebouwd met lamellen uit de lagere sterkteklassen.

Het is praktisch onmogelijk om met op visuele gronden op sterkte ingeschaalde lamellen een gegarandeerd hoge sterkte en stijfheid van het gelamineerde hout te realiseren. De sterkteklasse GL24 (zie tabel 5) is met visueel gesorteerde lamellen de hoogst haalbare.

Echter, regelmatig worden ontwerpen voorgesteld waarbij is uitgegaan van GL32 of zelfs GL36. Een ligger op zuivere buiging gerealiseerd met GL24 is, indien vervorming maatgevend is, ca. 10% hoger dan dezelfde ligger gerealiseerd met GL36. Indien sterkte maatgevend is, is de ligger gerealiseerd met GL24 ruim 20% hoger.

Tabel 5

Sterkteklassen voor
gelamineerd hout

Sterkteklasse		GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
Sterkteklasse lamellen		C24	C30	C40	
Met betrekking tot uiterste grenstoestanden	$f_{m,0,0,rep}$	24	28	32	36
	ρ_{rep} [kg/m ³]	380	410	430	450
	$f_{t,0,0,rep}$	16,5	19,5	22,5	26
	$f_{t,90,0,rep}$	0,4	0,45	0,5	0,6
	$f_{c,0,0,rep}$	24	26,5	29	31
	$f_{c,90,0,rep}$	5,4	6,0	6,6	7,2
	$f_{v,0,0,rep}$	2,7	3,2	3,8	4,3
	$E_{0,0,0,rep}$	9400	10200	11100	11900
Met betrekking tot bruikbaarheidsgrens- toestanden	$E_{0,5,0,rep}$	11600	12600	13700	14700
	$E_{90,0,5,rep}$	390	420	460	490
	$G_{0,5,0,rep}$	720	780	850	910

Nog maar zeer weinig fabrikanten in Nederland en België zijn in staat gelamineerd hout met een gegarandeerd hoge sterkteklasse te leveren, omdat de lamellen niet machinaal worden gesorteerd.

Op visuele gronden worden de lamellen ingeschaald in C18 en C24. Door dezelfde lamellen machinaal te sorteren worden deze aanzienlijk hoger ingeschaald. Daarom is het niet ondenkbaar dat de fabrikanten, die visueel op sterkte sorteren, in hoofdzaak GL28 en GL32 produceren terwijl het slechts als GL24 kan worden ingezet.

Een aantal fabrikanten in Duitsland heeft de stap naar machinaal



sorteren wel gezet. De ervaring daar leert, dat met het standaard uitgangsmateriaal meer dan de helft van het gerealiseerde gelamineerde hout minimaal aan de sterkteklasse GL32 voldoet. Voorwaarde is dat in de middenzone (zie figuur 5) lamellen uit een lagere sterkteklasse worden toegepast. Bedrijfsmatig gezien moet met deze meer efficiënte wijze van materiaalgebruik de investering voor het machinaal sorteren worden terugverdiend. Vragen vanuit de markt, of misschien wel eisen, en de positionering van hout als volwaardig en betrouwbaar constructiemateriaal zullen echter belangrijker blijken dan de economische terugverdientijd.

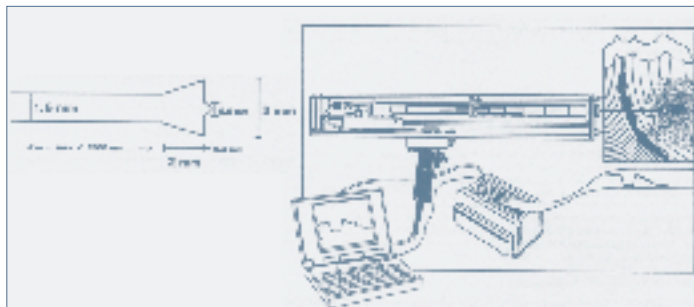
In Nederland is op dit moment, naast de voor een ander doel ontwikkelde Mobile Timber Grader van TNO, slechts één machine voor het machinaal op hout sorteren operationeel. Naar verwachting zullen er in de nabije toekomst meer volgen.

Machinale sterktesortering is een objectieve niet-destructieve methode om de sterkte en de stijfheid van hout vast te leggen.

De combinatie van visuele beoordeling en metingen met behulp van de zogenaamde Resistograaf is een andere niet-destructieve methode. Deze methode is bij uitstek geschikt voor het beoordelen van bestaande (historische) constructies.

Figuur 6

Resistograaf



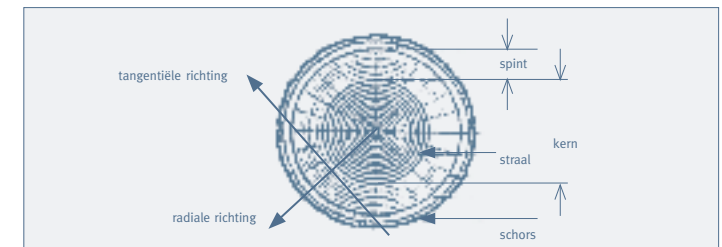
Een boortje met een diameter aan de kop van 3 mm wordt onder constante snelheid voorwaarts het hout in gedraaid, terwijl de weerstand die dit boortje ondervindt wordt geregistreerd (zie figuur 6). Een ervaren

gebruiker van de Resistograaf onderkent het verschil tussen aantasting, die ernstige verzwakkingen tot gevolg kan hebben, en inwendige scheuren, die geen enkel gevolg voor de sterkte en stijfheid hoeven te hebben.

Aanvullende methoden voor het niet-destructief onderzoek aan bestaande constructies moeten verder worden ontwikkeld. Resistograafmetingen lenen zich bij uitstek om het hout lokaal te onderzoeken, bijvoorbeeld nabij verbindingen. Registratie van de dynamische elasticiteitsmodulus (zie figuur 4) geeft een indruk van het volledige element.

Figuur 7

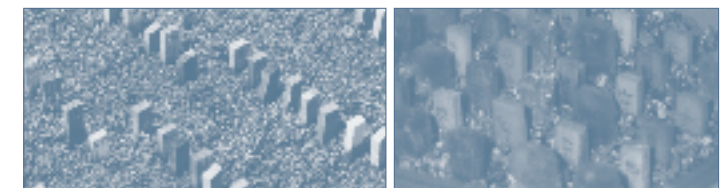
Doorsnede van een boom



Deze methode wordt verder ontwikkeld voor het verkrijgen van een indruk betreffende de natuurlijke duurzaamheid van hout. Doorgaans wordt de natuurlijke duurzaamheid, waarbij het kernhout van een boom (zie figuur 7) in zogenaamde duurzaamheidsklassen wordt ingedeeld, bepaald met behulp van de zogenaamde kerkhofproef, waarbij het hout in contact met grond wordt gebracht (zie figuur 8), waarbij de gewichtsafname van het hout een indicatie is voor de mate van aantasting.

Figuur 8

Vaststellen van de natuurlijke duurzaamheid van hout



kerkhofproef

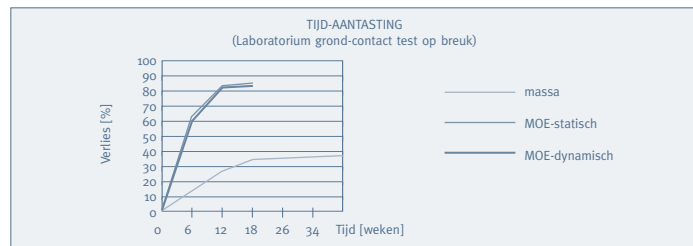
laboratoriumopstelling



De stijfheid van hout reageert sneller op enige mate van aantasting dan de volumieke massa (zie figuur 9). Een methode die de relatie legt tussen natuurlijke duurzaamheid en de (dynamische) elasticiteitsmodulus is ook voor het niet-destructieve onderzoek van bestaande constructies interessant. De on-site gemeten elasticiteitsmodulus moet dan direct te koppelen zijn aan prestaties die nog van de constructie mogen worden verwacht. Deze methode is niet alleen gericht op het aspect duurzaamheid, maar ook op de constructieve aspecten. Dit is een activiteit die gedeeltelijk op de weg ligt van de capaciteitsgroep Constructief Ontwerpen. Gerelateerd onderzoek heeft de afgelopen jaren plaatsgevonden aan de universiteiten van Wageningen en Göttingen.

Figuur 9

Aantasting van hout in relatie tot de afname van de soortelijke massa en tot de (dynamische) elasticiteitsmodulus



Direct hieraan gekoppeld moeten eventueel noodzakelijke reparatie- en/of vervangingstechnieken worden ontwikkeld. Ter illustratie wijs ik op de vele eeuwenoude paalfunderingen. Een groot aantal verkeert in slechte staat. Willen we daar iets aan doen, dan hebben we niet alleen een indruk nodig van de kwaliteit, maar moeten we óók reparatietechnieken ontwikkelen.

Op het gebied van onderzoek aan houten paalfunderingen heeft het Nederlandse onderzoeksinstituut SHR Hout Research veel kennis opgebouwd, die ook internationaal de aandacht trekt. Aan de ontwikkeling van reparatietechnieken kan de capaciteitsgroep Constructief Ontwerpen een bijdrage leveren.

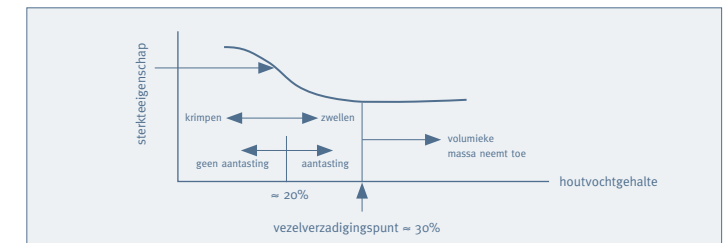
In dit gedeelte over de beoordeling van hout moet ook scheurvorming aan de orde komen. Een drogende stam vertoont scheuren in radiale richting, die in hoofdzaak veroorzaakt worden door het krimptverschil

in radiale en in tangentiële richting (zie figuur 7). Het resultaat zijn trekspanningen loodrecht op de houtvezel waartegen hout slecht bestand is. Scheurvorming bedreigt zelden de veiligheid van een houtconstructie. Scheurvorming in binnenconstructies is daardoor zelden of nooit verontrustend.

Scheurvorming in buitenconstructies wordt door wisselende klimatologische omstandigheden versterkt en kan wel verontrustend zijn vanwege de verhoogde kans op houtaantasting. Houtvocht kan langs de scheuren gemakkelijker in het hout treden. Indien dit vocht niet verdwijnt alvorens het door het hout wordt gebonden zwelt het hout waardoor het voor het vocht nog moeilijker wordt te verdwijnen. Dit proces heeft uiteindelijk houtaantasting tot gevolg. Daarom is het toepassen van onbeschermd hout in buitensituaties alleen acceptabel indien de toegepaste houtsoorten (zeer) duurzaam zijn. Aantasting treedt op bij houtvochtgehaltes boven de 20 à 21% (zie figuur 10).

Figuur 10

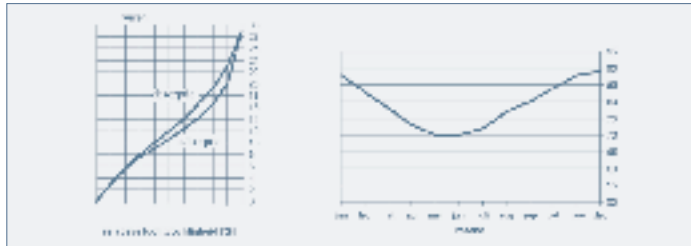
Invloed van het houtvochtgehalte op verschillende houteigenschappen



Het houtvak blijft met deze problematiek worstelen. Hout is een natuurproduct, dat onbehandeld een goede voedingsbodem is voor allerlei levende mechanismen die het materiaal afbreken. Ook een constructief ontwerper moet zich hiervan bewust zijn. Anderzijds is onbehandeld hout met een relatief lage duurzaamheid in het Nederlandse buitenklimaat te gebruiken mits weer en wind geen vrij spel hebben. Met andere woorden: in overkapte of afgedekte situaties. De relatieve vochtigheid buiten is in Nederland zelden of nooit voor langere tijd hoger dan 90%. Daardoor komt een houtvochtgehalte hoger dan 20% niet voor, terwijl pas boven die grens schimmelaantasters een kans krijgen (zie figuur 11).

Constructief ontwerpen met hout

Ook bij een relatieve luchtvochtigheid van 90% zal het houtvochtgehalte zelden of nooit in de gevarezone komen



Figuur 11

Het is uit het oogpunt van constructief ontwerpen zeer interessant omstandigheden te creëren waarin constructies met onbehandeld hout gedurende vele jaren goed kunnen functioneren. Het ontwerpen van details waarin geen vochtophoping plaatsvindt, is een van de interessantste uitdagingen voor de constructief ontwerper.

Met opzet ga ik in deze rede niet in op voor mens en milieu nadelige verduurzamingsmethodieken. Uit het oogpunt van constructief ontwerpen zijn deze niet uitdagend en maatschappelijk worden deze methodieken steeds minder geaccepteerd.

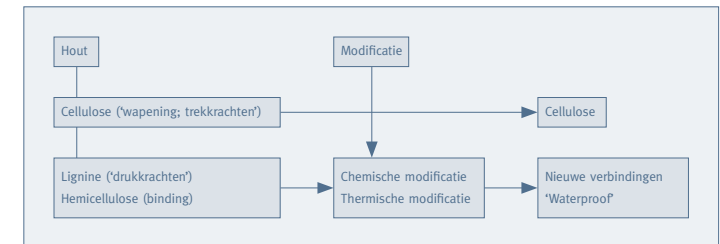
Wel wil ik kort ingaan op de ontwikkeling van zogenaamde modificatietechnieken, waarbij zonder toevoeging van giftige stoffen nieuwe chemische verbindingen worden gerealiseerd (zie figuur 12). De eigenschappen van het hout veranderen afhankelijk van het gekozen modificatieproces en de mate van modificatie. Positieve veranderingen zijn de toegenomen weerstand tegen schimmelaantasting en het verminderde krimp- en zwelgedrag. Nadelig zijn de afgenomen sterkte en de toegenomen brosheid. Vooral deze laatste twee aspecten hebben de interesse van de capaciteitsgroep Constructief Ontwerpen. Misschien is de verminderde reactie op wisselende vochtgehaltes tevens een nadeel, aangezien daardoor het positieve vochtregulerende gedrag van hout vermindert.

In theorie worden uitsluitend de in het hout aanwezige bouwstenen lignine en hemicellulose door modificatie gewijzigd en niet de cellulose. Dit is merkwaardig, aangezien over het algemeen gemodificeerd op buiging belast hout bij een lagere belasting en brosser bezwijkt dan niet gemodificeerd hout.

Constructief ontwerpers zijn van essentieel belang voor de realisatie van bouwwerken. Helaas krijgt deze discipline geen al te grote positieve belangstelling. Dat constructief ontwerpen bij veel studenten niet echt in de belangstelling staat is misschien nog te begrijpen. De studie wordt als moeilijk en saai ervaren. Studies die een relatie hebben met het management stonden de laatste jaren meer in de belangstelling. Bovendien horen studenten van deze en gene dat constructies kunnen worden opgezocht op de website van verschillende leveranciers. Waarom zouden zij zich dan nog in de sterkte en stijfheid van constructies verdiepen?

Figuur 12

Houtmodificatie



Dat de waardering voor constructief ontwerpers in de praktijk eveneens gering lijkt is merkwaardiger. Constructief ontwerpers staan immers aan de basis van de veiligheid van onze bebouwde omgeving. Het gaat in deze niet om de sommetjes als achtergrond voor de op de al genoemde websites te vinden constructie-elementen. Neen, het gaat om het dusdanig in elkaar steken van bouwwerken dat deze overeind blijven staan. Dat is de missie van de capaciteitsgroep Constructief Ontwerpen en dat is verre van saai. Dit vereist wel een diepgaande kennis van wiskundig georiënteerde onderwerpen en dus een grondige, en daardoor wellicht moeilijke studie, dat zal ik niet ontkennen.

Een uitgangspunt voor het constructieve ontwerp zijn de materiaal-

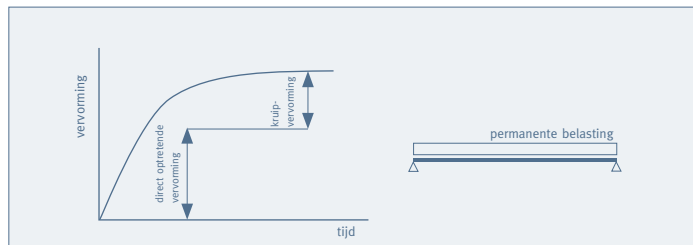


eigenschappen. Hout wordt als gevolg van het kruipgedrag (zie figuur 13) zelden aangetroffen in permanent zwaar belaste constructies. Aan de andere kant vinden relatief zware betonvloeren toepassing in hout-skeletbouw, waarbij kolommen evenwijdig aan de houtvezel worden belast. Deze drukbelasting resulteert in geringe vervorming, en daardoor weinig kruip.

Toch vindt hout vooral toepassing in constructies waar de permanente belasting relatief laag is ten opzichte van veranderlijke belastingen. Dit is het geval bij daken, waar het overgrote deel van het in Nederland constructief toegepaste hout te vinden is.

Figuur 13

Kruip



Ook bij de meeste houten vloeren is de permanente belasting relatief laag ten opzichte van de veranderlijke belasting. Toch komen houten vloeren in Nederland tegenwoordig weinig voor in tegenstelling tot de periode voor 1945.

De reden hiervoor ligt besloten in:

- de bedenkelijke kwaliteit van de vooroorlogse houten vloer-constructie.
- de ontwikkeling van rationele steenachtige geprefabriceerde elementen, waarvan in de eerste decennia na de tweede wereldoorlog de gewapende gebakken elementen een belangrijk onderdeel vormden.
- de beschikbaarheid van bouwmaterialen, waarvan klei, grind, zand en cement in voldoende mate in Nederland ter beschikking waren.
- het negeren van de positieve kwaliteiten van houten vloeren in zowel ontwikkeling als marketing. Uit het oogpunt van rationaliteit en minimalisatie van faalkansen op de bouwplaat is de houten vloer bij uitstek geschikt voor prefabricage en voor toepassing in

droge bouw. Derhalve uitstekend geschikt voor het leveren van een bijdrage in het concept van industrieel, flexibel en demontabel (IFD) bouwen.

- Onvoldoende inspelen op de eisen die aan vloeren worden gesteld. Deze eisen hebben betrekking op sterkte, stijfheid, schijfwerking, brandwerendheid, geluidwerendheid, vochtwerendheid, thermische isolatie, luchtdoorlatendheid, stralingsdichtheid, accommodatie leidingen en dynamisch gedrag.

Vooraf de matige prestaties ten aanzien van geluidsisolatie speelden de houten vloer in de naoorlogse jaren parten.

Dit speelde minder voor de begane grondvloer. Deze heeft dan ook zeer lang een behoorlijk marktaandeel behouden, al leidde de keuze, mede ten aanzien van het bouwen in gebieden waar de kans op water in de kruipruimte steeds groter werd, ook hier richting de steenachtige vloer. In de negentiger jaren van de vorige eeuw, nadat in het bouwbesluit een regel was opgenomen dat de afscheiding naar de ondergrond c.q. kruipruimte 'zo min mogelijk' schadelijke stoffen of straling vanuit de ondergrond mag doorlaten, verloor de houten begane grondvloer een zeer groot deel van zijn marktaandeel. Om een of andere reden ontstond in de markt de gedachte dat de houten vloer aan deze (mogelijke) eisen niet zou kunnen voldoen.

Nieuwe innovatieve vloerontwerpen, ook geïnitieerd vanuit de capaciteitsgroep Constructief Ontwerpen, zijn in ontwikkeling.

In vergelijking met het eigen gewicht is hout sterker dan staal. Bij een zelfde vergelijking is hout zeker sterker dan beton (zie tabel 6). Hout is daardoor zeer geschikt voor het realiseren van grote overspanningen.

Tabel 6

Verhouding tussen de volumieke massa en de buigsterkte

	Buigsterkte f_m [N/mm ²]	volumieke massa ρ [kg/m ³]	$\frac{\rho}{f_m}$
hout	20	400	20
staal	300	7850	26
gewapend beton	40	2400	60

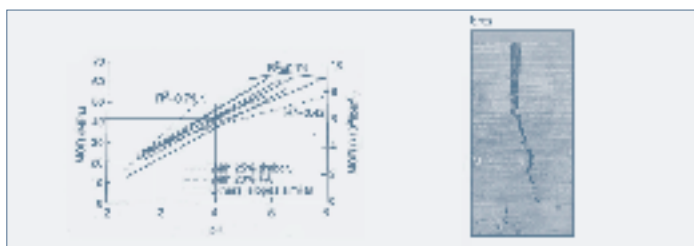
Het lichte gewicht in relatie tot de materiaalsterkte resulteert in relatief lichte constructies. Dit is interessant voor het realiseren van

extra verdiepingen op bestaande gebouwen of hoogbouw. Mogelijke hoogbouwconcepten met hout worden op dit moment door twee afstudeerders van de capaciteitsgroep Constructief Ontwerpen onderzocht. De aspecten geluid en brandwerendheid spelen hierbij een minstens even belangrijke rol als het constructieve ontwerp. Producten als gelamineerd hout, LVL (Laminated Veneer Lumber), waarbij liggers en kolommen worden gezaagd uit grote met fineerlagen gefabriceerde dikke platen, en allerlei vloersystemen komen hierbij uitgebreid aan de orde. Eveneens krijgen de mogelijkheden met houtskeletbouw de aandacht.

Liggers en kolommen in hout zijn vrijwel altijd rechthoekig van doorsnede, althans in Nederland. Het is opmerkelijk, dat de efficiënte houten I-vorm in Nederland vrijwel niet voorkomt terwijl deze in de Verenigde Staten ca. 45% van alle houten liggers uitmaakt. Vergelijkingen met de Verenigde Staten leveren wel meer opmerkelijke zaken op, zoals het feit dat daar 90% van de eengezinswoningen met houtskeletbouw wordt gerealiseerd, waardoor het hoge percentage I-liggers kan worden verklaard. Mits de juiste houtachtige materialen voor lijf en flenzen worden gekozen is het nadelige krimp- en zwelgedrag van het hout in de woning uitstekend te beheersen.

Figuur 14

Relatie tussen zuurtegraad (pH) en de breuksterkte (MOR) [3]



Voor verschillende industriële toepassingen is chemische resistentie belangrijk. Ondanks de hoge chemische resistentie wordt de structuur van hout in sterk zure en sterk basische omgevingen ernstig aangetast. Dit gebeurt zelden door schimmels, deze kunnen in een dergelijke omgeving niet leven.

Hout is met een pH-waarde van ongeveer 5 licht zuur. Indien de zuurgraad daalt tot ongeveer $\text{pH} = 3,0$ wordt de structuur sterk aangetast. Het resultaat is een lage sterkte waarde gecombineerd met bros breukgedrag (zie figuur 14). Door het oppervlak te beschermen met een natuurlijk beschermingsmiddel wordt het verzuringproces van het hout sterk vertraagd, zodat hout in deze omgeving goed toepasbaar is. Naar deze beschermingsmiddelen is verder onderzoek nodig.

Een constructie bestaat uit verschillende over het algemeen lijnvormige elementen zoals liggers, kolommen, spanten, vakwerken, bogen en samengestelde elementen. De elementen kunnen zo geplaatst worden dat een ruimtelijke werking ontstaat. Voorbeelden hiervan zijn radiaal geplaatste drie-scharnier-spanten en bogen, vouwschalen, ruimtevakwerken, balkenroosters en koepels met geodetische staafverdeling. Vaak zijn verbindingen noodzakelijk met zogenaamde mechanische verbindingmiddelen, zoals draadnagels, stiften en bouten. Deze verbindingen zijn nooit geheel stijf. Er treden verschuivingen op die de beoogde werking gedeeltelijk teniet kunnen doen. Tevens worden de krachten bij de verbindingen lokaal ingeleid waardoor nauwkeurig in het hout geïntroduceerde spanningen moeten worden geanalyseerd.

Trekkraftoverbrengende verbindingen met vermelde mechanische verbindingmiddelen moeten zoveel mogelijk worden voorkomen. Het draagvermogen van een staaf op trek belast wordt als gevolg van de verbinding aanzienlijk gereduceerd. Daarom moet het ontwerpen van een houtconstructie erop gericht zijn verbindingen drukkrachten te laten overbrengen, waarbij de krachten via contactdruk kunnen worden overgedragen. De aanwezige verbindingmiddelen dienen in dat geval uitsluitend ter positionering en voor het opnemen van eventuele omkeerkrachten. Het ontwerp van de zogenaamde grootschalige omgekeerde sporenkappen, steeds vaker toegepast in de woningbouw, is op dit principe gebaseerd.

Een bijzonder punt van aandacht bij het ontwerpen van houtconstructies is de mogelijke introductie van trekspanningen loodrecht op de houtvezel. Deze treden op bij liggers die bij de oplegging worden verkleind, sparingen in liggers, gekromde liggers en ophangingen (zie figuur 15). Het voorkomen van deze spanningen is lang niet altijd mogelijk.



De problematiek van de ophangingen staat internationaal in de belangstelling. Samen met onderzoekers aan de Technische Universiteit van Delft is een onderzoeksvoorstel geschreven op basis waarvan meer kennis betreffende het breukmechanisch bezwijkarakter wordt ontwikkeld.

Er wordt dieper ingegaan op belastingen onder een hoek met de houtvezel, waarbij de componenten evenwijdig en loodrecht op de vezel waarschijnlijk verschillend moeten worden benaderd.

Er is een raakvlak met een door mezelf uitgevoerd onderzoek op verbindingen met meerdere verbindingsmiddelen op een rij in de krachtrichting, waarbij belastingen in de vezelrichting zijn beschouwd [4]. Vanwege het brosse breukgedrag is de eerst aangewezen weg een benadering via de als een materiaaleigenschap te omschrijven breukenergie. Daarbij wordt scheurvoortplanting evenwijdig aan de houtvezel verondersteld. In de praktijk, bijvoorbeeld in Canada, worden andere, meer op statistische gronden gebaseerde modellen gehanteerd. In mijn opinie leren mechanicamodellen meer over het werkelijke gedrag dan statistische modellen.

Figuur 15

Trekspanningen
loodrecht
op de houtvezel



Desondanks zijn de pogingen om het gedrag van verbindingen te beschrijven met zogenaamde neurale netwerken het vermelden waard. Daarbij worden uitsluitend testresultaten beschouwd, men bekomt zich niet over eventuele mechanische modellen. Vooralsnog leiden deze netwerken uitsluitend tot een redelijk betrouwbaar resultaat bij zogenaamde interpolatie. Voor extrapolatie blijken ze (nog) ongeschikt.

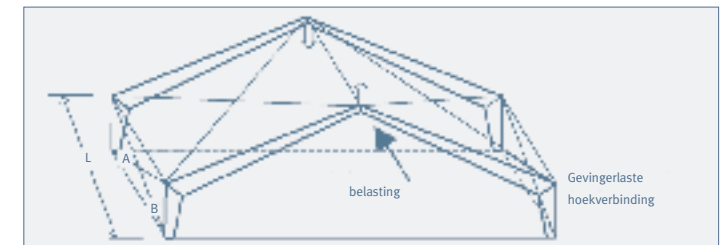
Een constructie bestaat uit hoofddraagelementen en vaak secundaire elementen zoals gordingen. Tevens zijn stabiliteitsvoorzieningen, vaak

in de vorm van stabiliteits- en/of windverbanden, nodig.

Het drie-scharnier-spant als hoofddraagelement is in het houtvak een oude bekende. Desondanks is de werking van dit spant nog steeds onvoldoende bekend. Op dit moment analyseert een afstudeerder de huidige berekeningsmethodiek. Daarnaast gaat hij in op de onderlinge relatie tussen de dakhelling en de stabiliteitsverbanden en het effect hiervan op het dimensioneren van de spanten (zie figuur 16). Hij analyseert eveneens de spanningen in de hoekverbinding die met zogenaamde vingerlassen tot stand worden gebracht.

Figuur 16

Constructie met drie-
scharnier-spanten

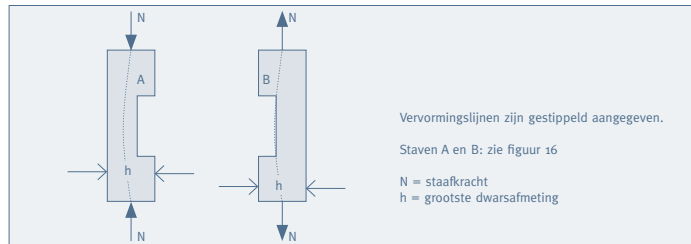


De onderlinge afstand tussen de hoofddraagelementen is over het algemeen kleiner dan 5 meter of groter dan 7 meter. Tussentijdse onderlinge afstanden zijn niet effectief omdat direct uit de boom gezaagde gordingen tot een lengte van ca. 5 meter goed verkrijgbaar zijn en boven de 5 meter voor aanzienlijk duurdere gelamineerde gordingen moet worden gekozen. De meerprijs voor de gelamineerde gordingen wordt gecompenseerd door de minderprijs voor de verder uit elkaar geplaatste hoofddraagelementen.

Stabiliteitsverbanden in hout zijn eveneens oude bekenden. Ze zijn wezenlijk verschillend van de eveneens veelvuldig toegepaste stalen verbanden. Ten gevolge van de afmetingen van het houten kruisverband (zie figuur 16) zijn de staven in staat druk en trek op te nemen. Gevolg is dat de krachten in de verbandstaven halveren ten opzichte van de staafkrachten in een stalen verband.

Een moeilijkheid bij het houten verband is de onderlinge kruising van de staven. Deze wordt vaak met een zogenaamde halfhoutse uitkeping gerealiseerd (zie figuur 17).

Stabiliteitsverband.
Invloed van de
halfhoutse uitkeping
en de oriëntatie van
de staaf



Figuur 17

Aangezien de uitkeping voor beide staven gespiegeld is aangebracht en vanwege het feit dat de ene staaf op druk en de andere op trek wordt belast, willen beide staven in dezelfde richting loodrecht op het gevelvlak uitbuigen.

Een op druk belaste staaf is omgekeerd evenredig met de staaf lengte in het kwadraat. De vraag is wat in dit geval voor de staaf lengte moet worden ingevuld. Voor het bepalen van de draagkracht bij uitbuiging van de staaf in het gevelvlak is dit geen discussie; daarvoor kan $L/2$ (zie figuur 16) worden genomen. Voor het bepalen van de draagkracht bij uitbuiging van de staaf loodrecht op het gevelvlak is deze waarde wel onderwerp van discussie. In praktische berekeningen kom je waardes tegen tussen $L/2$ en L . De werkelijkheid zal hier inderdaad tussenin liggen. Daarom is het aan te raden de grootste dwarsafmeting van de staaf loodrecht op het gevelvlak te plaatsen. In de praktijk is meestal het omgekeerde te zien.

Tevens treden er bij staaf A (zie figuur 17) drukspanningen loodrecht op de vezel op. Bij staaf B trekspanningen loodrecht op de vezel. Zoals bekend zullen de drukspanningen loodrecht op de vezel geen nadelige gevolgen hebben; de trekspanningen loodrecht op de vezel kunnen worden opgenomen door bijvoorbeeld het indraaien van schroeven.

Na een inleiding over ons bos heb ik in deze rede een poging gedaan u enige randvoorwaarden te schetsen die gelden bij het construeren met het prachtige natuurlijke materiaal hout. Daarbij zijn veel onderwerpen onbesproken gebleven. Ik geef een kort uittreksel uit al de niet besproken onderwerpen:

- Samenspel met andere materialen zoals staal en glas
- De draagkracht van houten staafvormige verbindingmiddelen
- De druksterkte loodrecht op de houtvezel
- Wringing in houten liggers
- Uit verschillende onderdelen opgebouwde staven waaronder:
 - De zogenaamde stiffned panelen
 - De zogenaamde stressed skin panelen
 - De sandwich elementen
- Combinatiemogelijkheden met leem
- Constructieve toepassingen van inlands hout. In dit kader mogen initiatieven als Villa.nl van KarelseAptroot architecten, het totaalconcept voor de ontwikkeling van nationaal park Maasduinen (noord-Limburg) en een initiatief als VanBinnenUit (Zevenaar) niet onvermeld blijven
- Statische en dynamische sterkte en stijfheid van zogenaamde 'spaanplaatschroeven'
- Ontwikkelen van producten en constructies met bamboe als basismateriaal
- Ontwikkelen van verbindingstechnieken waarbij de sterkte waarden van hout loodrecht op de vezel niet van belang zijn

De positie van hout

De grenzen van het mogelijke worden meer en meer opgezocht doordat driedimensionale rekenmodellen ter beschikking staan. Een nadelig gevolg hiervan is dat de vrijwel altijd in enigermate aanwezige positieve driedimensionale werking in het ontwerp wordt betrokken. De eisen aan nauwkeurigheid in de uitvoering worden daardoor steeds hoger. Niet in rekening gebrachte excentriciteiten mogen niet voorkomen teneinde instortingen te voorkomen. Lijnrecht hiertegenover staat dat



Besluit

de voorbereiding in de bouw steeds verder onder druk dreigt te komen, waardoor deze steeds meer op het bijhouden van een boekhouding gaat lijken.

Bij hout speelt daarnaast de (on)zekerheid over de sterkte-eigenschappen een rol. De positie van hout als constructiemateriaal staat of valt met het effectief kunnen kwantificeren van de eigenschappen en van de kwaliteit. De kwaliteit voor projecten die zijn ontworpen met de hoge gelamineerd houtkwaliteiten GL32 en GL36 kan nog maar door zeer weinig fabrikanten worden gegarandeerd. Toch zal naar deze hoge kwaliteiten meer en meer vraag komen. Zoals beschreven is het technisch gezien geen probleem aan deze vraag te voldoen. Wellicht zijn nog hogere constante kwaliteiten realiseerbaar bij combinatie van materialen als LVL (Laminated Veneer Lumber) en gelamineerd hout. Dit zijn in potentie interessante mogelijkheden.

Innovaties met hout, waarbij ook gedacht moet worden aan verbindingstechnieken, zijn nog op tal van manieren mogelijk. Sleutelbegrippen hierbij zijn het verkleinen van de onzekerheden over het toegepaste materiaal en het verkleinen van de invloeden van de sterkte-eigenschappen loodrecht op de houtvezel.

De positie van hout als bouw materiaal wordt in hoge mate bepaald door het correct toepassen ervan. Indien niet correct toegepast is hout kwetsbaar. Niet alles kan zomaar. De ontwikkeling van kennis is derhalve essentieel.

Tenslotte wil ik nog enige woorden van dank uitspreken.

Geachte Leden van het College van Bestuur, mijnheer de Rector Magnificus, geachte collega's. Ik spreek mijn dank uit voor mijn benoeming tot hoogleraar aan deze universiteit.

Tijdens een feestelijke bijeenkomst als deze mag ook een oprecht dank je wel aan mijn directe familie niet ontbreken. Ik wil mijn ouders, die ik helaas in de laatste paar maanden beiden heb verloren bedanken voor de vrijheid die ze mij hebben gegeven mezelf te ontwikkelen.

Onderwijs op elk niveau is voor iedere maatschappij van levensbelang om zich te kunnen ontwikkelen. Ik heb zelf lang van het Nederlandse onderwijssysteem mogen genieten.

Van al de docenten die ik in deze periode heb mogen ontmoeten wil ik prof.ir. J. Kuipers, dr.ir. T.A.C.M. van der Put en prof.ir. A.A. van Douwen van de Technische Universiteit Delft bedanken voor de begeleiding tijdens mijn afstuderen.

Voor de begeleiding van de wetenschappelijke promotie dank ik prof. dr.ir. J. Wardenier van de Technische Universiteit te Delft en prof. Dr.-Ing. H.J. Blass van de universiteit te Karlsruhe. STW dank ik voor de wijze waarop zij mij in staat gesteld heeft het promotieonderzoek tot een goed einde te brengen.

Hooggeleerde Blass, beste Hans. Vooral jij hebt mij aangespoord uiteindelijk de werkzaamheden, die tot de wetenschappelijke promotie hebben geleid, te gaan uitvoeren. Ik dank je daarvoor hartelijk. Sinds onze eerste kennismaking in 1991 komen we elkaar regelmatig tegen. Ik hoop dat dit in de toekomst nog vaker zal gebeuren.

De eerste stappen in de praktijk zijn begeleid door Emil Lüning in Doetinchem. Bijna vijf jaar hebben Emil en ik zeer intensief samengewerkt. In die periode, maar ook daarna, heb ik hem leren

Referenties

kennen en waarderen als een op een zeer hoog niveau werkende praktische ingenieur. Gelukkig hebben we nog steeds interessante discussies.

Bijna tien jaar, in twee periodes, heb ik het voorrecht gehad te mogen werken in de inspirerende omgeving van ABT in Velp. De sfeer bij ABT nodigt uit tot het leveren van de topprestaties op constructief gebied die ABT beroemd hebben gemaakt. Ik prijs mij gelukkig dat ik bij jullie heb mogen zijn.

Beste collega's van SHR Hout Research en van SKH. Ik dank jullie voor het vertrouwen dat jullie in mij stellen. Vooral jullie maken het mogelijk dat ik deze leerstoel mag invullen. Ik hoop nog lang samen met jullie te kunnen werken. Hopelijk in de toekomst tevens aan projecten die voor beide organisaties interessant zijn.

Natuurlijk Hout.

Natuurlijk, vanzelfsprekend.

Onderwijs en onderzoek. Twee belangrijke peilers voor de vorming van studenten.

Onderwijs in de vorm van colleges.

Onderwijsgerelateerd onderzoek in de vorm van projecten.

Onderwijsgerelateerd onderzoek in de vorm van afstudeerwerk.

Excursies.

Het werken met studenten is intensief en inspirerend. Ik hoop iets van mijn enthousiasme voor het construeren met hout aan de studenten te kunnen overbrengen.

Zeer gewaardeerde toehoorders, ik dank u voor uw aandacht.

Ik heb gezegd.

- 1 Leen Kuiper en Rino Jans (eds). *Nederlands houtgebruik in beeld*. Stichting ProBos, Zeist, 2001.
- 2 Ruben Abrahams. *Hout niet altijd de beste keus*. Bouwwereld nr. 8, Doetinchem, april 2002.
- 3 S.T. Lebow, J.E. Winandy. Effect of fire-retardant treatment on pH and the relationship of pH to strength properties. *Wood Science and Technology* 33 (1999), Springer Verlag.
- 4 André Jorissen. *Double shear timber connections with dowel type fasteners*. ISBN 90-407-1783-4, Delft University Press, 1998.
- 5 Jan F. Rijdsdijk and Peter Laming. *Physical and Related Properties of 145 Timbers. Information for Practice*. ISBN 0-7923-2875-2, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, 1994.
- 6 Vereniging van Houtconstructeurs. *Driescharnierspanten*. Ontwerp, berekening en controle van volwandige driescharnierspanten. Arnhem, 2003.

Curriculum Vitae

Prof.dr.ir. André Jorissen is per 1 september 2003 benoemd tot hoogleraar Houtconstructies aan de faculteit Bouwkunde van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e).

André Jorissen is in 1954 geboren te Achtmaal. Hij rondde de MTS in Breda af, vervolgens de HTS in Tilburg en studeerde daarna Civiele Techniek in Delft. Na het behalen van het ingenieursdiploma trad hij in dienst van H.E. Lüning Adviesbureau voor Technische Houtconstructies B.V. in Doetinchem. Hij vervolgde zijn loopbaan bij ABT Adviesbureau voor Bouwtechniek B.V. in Velp, waar ook het construeren in andere materialen zijn aandacht had. In 1994 trad hij in dienst van de TU Delft voor het uitvoeren van onderzoek naar houtverbindingen.

Dit resulteerde in 1998 in het proefschrift 'Timber Connections with Dowel-type Fasteners'. Tijdens een nieuw dienstverband met ABT voerde hij activiteiten uit voor SHR Hout Research. Sinds 1 september 2003 is hij in dienst van SHR Hout Research en is hij tevens hoogleraar Houtconstructies bij de capaciteitsgroep Constructief Ontwerpen van de faculteit Bouwkunde van de Technische Universiteit Eindhoven. Een belangrijke nevenactiviteit van André Jorissen was en is zijn optreden voor diverse bedrijven als extern adviseur op het gebied van draagconstructies in hout en productontwikkeling.

Colofon

Productie:

Communicatie Service
Centrum TU/e

Fotografie cover:

Rob Stork, Eindhoven

Ontwerp:

Plaza ontwerpers,
Eindhoven

Druk:

Drukkerij Lecturis,
Eindhoven

ISBN: 90-386-1333-4

Digitale versie:

www.tue.nl/bib/