



Het entreegebouw van de Efteling is een goed voorbeeld van een modern gebouw met een rondhoutconstructie.

## RONDHOUTCONSTRUCTIES WINNEN TERREIN TERUG

# Rondje voor- en nadelen

Rondhoutconstructies zijn jarenlang uit beeld geweest, maar lijken weer aan populariteit te winnen. Bij het ontwerpen van rondhoutconstructies moet rekening worden gehouden met het feit dat de materiaaleigenschappen van rondhout dat direct afkomstig is van de boom en gezaagd hout aanzienlijk kunnen verschillen. Aan de hand van voorbeelden van oude en nieuwe constructies zetten we deze verschillen en de gevolgen voor het ontwerpen op een rij.

**D**e meeste rondhoutconstructies in Nederland vinden we terug in funderingen. Ongeveer 25 miljoen houten palen dragen duizenden gebouwen, de meeste in het lage westelijke gedeelte van Nederland. Er bestaat nog steeds een houten palen industrie in ons land met een productie van ongeveer 100.000 palen per jaar. De meeste houten paalfunderingen functioneren al honderden jaren

zonder enig probleem. Een relatief klein aantal, waarvan de meeste tussen de vijftig en honderd jaar oud, geven problemen door rotten. Zo'n honderd jaar geleden waren rondhoutconstructies heel gewoon in Nederland. Daarna zijn rondhoutconstructies minder gebruikt. Boerderijen, fabrieken en dakconstructies uit die tijd worden nu als monumentaal aangemerkt. Het heeft er echter weer alle schijn van dat rond-

houtconstructies wederom populair worden in Nederland. Het entreegebouw van de Efteling, het Stadhuis in Leek en de toren van Kenneth Snelson in de beeldentuin van Kröller-Müller zijn enkele voorbeelden van moderne gebouwen met rondhoutconstructies.

De dakconstructie van het stadhuis in Leek is volledig uit rondhout opgetrokken. De zwaarste elementen zijn de kromme bogen en kolommen. Alle andere elementen hebben beduidend kleinere afmetingen. Wat heeft destijds meegespeeld bij het ontwerp van een dergelijke constructie?

### Keuze houtsoort

Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bomen uit lokale bossen. Voor de kleine dimensies is over het algemeen gebruik gemaakt van grenen en vuren en voor de zwaardere elementen van eiken. De verschillen in weerstand tegen rotten door schimmels en insecten tussen de lichte en zware elementen is beduidend. De kleinere grenen en vuren elementen bestaan grotendeels uit spinhout, terwijl de zwaardere eiken elementen grotendeels uit kernhout bestaan. Dat is dan ook de reden dat de meeste kleinere grenen en vuren elementen uit de oude constructies tijdens restauratiewerkzaamheden moeten worden vervangen. Daar komt bij dat de kleinere elementen relatief jong waren toen die geoogst werden. Dit betekent dat deze elementen voor het grootste deel bestaan uit zogenaamd juveniel hout. Uit het oogpunt van sterkte en stijfheid zijn juveniel grenen en vuren van een lage kwaliteit.

### Afmeting

De afmetingen van de rondhout elementen die uit één stuk direct uit de bomen gehaald zijn, zijn beperkt door de afmetingen van de bomen. De te realiseren overspanningen en constructies zijn daardoor gelimiteerd. Gelijmde gelamineerde elementen hebben die beperkingen niet en rondhoutconstructies van gelijmde gelamineerde elementen, zoals gebruikt in Het Cambium, het kantoorgebouw van SHR, komen steeds vaker voor.

### Houtvocht, kruip en krimp

Over het algemeen worden rondhout elementen

gebruikt voor axiaal belaste elementen en niet voor boogconstructies. Dit is met name het geval voor elementen met een grote diameter die direct uit de geoogste boom gemaakt zijn, omdat deze elementen moeilijk te drogen zijn. Normaal

gesproken wordt hout voor constructies gedroogd tot een houtvochtgehalte van 16 procent. Zelfs voor bomen met een kleine diameter is het droogproces kritiek; voor bomen met een grotere diameter geldt dit zelfs nog sterker en het kan jaren duren voordat het juiste evenwichtsvochtgehalte is bereikt. Gevolg is dat de elementen drogen in de constructie. Dit heeft weer consequenties voor tijdsafhankelijke deformaties, zoals het kruipgedrag.

Omdat vervormingen ten gevolge van buiging veel groter zijn dan door een axiale belasting, is het, met betrekking tot tijdsafhankelijke vervormingen, veel riskanter om (grote) elementen met een houtvochtgehalte (ver) boven het evenwichtsvochtgehalte te gebruiken in gebogen constructies dan in constructies waarbij het element alleen op druk en trek wordt belast. Het hoge evenwichtsvochtgehalte betekent ook dat er naast de gevolgen voor kruip ook gevolgen zijn voor het krimpgedrag. Daar de krimp in tangentiële richting tweemaal zo groot is als de



De toren van kunstenaar Kenneth Snelson in de beeldentuin van Kröller-Müller.



Het Cambium heeft rondhoutconstructies van gelijmde gelamineerde elementen.

krimp in radiale richting treden er spanningen op loodrecht op de jaarringen, hetgeen resulteert in scheuren.

### Duurzaamheid

Het kan voor ontwerpers aantrekkelijk zijn om rondhout het uiterlijk van een boom te laten behouden. Echter daar schuilt een groot gevaar. Het materiaal net onder de schors (bast, cambium en spinthout) is in principe een ideale omgeving voor schimmels. De schors moet in ieder geval altijd verwijderd worden. Naalddhoutsoorten verraden zichzelf vaak als ze van binnen rotten door de aanblik van de schors. Loofhoutsoorten als eik en beuk vertonen dat verschijnsel niet, wat maakt dat de naalddhoutsoorten 'betrouwbaarder' zijn dan loofhoutsoorten.



*Het paviljoen de Posbank in Nationaal Park Veluwezoom.*

*Verbindingen in het paviljoen.*

### Sterkte en stijfheid

De sterkte en stijfheid van rondhout elementen direct uit de geogste boom verschillen van die van gezaagd hout. Hier zijn in principe twee hoofdredenen voor aan te wijzen:

1. De materiaaleigenschappen bij naalddhoutsoorten variëren langs de dwarsdoorsnede waarbij gebleken is dat de sterkte-eigenschappen het beste zijn aan de buitenkant van de boom. Gevolg hiervan is dat het rondhout element sterker (en stijver) is dan het gezaagde houten element.
2. De dominante vezelrichting is de lengterichting van de boom. Echter, een afwijkende vezelrichting is één van de verschijnselen die het meest invloed heeft op de sterkte. Ook worden in dat geval vezels bij het zagen doorgesneden. Dit is niet het geval bij een rondhout element dat direct uit de boom gemaakt wordt. Zo'n rondhout element is dus sterker en stijver dan het gezaagde houten element.

### Stabiliteit

De stabiliteit van een element hangt sterk af van hoe recht het element is. Dit heeft een relatie met de vezelrichting. Voor elementen die niet recht zijn, is voor kolommen de kritieke buigsterkte en voor bogen het kritieke buigmoment duidelijk gereduceerd ten opzichte van rechte elementen.

De zoektocht naar bomen voor bijvoorbeeld

het Nederlandse Paviljoen op de Expo 2000 in Hannover en voor paviljoen de Posbank, heeft geleerd dat bomen met dergelijke kleine initiële rechtheid moeilijk te vinden zijn. Vooral als de elementen lang en dun zijn.

### Ontwerpen in de praktijk

De discussie tijdens de ontwerpfase spitst zich met name toe op het uiterlijk van de boom - met of zonder schors - en op de rechtheid van de boom.

Voor tijdelijke gebouwen, zoals bijvoorbeeld het Nederlandse paviljoen op de Expo 2000 in Hannover, was het geen probleem de wens van de architect om de schors aan de boom te laten, in vervulling te laten gaan. Maar zoals eerder besproken moet de schors voor alle andere gebouwen verwijderd worden. De rechtheid van een boomelement is, zoals eerder aangegeven, van het grootste belang voor de constructieve prestatie. Daarentegen is het wel zo dat natuurlijk gegroeide elementen die niet kaarsrecht zijn, heel aantrekkelijk zijn voor architecten om mee te ontwerpen.

Dergelijke elementen kunnen echter alleen gebruikt worden voor constructies met een lage belasting.

### Verbindingen

Door het relatieve hoge vochtgehalte tijdens de groei, lenen alleen mechanische verbindingen zich voor natuurlijke rondhout elementen. De studie



Wachtoren Natuurpark Holmers Halckenbroek. Gemaakt van kleine lariks elementen met gebruik van staalblokken.



Staalblok bevestigd aan bout.

met betrekking tot het nat verlijmen vordert echter en de applicatie van houten gelijmde deukels voor de verhoging van de weerstand tegen splijten, zoals dat gebeurd is bij paviljoen de Posbank, is reeds mogelijk.

Een van de grootste problemen die zich voordoet bij het ontwerpen van mechanische verbindingen in rondhoutconstructies is het kopscheuren, daar waar het hout het snelst droogt. Door het scheuren zou de dragende capaciteit van de verbinding verlaagd kunnen worden.

Door de Technische Universiteit Delft is uitgebreid onderzoek gedaan naar houten verbindingen voor rondhoutconstructies. Dit heeft resulterend in een aantal toepassingen. De eerste toepassing dateert uit 1980. Hiervoor was speciaal materiaal, om in zogenaamde ontwikkelingslanden te gebruiken, ontwikkeld om draden op de plaats te houden. Tegenwoordig worden de holle deukels vervangen door ordinaire bou-

ten. Hiervoor wordt de draad om het splijten te voorkomen, niet precies meer bij de bout aangebracht, zoals te zien is bij de wachttoeren in Apeldoorn uit 1995.

Het effect van kopscheuren is ook minder ernstig bij elementen die op spanning worden belast als de verbinding buiten het kopse gebied gerealiseerd kan worden. Het zogenaamde 'staalblok' is een mogelijkheid. In het natuurpark Holmers Halckenbroek is deze toegepast in de wachttoeren. Dit principe heeft de Innovatieprijs van Centrum Hout gekregen.

De tot nu toe beschreven verbindingen zijn zogenaamde interne verbindingen. Externe verbindingen, waarvoor staalplaten in het onregelmatige oppervlak van de boom geperst moeten worden, kunnen alleen gebruikt worden als er gebruik wordt gemaakt van een dunne plaat of nadat de boom tot een symmetrische vorm is verwerkt. Hierbij zullen vezels doorgesneden worden, hetgeen weer een negatief effect op de sterkte-eigenschappen heeft.

### Kortom...

Construeren in rondhout geeft juist door het zichtbaar blijven van de 'boom' een extra dimensie aan het ontwerp. Het vraagt wel een eigen benadering.

In de ontwerpfase moet de keuze van het rondhout op de hier genoemde eigenschappen worden afgestemd en bij de realisatie moet elk rondhoutelement worden beoordeeld op de gewenste eigenschappen. ■