



De houten koepel wordt – zonder gebruik van steigers – per ring van onder naar boven opgebouwd. Voor de stalen onderdelen bedraagt de tolerantie tienden van millimeters, bij de lengte van de houten staven gaat het om millimeterwerk.

Construeren van houten koepel is precisiewerk

Rola Johannes
DOETINCHEM - Geodetische koepels staan bekend als een zeer effectief bouwsysteem. Het Nederlandse GeoDomeDesign ziet voor een houten uitvoering vele toepassingen. Het berekenen van de belastingen blijft echter een lastig aspect.

De eerste houten koepel voor een zwembad op Ameland dateert van 1983. Sindsdien zijn deze koepels gebruikt voor onder andere sporthallen, dierentuinen en moskeeën. Incidenteel was er een industriële toepassing, zoals voor een rioolwaterzuiveringsinstallatie in Goes. "Gebruikers denken vrij snel in rechte ruimten. Toch zijn er genoeg toepassingen waar een ronde vorm eveneens voldoet, zoals voor de (luchtdichte) opslag van (bulk)goederen of tanks in havens", meent Emil Lüning van het gelijknamige adviesbureau voor technische houtconstructies in Doetinchem, de bedenker van de sinds 1984 gepatenteerde houten geodetische koepel. Lüning omschrijft zijn bouwwerken als "een aaneenschakeling van houten staven over een driehoekig geodetisch raster". Een geodetische koepel is qua materiaalgebruik zeer efficiënt. "De constructie is vergelijkbaar met die van een eierschaal. De dikte van een eierschaal is één procent van de diameter van het ei. Bij een houten balkenconstructie is dat bijvoorbeeld al gauw 5 procent van de overspanning." In principe is een doorsnede van maximaal 350 meter mogelijk. Maar financieel gezien is een houten koepel bij een diameter van 15 meter al interessant vergeleken met houten spanten. Ook ten opzichte van staal zijn er voordelen. "Bij staal moet je de dikte in, meer differentiëren, bij hout zit dat allemaal in de afmeting van de balken."

Lüning is met ABC2 Architectuurstudio in Almere onder de naam GeoDomeDesign een samenwerkingsverband aangegaan om de houten variant nadrukkelijker in de (internationale) markt te zetten.

Drukkrachten
GeoDomeDesign verzorgt niet alleen het ontwerp en de engineering maar is ook verantwoordelijk voor de realisatie. "Wij leveren de houten koepels als bouwpakket" (zie kader). Het pakket bestaat uit houten gelamineerde hoofdstaven en thermisch verzinkte stalen koppelingen (connectoren). De bevestiging van de staven aan de oplegging gebeurt met een verstelbare stalen voetconnector. Het geotrooieerde knooppunt waar de staven samenkomen, de connector, omvat twee strippensterren, tien of twaalf zogeheten drukstuk-

Houten geodetische koepel als bouwpakket

GeoDomeDesign levert de houten geodetische koepel als bouwpakket: houten staaflengtes van 8 tot 10 meter die ter plaatse met een connector, bestaande uit strippensterren, drukelementen en een centrale buis, worden gemonteerd. De onderdelen worden door verschillende fabrikanten vervaardigd. Lüning: "Een fabrikant van gelamineerd hout produceert de hoofdstaven; de connectoren komen van een staalconstructiebedrijf dat volgens onze specificatie-eisen kan produceren." Nauwkeurigheid is vereist. "Voor de stalen onderdelen bedragen de toleranties tienden van millimeters, voor de lengte van de houten staven is het millimeterwerk." Lüning wijst op het belang van een goed montageplan,

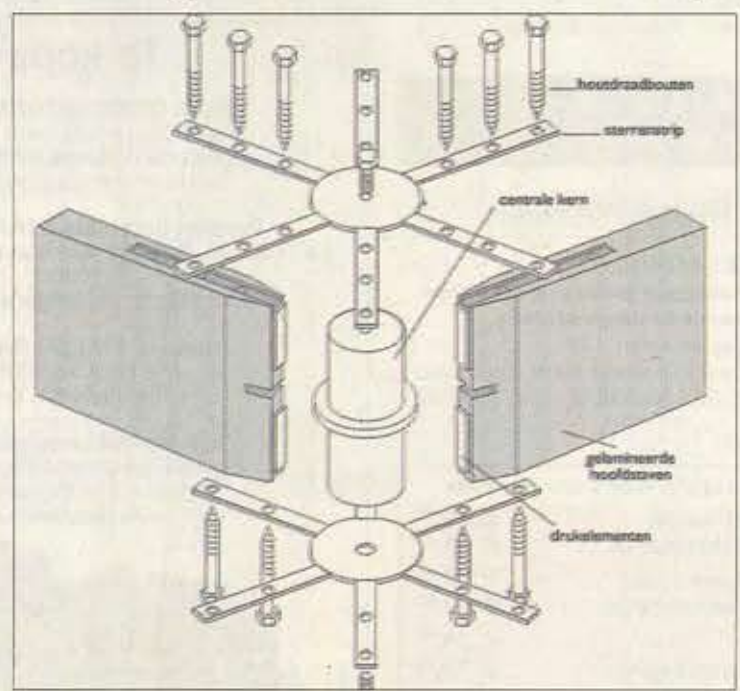
want bij grotere koepels wegen onderdelen soms meer dan een ton. Op de betonnen fundering komt eerst een stalen trekkrachtring. Begonnen wordt met het monteren van twee driehoeken en een horizontale tussenstaaf. De koepel wordt, zonder steigers, per ring van onder naar boven opgebouwd. Een goede begincontrole is essentieel. "Bij het vervaardigen van de stalen trekkring bedraagt de maximale tolerantie circa 1 millimeter. Elk punt moet in zes vrijheidsgraden van translatie en rotatie nauwkeurig afgesteld zijn. De koepel is namelijk een statisch meervoudig onbepaalde constructie; de vorm is niet meer te veranderen."

ken die aansluiten op een centrale buis die de drukkracht overbrengt. Voor de eventuele dwarskrachten geschiedt dat door een schijf op deze buis. Lüning: "De krachten in de staven belopen

toch al gauw 20 tot 25 ton." In de loop der tijd is de constructie geprofessionaliseerd. Zo wordt het drukstuk nu gefreesd en is er een nieuw bevestigingssysteem voor de gordingen; schuin ingebracht, op trek belastende schroeven. Voor de balken in het binnenklimaat is gelamineerd vurenhout de beste oplossing, maar de materiaalkeuze hangt af van de uiteindelijke toepassing. Kinderspeelkoepels zijn bijvoorbeeld van azobé vanwege de duurzaamheid en de hogere sterkte. De driehoekige vlakken kunnen worden bedekt met dakbeschot of plaatmateriaal, netten of transparante lichttoelattende kussens van teflon, "maar in principe kun je ook op betonplaten dimensioneren", aldus Lüning.

Belastingen
De recent gebouwde koepel in het Belgische Remouchamps krijgt vijf satellietgebouwen met een nieuw geodetisch systeem, bestaande uit Lenotec maxi-triplexplaten (Finnforest) van enkele centimeters dik. "Een zeer efficiënte dakbedekking is de eveneens isolerende 13 millimeter dikke Condor-plaat van Unidek die

ruim 3,50 meter kan overspannen." Het construeren van de houten geodetische koepels is een specialisme. Lüning heeft zelf de lensvormige geometrie ontwikkeld. De computerprogramma's zijn in eigen beheer gemaakt en kunnen de geometrie en belastingen genereren die weer worden opgenomen in een rekenprogramma. "Het berekenen van de belastingen is veruit het lastigst", zegt Lüning. "Je hebt te maken met sneeuwlast, windlast en het eigen gewicht. De invloed van de windlast is een moeilijk aspect dat we bepalen aan de hand van onderzoek en literatuur. Als de geldende normen hierin niet voorzien, moeten we op een andere manier aantonen hoe groot de te verwachten windinvloeden zijn, bijvoorbeeld door onderzoek aan schaalmodellen in een windtunnel." De constructeur ziet de houten koepels als een nichemarkt. "Wij zijn op zoek naar projecten met een grotere omvang. Zo zijn er plannen voor een koepel met een doorsnede van 150 meter voor een dierentuin. Gezien de gewenste grootte richten we ons vizier vooral op het buitenland."



Doorsnede van een geodetische connector. Bron: GeoDomeDesign