

Het houten ruimtelijk vakwerk rust op stalen portalen, waardoor de ruimte in de kerk vrij kon blijven van kolommen.

Slim ruimtelijk vakwerk in hout

Een houten 3D-vakwerk draagt de nieuwe kap van de Elleboogkerk in Amersfoort, die eerder verwoest werd door brand. Maar het vakwerk houdt ook de gevels overeind. Om de krachten over te brengen zijn draadeinden ingelijmd tot zelfs M48.

De stalen knooppunten zijn als eerste gesteld. De houten staven zijn ertussen gedraaid. Voor de montage is met steigers een werkvloer gecreëerd op goothoogte.



Herbouw Elleboogkerk

// Locatie: Langegracht, Amersfoort
// Opdrachtgever: Gemeente Amersfoort
// Bouwperiode: nov. 2011 – begin 2013

In oktober 2007 werd het Armando Museum in Amersfoort getroffen door een grote brand. Van de Elleboogkerk waarin het museum was gevestigd, bleven alleen de muren over. Die werden geschoord met zware staalconstructies en overeind gehouden tot de herbouw van de kerk, waarmee bouwbedrijf Van Norel in 2011 begon. De nieuwe kap van het gebouw volgt aan de buitenzijde de contouren van de oude kap, met een afgeplat zadeldak. De nieuwe kap steunt echter niet af op de gevels. Integendeel: de gevels worden nu overeind gehouden door de kapconstructie. Daartoe is als kapconstructie een ruimtelijk vakwerk gecreëerd dat afsteunt op twee zware stalen jukken in de kerk en op de hoeken van de gevels. Met deze keuze waren er geen kolommen nodig en kon de binnenruimte van de kerk volledig open blijven. In combinatie met een aluminium glaskap – met beweegbare zonwerende lamellen in het glas – op de plaats van het platte dak, creëerde architect Cor Bouwstra van Verlaan & Bouwstra architecten zo een ideale museale omgeving. In deze open ruimte had Marx en Steketee architecten een houten inbouw ontworpen als volledig geklimatiseerde doos-in-doostructie. Om financiële redenen keert het Armando Museum echter niet terug naar de kerk en zal ook de inbouw (voorlopig) niet worden gerealiseerd. De bestemming van de kerk is nog onbekend. Om de kapconstructie niet te industrieel te laten lijken, koos Bouwstra voor hout, wat ook paste bij de geplande houten inbouw. Via constructiebureau De Prouw kwam hij in contact met De Groot Vroomshoop en adviesbureau Lüning voor de engineering van deze construc-



Er was maar één montagevolgorde mogelijk. Die is bepaald door op de computer uit te puzzelen hoe het vakwerk weer uit elkaar gehaald kon worden.



De uiterlijke vorm van de kerk is weer gelijk aan het oorspronkelijke beeld.

tie. Na aanbesteding mocht De Groot Vroomshoop Gelijmde Houtconstructies de kap ook realiseren, als onderaannemer van Van Norel Bouwgroep.

Grote krachten

De twee ruimtelijke vakwerken van 45 meter lang en 9 meter hoog lopen parallel aan de zijgevels en dragen elk een dakschild. Het tussenliggende glasdak is met een staalconstructie op de bovenste liggers van de vakwerken geplaatst. De twee ruimtelijke vakwerken zijn op een aantal plaatsen met elkaar verbonden met een houten ligger.

Met name de grote overspanning zorgt voor flinke krachten in de houtconstructie. Dat kon alleen door forse draadeinden in te lijmen. Voor de zwaarste belasting is een draadeind M48 over een lengte van een meter ingelijmd in het hout. “We hadden dat wel vaker gedaan met M24. Voor de houten bruggen bij Sneek hebben we ook met M48 gewerkt, maar dat was in Accoya-hout. Je kunt de gegevens daarvan niet zomaar overzetten naar M48 in vurenhout. We hebben daarom samen met de TU Eindhoven proeven uitgevoerd”, vertelt Emil Lüning. Wat daarbij een rol speelt is het verschil in rek tussen staal en hout. Daardoor ontstaat een wisseling in schuifkracht langs de draad. Die is daardoor niet exact te berekenen en moet door proeven worden bevestigd.

Epoxy

De draadeinden worden in voorgeboorde gaten gestoken, die uiteraard exact recht in de staven moeten worden geboord. De gaten zijn 3 millimeter groter dan de



Het vakwerkspant lijkt symmetrisch maar heeft grote verschillen, onder meer doordat de gevels niet evenwijdig lopen en de voorgevel schuin geplaatst is.

draadeinden, wat constructief de beste verbinding oplevert. De ruimte daartussen wordt gevuld met epoxy. “Je kunt dat doen met epoxy of met een PU-lijm. Van belang is dat er geen kruip optreedt zoals bij gewone houtlijm”, zegt Lüning. Het gat moet uiteraard wel volledig worden gevuld met epoxy. “Dat is gecontroleerd met een extra boorgat ter plaatse van het einde van het draadeind”, vertelt bedrijfsleider Johan-Paul Borremann van De Groot Vroomshoop. Het deel van het draadeind dat uit het hout steekt, was voor het lijmen beschermd met tape. De houten staven werden twee keer transparant gebeitst, met name ter bescherming voor de montageperiode. “Dat is bij ingelijmde staven extra belangrijk omdat je werking door vocht wilt voorkomen”, zegt Lüning.

Stalen knooppunten

De houten staven in het vakwerk zijn achtkantig gemaakt, zoals potloden. Ze zijn aan het uiteinde ook voorzien van een punt, om ze zo dicht mogelijk bij elkaar te kunnen monteren. Niettemin zijn de cilindervormige stalen knooppunten nog steeds fors, met een gewicht van maar liefst 170 kg per stuk. Er zitten 56 knooppunten in de vakwerken, waarvan 42 verschillende. Dat komt deels door de onregelmatige vorm van de kerk met een niet-haakse voorgevel, twee kleine zijbeuken en een koor dat smaller is dan het middenschip. Ook zijn vier verschillende formaten staven en draadeinden toegepast: 200, 240, 280 en 320 millimeter met M30, M36, M42 en M48.

Voor de montage werden eerst de stalen knooppunten op hun juiste plek gesteld, waarna de houten staven ertussen werden geplaatst. De staven werden met een grote speciaal door De Groot Vroomshoop ontwikkelde houten steeksleutel ingedraaid. Omdat ze aan beide uiteinden moeten worden ingedraaid, zijn de staven aan de ene zijde voorzien van rechtsdraaiend draad en aan de andere zijde van linksdraaiend draad. Bij het indraaien werden de knooppunten dus naar elkaar toe getrokken. Om er zeker van

// PROJECT RENOVATIE

De nieuwe constructie en het nieuwe glasdak zijn vanaf de buitenzijde niet zichtbaar.



Na de brand stonden alleen de muren van de kerk nog overeind. Die moesten zwaar geschoord worden om te blijven staan.

te zijn dat de draadeinden ver genoeg werden ingedraaid, waren deze voorzien van een markering.

Eén volgorde

Een dergelijk ruimtelijk 3D-vakwerk is door zijn driehoeken een heel stijve constructie. Dat betekent ook dat er weinig ruimte is voor montage. “We hebben het hele vakwerk 3D in de computer ingevoerd en zijn toen gaan kijken hoe we het uit elkaar konden halen. Dat kan maar op één manier. De omgekeerde volgorde is de juiste manier van opbouwen”, zegt Lüning. Een onderdeel later monteren of vervangen is dan ook volstrekt onmogelijk. “In het kader van risicomangement hebben we daarom van elke verschillende staafdiameter een extra exemplaar gemaakt. Mocht er wat misgaan dan hoefden we alleen de draadeinden daar nog maar in te lijmen”, zegt Borreman. In het ruimtelijk vakwerk zijn stalen windverbanden toegepast in het vlak van het hellende dak. Het houten vakwerk heeft hier namelijk alleen stijlen en geen diagonalen. Dat had wel gekund, maar dit was transparanter dan hout.

Lignatur

De kap die op het ruimtelijk vakwerk ligt, is gemaakt van Lignatur houten kanaalplaat-elementen. Gekozen is voor een plaat die over vrijwel het gehele oppervlak voorzien is van perforaties voor geluidsabsorptie. Alle onderdelen voor de kap zijn in Zwitserland volledig op maat gemaakt, zodat die in Amersfoort alleen maar hoefden te worden gemonteerd. Daarvoor is de kerk eerst volledig 3D ingemeten. Boven het koor is geen ruimtelijk vakwerk aangebracht, maar is de Lignatur-kap zelfdragend, inclusief wolfs-eind. De spatkrachten uit de kap worden opgevangen via ankers in de muren.

Stalen windverbanden in het dakvlak vormden een transparanter geheel dan houten diagonalen

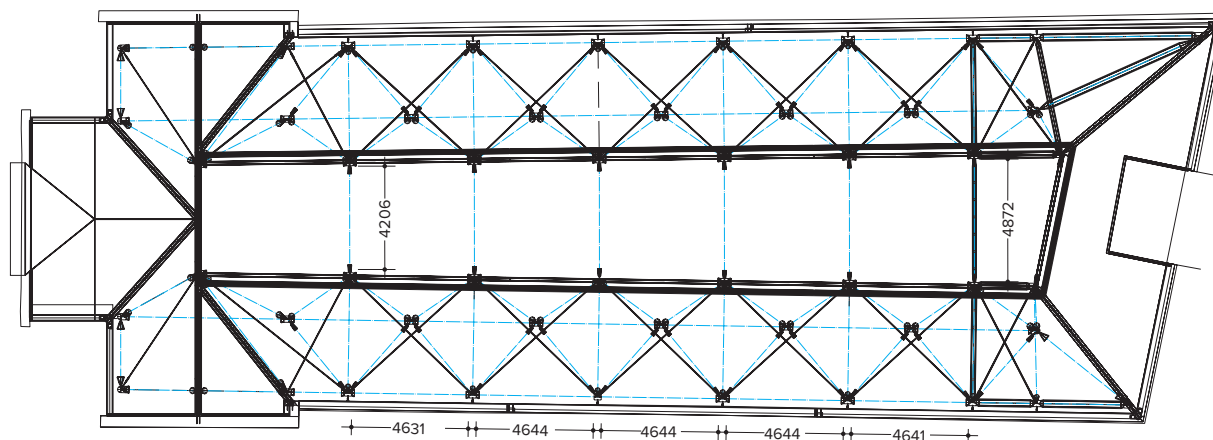


1 // De potloodvormige houten staven sluiten aan op zware stalen cilindrische knooppunten.
2 // Op de hoek van koor en dwarsbeuk steunt het vakwerk af op de muur. Het stalen oplegpunt loopt door tot ver in de muur, waar trekstangen zijn geplaatst om de krachten af te voeren. 3 // Aan de knooppunten zijn consoles toegevoegd die de muurplaat vasthouden, en daarmee dus zowel de gevels als het dak.
4 // In de kap van het koor ontbreekt een ruimtelijk vakwerk. Met de Lignatur-elementen is hier een zelfdragende kap opgebouwd. 5 // In de hoek van de voorgevel wordt het ruimtelijk vakwerk niet ondersteund door een kolom of muurvlak. Hier is een afwijkend stalen knooppunt voor ontworpen.



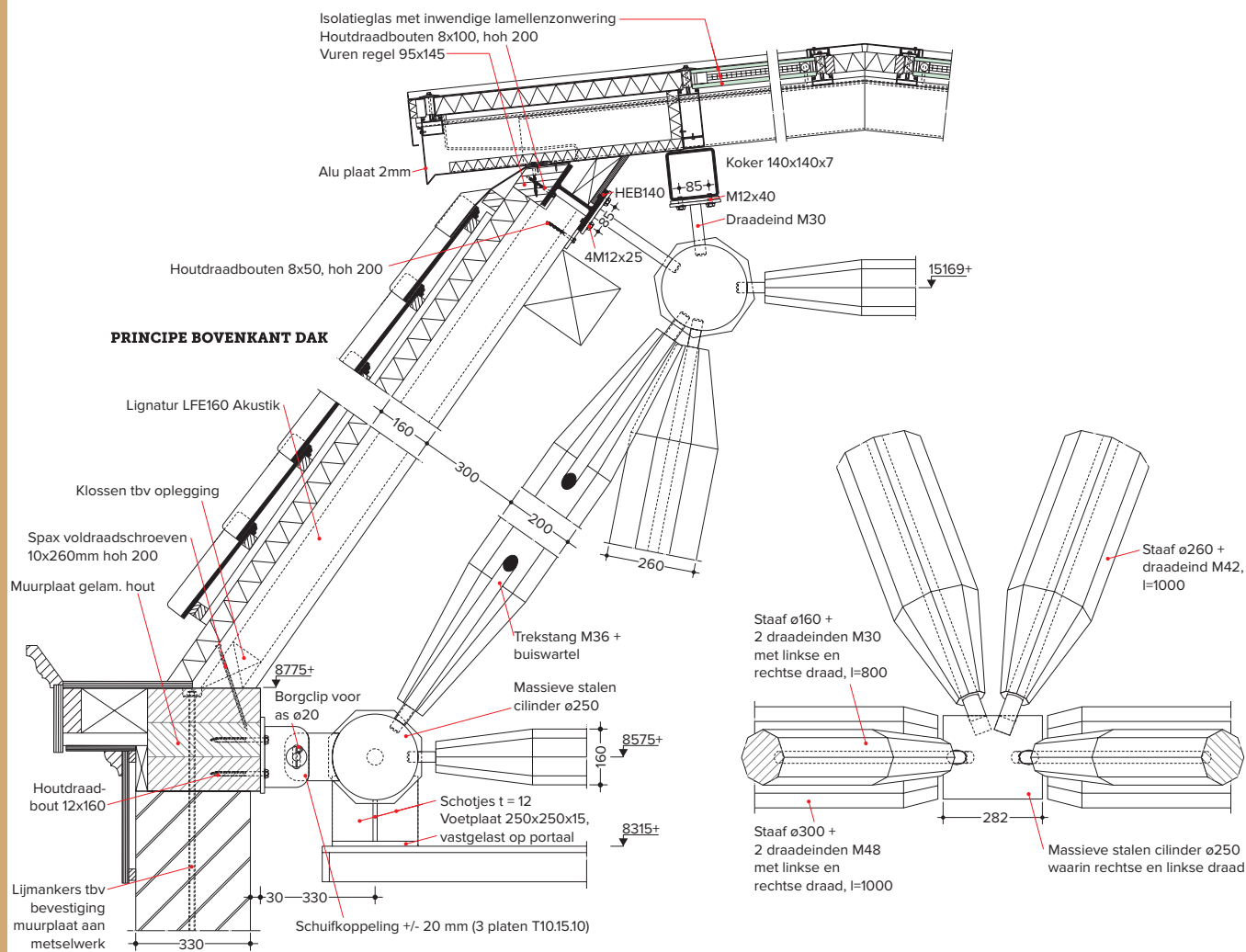
// PROJECT RENOVATIE

Projectgegevens // **Locatie:** Langegracht Amersfoort // **Opdrachtgever:** Gemeente Amersfoort // **Ontwerp:** Verlaan & Bouwstra architecten, Vianen, verlaanenbouwstra.nl, i.s.m. Marx en Steketeer architecten, Eindhoven, mrxnstkt.nl // **Constructieadviseur:** Constructiebureau De Prouw, Bunnik, de.prouw.nl // **Uitvoering:** Van Norel Bouwgroep, Epe, vannorel.nl // **Engineering, levering en montage houtconstructie en houten kap:** De Groot Vroomshoop Gelijmde Houtconstructies BV, degrootvroomshoop.nl // **Engineering houtconstructie:** Adviesbureau Lüning, Doetinchem, luning.nl // **Uitvoering glasdak:** Colt International, Delft, coltinfo.nl // **Bouwperiode:** november 2011 – begin 2013



DAKPLATTEGROND

1:300



PRINCIPE DAKVOET

PRINCIPE KNOOPPUNT

1:20