



octatube

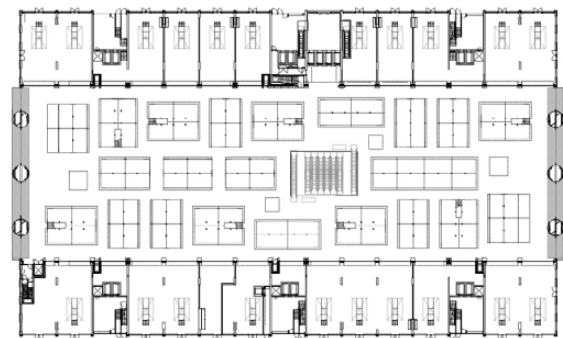
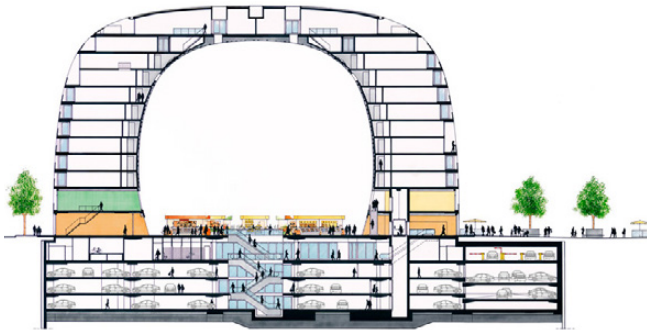
DE KABELNETGEVELS VAN DE MARKTHAL IN ROTTERDAM

Ontwerp

De Rotterdamse Markthal is een woningbouwproject en markthal in één, ontworpen door het wereldbekende architectenbureau MVRDV. Nergens anders in de wereld bestaat er een appartementengebouw dat tegelijkertijd de overkapping is voor een grote versmarkt met kraampjes, winkels, restaurants, een supermarkt en een ondergrondse parkeergarage. Voor Nederland betekent de realisatie van de Markthal de eerst overdekte versmarkt. De typologie en het concept van het gebouw zijn direct afleesbaar uit de kenmerkende vorm.

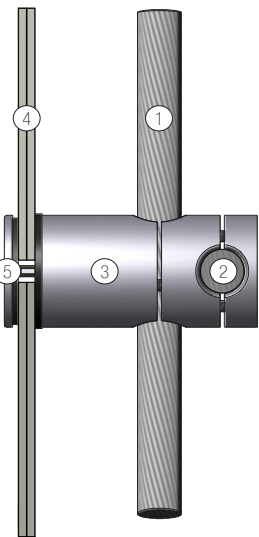
Het gebouw moest zo open mogelijk zijn om het winkelend publiek uit te nodigen naar binnen te gaan. Daarnaast moest de Markthal volledige wind- en waterdicht zijn. Deze schijnbare tegenstelling heeft geleid tot een spectaculair ontwerp waarbij de voor- en achtergevel bestaan uit hangende en beweegbare glasgevels die worden gekenmerkt door maximale transparantie in combinatie met een minimale constructie. De kabelnetgevels hebben een breedte van 42 meter en een hoogte van 34 meter, de grootste van Europa. Octatube is verantwoordelijk voor de engineering, productie en installatie, en realiseerde dit project in samenwerking met: Provast (Ontwikkelaar), JP van Eesteren (Hoofdaannemer), RoyalHaskoningDHV (Constructief Ontwerper), MVRDV (Architect) en Inbo (Interieur Architect).

Tekeningen: Doorsnede en Plattegrond (MVRDV)
1: Artist Impression van Interieur Markthal (MVRDV)
2: Artist Impression van Exterieur Markthal (MVRDV)



Engineering

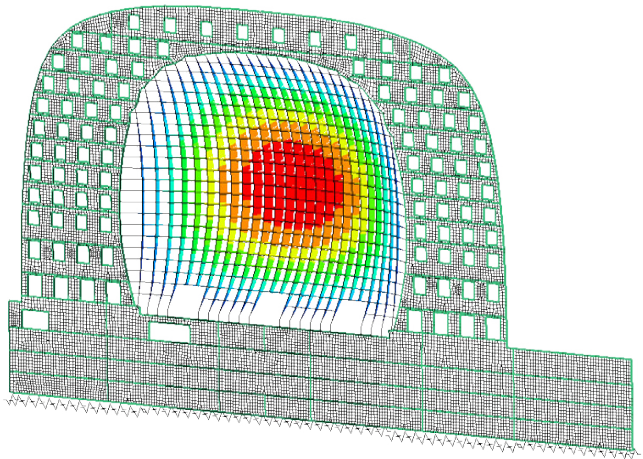
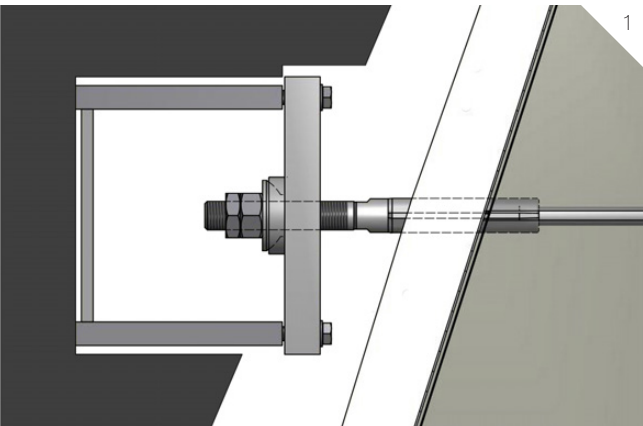
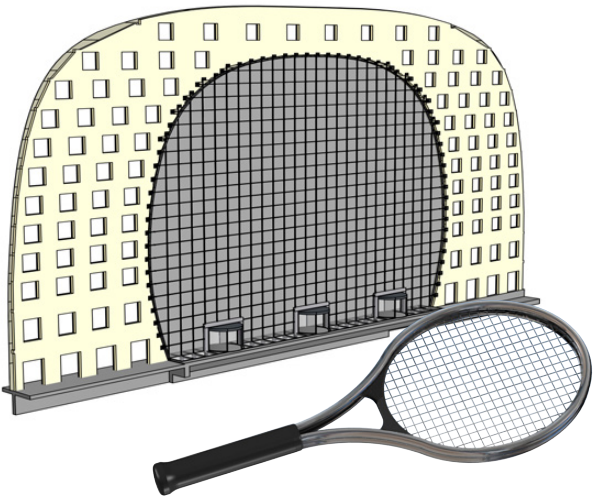
De glazen gevelconstructie is onderverdeeld in 26 verticale en 22 horizontale kabels. Samen vormen zij een hangend net met een enkellaagse draagstructuur, vergelijkbaar met de werking van een tennisracket. De kabels zijn voorgespannen tussen stalen consoles die zijn uitgespaard in de betonconstructie. Deze ‘nestkastjes’ zijn zodanig ontworpen dat de grove betontoleranties kunnen worden vertaald naar zeer kleine toleranties die nodig zijn voor de detaillering van de glasgevel. De gegalvaniseerde stalen kabels lopen door bolvormige verbindingen voor het toelaten van vervormingen en ter voorkoming van materiaalmoeheid. Alle kabels hebben een diameter van 31,3 millimeter en een karakteristieke breeksterkte van 884 kilonewton. Eén van de technische uitdagingen van de constructieve gevels van de Markthal was het omgaan met de hoge voorspankrachten die overgedragen moeten worden naar de betonnen boog. De kabels zijn elk voorgespannen tot een maximum van 300 kilonewton.



Tussen de kabels zijn stalen gietknopen geplaatst (3) waardoor de verticale (1) en horizontale kabels (2) kruisen, terwijl de hoeken van de glaspanelen in één punt worden bevestigd. De afstand van de horizontale kabels tot het glas is 150 millimeter en de afstand van de verticale kabels tot het glas is 100 millimeter. Gelamineerde glaspanelen (4) van 1485 bij 1485 millimeter zijn bevestigd aan de kabels door middel van ronde klemschijven (5).

In het midden kan de gevel tot 70 centimeter vervormen tijdens extreme windbelasting. Een horizontale vervorming van de gevel met zulke toleranties is één van de kenmerken van kabelnetgevels. De vervormingen zorgen ervoor dat de kabels uitrekken en dat de glazen gevel doorbuigt. In de hoeken van de gevel waar 2 kanten van de glaspanelen zijn vastgeklemd kan één glashoek 50 millimeter naar binnen en baar buiten bewegen, waardoor het glaspaneel tijdelijk wordt getordeerd. Het detail van de deurportalen wordt ook beïnvloed door de bewegingen: de stalen frames bewegen mee met de gevel terwijl de draaideuren zelf op de grond blijven staan.

Tekening: Engineeringmodel (Octatube) met constructief systeem van een tennisracket
1: Mock-up in de fabriek van Octatube (schaal 1:1)
2: Detail van de mock-up
Schema: Vervormingen van de kabelnetgevel onder windbelasting (Octatube)



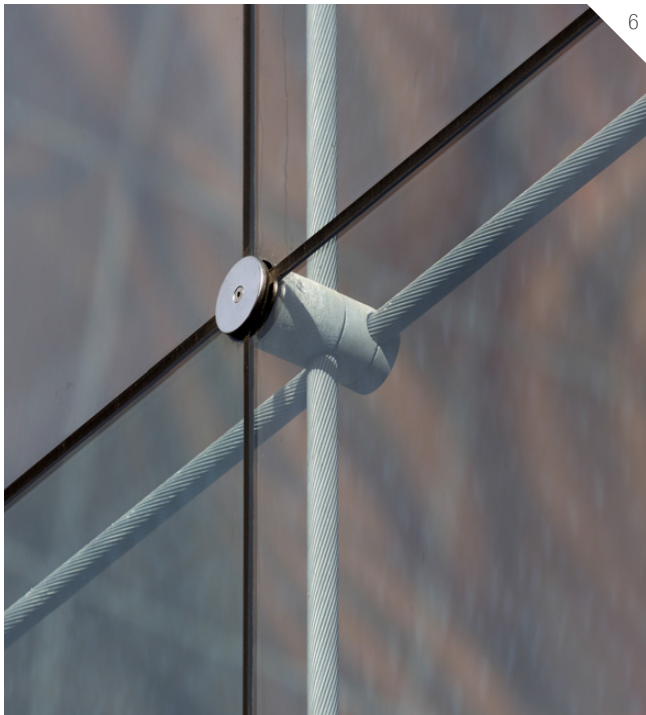
Productie en Installatie

De hoofdconstructie van de kabelnetgevels bestaat uit gegalvaniseerde stalen kabels, stalen gietknopen die tegelijkertijd dienen als glasbevestiging, en stalen platen voor de 'nestkastjes' in het beton.

Alle kabels in de gevel zijn hetzelfde uitgevoerd, maar de benodigde voorspankracht is voor iedere kabel verschillend. Om praktische redenen is er een verdeling gemaakt van de voorspankrachten en is de voorspanning gelijkgemaakt voor vijf naast elkaar gelegen kabels. Hiervoor is een speciaal voorspanprotocol geschreven om de betonnen boogconstructie geleidelijk en gelijkmatig te belasten. De kabels zijn zonder voorspanning te kort om aan weerszijden direct te worden bevestigd. Daarom zijn de kabels tijdens de montage eerst aan één zijde bevestigd, en is er voor de tegenoverliggende zijde een zogenaamde voorspanbrug gebruikt. Na de montage van alle kabels zijn ze telkens symmetrisch voor 50% hydraulisch op voorspanning gebracht. Hierna volgde een tweede ronde waarbij de kabels tot 100% zijn voorgespannen. De maximale trekkracht in de kabels bedraagt maar liefst 300 kilonewton, wat kan worden vergeleken met 20-25 personenauto's. Tijdens de installatie zijn alle kabels tussen de 94 en 147 millimeter uitgerekt.

De standaardafmeting van de glaspanelen is 1485 bij 1485 millimeter. Het glas is opgebouwd uit halfgehard helder float glas. De gelamineerde enkellaagse glaspanelen hebben een dikte van ongeveer 12 millimeter. Het is een bewuste keuze van de architect geweest om geen coating te laten aanbrengen op het glas. De belangrijkste overweging hiervoor is om de kabelnetgevels zo open en transparant mogelijk te maken. De twee gevels hebben beide een glasoppervlak van 1258 vierkante meter.

- 1: Kabels zijn geleverd en genummerd in de fabriek van Octatube
- 2: Stalen gietknopen zijn gegalvaniseerd
- 3: Voorspanbrug met hydraulische spanelementen
- 4: Installatie van gietknopen nadat de kabels zijn voorgespannen
- 5: Installatie van glaspanelen
- 6: Detail van knooppunten met structurele kit
- 7: Tijdens de gehele montage is een grote hefsteiger gebruikt



Realisatie

De Markthal is op 1 oktober geopend door Koningin Máxima. Sinds de opening heeft het gebouw voortdurend in de publiciteit gestaan. Er zijn honderden positieve recensies verschenen op architectuur websites en in (internationale) media zoals The Guardian en The New York Times. De realisatie van de Markthal heeft tevens een essentiële rol gespeeld in het versterken van het 'merk' Rotterdam. De reputatie van de stad is zodanig verbeterd dat Rotterdam is opgeklommen naar de top 10 van beste steden ter wereld om te bezoeken. In de eerste weken heeft de Markthal al één miljoen bezoekers gehad.

De buitenkant van de Markthal is net als de marktvloer en de omringende publieke ruimte bekleed met grijze natuursteen. Deze sobere materialisering legt de nadruk op het kleurrijke interieur waar zich een groot wandkunstwerk bevindt dat is gerenderd door de Pixar Studios en de volledige boogvormige binnengevel beslaat. Vooral in de avond komt het 11.000 m² grote kunstwerk tot leven. Dit wordt mede mogelijk gemaakt door de zeer transparante kabelnetgevels die een staalconstructie hebben van slechts negen kilo materiaal per vierkante meter. Het interieur van de Markthal staat in de volksmond bekend als de 'Sixtijnse Kapel van Rotterdam'. Het succes van de Markthal is een symbiose tussen een nieuwe gebouwtypologie en functie voor de stad, gedurfde architectuur en een spectaculair kunstwerk. De kabelnetgevels staan in dienst van deze aspecten.

- 1: Opening door Koningin Máxima van Nederland op 1 oktober 2014
2: Detail van de aansluiting tussen de kabelnetgevel en het kunstwerk in het interieur
3: Stedelijke context met de historische Laurenskerk aan de linkerkant

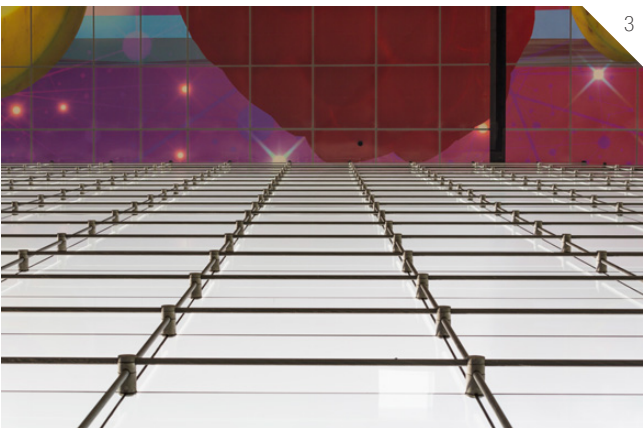


De Markthal heeft niet alleen als gebouw al verschillende prijzen gewonnen, maar ook de kabelnetgevels zijn bekroond met de Nederlands Bouwprijs 2015; toegekend in de categorie

bouwmaterialen en –systemen. De jury prees de samenwerking tussen constructie en architectuur, evenals het lef en de intelligentie van de engineers.

Net als glazen vinnen zijn kabelconstructies een opkomende trend in de architectuur. Kabelgevels zijn een opkomende trend in de architectuur en het perfecte middel om zeer transparante gevels te realiseren met een minimale hoeveelheid materiaal. Dit soort systemen en oplossingen passen perfect binnen de werkwijze en expertise van Octatube, waar alle afdelingen van ontwerp tot realisatie zijn gehuisvest onder één dak. De nauwe samenwerking tussen de verschillende afdelingen is de sleutel om tot innovatieve en betrouwbare resultaten zoals de Markthal te komen.

- 1: In het donker is de gevel bijna niet meer zichtbaar door het verlichte interieur
2: Robert Capel, Nils Eekhout en Mick Eekhout met de Nederlandse Bouwprijs 2015
3: Binnenzijde kabelnetgevels met op het plafond het kunstwerk





Project Partners:

- Provast (opdrachtgever)
- JP van Eesteren (hoofdaannemer)
- MVRDV (architect)
- RoyalHaskoningDHV (constructief ontwerper)

Octatube
Rotterdamseweg 200
2628 AS, Delft
T: 015 7890000
www.octatube.nl