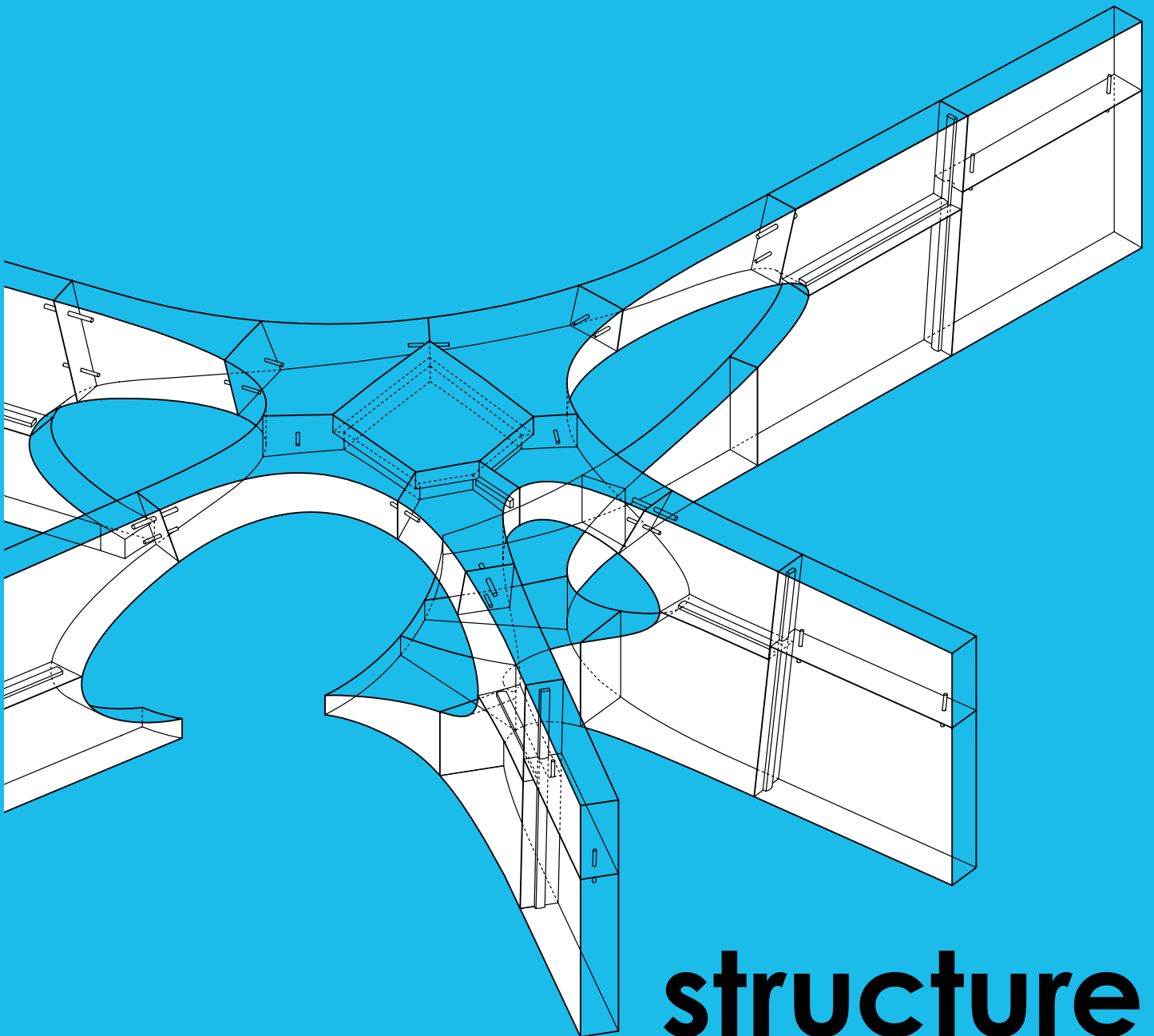


Bahnsteigdach aus hochleistungsfähigem Leichtbeton
Stadionhülle als hybride Netzstruktur
Modernes Natursteingewölbe in Cambridge

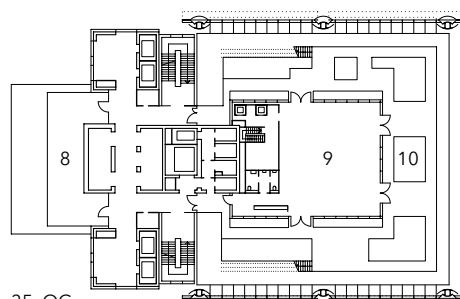
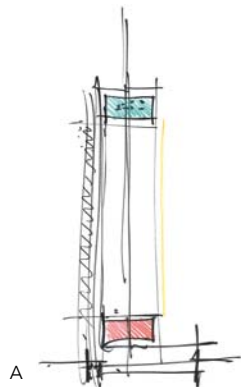
DETAIL

Zeitschrift für Tragwerksplanung und Architektur
Review of Structural Engineering and Architecture

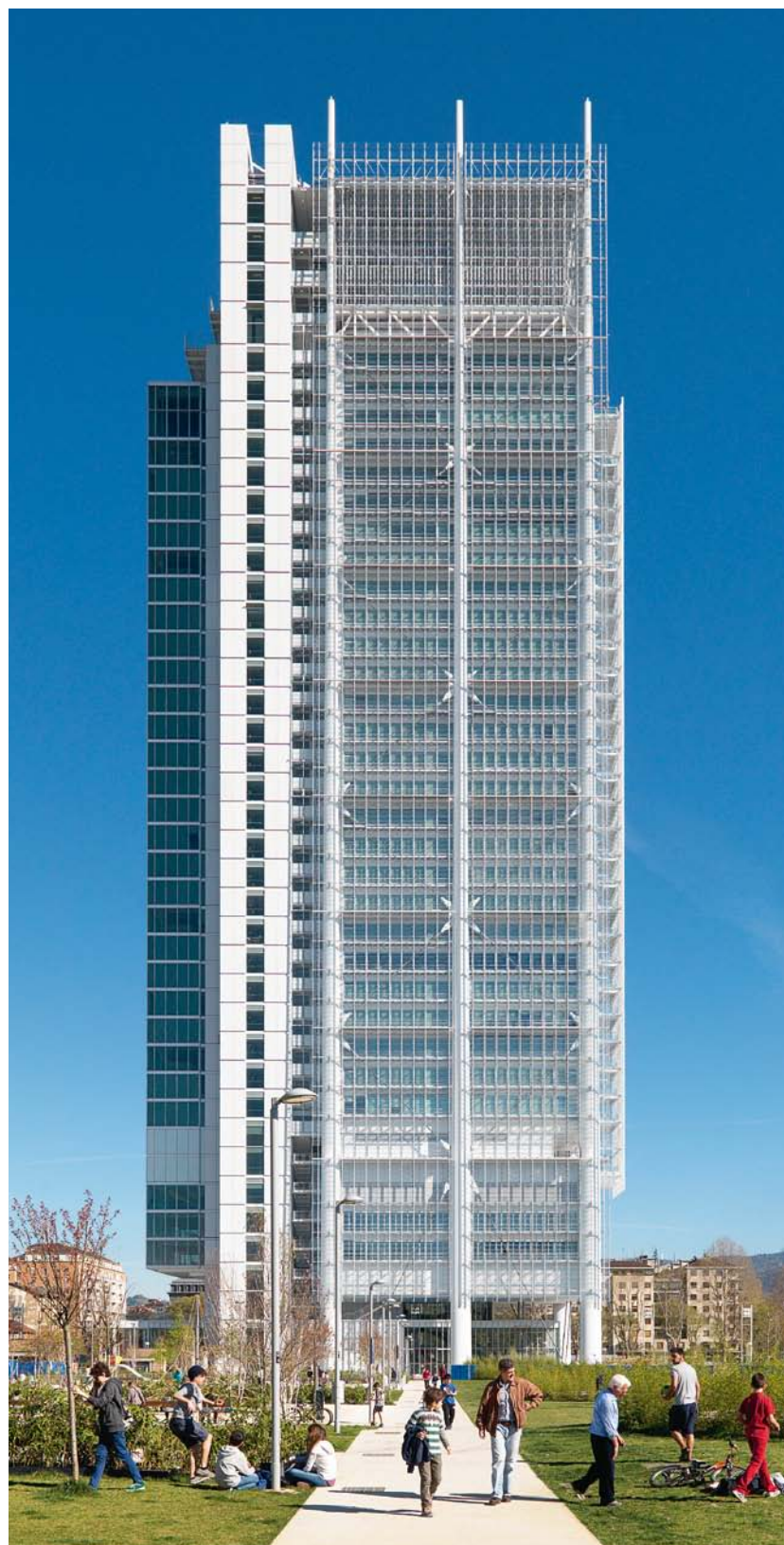


Hochhaus in Turin

High-Rise Block in Turin

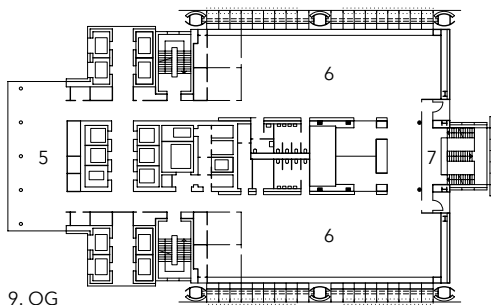


35. OG
35th floor

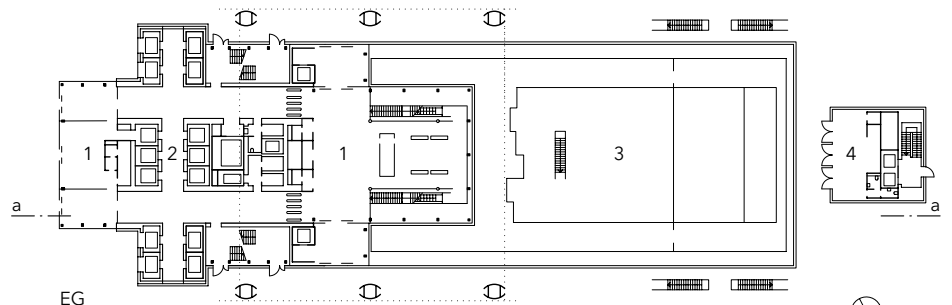


Der transparente Solitär setzt mit 166 m Höhe einen klaren Akzent im Turiner Stadtbild, nur knapp überragt von der 1,50 m höheren Spitze des Wahrzeichens »Mole Antonelliana«, dem nationalen Filmmuseum. Sein strahlend weißes Tragwerk – sich verjüngende, über diagonale Zug- und horizontale Druckstäbe verbundene Pfeiler – schimmert als zentrales Gestaltungselement durch die gläserne Doppelfassade. Durch enge Verknüpfung mit dem öffentlichen Raum soll der neue Sitz einer der größten italienischen Banken Teil des täglichen Lebens der Stadtbewohner werden und verspricht damit mehr als ein zur Schau stellen monetärer Stärke des Bankenwesens: Bewusst unter Nachhaltigkeitsaspekten geplant, und mittlerweile mit LEED-Platin ausgezeichnet, ragt der markante Bau mitten aus dem neu gestalteten Nicola Grosa Park empor. Er ruht auf einem Fundament aus Parkflächen und Versorgungsräumen, sowie einem Restaurant und einem Kindergarten mit Innenhof. Leicht abgesetzt schwebt über der Erdgeschosszone ein multifunktionales Auditorium, das für öffentliche Vorträge und Ausstellungen genutzt werden kann und über 350 Personen Platz bietet. Darüber erstrecken sich 27 Büroetagen mit nach Norden gerichteten Besprechungs- und Fortbildungsräumen. Ein aussteifender Erschließungskern aus Stahlbeton an der Nordseite und die außenliegenden Stahlpfeiler ermöglichen offene und flexible Bürogrundrisse, orientiert nach Westen und Osten mit großzügiger Belichtung über die filigrane Doppelfassade. Die Südfassade liefert durch integrierte Photovoltaikelemente einen wichtigen Beitrag zur Stromversorgung des Gebäudes – nur ein Baustein des umfassenden Energiekonzepts mit Nachtauskühlung und natürlicher Belüftung der Fassade, sowie Grund- und Regenwassernutzung. Das der Fassade vorgehängte, mit Kletterpflanzen begrünte Treppenhaus im Süden dient zudem wie ein Wintergarten der Filterung des Sonnenlichts und der direkten büro-internen Verbindung. Den Abschluss des Hochhauses bildet ein für jedermann frei zugänglicher Dachpavillon, inspiriert durch die viktorianischen Glaspaläste. Als mehrgeschossiger Dachgarten mit Restaurant und Ausstellungsbereich bietet dieser einen einzigartigen Ausblick auf die Stadt und das Turiner Alpenpanorama.

AO



9. OG
9th floor



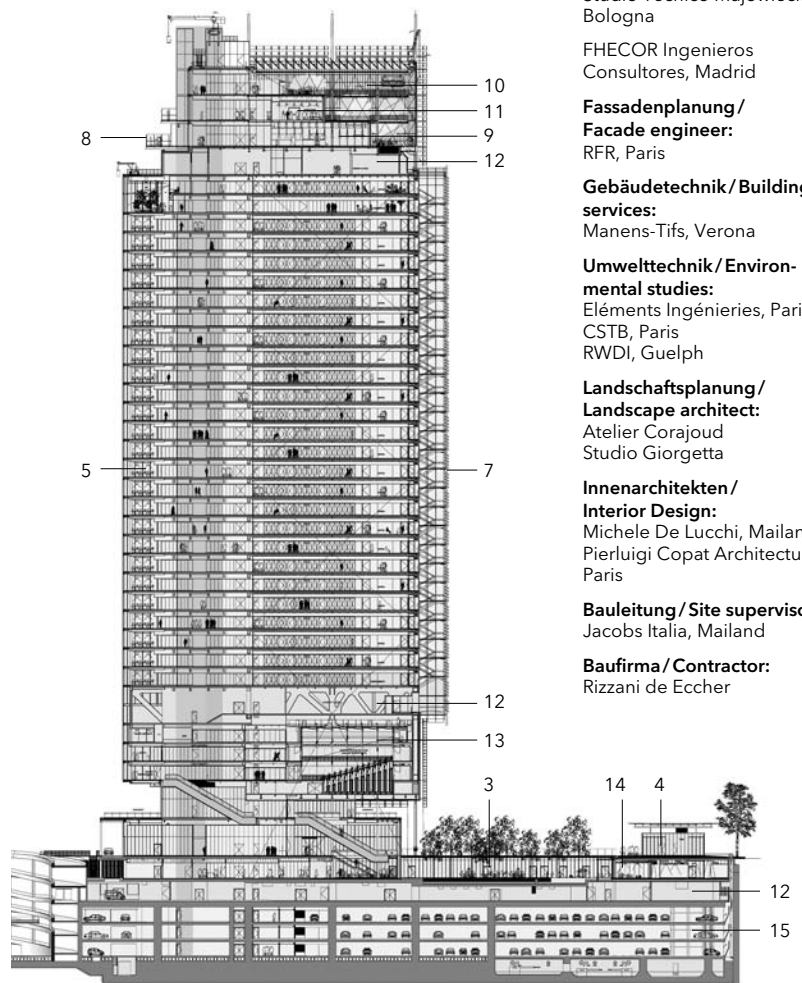
EG
Ground floor

At 166 metres, the tower is a distinctive feature in the Turin cityscape in which its height is surpassed only just by the tip of the historic "Mole Antonelliana", the national film museum. Its brilliant white loadbearing structure – tapering columns connected by diagonal and horizontal ties – appears to shimmer as the defining design element through the glazed double facade. Through the close linking with the surrounding public open space, the new seat of one of Italy's biggest banks becomes part of the daily lives of the city's inhabitants, promising more than an extravagant expression of the monetary strength of the banking industry: designed specifically with sustainability in mind and since awarded the LEED Platinum certificate, the striking structure rises from the centre of the newly designed Nicola Grosa Park and rests on a foundation of parking garages and utility services rooms, a restaurant and a children's nursery with an internal courtyard. Slightly offset and with seats for more than 350, a multifunctional auditorium that can be used for public presentations and exhibitions floats above the ground plane. Twenty-seven office floors with north-facing meeting and training rooms extend above this level. A reinforced concrete circulation core to the north end of the floor plate and external steel columns allow open, flexible office floor layouts oriented to the west and east with plenty of natural light entering the spaces through a slender-framed double facade. The integrated photovoltaic arrays on the southern facade provide a significant contribution to the power required to operate the building – and is only one component of the comprehensive energy concept, with night cooling and natural ventilation through the facade, and the use of ground and rain water. A glazed stair cantilevers from the south elevation and contains climbing plants like a conservatory. It filters sunlight and provides a direct connection between the office floors. The tower is topped by a roof pavilion, inspired by the nineteenth century great glass-houses and can be accessed by the general public. This multi-storey roof garden with a restaurant and exhibition area offers a unique view of the Turin Alpine panorama.

Grundrisse
Maßstab 1:1000
Schnitt
Maßstab 1:1500

Floor plans
scale 1:1000
Section
scale 1:1500

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1 Empfang | 1 Reception |
| 2 Erschließungskern | 2 Circulation core |
| 3 Innenhof | 3 Courtyard |
| 4 Café | 4 Cafe |
| 5 Besprechungsraum | 5 Meeting room |
| 6 Büro | 6 Office |
| 7 Begrünte Südterrasse | 7 Planted south stairwell |
| 8 Dachterrasse | 8 Roof terrace |
| 9 Restaurant | 9 Restaurant |
| 10 Dachgarten | 10 Roof garden |
| 11 Ausstellung | 11 Exhibition area |
| 12 Technikenebene | 12 Building services floors |
| 13 Auditorium | 13 Auditorium |
| 14 Kindergarten | 14 Children's nursery |
| 15 Parkgarage | 15 Underground parking |



aa

Bauherr/Client:
Intesa SanPaolo

Architekten/Architects:
Renzo Piano Building
Workshop
Genoa, Paris, New York

Paul Vincent, Anne-Hélène
Temenides (Projektleitung)

Studio Inarco, Turin
(Beratende Architekten)

**Tragwerksplanung /
Structural engineer:**
Expedition Engineering,
London
Chris Wise, Sean Walsh
Julia Ratcliffe (Projektleitung)

Studio Ossola, Turin
Francesco Ossola, Christian
Baldini

Studio Tecnico Majowiecki,
Bologna

FHECOR Ingenieros
Consultores, Madrid

**Fassadenplanung /
Facade engineer:**
RFR, Paris

**Gebäudetechnik/ Building
services:**
Manens-Tifs, Verona

**Umwelttechnik/ Environ-
mental studies:**
Eléments Ingénieries, Paris
CSTB, Paris
RWDI, Guelph

**Landschaftsplanung /
Landscape architect:**
Atelier Corajoud
Studio Giorgetta

**Innenarchitekten /
Interior Design:**
Michele De Lucchi, Mailand
Pierluigi Copat Architecture,
Paris

Bauleitung/ Site supervisor:
Jacobs Italia, Mailand

Baufirma/ Contractor:
Rizzani de Eccher



Julia Ratcliffe

Die Autorin ist Ingenieurin und Mitglied der Geschäftsführung von Expedition Engineering (London). Sie war die verantwortliche Projektleiterin im Bereich der Tragwerksplanung.

The author is a structural engineer and a director of Expedition Engineering (London). She was the project manager for structural engineering design.

Das Tragwerk des Hochhauses

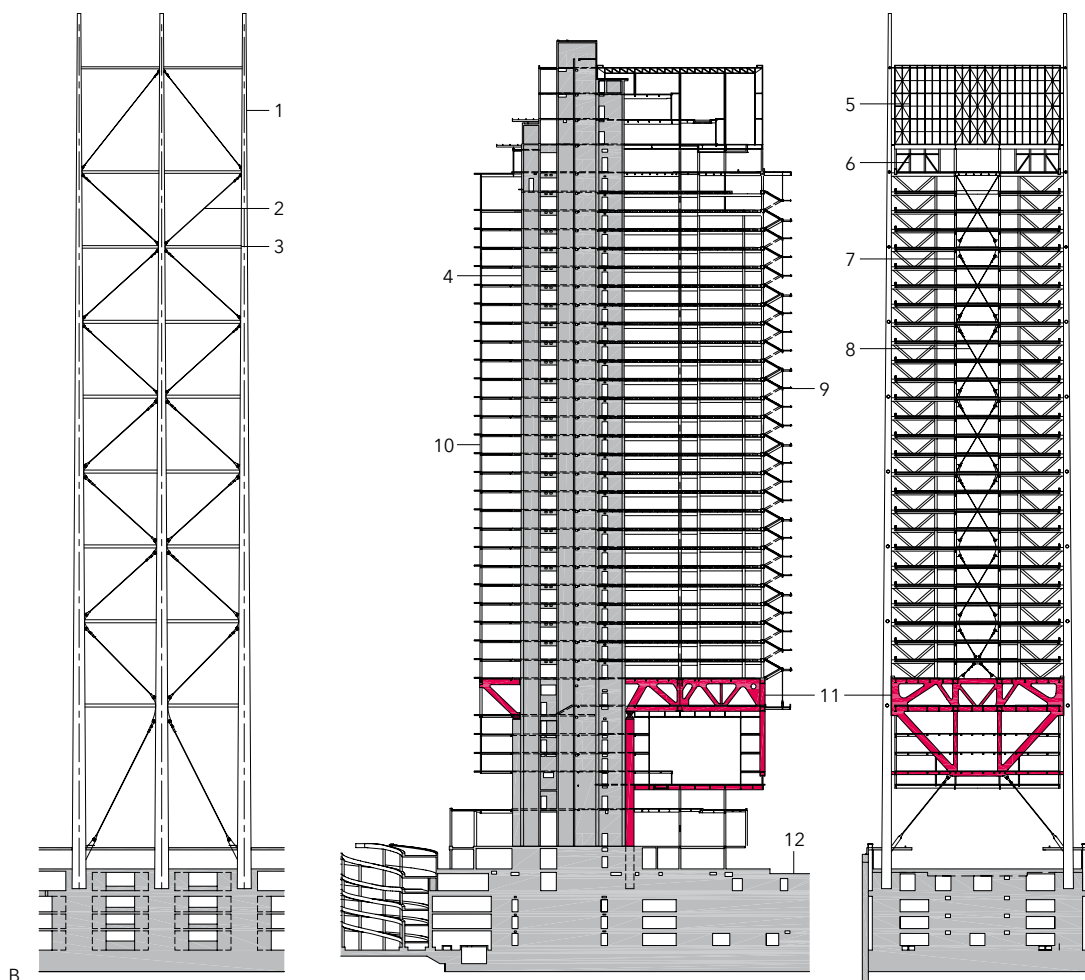
Renzo Piano Building Workshop und Expedition Engineering entwarfen das Hochhaus in Turin im Jahr 2006 im Rahmen eines beschränkten internationalen Wettbewerbs. Ein zentrales Merkmal des Entwurfs war es, das Hauptvolumen des Turms von der Erdgeschosszone abzuheben und so eine Verbindung zwischen der Straße – dem Corso Inghilterra – und dem angrenzenden öffentlichen Park zu schaffen. Diese Entscheidung hatte großen Einfluss auf die Entwicklung der primären Tragkonstruktion. Das Planungsteam erarbeitete auf Grundlage dieses Konzepts

The tower structure

The tower design was conceived in 2006 by Renzo Piano Building Workshop and Expedition Engineering in response to an invited international competition. A fundamental principle of the winning scheme was to lift the main volume of the tower above the ground to create a connection between the main street – Corso Inghilterra – and the adjacent public park. This feature was a major influence on the development of the tower's primary loadbearing frame and stability system. On the basis of this concept, the design team developed a complex hierarchy of structural elements and detailing. This is legible from the massive megacolumns to the filigree of the roof-top glasshouse. Each element was carefully developed and tested against aesthetic and functional criteria with the close collaboration of all the designers to ensure the details could be realised to the highest technical standards. The exposed steelwork framing was formed from steel plate for consistency of architectural language throughout the building and to assist with development of complementary connection detailing. The east and west elevations feature a braced exo-skeleton with three megacolumns spaced 16.5 m apart on each side. The six 175 m high columns taper from 2800 x 1970 mm at the second basement level, where they are supported on the reinforced concrete substructure, to 700 x 600 mm

- A Skizze des Architekten zum grundlegenden Konzept des Hochhauses
- B Schematische Darstellung der Tragstruktur Maßstab 1:1500
- C Anschlusspunkt der diagonalen Verspannungen an den mittleren Pfeiler, Maßstab 1:100

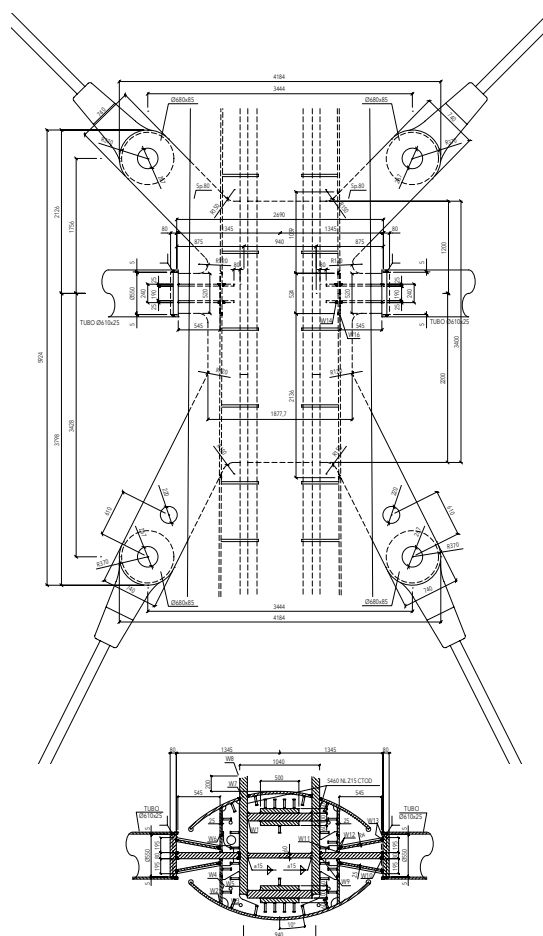
- 1 Hauptpfeiler
- 2 Diagonale Verspannung der West- und Ostseiten
- 3 Horizontalstreben zur Lastabtragung der äußeren Hülle der Doppelfassade
- 4 Stahlbetonkern zur Erschließung und Aufnahme der Quer- und Torsionskräfte
- 5 Dachpavillon aus filigranen Stahlprofilen
- 6 Fachwerkträger als Sockel für den Dachpavillon
- 7 Innenliegende Stützen
- 8 Diagonale Verspannung der Stützen an der Südseite
- 9 Ausragendes Südtreppehaus
- 10 Ausragende Besprechungsräume im Norden
- 11 Fachwerkträger zur Umlenkung der Geschosslasten auf die Pfeiler und den Kern
- 12 Stahlbetonfundament



eine komplexe Hierarchie der Tragwerkselemente und ihrer Ausbildung im Detail. Diese ist ablesbar von den massigen Stahlpfeilern bis zum filigranen Dachgarten. Jedes Element wurde anhand ästhetischer und funktionaler Kriterien in enger Zusammenarbeit aller beteiligten Planer genau geprüft, um in der Ausführung höchste technische Standards zu erfüllen. Die sichtbare Konstruktion wurde in der Regel aus Stahlblechelementen gefertigt, um eine durchgängige Architektursprache im gesamten Gebäude zu erreichen und die Entwicklung aufeinander abgestimmter Verbindungsdetails zu erleichtern.

An der Ost- und Westseite befindet sich jeweils ein mit Zugstäben verspanntes Außenskelett mit drei enormen Hauptpfeilern von je 16,5 m Achsabstand. Die sechs 175 m hohen Pfeiler verjüngen sich ab dem Stahlbetonfundament auf der Ebene -2 von 2800×1970 auf 700×600 mm an der Spitze. Die Planer arbeiteten dafür bereits im Jahr 2007 mit einem Vorläufer der Software Grasshopper für parametrische Konstruktionen, um die Geometrie der Pfeiler aus einfach gekrümmten Blechen zu formen. Horizontale Aussteifungen zwischen den Hauptpfeilern in jedem vierten Geschoss tragen zugleich die äußere Hülle der Doppelfassade. Die Tragkonstruktion muss sowohl seitlichen Windkräften, seismischen Einwirkungen, sowie ständigen Kippmomenten durch die auskragenden Bespre-

at the top of the tower. In 2007, the engineers used a forerunner of the Grasshopper software package for the parametric design to arrive at the geometry of the columns based on single curvature plates. Horizontal bracing struts between the megacolumns at every fourth storey support the outer skin of the double facade. The structure has to withstand lateral wind forces, seismic effects and permanent overturning moments from the cantilevering conference rooms on its northern side. It was originally envisaged that the central circulation core would also be steel to simplify procurement and construction sequencing. An increase in steel prices during the design period was a prime driver in the decision to change to a reinforced concrete core. This change had the added benefit of increasing the lateral and torsional stiffness and damping, which led to a reduction in the perceptible accelerations due to lateral wind forces. This meant that there was no longer a need for provision to be made for a high-level tuned mass vibration damper with its associated high cost and space requirements. A major challenge of this comparatively late change was developing models to calculate long-term differential shrinkage and creep of the core relative to the surrounding braced steel structure, and designing modified connection details and a construction sequence to accommodate these movements.



- A the architect's sketch describing the concept of the tower
- B schematic of the primary structure, scale 1:1500
- C connection of the diagonal struts at the central megacolumn scale 1:100

- 1 megacolumn
- 2 diagonal bracing on west and east elevations
- 3 horizontal bracing struts supporting the double facade's outer skin
- 4 reinforced concrete vertical circulation core
- 5 glass roof pavilion
- 6 truss supporting the roof pavilion
- 7 internal columns
- 8 diagonal bracing on the south elevation
- 9 cantilevering south stairs
- 10 meeting rooms on the north side supported on cantilever truss
- 11 transfer trusses spanning onto the megacolumns and core
- 12 reinforced concrete sub-structures

C



D

- D Oasys GSA Analysemodell zur Knickbeanspruchung des Hochhauses
- E Finite-Elemente-Studie zur maximalen Zugbelastung des Fachwerkträgers
- F Mock-up der Doppelfassade als 1:1 Modell
- G Anschluss der äußeren Hülle der Doppelfassade an die Horizontalstreben
- H Stahlbetondeckenelement mit Hohlraum für die Nachtauskühlung

- D Oasys GSA model for tower buckling analysis
- E finite element analysis of the two-way transfer trusses
- F mock-up of double facade 1:1 model
- G connection of the outer skin of the double facade to the horizontal bracing struts
- H reinforced concrete ceiling slab with voids for night cooling

chungsräume an der Nordseite standhalten. Ursprünglich war angedacht, den zentralen Erschließungskern ebenfalls als reine Stahlkonstruktion zu realisieren, um die Herstellung und den Bauablauf zu vereinfachen. Ein Anstieg der Stahlpreise während der mehrjährigen Entwurfsphase führte dazu, die Planungen hin zu einem Stahlbetonkern zu ändern. Dies hat den zusätzlichen Vorteil, dass die Biegesteifigkeit verbessert und damit auch für den Nutzer wahrnehmbare Schwingungen – ausgelöst durch seitliche Windkräfte – verhindert werden konnten. Ein massereicher Schwingungstilger, der sowohl höhere Kosten bedeutet, als auch räumliche Auswirkungen gehabt hätte, war dadurch obsolet geworden. Eine der großen Herausforderungen dieser vergleichsweise späten Änderung war es, Modelle zu entwickeln für das langfristige unterschiedliche Kriech- und Schwindverhalten des Kerns relativ zur umfassenden verspannten Stahlkonstruktion. Zudem mussten die Verbindungsdetails, sowie der Bauablauf, den Änderungen und diesen Bewegungen angepasst werden.

Die Deckenplatten der Bürogeschosse – vorgespannte Stahlbetonhalbfertigteile – lagern auf Stahlträgern, die geschossweise an den äußeren Pfeilern und innenliegenden Stützen befestigt sind. Über die Doppelfassade wird Außenluft mithilfe des Kamineffekts in 230 mm hohen Deckenkanälen von Ost nach West geleitet und zur Nachtauskühlung in den Sommermonaten genutzt. Die Deckenuntersichten sind als Sichtbetonoberflächen mit integrierten Leuchten ausgeführt. Abgehängte Flächenheizkörper werden mit einer Grundwasserwärmepumpe betrieben.

Der lastenumlenkende Fachwerkträger

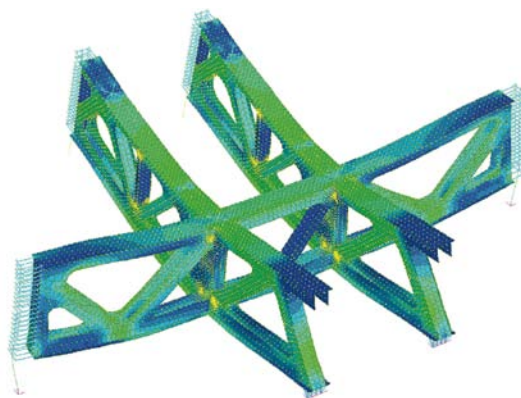
Die Lastabtragung aus den 27 Büroetagen über dem Auditorium machte eine in zwei Richtungen spannde, 2350 Tonnen schwere Fachwerkstruktur zur Umlenkung der Lasten notwendig. Diese spannt bis zu 30 m zwischen den sechs Hauptpfeilern und dem aussteifenden Kern. Der 6,5 m hohe Träger besteht aus vorgefertigten rechteckigen Querschnitten aus hochfesten, bis zu 120 mm di-



The office floor slabs are constructed from high-quality exposed prestressed, precast concrete channel units with an insitu concrete topping slab to form 230 mm deep internal voids. The slabs are supported by steel beams attached to the columns at each floor. Air is naturally drawn through these voids from the east to west elevations through the stack effect of the double-skin facade to take advantage of night cooling in the summer months. The soffits are exposed and detailed for integration with lighting and suspended radiant panels using energy from ground source heat pumps.

Transfer truss construction

A 2,350 tonne trussed girder construction spanning in two directions was required to transfer the loads from the internal columns supporting the 27 office floors above the auditorium. This structure spans up to 30 m between the six megacolumns and the core. The 6.5 m deep trussed girders consist of rectangular sections fabricated from high-strength steel plates (up to 120 mm thick) and are located within the equipment room level at the 6th floor. On the south facade, the truss is increased to 20 m deep and concealed by the rear wall of the auditorium. Assembled at ground floor level first, the truss was lifted using a strand jack system, which was installed on the already completed parts of the mega-



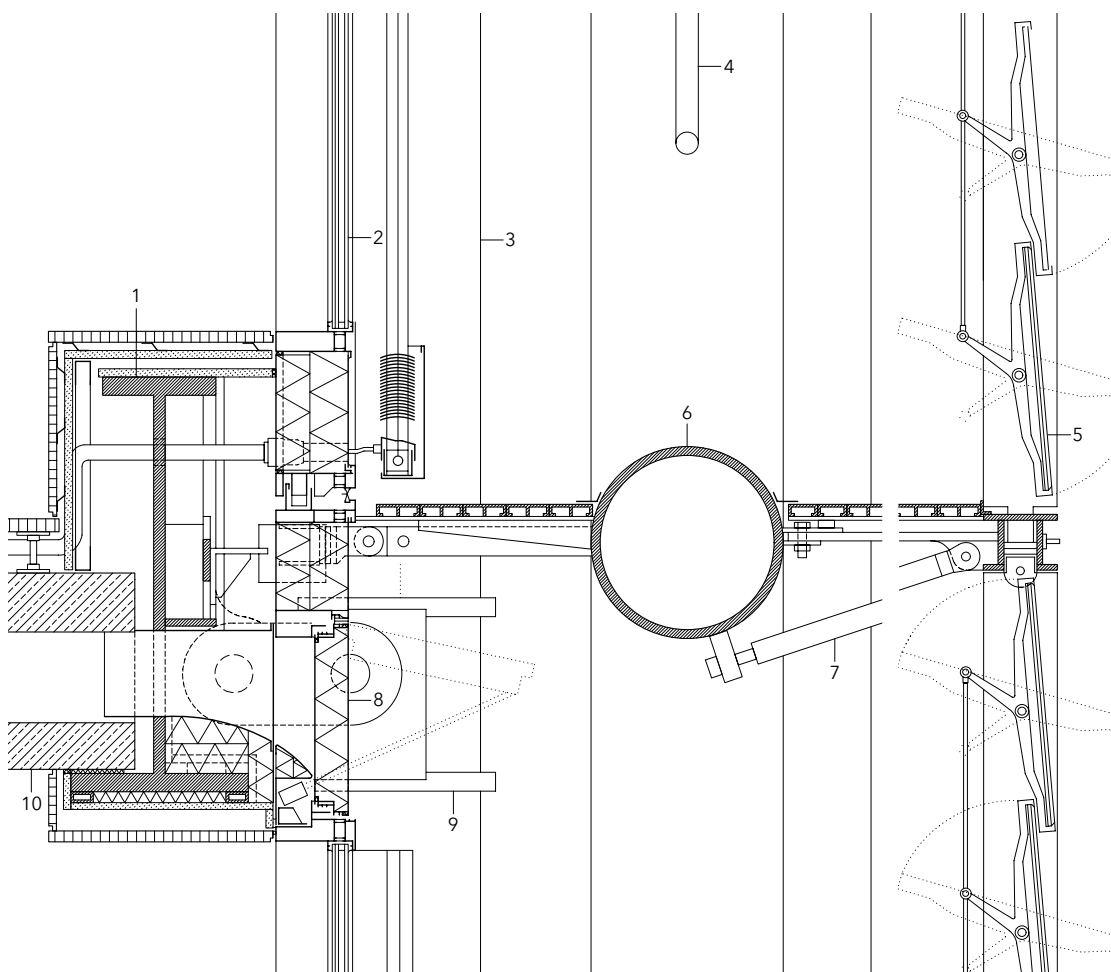
E

cken Stahlplatten und befindet sich auf der Technikebene im 6. Obergeschoss. An der Südfassade hat er eine Höhe von bis zu 20 m und wird von der Rückwand des Auditoriums verdeckt. Zunächst auf Erdgeschossniveau zusammengesetzt, wurde der Fachwerkträger Anfang 2012 mit einem Litzenhubsystem angehoben, das auf dem bereits fertigen Teil der Hauptpfeiler installiert war, und anschließend in Position verschweißt. Für den Fachwerkträger, der die Hauptlasten auf die Pfeiler überträgt, arbeiteten die Planungsbüros eng mit den Baufirmen, Stahlbauern und Schweißspezialisten zusammen, um die Verbindungen aus Schmiedeteilen an den Schnittstellen des in zwei Richtungen spannenden Trägers zu entwickeln. Im Entwurfsprozess nutzte Expedition Engineering die Software Rhino für 3D Modelle und zur Kommunikation der Tragwerksprinzipien. Exportierte Geometrien aus diesen Modellen bildeten die Grundlage für die ersten Simulationen und wurden schließlich in die Detailplanung und die Gesamtanalysemodelle einbezogen. Abschließend wurde eine Serie von Finite-Elemente-Teilmodellen verwendet, um das Verhalten kritischer Bauteile zu beurteilen. So konnten Belastungskonzentrationen lokalisiert werden – was besonders bei den Schnittpunkten des großen Fachwerkträgers relevant war.

columns, and then welded into position in 2012. For the design of the trusses, which transfer the main loads into the columns, the engineers worked closely with the construction contractors, steel fabricators and welding specialists to develop connection details including using castings at the intersection of the trusses. The engineering designers used the Rhino software package from the outset as a 3D sketching tool to communicate the structural principles and develop key details with the design team. Geometry exported from these models formed the basis for the first analysis simulations. They were subsequently used in the detailed design and in the global analysis models. Then a series of finite element models of critical elements and connections were used to assess their behaviour. This allowed load concentrations to be identified and located, which was particularly relevant to the transfer truss connections.

The "Serra", crowning the tower

A naturally ventilated glass roof pavilion offers a public all-season garden with a view over the city and beyond to the Alps. The Serra crowns the tower and reaches 15 m into the air over three levels from a 30 x 30 m square base floor plan. It is constructed from slender welded steel columns and beams. Inspired by Paxton's 19th century Crystal Palace, it was

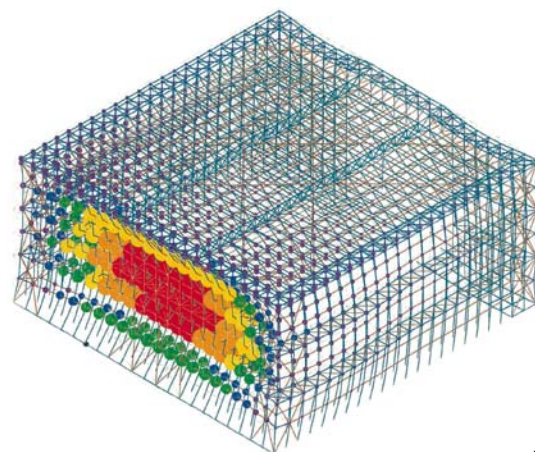


Schnitt Westfassade
Maßstab 1:20

- 1 Stahlträger I 1100 mm
- 2 Isolierverglasung
- 3 Hauptpfeiler Stahl mit Beton verfüllt (Brandschutz)
- 4 Diagonaler Zugstab
- 5 Glaslamelle in der äußeren Hülle der Doppelfassade
- 6 Horizontales Stahlrohr Ø 500 mm
- 7 Anschluss der äußeren Hülle der Doppelfassade an Stahlrohr
- 8 Öffnungsklappe gedämmt für Nachtauskühlung
- 9 Verbindungsblech Pfeiler Stahlträger
- 10 Deckenplatte: Stahlbetonhalbfertigteil mit Luftkanal

Section of west facade
scale 1:20

- 1 I 1100 mm steel beam
- 2 double glazing
- 3 steel megacolumn with concrete fill (fire protection)
- 4 diagonal bracing cable
- 5 operable louvre in outer facade
- 6 Ø 500 mm horizontal steel bracing strut
- 7 connection of outer facade from bracing strut
- 8 insulated opening flap for night cooling
- 9 megacolumn to steel beam connection
- 10 exposed soffit of precast concrete floor slab



K

- I Begrünte Südterasse
 - J Südfassade mit Dachpavillon, Photovoltaik-
elementen, begrünter
Treppe und Auditorium
 - K 3D-Analysenmodell des
Dachpavillons bei Belas-
tung durch Südwind
 - L Profile der umlaufenden
Stützen des Dachpavillons
 - M Profil einer inneren,
kreuzförmigen Stütze
-
- I planted south stairs
 - J south elevation with roof
pavilion, photovoltaic
panels, planted stairs and
auditorium
 - K 3D analysis model of the
roof pavilion under load
from south wind
 - L sections of typical perim-
eter columns supporting
the roof pavilion
 - M section of internal cruci-
form column

Krönender Dachabschluss: der »Serra«

Der natürlich belüftete Dachpavillon aus Glas, italienisch »Serra«, umhüllt einen öffentlichen, ganzjährigen Garten mit Blick über die Stadt bis zu den Alpen. Er krönt den Turm und reicht über einem 30 x 30 m großen, quadratischen Grundriss über drei Geschosse 15 m in die Höhe. Die Konstruktion besteht aus filigranen, verschweißten Stahlstützen und -trägern mit Zugstabelementen. Inspiriert von Paxtons Kristallpalast des 19. Jahrhunderts wurde er von Anfang an als ein Zusammenspiel von leichten Teilen auf einem regelmäßigen Grundrissraster von 1,50 m konzipiert. In der weiteren Ausarbeitung entstand dann ein Systembausatz aus Standardelementen und Verbindungsdetails.

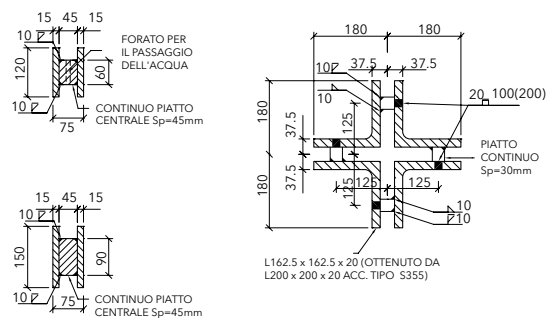
Die Leichtigkeit der Elemente war der architektonische Anspruch: Die umlaufenden, äußeren Stützen sind nicht mehr als 150 mm tief. Horizontale Auskreuzungen der umlaufenden Galerien und des Dachrands stabilisieren die Hüllflächen in Querrichtung. Über vorgespannte hochfeste Stahlstabauskreuzungen der äußeren Fassadenebene werden die Windlasten und die Horizontallasten aus den Hauptfeilern zur unterstützenden Sockelkonstruktion geleitet. Die Vorgaben für die Detaillierung der paarweise gekoppelten Bleche und Stäbe wurden durchgängig angewandt, um eine Klarheit und Einfachheit mit schlanken Querschnitten zu erreichen, was eine präzise und anspruchsvolle ingenieurmäßige Analyse erforderte. Das Dach ist als Sheddach ausgebildet, das diffuses Nordlicht einlässt und zur Belüftung genutzt werden kann. Die Träger sind in die Sheds integriert und ihre kompakten Querschnitte maximieren den Lichteinfall. Regenwasser vom Dach wird gesammelt, um die Pflanzen des Gartens zu bewässern.

conceived from the start as an interplay of delicately proportioned components on a regular 1.5 m planning module. The design developed as a system-built structure made out of standard components and connection details. The slenderness of the elements was a significant aesthetic criterion: the perimeter columns are no more than 150 mm in depth. Horizontal rod bracing in the walkways and the roof laterally restrain the wall elements, transferring wind and megacolumn restraint forces into the supporting base structure through diagonally crossed prestressed high-strength steel rods on the perimeter elevations.

The requirements for detailing the paired-plate members were consistently applied to achieve clarity and simplicity using slim cross sections, which required precise and meticulous structural engineering analysis. The sawtooth roof profile allows diffuse north light to enter and can be used for ventilation. The roof trusses are integrated into the roof profile and the compact size of the diagonal members maximises the admitted light. Rainwater is collected from the roof and used to water the plants within.



J



L

M