



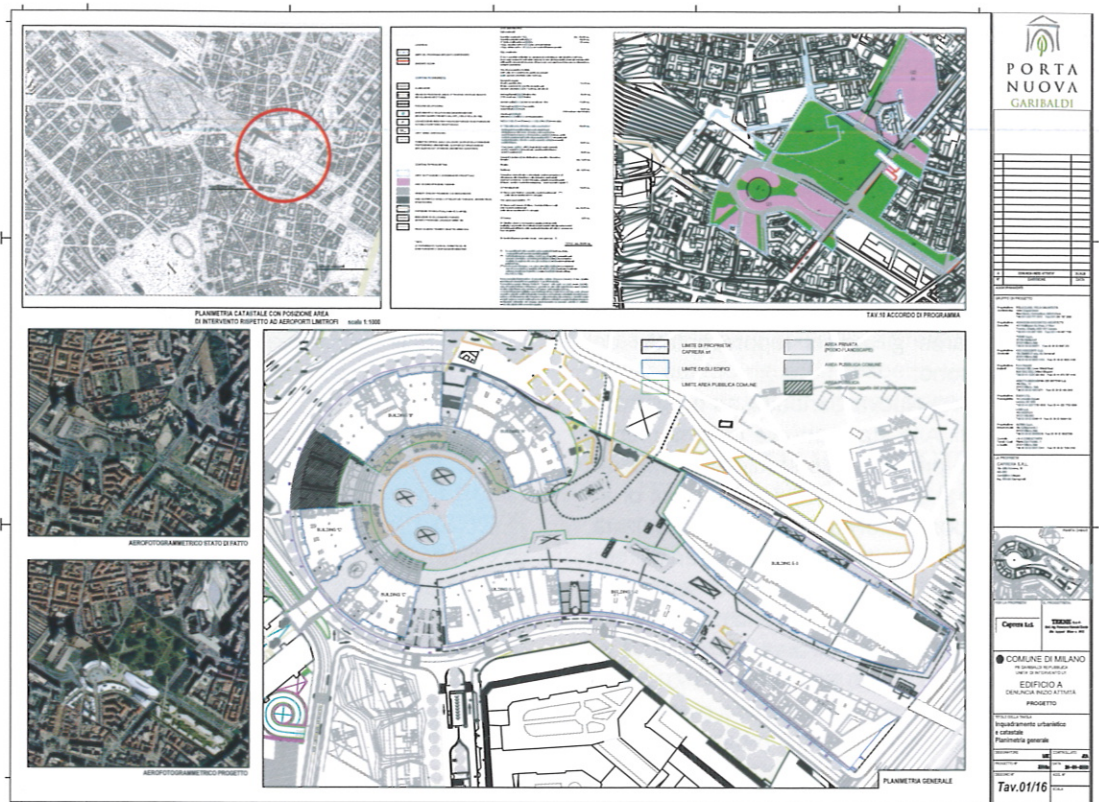
Porta Nuova: sostenibilità, sicurezza e calcestruzzi HPC

*Un progetto di eccellenza, un esempio che esalta l'innovazione del calcestruzzo.
Il quartiere Porta Nuova è stato realizzato con il contributo delle grandi firme dell'architettura.*

Laura Verdi

L'intervento di Porta Nuova si prefigura come uno dei progetti di eccellenza - insieme al limitrofo "Palazzo Lombardia" (anche conosciuto con il nome "Altra Sede") di recente inaugurato, e a City Life - della Milano proiettata verso l'Expo 2015. È un intervento delle grandi firme dell'architettura, le archistar mondiali, che segna una definitiva svolta di un'area in centro cittadino da vari decenni abbandonata e occupata parzialmente, per buona parte degli ultimi anni,

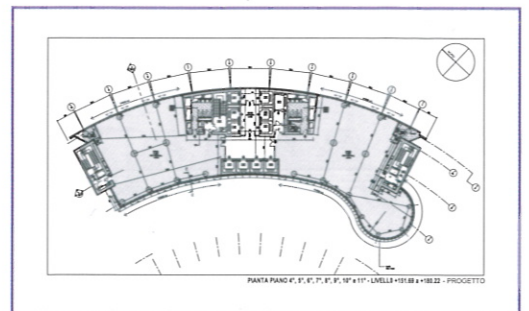
dal Luna Park "Le Varesine", ancora splendido nel ricordo dei quaranta-cinquantenni di oggi, bambini di allora. Il progetto, in fase di realizzazione, si inserisce nella riqualificazione della più vasta area Garibaldi Repubblica, individuata nel primo piano regolatore cittadino dalla fine della guerra come Centro Direzionale della città di Milano e da allora così ancora chiamata, anche se quanto preannunciato dall'allora ottimistico PRG era miseramente fallito nel corso degli anni



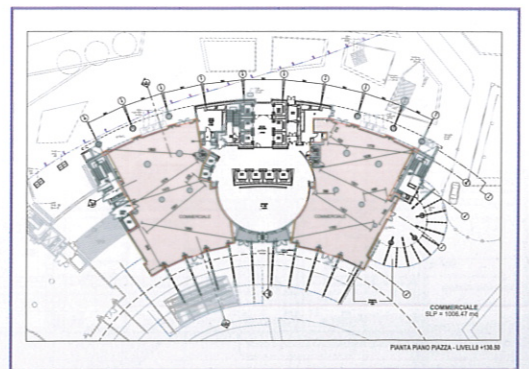
Planimetria generale.

della ricostruzione confusa del Secondo Dopo Guerra. Per il capoluogo meneghino l'area di Porta Nuova costituisce uno dei più importanti nodi intermodali cittadini. Alla linea metropolitana 2 e al Passante ferroviario a breve si aggiungerà la nuovissima linea 5 che collegherà il quartiere Bicocca con l'area della ex Fiera campionaria. Il masterplan dell'area Porta Nuova Garibaldi è stato sviluppato recependo la necessità di ricollegare pedonalmente tre quartieri tutt'oggi separati: Isola, Corso Como e Varesine. Questa scelta ha comportato la realizzazione di una grande area pedonale costituita dal Podio tra le torri di Garibaldi ed il parco verso il quartiere Isola che sono stati posti al di sopra (circa 6 metri) delle strade esistenti per separare nettamente l'area pedonale dal traffico veicolare urbano. Questa scelta urbanistica è quella che di fatto ha creato la necessità di realizzare un tunnel veicolare per ripristinare il collegamento tra Via Don Sturzo, passando per la stazione di Porta Garibaldi verso il Cimitero Monumentale. Con un grande sforzo nel coordinare tutti gli aspetti tecnici connessi, dalla progettazione fino alla realizzazione, il tunnel è stato aperto a luglio 2009 con cinque mesi di anticipo rispetto al crono programma, e costituisce un importante tassello per la semplificazione della viabilità veloce cittadina. Completata la costruzione dell'area Garibaldi il tunnel sarà al di sotto dei giardini di Porta Nuova che avranno una superficie di oltre 160.000 m² dove saranno presenti piazze, piste ciclabili e pedonali e tutta una

serie di luoghi aperti alla vita cittadina. Finalmente Milano guarirà una "ferita urbanistica" aperta da decenni ridando ai propri cittadini la possibilità di ricollegare il quartiere Isola, compresa la nuovissima sede della Regione Lombardia, con Corso Como e con il quartiere Varesine.



Torre A - Pianta piano tipo 4,5,6,7,8,9,10,11.



Torre A - Pianta piano piazza.

L'INTERVENTO IN SINTESI

Il progetto di Porta Nuova è stato sviluppato con la volontà di non creare un polo esclusivamente direzionale, che diventerebbe un luogo desolato nei giorni festivi, ma bensì un luogo cittadino urbano moderno, un'area viva della vita cittadina realizzando oltresi un'ampia zona residenziale, ricreativa e destinata al commercio.

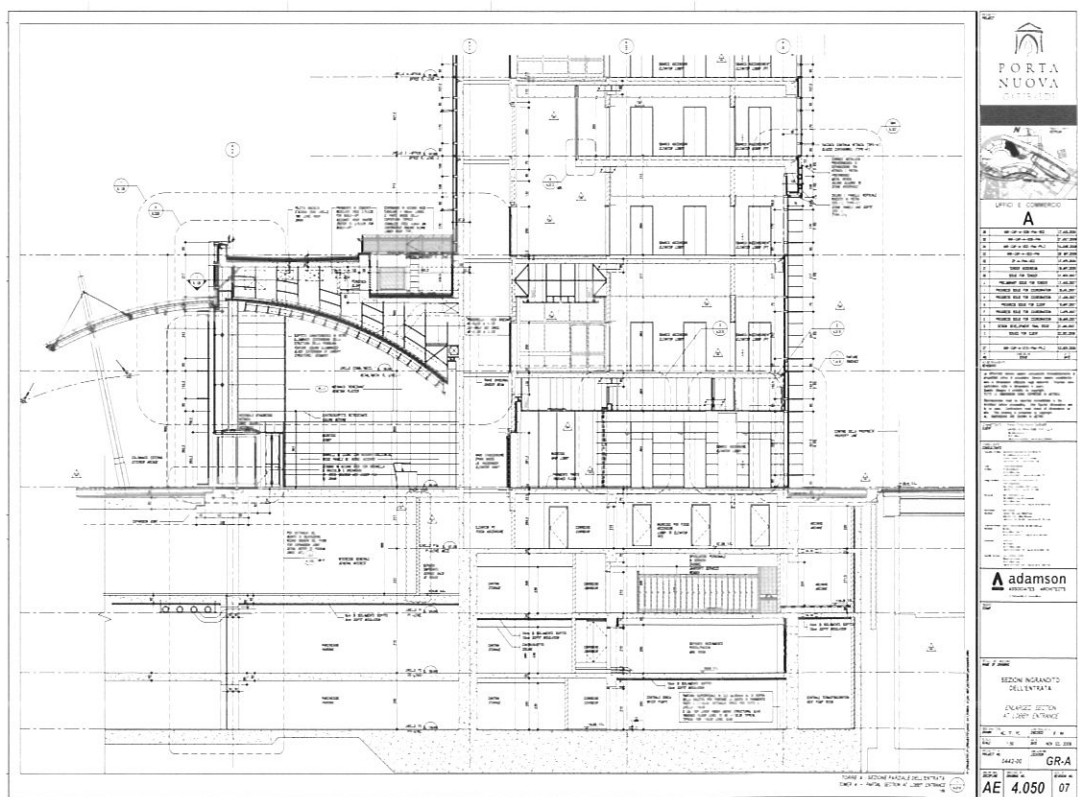
In particolare il nuovo quartiere si divide in tre aree distinte: Garibaldi, Varesine e Isola. Per queste tre aree gli edifici rappresentativi del complesso sono:

- Torri di Porta Nuova Garibaldi, su progetto di Cesar Pelli. Allo stato attuale dell'intervento, questo è il progetto allo stadio più avanzato dei lavori. Si articola su differenti piani di altezza, disposti intorno a una piazza rialzata, e sarà corredato di edifici ecosostenibili con aree residenziali, commerciali e di servizio;
- Gilli Hotel, l'unico edificio destinato all'ospitalità che verrà realizzato nell'area Porta Nuova su progetto dello Studio Benati. Avrà 180 stanze, tra camere e suites, due ristoranti e una SPA;
- Spazio espositivo Grimshaw, progettato dall'architetto inglese Nicholas Grimshaw, orientato a ospitare esposizioni legate alla moda, per questo idealmente collegato all'edificio Modam in costruzione a poca distanza, un campus nei Giardini di Porta Nuova, con Museo e scuola della Moda, progettato da Pierluigi Nicolini;
- Torre Diamante, una struttura vetrata per uffici nell'area Varesine, progettata da Kohn Pederson Fox;

- Torri residenziali Varesine progettate dagli studi Arquitectonica e Caputo Partnership;
- Il Bosco in verticale. Due torri residenziali progettate da Stefano Boeri caratterizzate dalla presenza sui terrazzi e giardini pensili di novecento alberi complessivamente;
- Spazi culturali: Fondazione Riccardo Catella, volta alla promozione dello sviluppo territoriale e urbano e la Casa della Memoria, uno spazio civico nel quartiere Isola, per ricordare vittime della guerra e del terrorismo; il centro culturale Varesine e un incubatore per l'arte che ospiterà associazioni di artigiani già presenti nel quartiere Isola;

PORTA NUOVA GARIBALDI: ECCELLENZE DI UN CANTIERE COMPLESSO

Attratti dall'importanza degli edifici, volutamente significativi e volti a modificare lo skyline di Milano, spesso ci si dimentica o si sottovaluta la complessità organizzativa e gestionale di un cantiere di tali dimensioni. Basti considerare che i disegni presentati per il rilascio del permesso di costruire per l'intervento di Porta Nuova Garibaldi sono stati duplicati trentatré volte, tanti infatti sono gli enti interpellati e che insistono sull'area, dalle fognature alle linee elettriche, alle canalizzazioni del gas e dell'acqua a tutte quelle infrastrutture sotterranee che permettono a una città di vivere, oltre che alle strade e ai semafori. "Il coordinamento e il trovare una soluzione a determinati problemi non è sem-



Torre A - Sezioni dell'entrata dell'edificio.

I numeri

Porta Nuova Garibaldi

• Uffici	50500 m ²
• Residenziale	15000 m ²
• Commerciale	10000 m ²
• Espositivo	10000 m ²
• Showroom	10000 m ²
• Hotel	15000 m ²
• Posti auto	1150

Porta Nuova Varesine

• Uffici	42000 m ²
• Residenziale	33000 m ²
• Commerciale	7000 m ²
• Spazi culturali	3000 m ²
• Posti auto	2000

Porta Nuova Isola

• Residenziale	22000 m ²
• Uffici	6300 m ²
• Commerciale	850 m ²
• Casa della Memoria	1600 m ²
• Incubatore per l'Arte	760 m ²
• Posti auto	570



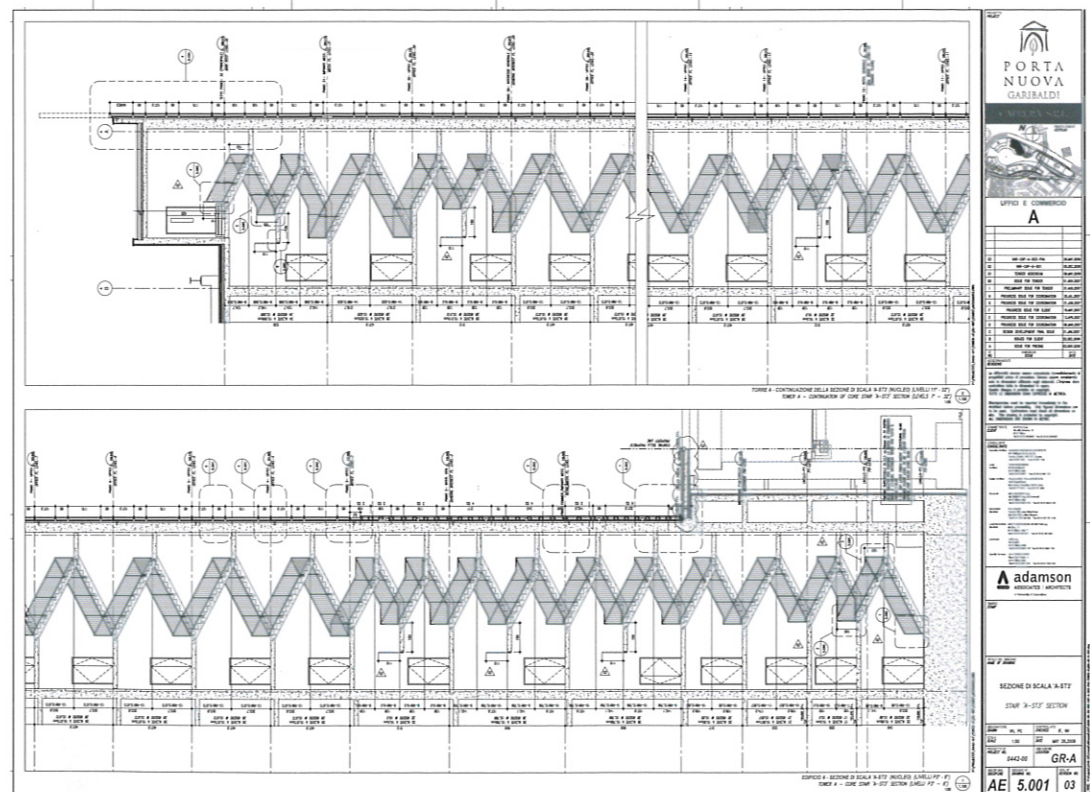
elementi chiave: la sostenibilità che si riassume in una realizzazione a "emissione zero" in quanto saranno utilizzate l'acqua di falda e pompe di calore per il riscaldamento e la climatizzazione degli edifici che si frangeranno della certificazione Leed. "Tutti gli edifici sono già stati precertificati Leed con classe Silver e Gold ma l'obiettivo è quello di portarli tutti alla classe Gold", spiega Masnaghetti. Un altro punto significativo è la sicurezza sul lavoro siglata da un protocollo di intesa con le parti sociali e la Prefettura di Milano e, per quanto riguarda l'aspetto tecnico, l'utilizzo di calcestruzzi ad alta resistenza.

PROBLEMATICHE STRUTTURALI E UTILIZZO DI CLS SPECIALI

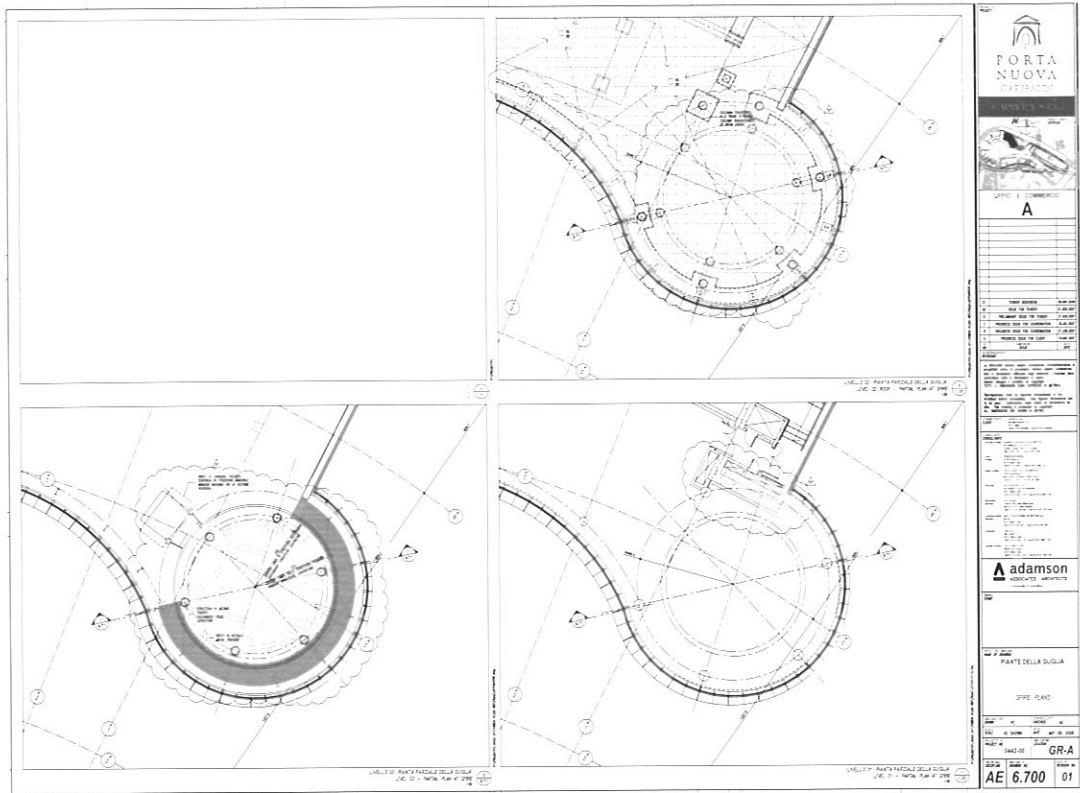
Il progetto strutturale delle Torri di Porta Nuova Garibaldi, partendo dalla progettazione preliminare fino a quella esecutiva, ha una paternità completamente italiana ed è stato realizzato dallo studio MSC Associati S.r.l. di Milano. Nel dettaglio il progetto delle strutture è a firma del Dott. Ing. Danilo Campagna e ha visto la fondamentale supervisione dal Prof. Ing. Antonio Migliacci del Politecnico di Milano nonché socio fondatore della MSC Associati S.r.l. Il progetto è stato sviluppato negli uffici di Milano ed è stato coordinato dagli ingegneri Claudia Gregis e Alessandro Aronica. La paternità americana del progetto architettonico delle tre torri di Porta Nuova Garibaldi avrebbe indirizzato all'utilizzo dell'acciaio per la componente strutturale, dal momento che, per tali tipologie costruttive, nel Nord America la cultura

pre un'operazione velocissima, nonostante l'informatizzazione dei dati", spiega l'ingegner Michele Masnaghetti, construction manager di Hines Italia, "perché oltre alla trasmissione dell'informazione è necessario, comunque, un momento formale in cui tutte le competenze coinvolte si incontrano intorno a un tavolo". L'eccellenza di questo intervento si declina in tre

Rendering Torre A.



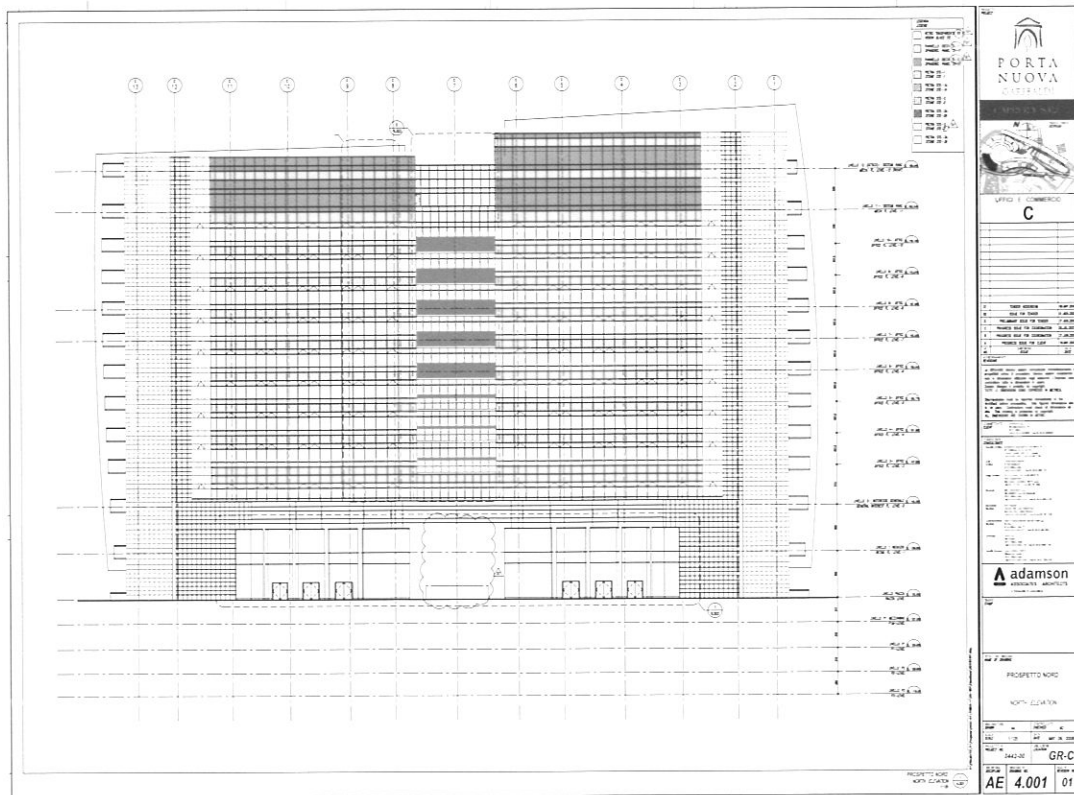
Torre A - Sezione generale.



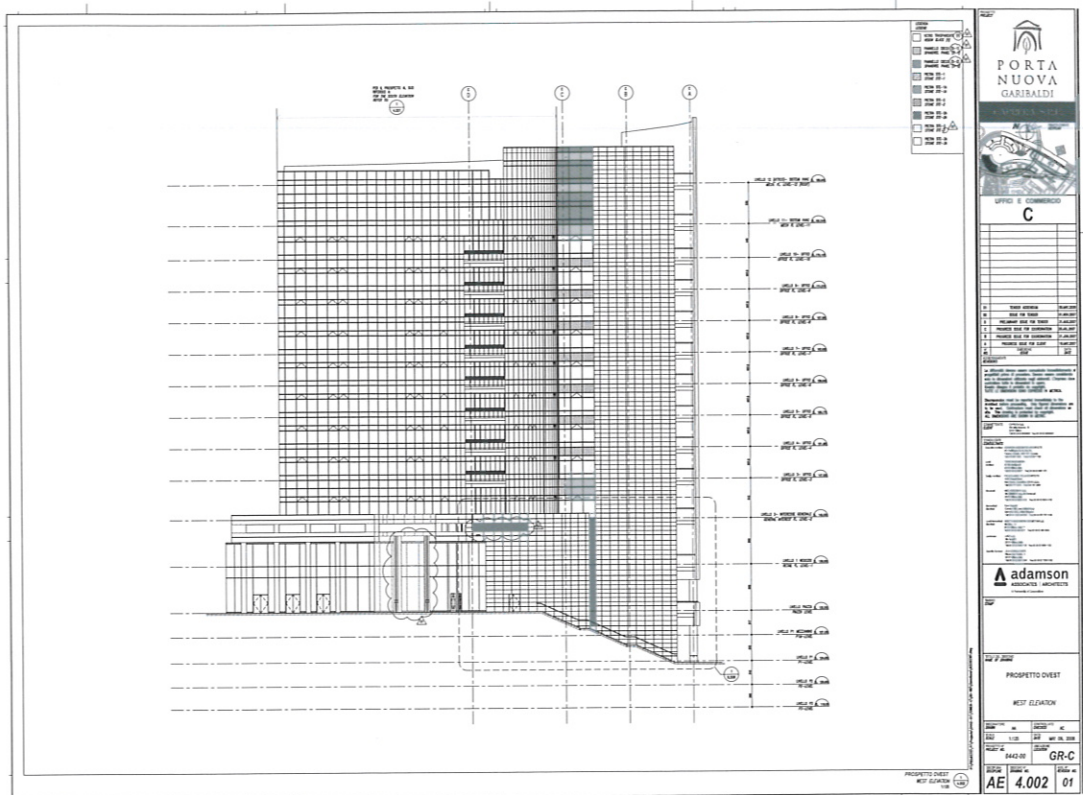
Torre A - Dettaglio solette zona guglia.

dell'acciaio è sicuramente più sviluppata rispetto all'Europa, in particolare all'Italia. Per Porta Nuova Garibaldi è stata fatta invece una scelta progettuale ben precisa, ovvero quella di realizzare le strutture portanti interamente in calcestruzzo armato. In primo luogo questa decisione è legata

al fatto che le strutture in calcestruzzo sono tipiche della cultura tecnico costruttiva italiana; "la possibilità di costruire in acciaio è stata presa in considerazione, ma dal punto di vista dei costi la soluzione non è risultata vincente per la volatilità dei prezzi dell'acciaio sul mercato internazionale",



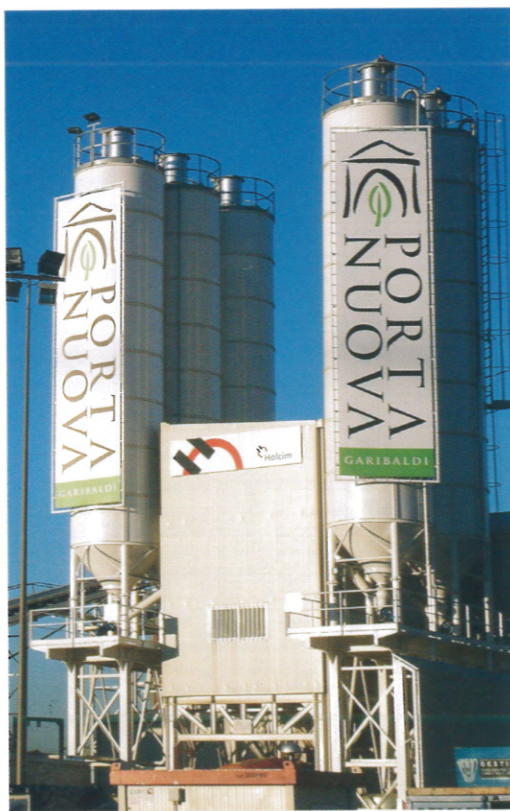
Torre C - Prospetto frontale



Torre C - Prospetto laterale.

dice Campagna. "Inoltre si deve anche considerare che l'Italia è da sempre legata al calcestruzzo e al cemento quale materia prima facilmente reperibile". In un progetto come questo, che richiede due/tre anni di studi prima di essere realizzato, è risultato essere molto rischioso, per le previsioni

di budget, affidarsi a un materiale soggetto a sensibili oscillazioni dei prezzi di mercato come l'acciaio; la scelta si è spostata quindi sul calcestruzzo che fin dall'inizio ha dovuto rispondere a richieste ben precise come l'alta resistenza e la durabilità, indispensabili per la realizzazione di edifici a torre di notevoli altezze. Da non sottovalutare, inoltre, è anche il comportamento altamente prestazionale del calcestruzzo nelle condizioni eccezionali, come ad esempio quelle legate alle esplosioni piuttosto che agli incendi. Questo aspetto ha inderogabilmente spostato l'ago della bilancia a favore del cemento armato. Dal punto di vista strutturale, il progetto di Porta Nuova è risultato essere tecnicamente articolato, in quanto si sono dovute affrontare delicate problematiche strutturali legate al fatto di realizzare un complesso di grandi dimensioni in un territorio fortemente antropizzato. "Basti considerare che la Torre C, alta circa 70 m dallo spiccatto di fondazione, è stata realizzata al di sopra delle gallerie del Passante Ferroviario situate a circa 11 metri al di sotto del piano fondazionale. "In questo caso, spiega Campagna, si è realizzato un vero e proprio ponte interrato su cui è stata 'appoggiata' la torre." Tale struttura di fondazione è costituita da una platea in cemento armato di 2.5 m di spessore a scavalco del tracciato ferroviario appoggiata su pali realizzati a lato delle gallerie. In secondo luogo, oltre a tutte le criticità legate all'altezza della Torre A (140 m fuori terra più altri 85 m di guglia realizzata sopra il piano di copertura) si è dovuto studiare l'interazione tra quest'ultima e l'adiacente tunnel di Porta



Centrale di betonaggio
Holcim.

Il progetto

Porta Nuova Garibaldi

Developer: Hines
 Investitori: Hines Developer European Fund, Milano Assicurazioni, TIAA-CREF
 Progettazione: Pelli Clarke Pelli Architects
 Progetto esecutivo: Adamson Associates Architects/ Tekne
 Progettazione strutturale: MSC Associati S.r.l.
 Progettazione impiantistica: Buro Happold/ Ariatta
 Calcestruzzi: Holcim
 General Contractor: Colombo Costruzioni Lecco

Porta Nuova Varesine

Developer: Hines, Galotti
 Investitori: Fondiaria Sai, Galotti, Hines Developer European Fund, Immobiliare Lombarda, Premafin, Monte Paschi Asset Management

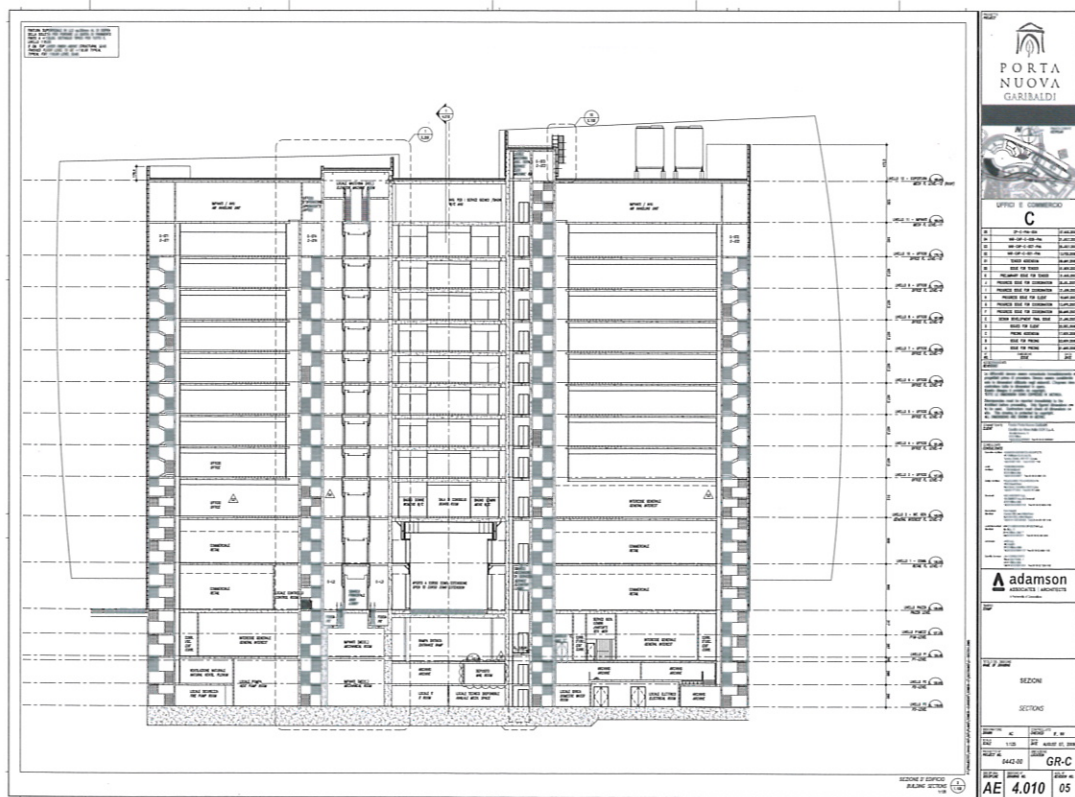
Porta Nuova Isola

Developer: Hines
 Investitori: COIMA XXI, Hines Developer European Fund, IM.CO., TIAA-CREF

realizzato per primo. In particolare si sono dovute analizzare le distorsioni angolari impresse al tunnel dovute alla realizzazione successiva della Torre A. L'elevato peso dell'edificio, superiore alle 100.000 tonnellate, crea infatti dei cedimenti differenziali sulle strutture verticali del tunnel che si traducono in distorsioni angolari dell'impalcato di copertura.

In questo caso il problema più complesso è stato quello di individuare un sistema di fondazioni della torre sufficientemente rigido per limitare gli spostamenti differenziali superficiali e garantire la sicurezza statica e la funzionalità in esercizio del tunnel. L'opzione più idonea è stata identificata nel realizzare un sistema fondazionale indiretto, costituito da una platea in calcestruzzo impostata su diaframmi di grandi dimensioni (sezione 1,20 x 2,5 m) e con lunghezza superiore ai 40 m) che hanno permesso di trasferire in profondità i carichi della torre, limitando i cedimenti verticali superficiali. In questo modo si sono ridotti, rispetto alla soluzione di fondazioni di tipo diretto, anche i cedimenti differenziali verticali sulle strutture del tunnel e quindi le distorsioni angolari conseguenti. Gli elevati spessori delle platee fondazionali delle tre torri, variabili da 1,8 ai 4,5 metri, hanno richiesto un'attenta analisi termo meccanica dei calcestruzzi di classe C30/37 in quanto la massività dei getti, e quindi il conseguente forte sviluppo del calore di idratazione, avrebbe potuto procurare delle complicazioni legate allo sviluppo di fessurazioni in fase di indurimento. Questi problemi sono stati attentamente studiati in fase di progetto in collaborazione con la Enco S.r.l. e sono stati risolti grazie a un accurata definizione dei mix design utilizzati.

"La richiesta architettonica di avere delle dimensioni dei pilastri contenute nei piani nobili degli edifici" conclude Campagna, "ha suggerito l'impiego di calcestruzzi ad elevata resistenza da 75 MPa il cui utilizzo è stato possibile grazie alla prequalifica eseguita in fase di progetto. Nei piani tecnici inter-



Torre C - Sezione longitudinale.

rati, dove invece si è potuto avere sezioni maggiori delle colonne, si è invece utilizzato un calcestruzzo meno prestazionale, da 45 MPa, per evitare in fondazione il contatto tra calcestruzzi le cui resistenze specifiche fossero troppo differenti ed evitare quindi problemi tensionali di interfaccia". Oltre all'elevata resistenza, visti i complessi dettagli di armatura delle strutture portanti, sono stati utilizzati anche calcestruzzi di tipo SCC di tipo autocompattante per avere una maggior sicurezza sulla messa in opera e quindi sulla durabilità delle strutture realizzate.

LOGISTICA E MIX DESIGN

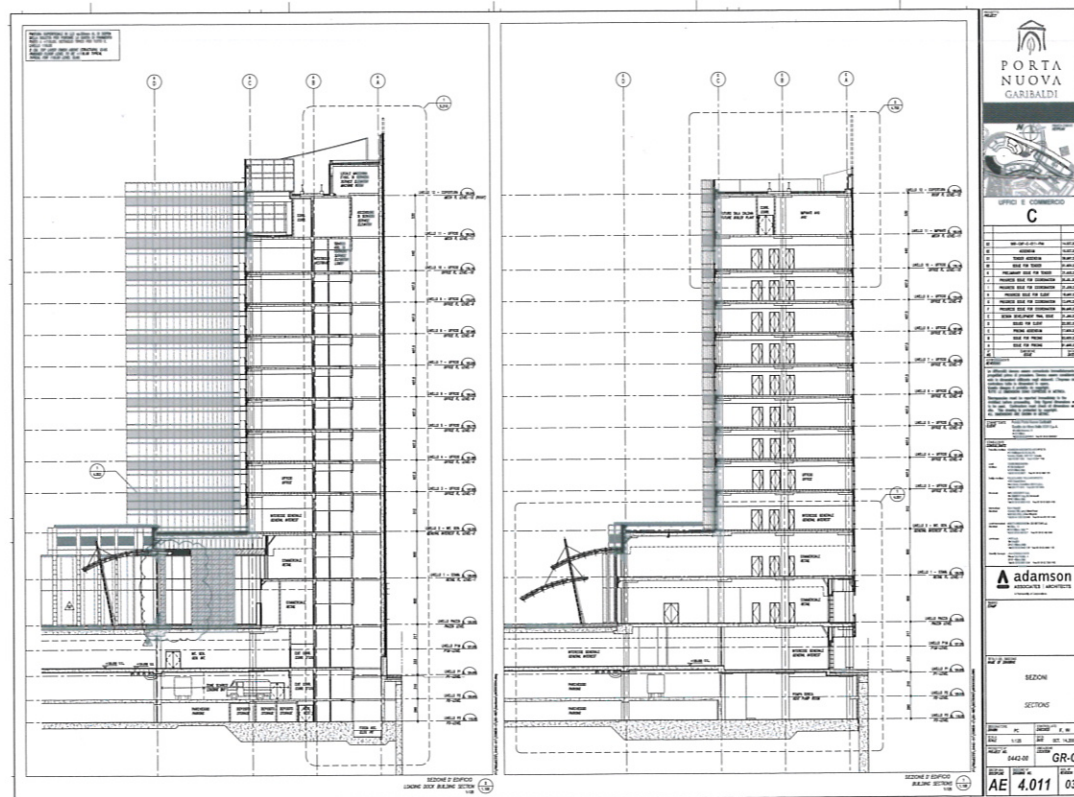
Le torri di Porta Nuova Garibaldi rappresentano un momento molto significativo per l'innovazione del calcestruzzo, in questo caso fornito da Holcim che lo produce direttamente in cantiere con una centrale di betonaggio realizzata sul posto.

"La centrale di betonaggio che Holcim ha realizzato per il cantiere di Porta Nuova è composta da un'area di stoccaggio degli inerti molto vasta" spiega l'ingegnere Michele Alverdi, Responsabile Logistica e Grandi Lavori Aggregati e Calcestruzzo di Holcim. "Gli inerti vengono portati da nastri trasportatori in un miscelatore in cui vengono mixati con cemento, fornito dai cinque silos di cui è composto l'impianto, additivi e acqua". L'impianto ha una capacità oraria di 100 m³/ora, quindi molto elevata, per dare un servizio altamente prestazionale a un cantiere complesso come questo. L'apporto dell'azienda fornitrice del calcestruzzo è stato fondamentale fin dall'inizio

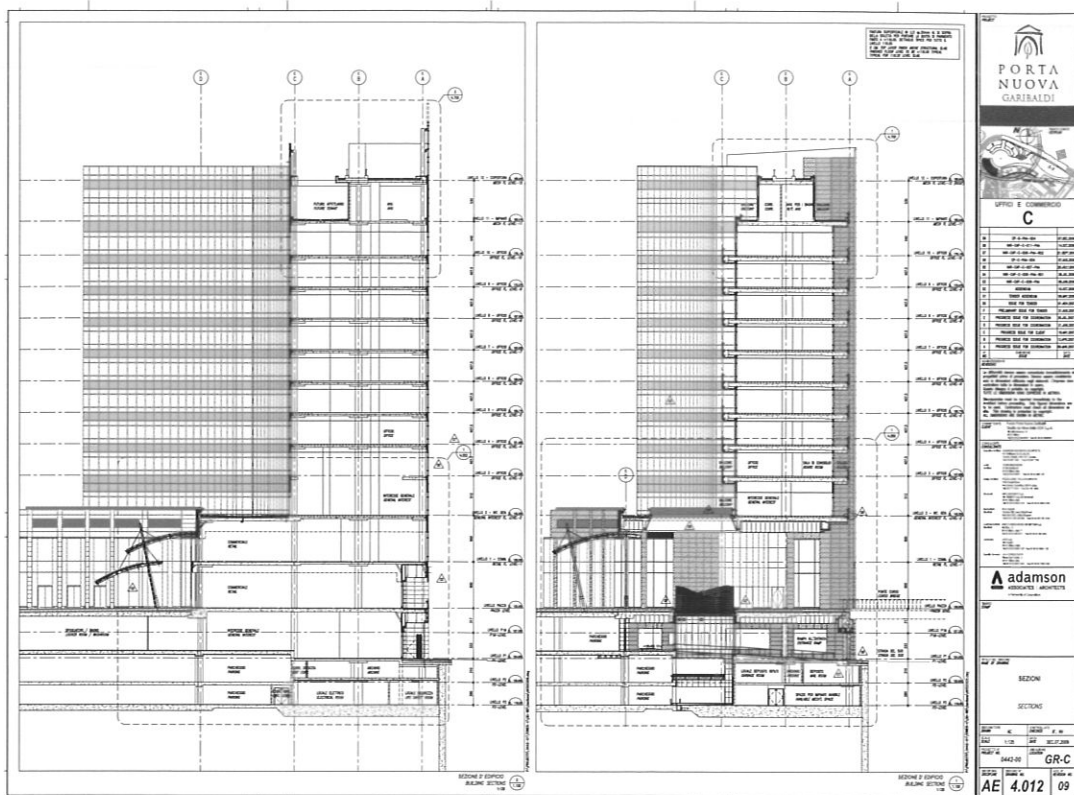


Torre B - Fase di cantiere.

per risolvere problemi contingenti come ad esempio trasportare il prodotto in quota, il solaio più alto da raggiungere è infatti a circa 140 metri di altezza, nella più alta delle tre torri. Insieme alla committenza, quindi, sono state ideate due pompe carrellate di grande potenza, in grado di pompare il calcestruzzo fino a 500 metri in verticale e 1000 in orizzontale. Le pompe carrellate portano il calcestruzzo all'ultimo solaio in quota dove ci sarà un braccio di distribuzione ancorato ai caseri autorampanti che dirigerà il flusso su tutta la superficie dell'edificio, aiutandosi anche con un braccio elettroidraulico mobile di 12 metri. Abbandonato il concetto di prodotto povero, oggi per i calcestruzzi si parla di mix design: la figura



Torre C - Sezioni trasversali.



Torre C - Sezioni trasversali.

di riferimento non è più quindi solo il progettista strutturale ma tutta un'equipe che lavora alla formulazione più idonea per rispondere alle esigenze di cantiere, soprattutto per i calcestruzzi di nuova generazione ad alte prestazioni in cui vengono utilizzati additivi acrilici e cementi all'avanguardia collegabili con quelle che sono le tipologie di getto. "Il mix design è l'anello che chiude lo studio del calcestruzzo", dice l'ingegnere Ariel Cinti, Responsabile Assistenza Clienti di Holcim. Per Porta Nuova Garibaldi sono stati formulati due tipi di calcestruzzi speciali, uno ad alta resistenza con Rck 75 N/mm² che è stato pensato per garantire la resistenza meccanica a 28 giorni ma anche quella durabilità necessaria e richiesta dalla committenza; l'altro mix design è stato formulato per il calcestruzzo utilizzato nelle fondazioni di notevole spessore, quindi con produzione di calori di idratazione elevati. Per questo uso è stato formulato un calcestruzzo con Rck 37.

"La messa a punto di questi cls ad alte prestazioni viene fatta prima di tutto formulando una ricetta, quindi ogni componente del prodotto finale viene selezionata e testata in quantitativi ben precisi e successivamente provata in laboratorio", conclude Cinti.

HPC E HSC IN DETTAGLIO

Le "Linee Guida sul Calcestruzzo strutturale" emanate dal Consiglio dei Lavori Pubblici considera la soglia dei 55N/mm² il limite oltre il quale i calcestruzzi ordinari, Normal Strength Concrete, con un Rck compreso tra 25N/mm² e 55N/mm²,

devono essere considerati ad alte prestazioni. Oltre ai calcestruzzi ordinari, le Linee Guida introducono i calcestruzzi HPC, High Performance Concrete, con un Rck compreso tra i 55 e i 75 N/mm², e i calcestruzzi HSC, High Strength Concrete con valori di Rck che superano i 75 N/mm² fino a 115 N/mm². I calcestruzzi ad alte prestazioni hanno un ridotto rapporto acqua/cemento, compreso tra 0,3 e 0,4, che permette elevate resistenze a compressione, che possono anche essere garantite dall'utilizzo di inerti di frantumazione di elevata qualità, come ad esempio basalti, graniti e quarziti. Il mix design può anche includere aggiunte di minerali ad alta attività pozzolanica o a elevata area superficiale specifica come ceneri volanti, fumo di silice o loppa micro-fine. Gli High Performance Concrete associano a caratteristiche di resistenza a compressione e buona lavorabilità anche un'alta durabilità, legata prevalentemente alla bassa porosità, grazie al basso rapporto acqua/cemento e alla ridotta tendenza alla fessurazione. Sia gli HSC che gli HPC, per la bassa porosità, presentano un'alta resistenza al gelo e una bassa permeabilità. Utilizzati inizialmente per opere di ingegneria infrastrutturale particolarmente sollecitate o in ambienti aggressivi, oggi per le loro caratteristiche performanti l'uso si sta diffondendo anche nel settore edile.

Si ringrazia lo Studio MSC Associati e in particolare l'ingegnere Alessandro Aronica per il prezioso contributo dato alla stesura dell'articolo e per le immagini fornite.

La foto di apertura è stata gentilmente fornita dall'architetto Nicola Pacini.