

Dopo l'11 settembre c'è stato un momento di riflessione "sull'edificio alto" non solo in termini di sicurezza globale, ma anche in termini energetici e di sostenibilità generale; sostenibilità intesa rispetto al territorio, alla congestione di traffico e di percorsi che gli edifici a torre ingenerano nell'interno urbano, ecc.

Si può dire che l'onda emotiva generata dalla tragedia abbia fatto da catalizzatore a una serie di incertezze che il concetto stesso di grattacielo portava con sé già da tempo.

## LA VIA EUROPEA

**A fronte dell'esibizione dell'altezza come valore assoluto, con minimi riscontri energetici, che si rivela soprattutto in Oriente, l'Europa traccia un percorso di forme complesse, sostenibilità di alto profilo. Con altezze non esagerate**

Jacopo Gaspari

Ma la riflessione è "durata un attimo e ben presto" in generale è iniziata, o meglio proseguita, una corsa all'altezza senza nessun altro tipo di riflessione progettuale; in generale nel mondo e in particolare in estremo oriente.

Con risultati stupefacenti per quanto concerne il dato ingegneristico/strutturale, la pura altezza esibita come valore intrinseco ed assoluto, icona della modernità, ma decisamente di basso profilo come qualità costruttiva, aspetti energetici e esiti formali.

L'Europa sta invece tracciando un suo percorso per edificio alto, molto attento agli aspetti energetici, con una certa propensione a forme e tecnologie complesse, di altezza cospicua ma non esagerata.

Per esemplificare questa "via europea" all'edificio alto abbiamo preso tre edifici campione recenti, due "firmati", la torre Agbar di

Nouvel a Barcellona, lo Swiss Re di Foster a Londra, di cui abbiamo già parlato per diversi aspetti nei numeri scorsi e un edificio, la Koelntriangle a Colonia, che rappresenta un ottimo esempio di alta professionalità con un buon budget, ma non eccessivo.

Su questi esempi evidenziamo tutta una serie di aspetti, sostenibilità, morfologia, sicurezza ecc, che rappresentano altrettanti momenti di riflessione e forse delle linee generali per questa via europea all'edificio alto.

### Sostenibilità e innovazione

L'innovazione tecnologica trova un fertile terreno di sperimentazione in edifici complessi, come appunto le torri, dove il costo complessivo dell'opera giustifica l'investimento nella ricerca di soluzioni ottimali il cui onere è oggettivamente superiore a quello dei prodotti tradizionalmente disponibili sul mercato. Gli aspetti innovativi di questo tipo di costruzione non sono legati tanto alla natura del singolo componente, quanto piuttosto alla stratificazione dei vari elementi e al livello prestazionale complessivo raggiunto. Molte di queste soluzioni sperimentali sono finalizzate al raggiungimento di elevati livelli di sostenibilità della torre, sia in termini di controllo ambientale al suo interno, sia in termini di

**La costruzione di Burj Dubai è iniziata nel 2005 e verrà completata nel 2008. Raggiungerà gli 800 m di altezza. L'edificio è composto da 3 corpi adagiati intorno a una grossa colonna centrale che finiscono a spirali; verrà costruita in 160 fasi.**

### Ma quanto sono alti gli orientali?

Nella classifica dei dieci grattacieli più alti del mondo otto sono distribuiti in vari stati dell'oriente. Tolle le Sears Tower, in tempi recenti il primato dell'altezza spetta a pieno titolo al sud est asiatico. Ma di questi, anche dei più recenti e "firmati", quanti sono "sostenibili"?



Taipei 101 Taiwan

Sears Tower USA



## Vie di fuga con ascensori?

**Auspicate, utili, praticamente impossibili**

Si sa nell'ambiente dei progettisti di grattacieli che un buon sistema di trasporto verticale (cioè essenzialmente di ascensori) dovrebbe essere in grado di trasportare, nel momento di picco (spesso al mattino, all'apertura degli uffici), in 5 minuti, un 10-15% dell'intera popolazione dell'edificio; ciò in modo che si impieghi non oltre mezz'ora/tre quarti d'ora a riempire l'edificio. Il sistema ideale per l'evacuazione dello stesso edificio in caso di emergenza dovrebbe essere tale da impiegare anche meno nel trasportare lo stesso numero di persone fuori dal palazzo. Per fare di meglio di questa prestazione, occorrerebbe sovradimensionare il sistema di trasporto verticale, rispetto ai criteri standard validi per l'uso normale, il che comporterebbe costi, e ingombri (quindi ancora costi) spesso inaccettabili, in quanto renderebbero antieconomica la costruzione e la gestione stessa dell'edificio. Va inoltre considerato che tutto questo ragionare è un pò teorico, in quanto bisognerebbe verificare se, durante una emergenza, tutti gli ascensori siano in grado di funzionare correttamente, e per quanto tempo. Non c'è un sistema di trasporto verticale a prova di qualunque emergenza, anzi, già per esempio un terremoto normalmente mette fuori servizio molti ascensori (in realtà ciò proprio ai fini della sicurezza degli utenti). Bisogna poi anche pensare che le persone, anche se eventualmente istruite mediante apposite esercitazioni, durante le emergenze vere, non si comportano del tutto razionalmente, come richiederebbe l'uso appropriato degli ascensori per evacuazione. E' plausibile che in certe condizioni molte persone non accettino di aspettare alcuni minuti l'arrivo di una cabina di ascensore, ciò che in condizioni normali fanno tutti i giorni, e si precipitano invece alle scale, senza più attenersi ad alcuna procedura.

Oggi vi è una tendenza ad installare una parte degli ascensori negli edifici elevati, che siano atti a continuare a funzionare in certi casi, ad esempio durante un incendio, per uso esclusivo dei pompieri, ed eventualmente per permettere ai pompieri di evacuare persone.

La direzione giusta è questa, ma il cammino per l'utilizzo generalizzato di ascensori nell'evacuazione di palazzi elevati (diciamo dai 10/12 piani in su), sembra ancora lungo. Anche perchè bisogna tenere conto dei costi non meno elevati dei palazzi.

Giuseppe Iotti



gestione del processo edilizio nelle diverse fasi di costruzione e di esercizio.

## Londra, Barcellona, Colonia

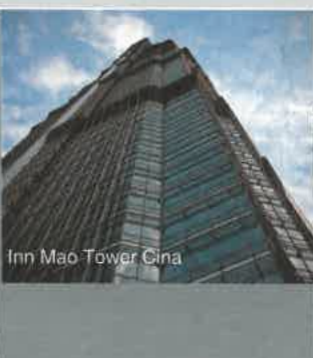
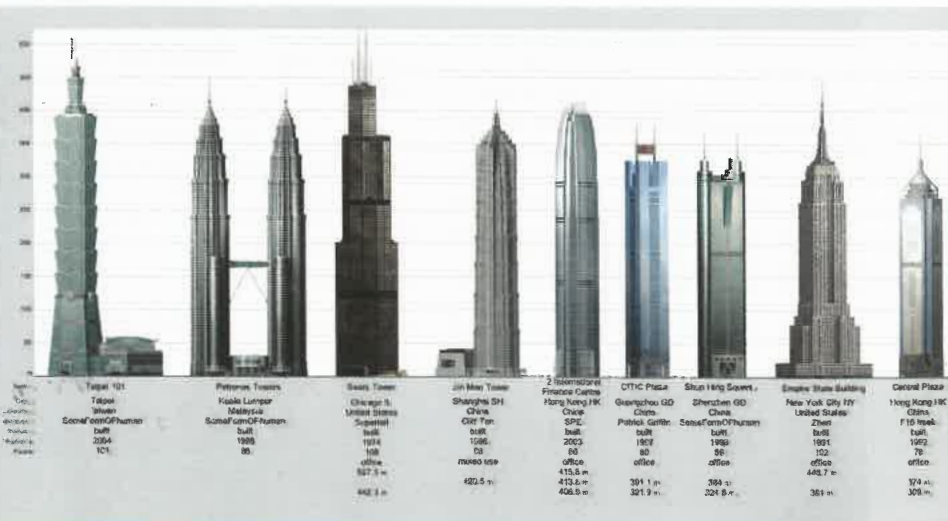
Se la Torre Agbar e la Swiss Re Tower rappresentano due esempi eccellenti di una concezione in fondo fortemente tesa a trasformare l'intero edificio in una macchina sostenibile, la facciata continua vetrata e gli accorgimenti di controllo climatico della KoelnTriangle Turm offrono una testimonianza di come questa tendenza si stia estendendo anche ad opere non direttamente legate allo star-system dell'architettura.

La facciata sud della Torre di Colonia è costituita da un doppio involucro vetrato nella cui intercapedine ventilata sono posizionati gli elementi di schermatura solare in alluminio. A questo filtro è associato un sistema di controllo climatico interno che coinvolge le strutture orizzontali del fabbricato. La maggior parte del raffrescamento e del riscaldamento degli ambienti è ottenuto facendo circolare acqua fredda in estate e calda in inverno in un circuito appositamente predisposto nei soffitti. Ulteriori scambiatori termici, posizionati nei livelli interrati, alimentano l'impianto di ventilazione e le unità di trattamento aria posizionate a ciascun livello. L'intero sistema impiantistico è progettato seguendo i principi del risparmio energetico, del ricircolo dell'acqua e della riduzione delle dispersioni termiche.

Rispetto all'assoluta trasparenza dei prospetti della

L'energy conscious è per una volta, a pieno titolo, un primato europeo. Anche negli Stati Uniti, nonostante le associazioni ambientaliste forti e motivate, l'Amministrazione che Irene Kyoto e i comportamenti individuali non agevolano l'emergere di un'architettura americana sostenibile.

Central Plaza Hong Kong



Koelntriangle Turm, la Torre Agbar mette in campo un involucro estremamente complesso: la struttura in calcestruzzo è, infatti, rivestita con pannelli sandwich isolanti e finiti con lamiera ondulata laccata e colorata che hanno la funzione di isolare la struttura e contenerne le dispersioni. Esso è completato da un rivestimento in lame vetrate che, oltre a garantire un effetto di ventilazione nell'intercapedine lasciata tra le due superfici, costituisce il sistema di regolazione dell'afflusso energetico sulla facciata. I 56 mila vetri colorati sono regolati con un'inclinazione tale da ottenere effetti prismatici e sono muniti di cellule fotovoltaiche che contribuiscono al fabbisogno energetico dell'edificio. Questa sorta di brise-soleil trasparente e colorato rappresenta una specie di eccezione nella pratica costruttiva degli edifici a torre in cui l'uso di sistemi di schermatura mobile non è frequente. Ciò è sostanzialmente legato al problema della spinta del vento che potrebbe portare tali elementi a rottura. Nel caso specifico, sono stati predisposti elementi di sostegno e giunzione che consentano minimi assestamenti e sono stati utilizzati vetri stratificati di sicurezza. Nel complesso, il sistema di controllo energetico dell'edificio consente un risparmio che è stato stimato dai progettisti nel 70% del fabbisogno totale. In sintesi, il sistema funziona grazie ad una rete di computer che controlla l'erogazione e suddivide i 47500 metri quadrati totali in aree di 1000 metri quadri, divise in 27 microaree ciascuna delle quali

funziona con una temperatura indipendente dalle altre. Ciò permette il riscaldamento e il raffreddamento con la massima flessibilità. In modo pressoché analogo alcune fotocellule regolano il funzionamento delle luci.

La Swiss Re Tower presenta altrettanta attenzione al consumo energetico e al controllo ambientale. All'innovativo sistema di facciata, basato su elementi modulari triangolari vetriati, si affiancano una serie di accorgimenti distributivi dei diversi livelli del fabbricato. In particolare, i vuoti lasciati tra gli elementi radiali della pianta e disposti a spirale rispetto alla sezione verticale diventano il fulcro di un sistema di aerazione e climatizzazione naturale che consente un risparmio energetico stimato nel 50% e migliora notevolmente le condizioni ambientali dello spazio interno. Nelle intenzioni dei progettisti, inoltre, questi spazi dovrebbero divenire luoghi di sosta in cui possano essere favorite le relazioni sociali in quella che si configura come una sorta di città in verticale.

Nell'insieme sono, dunque, molteplici le tematiche coinvolte nel processo ideativo e realizzativo di questa tipologia edilizia che in Europa si sta diffondendo in molte grandi città distanziandosi, però, dagli originari significati del grattacielo americano e ancor più dalla corsa in altezza dei grattacieli asiatici per assumere piuttosto il significato di nuovi elementi di centralità. Elementi che hanno un ruolo rappresentativo sia nei termini di un'immagine che

**Empory Award:**  
il grattacielo dell'anno

Il premio Emporis ogni anno fa il punto della situazione circa l'andamento del mercato relativo al settore edile, delineando quelli che sono i principali trend progettuali in risposta ai bisogni e alle aspettative della società.

Il processo di selezione favorisce quelle soluzioni che oltre a soddisfare i bisogni essenziali, fisici, sociali ed economici, sono altresì rilevanti dal punto di vista della valenza culturale: particolare attenzione è rivolta agli schemi costruttivi, ai prodotti e alle attività aziendali che siano in grado di sfruttare le risorse locali e le relative tecnologie in modo innovativo e a quei progetti che possano essere considerati fonte d'ispirazione per nuovi sviluppi futuri.

Grattacielo dell'anno	Nome dell'edificio	Progettista	Luogo	Anno di costruzione	Altezza; numero di piani	Focus
Award 2000	Sofitel New York Hotel	Brennar Beer Gorman Architects	New York, USA	2000	109 m, 30 piani	Pianta e sezione Pianta a T asimmetrica. Sistema di scarico laterale delle forze. Involucro misto, facciata continua e struttura prefabbricata. Vetri a cromaticità variabile.
Award 2001	One Wall Centre	Busby Perkins + Will Architects	Vancouver, Canada	2001	150 m, 48 piani	Equilibrio dinamico e antisimica Primo esempio di utilizzo di Tuned Liquid Column Damper (TLCD) per compensare il carico del vento e controllare il movimento dell'edificio. Serbatoi per TLCD posizionati sul tetto.
Award 2002	Kingdom Centre	Ellerbe Becket Inc and Omrania & Associates	Riyadh, Arabia Saudita	2002	302 m, 41 piani	Forometria ... estetica Il foro nella parte superiore dell'edificio è organizzato staticamente con un sistema di raggi di acciaio - Involucro in vetro blu riflettente.



## America, progetti energy conscious

A sinistra, 2020 Tower, progetto Kiss+Catchcart Architects.

Nel progetto per Big&Green, K+C propone un grattacielo in grado di generare 65% dell'energia utilizzata dall'edificio attraverso BIPV.

Il rimanente 35% dalle turbine del vento, grandi ruote meccaniche installate nella parte alta dell'edificio.



A destra, Four Time Square, New York, NY, progetto Fox&Fowle Architects/Kiss+Cathcart Architects. Integrazione di pannelli fotovoltaici sul grattacielo di Four Time Square. La città di New York è il posto ideale per progetti piloti a dimostrare che la tecnologia può essere utilizzata in modo più intelligente che per illuminare le facciate digitali di Time Square.





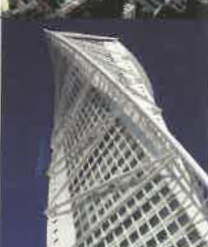
l'architettura contemporanea propone di sé, sia nei termini di una crescente attenzione ai principi del costruire sostenibile.

### Variabilità geometrica e tecnologia stratificata

Uno degli aspetti comuni di questa tipologia di edifici è rappresentato dalla variabilità geometrica dell'involucro.

Il modificarsi della forma, nella maggior parte dei casi il profilo del fabbricato o la sezione verticale, implica una differenziazione della geometria dei componenti dell'involucro che devono essere progettati per adattarsi all'andamento delle linee generatrici. L'impiego di macchine a controllo numerico per la realizzazione dei componenti può certamente semplificare alcune fasi del processo di realizzazione che, tuttavia, presuppone un'elevata complessità delle fasi di ideazione, di ingegnerizzazione e di esecuzione.

L'esempio più evidente di questo tipo di problematica è rappresentato dall'involucro vetrato della Swiss Re Tower dove il profilo esterno parte dal suolo con andamento divergente per poi piegare e terminare con una pronunciata cuspide. Se a ciò si aggiunge l'andamento curvilineo delle superfici si comprende che la realizzazione dei moduli vetrati romboidali, derivati dalla geometria della struttura portante perimetrale, non può corrispondere a un semplice serramento standard. Al contrario non può che essere un componente complesso per il

Grattacielo dell'anno	Nome dell'edificio	Progettista	Luogo	Anno di costruzione	Altezza; numero di piani	Focus	
Award 2003	30 St Mary Axe	Foster and Partners	Londra, Gran Bretagna	2003	180 m, 41 piani	Efficienza energetica Sistema di ventilazione naturale, risparmio energetico fino al 40% in un anno. - Sistema di illuminazione naturale efficiente con riduzione dei consumi di elettricità - Ascensori: 23, variano la velocità da 1 m/sec a 6 m/sec. (Vedi scheda nell'articolo)	
Award 2004	Taipei 101	C.Y. Lee & Partners	Taipei, Taiwan	2004	509 m, 101 piani	Antisismica Sfera dorata di 730 tonnellate (Tuned Mass Damper, smorzatore costituito da piastre di acciaio saldate), incorporata nella torre e posizionata in cima, serve ad ancorare l'edificio e ridurre l'oscillazione del vento. - Ascensori: i più veloci nel mondo, 1008 m/min (60.48 km/ora) e scendendo a 610 m/a min (36.6 km/ora).	
Award 2005	HSB Turning Torso	Santiago Calatrava	Malmö, Svezia	2005	190 m, 57 piani	Manutenzione e funzionalità Secondo edificio residenziale più alto d'Europa - Struttura in acciaio e cls ad elementi cubici (9) sovrapposti e ruotati. Lo spazio tra i diversi blocchi cubici ospita attrezzature tecnologiche e gli elementi di manutenzione della facciata.	

quale devono essere studiate una serie di varianti e di tipologie, date da minime differenze, che una volta in opera conferiscono regolarità e omogeneità all'insieme. Nel caso della Torre Agbar, la variazione dell'andamento dell'involucro ha determinato, in corrispondenza della parte sommitale, anche un cambiamento della soluzione strutturale passando dal cilindro esterno in calcestruzzo a elementi in acciaio a sbalzo dal nucleo centrale. Risulta, perciò, evidente come la sottostruttura divenga l'elemento di assorbimento delle variazioni geometriche e di raccordo tra le parti. Ad essa è affidato un altro compito fondamentale, cioè quello di assorbire le possibili variazioni di assetto derivate da azioni esterne come, ad esempio, la pressione del vento che su edifici di notevole altezza può anche risultare piuttosto elevata. La sottostruttura, infatti, deve tenere conto di azioni costanti e di azioni variabili. Numerosi sono i fattori variabili che possono agire sull'involucro, oltre all'azione del vento vi sono anche i fenomeni di dilatazione derivanti dall'escursione di temperatura e quelli derivanti dal differente comportamento prodotto dall'associazione di più materiali. Nel caso di facciate vetrate continue assimilabili a quelle appese, come nel caso di Colonia, si devono considerare anche, con ancora maggior cura, gli aspetti legati alla sicurezza e alla manutenzione che in molti casi rientrano nelle fasi iniziali della progettazione stessa. Un ulteriore fattore, del quale si è iniziato recentemente a tenere conto, è la capacità del sistema tecnologico dell'involucro di assorbire le deformazioni prodotte da micrososse sismiche di bassa intensità che non interessano le parti strutturali principali, ma che possono produrre tensioni negli elementi di rivestimento. A tal fine sono, spesso, introdotti elementi a scorrimento nei sistemi di giunzione dei componenti di facciata affinché sia garantita una minima possibilità di "movimento" delle singole parti.

### Morfologia e struttura

Dal punto di vista formale, l'edificio a torre risulta sostanzialmente legato a due temi principali: la scelta dello schema strutturale di riferimento e la scelta della tecnologia per la realizzazione dell'involucro.

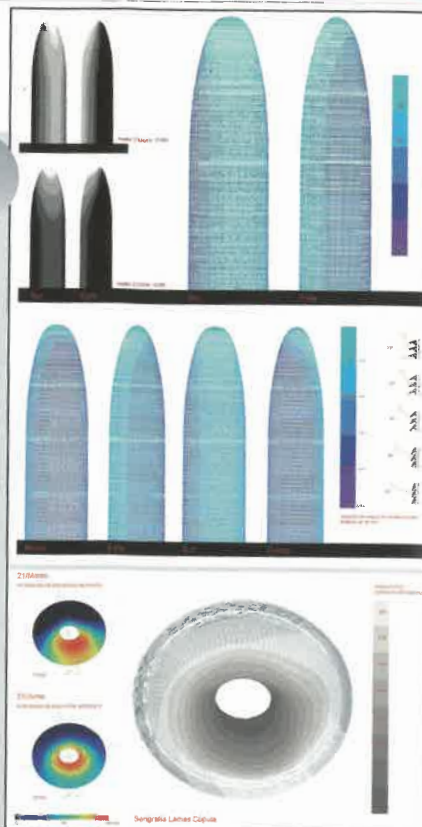
Il primo sembra attestarsi sullo schema riconducibile al nocciolo centrale di irrigidimento (core) con struttura perimetrale, mentre il secondo offre un panorama di soluzioni maggiormente variegato soprattutto in relazione al ruolo "comunicativo" affidato alle facciate. Prendendo in esame i tre edifici sopra menzionati, se ci si limita in prima istanza a

## Controllo climatico

### Agbar

La Torre Agbar (acronimo di "Aguas de Barcelona", società che gestisce la rete idrica cittadina) occupa, in una zona in forte sviluppo, uno dei lotti compresi tra la nuova Diagonal e Plaça de las Glorias catalana. Con i suoi 140 metri di altezza ha modificato notevolmente lo skyline di Barcellona (foto: Jacopo Gaspari)

A destra, studio termico della Torre: condizioni di irraggiamento solare in rapporto alle stagioni e variazioni dell'angolo di incidenza dei raggi solari durante il solstizio d'estate.



### Colonia

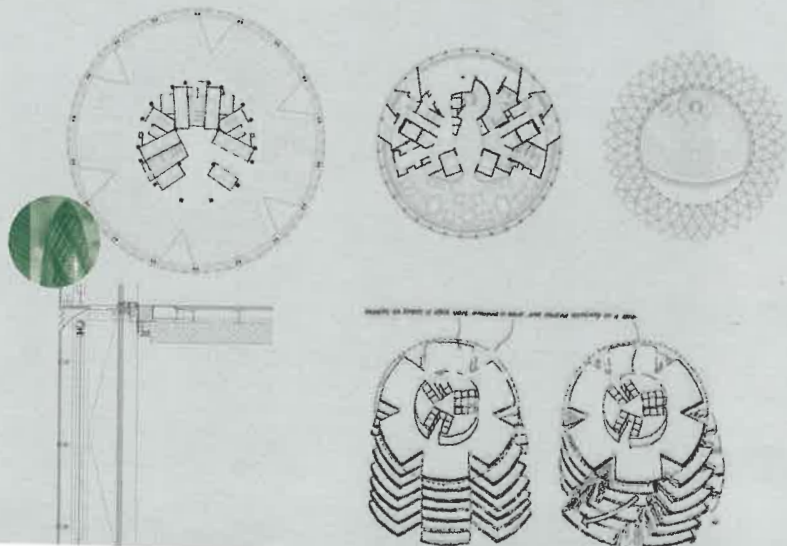
La facciata sud della Torre di Colonia è costituita da un doppio involucro vetrato nella cui intercapedine ventilata sono posizionati gli elementi di schermatura solare in alluminio. A questo filtro è associato un sistema di controllo climatico interno che coinvolge le strutture orizzontali del fabbricato. La maggior parte del raffreddamento e del riscaldamento degli ambienti è ottenuto facendo circolare acqua fredda in estate e calda in inverno in un circuito apposito predisposto nei soffitti.



### Swiss Re

In pianta, l'edificio subisce una rotazione per ognuno dei livelli con la conseguenza che i vuoti di ciascun piano non

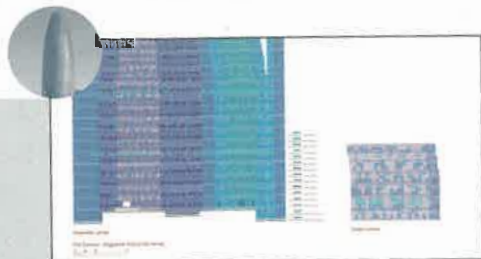
corrispondono tra loro, ma, procedono sfalsati, migliorano la distribuzione della colonna d'aria che ventila naturalmente gli spazi interni (foto: Foster and Partners). Il profilo esterno riduce la massa d'aria convogliata a terra migliorando il comfort degli spazi pubblici adiacenti e crea un differenziale di pressione che genera una corrente interna di ventilazione che attraversa i vuoti compresi tra i piani che salgono a spirale per tutta l'altezza dell'edificio.



## Involucro mutante

### Agbar

Jean Nouvel ha dichiarato di aver pensato all'edificio come ad un flusso ininterrotto di acqua a pressione costante che fuoriesce dal terreno. Per questo motivo il rivestimento in lamiera ondulata laccata presenta diversi colori che conferiscono all'involucro un effetto cangiante e sempre mutevole. I toni di colore partono dal rosso della base per variare sino al blu della parte sommitale.



### Swiss Re

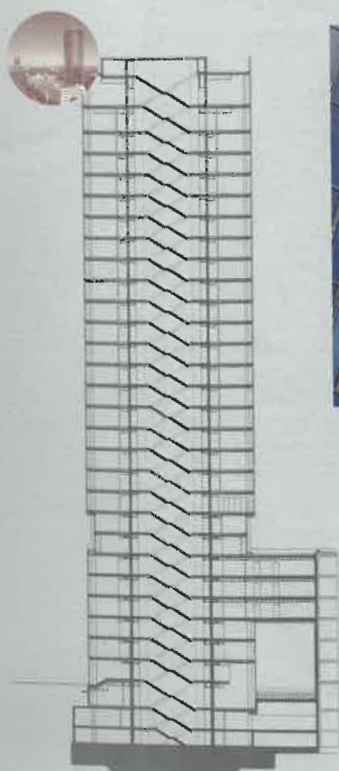
I campi romboidali, compresi tra gli elementi strutturali, sono saturati da elementi triangolari in vetro la cui geometria varia in base all'andamento del profilo ai vari livelli dell'edificio (foto: Enrica Coppo).



Vista di una parte degli elementi ad andamento sfalsato (foto: Enrica Coppo).



La forma è legata sia a fattori percettivi, risultando meno impattante rispetto ad una figura rettangolare di volume equivalente, sia a fattori di tipo ambientale, risultando incrementata la trasparenza dell'edificio, ridotti gli effetti di riflessione e sviluppato un sistema di ventilazione naturale al suo interno.



### Colonia

La facciata continua vetrata con intercalare strutturale rappresenta uno degli elementi più innovativi della tecnologia utilizzata per la realizzazione dell'involucro trasparente. La sezione evidenzia come lo sviluppo della Koelntriangle Turm sia legato, per i primi sei livelli, al volume basamentale nel quale è racchiuso anche il grande foyer a tripla altezza che distribuisce le principali funzioni.

notare come vi sia una non casuale tendenza a ricondurre la configurazione geometrica a forme curvilinee assimilabili ad archi di cerchio. Ciò è legato al fatto che la forma curva tende a rendere simile la percezione dell'edificio da qualsiasi direzione lo si guardi e, quindi, non presentando il fabbricato un orientamento preferenziale viene esaltata la sua stessa centralità. Dal punto di vista statico, inoltre, lo schema a pianta circolare, o ad essa assimilabile, garantisce un comportamento pressoché equivalente in tutte le direzioni facendo sì che la maggior parte degli elementi portanti possa essere calcolata sulla base delle medesime sollecitazioni. Tale schema trova, comunque, numerose varianti come è possibile constatare negli esempi richiamati.

La torre Agbar presenta una struttura portante a doppio cilindro il cui nocciolo centrale in calcestruzzo armato (che ospita i corpi scala e ascensore, oltre che i servizi e i locali accessori) è riconducibile in pianta ad un ovale schiacciato allineato in posizione eccentrica rispetto a quello che definisce il cilindro esterno. Quest'ultimo rappresenta la struttura perimetrale ed è costituito da elementi modulari in calcestruzzo nei quali sono predisposti i fori luce. Ciò garantisce un comportamento sufficientemente rigido della struttura in relazione all'altezza complessiva della stessa. L'assetto dei due cilindri è reso solidale dai solai di piano che legano orizzontalmente le due strutture.

La Swiss Re Tower presenta una forma geometrica non molto diversa, di impostazione più tradizionale, con un nocciolo centrale di collegamento e di servizio a pianta circolare e una struttura perimetrale in carpenteria metallica e calcestruzzo anch'essa a pianta circolare. Le due circonferenze sono perfettamente concentriche. A differenziare lo sviluppo verticale dell'edificio è la dimensione del diametro dei solai di piano. In sezione, infatti, l'edificio presenta una struttura piuttosto complessa. Le circonferenze dei solai variano di piano in piano definendo una curvatura verticale che fa somigliare il profilo della torre all'ogiva di un proiettile. La differente dimensione dei solai e il loro assetto hanno reso necessaria una struttura perimetrale molto articolata e complessa che si sviluppa in elementi diagonali che definiscono ampi campi romboidali curvati. A complicare ulteriormente la configurazione spaziale contribuisce il fatto che la superficie calpestabile di ogni piano non è costituita dall'intera circonferenza, ma è limitata ad alcune porzioni che si alternano a vuoti che, con una rotazione progressiva, si aprono sul piano inferiore e su quello superiore. Ne deriva che in sezione verticale si ottengono vuoti a tutt'al-

tezza ad andamento elicoidale che mettono in comunicazione visiva i diversi livelli. La struttura metallica perimetrale risponde, quindi, con la propria conformazione all'esigenza di una continua variazione dei piani di irrigidimento orizzontale che la connettono al nocciolo centrale.

La Koelntriangle Turm a Colonia, come quella di Londra, presenta una struttura con un cilindro centrale e un telaio perimetrale a pilastri in calcestruzzo armato disposti secondo una pianta circolare che, tuttavia, non corrisponde al profilo esterno dell'edificio. In questo caso, infatti, la struttura perimetrale è arretrata rispetto al filo esterno avente la forma di un triangolo circoscritto con ciascuno dei tre lati ad arco di cerchio. Ne deriva un assetto curvilineo schiacciato con tre cuspidi in corrispondenza dei vertici della figura geometrica generatrice. La scelta di questo tipo di soluzione strutturale svincola il piano di facciata dalla linea teorica di scarico delle tensioni verticali e permette di separare gli elementi "portati" dell'involucro da quelli portanti. Ancora una volta, sono i

solai a garantire un comportamento solidale all'intero complesso che, tuttavia, presenta uno schema statico che, rispetto ai precedenti, offre meno resistenza alle eventuali sollecitazioni torsionali. La complessità delle strutture e della forma delle torri è strettamente legata a considerazioni di natura morfologica che trovano una crescente differenziazione nelle soluzioni tecnologiche adottate per la realizzazione degli involucri. Involucri che possono essere facciate continue vetrate, prospetti colorati o rivestiti, superfici ad assetto variabile, piuttosto che costituite da forme geometriche regolari. In ognuno di questi casi, la ricerca di un forte impatto visivo capace di rispondere all'esigenza di comunicazione di immagine legata all'architettura contemporanea è coniugata a una ricerca anche tecnologica che porta alla messa a punto di soluzioni piuttosto elaborate, concepite per rispondere alle molteplici problematiche coinvolte nella costruzione dell'edificio alto.

### Resistenza e sicurezza

La scelta del sistema costruttivo così come quella della tecnologia per la realizzazione dell'involucro sono strettamente legate a parametri di sicurezza relativi a incendi o fenomeni sismici. Dopo i tragici eventi dell'11 Settembre, inoltre, anche la resistenza della struttura a eventuali impatti orizzontali e alle

## Risparmio energetico

### Agbar

Vista notturna della Torre Agbar. Il sistema di illuminazione è regolato da un sistema informatico che permette di ridurre al minimo gli sprechi energetici (foto: Philippe Ruault).

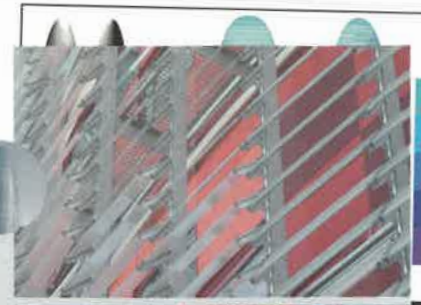
A destra, vista del rivestimento della Torre Agbar.

La struttura in calcestruzzo

è rivestita da pannelli isolanti e lamiera ondulata e laccata che hanno la funzione di isolare la struttura e contenerne le dispersioni. Completa la facciata un complesso sistema di lame orientabili in vetro che oltre a garantire un effetto di ventilazione nell'intercapedine lasciata tra le due superfici costituisce il sistema di regolazione dell'afflusso energetico sulla facciata (foto: Philippe Ruault).

### Swiss Re

Il prospetto della Swiss Re Tower è caratterizzato da fasce scure che avvolgono a spirale l'intero edificio. Ad esse corrisponde, in pianta, uno sfalsamento dei vuoti, che si aprono su ciascun piano, producendo un ottimale effetto di ventilazione naturale degli ambienti. Il risparmio energetico stimato è del 50% (foto: Nigel Young/Foster and Partners).



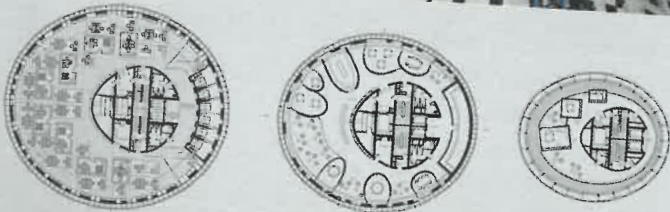
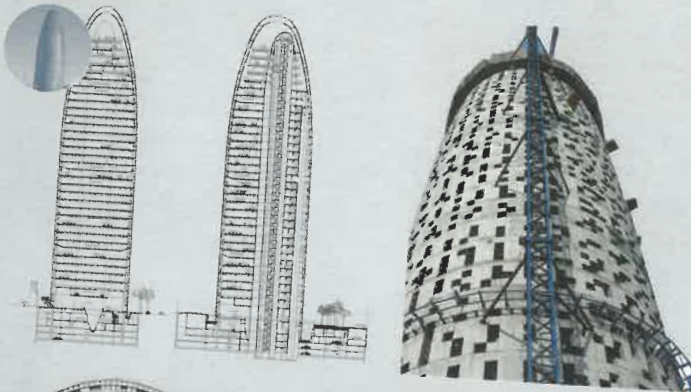
ziale nella progettazione di questa tipologia edilizia. Dal punto di vista della sicurezza al fuoco, l'edificio alto è senza dubbio una delle tipologie più svantaggiate, infatti, i tempi di evacuazione sono indubbiamente lunghi e le modalità sono condizionate dalla conformazione dei corpi di collegamento verticale. Per tale ragione, si tende a lavorare sulla prevenzione e sul contenimento del fenomeno attraverso l'impiego di materiali adeguati e soluzioni distributive efficienti piuttosto che su sistemi attivi che accelerano i tempi di risposta all'evento (anche se sono stati intrapresi diversi programmi di ricerca sulla possibilità di realizzare grandi ascensori sicuri come via di esodo). In merito alle conseguenze di azioni terroristiche, i diversi studi effettuati hanno evidenziato la difficoltà del loro contenimento, non tanto in termini di risposta strutturale, i cui parametri possono essere resi più severi in funzione di una maggiore resistenza in caso di concentrazione di tensioni in un punto, quanto piuttosto in termini di risposta al danno collaterale. L'esplosione e l'incendio che si sviluppano come conseguenza di un impatto differiscono sostanzialmente da un fenomeno di combustione di tipo tradizionale, perché l'innalzamento della temperatura è repentino e i suoi effetti sono resi ancora più devastanti dall'onda d'urto. Ne consegue che la protezione da simili eventi è principalmente affidata a un incremento dei parametri di resistenza meccanica della struttura alla compartimentazione.

## Struttura e materiali

### Agbar

La pianta della Torre Agbar è assimilabile a una forma ovoidale in cui il nocciolo centrale di irrigidimento è posizionato in modo asimmetrico rispetto al centro geometrico della figura. La configurazione della pianta prevede tre livelli di densità in base al numero di postazioni che si intende ricavare su ogni livello. La flessibilità, garantita dalla pianta libera, offre, quindi, diverse possibilità di fruizione degli spazi interni (foto: Atelier Jean Nouvel).

In sezione, la Torre Agbar presenta alcune variazioni del sistema strutturale passando, in corrispondenza della cupola sommitale, dalla struttura esterna in calcestruzzo ad una struttura metallica a sbalzo dal nocciolo centrale (foto: Atelier Jean Nouvel). La variazione dell'andamento dell'involucro ha determinato, in corrispondenza della parte sommitale, anche un cambiamento della soluzione strutturale passando dal cilindro esterno in calcestruzzo a elementi in acciaio a sbalzo dal nucleo centrale. Risulta, perciò, evidente come la sottostruttura divenga l'elemento di assorbimento delle variazioni geometriche e di raccordo tra le parti. Ad essa è affidato un altro compito fondamentale, cioè quello di assorbire le possibili variazioni di assetto derivate da azioni esterne come, ad esempio, la pressione del vento che su edifici di notevole altezza può anche risultare piuttosto elevata.



### Swiss Re

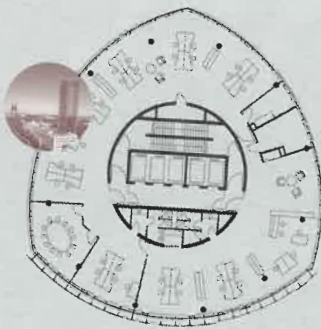
La struttura perimetrale della Swiss Re Tower è costituita da un telaio in carpenteria metallica e calcestruzzo. Gli elementi portanti disposti in diagonale formano campi romboidali che sono saturati dagli elementi vetri di chiusura (foto: Enrica Coppo).

Il profilo esterno parte dal suolo con andamento divergente per poi piegare e terminare con una pronunciata cuspidè.

### Colonia

La pianta della KoelnTriangle Turm è costituita da due cerchi concentrici che

definiscono i due elementi strutturali: il nocciolo centrale e il telaio portante perimetrale. Ad essi è circoscritta una figura triangolare con archi di cerchio per ciascun lato. La struttura perimetrale, svincolata dall'involucro, permette una più libera gestione degli spazi interni.



mentazione su più livelli e alla predisposizione di piani di evacuazione quanto più efficienti possibile. Di fronte a problematiche di questo tipo è bene sottolineare che non è possibile parlare di sicurezza in senso assoluto, ma di criteri che permettano di salvare il maggior numero di vite. Con lo stesso obiettivo sono in fase di sperimentazione interessanti soluzioni antisismiche messe a punto principalmente in Estremo Oriente dove il rischio di terremoti molto intensi è piuttosto elevato. Superata la fase in cui la capacità di smorzamento dell'onda sismica era affidata a sistemi di ammortizzazione, più o meno complessi, realizzati alla base degli edifici, la nuova frontiera dell'antisismico è rappresentata da sistemi a bilanciamento variabile. In alcune torri di notevole altezza, in fase di realizzazione o recentemente completati in Asia, sono stati predisposti nella parte superiore dell'edificio dei dispositivi basati sull'impiego di una pesante sfera di acciaio, sospesa in una cavità rinforzata, che agendo come un pendolo controbilancia la spinta orizzontale prodotta dal terremoto e mantiene il baricentro dell'edificio in una posizione quanto più possibile coincidente a quello teorico. Questo tipo di sistemi sono piuttosto complessi e costosi da realizzare perché incidono sulla concezione stessa della struttura della torre che pur preservando un certo grado di elasticità deve agire come un unico elemento.

Anche nel caso di sisma di forte intensità, l'involucro rappresenta un punto critico del fabbricato in quanto, se il danneggiamento dei singoli componenti non può essere evitato in senso assoluto, deve, tuttavia, essere in grado di resistere nel suo complesso e prevedere accorgimenti anticaduta delle parti lesionate. In tal senso, numerosi passi avanti sono stati fatti grazie all'impiego di alcuni materiali innovativi e alla progettazione di soluzioni tecnologicamente avanzate per le sottostrutture.

### Sistemi di controllo energetico e captazione solare nella Torre Agbar

Questo edificio, ad opera di Jean Nouvel, è situato in un'area di forte espansione della città di Barcellona e prende il nome dalla sigla della compagnia che gestisce l'acquedotto cittadino. L'elemento più caratteristico della costruzione è l'immagine multicolore che si percepisce da lontano. Infatti, è bene sottolineare che, se si escludono le guglie della Sagrada Família e la torre delle comunicazioni progettata da Santiago Calatrava, non sono presenti a Barcellona emergenze architettoniche di tale rilevanza.