

CONCORSO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE
PER LA RIQUALIFICAZIONE DI UN COMPLESSO EDILIZIO
IN VIA DELLE ORSOLE 4, MILANO

RELAZIONE TECNICA DELLE STRUTTURE
E DEGLI IMPIANTI



RELAZIONE TECNICA DELLE STRUTTURE

1. Generalita' del progetto strutturale

Il nuovo edificio in concorso verrà realizzato in completa sostituzione di quello esistente per cui è prevista la demolizione integrale fino alla quota di imposta delle fondazioni. Lo sviluppo della progettazione strutturale avverrà conformemente alle cogenti norme sulle costruzioni NTC2018, avvalendosi anche delle indicazioni tecniche presenti negli Eurocodici e nelle norme di comprovata affidabilità quali ad esempio i documenti del CNR DT. Nel dettaglio si farà riferimento alle seguenti normative di progetto:

- Norme tecniche per le costruzioni NTC2018 del 17/01/2018
- Circolare 617 C.S.LL.PP del 2/2/2009 (e circolare NTC2018 dalla data della sua futura pubblicazione).

La progettazione terrà in considerazione anche le norme relative alla progettazione sismica regionale tra cui:

- D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d);
- L33/2015 Regione Lombardia: disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche e successive modificazioni.

Durante lo svolgimento delle fasi di progettazione verranno considerati, ove il codice nazionale richiedesse l'apporto di norme "di comprovata validità", gli Eurocodici:

- UNI EN 1990:2006: Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale;
- UNI EN 1991-1-1:2004: Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici;
- UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1993-1-1:2005: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1998-1:2005: Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.

I codici precedentemente citati verranno applicati, in accordo con la legge italiana, mediante l'utilizzo degli annessi nazionali.

In merito al nuovo edificio, una volta completata la demolizione di quello esistente, è prevista la realizzazione di un nuovo fabbricato che sarà realizzato con struttura prevalentemente in cemento armato gettato in opera.

La nuova edificazione prevedrà di realizzare n° 2 piani interrati, mantenendo la quota massima di scavo uguale a quella dell'edificio esistente, e n°6 piani fuori terra.

La buona conoscenza dei terreni nell'area di edificazione, a cui si sommeranno nozioni acquisite attraverso specifiche prove geognostiche da effettuare nel corso della fase di progettazione, permettono di ipotizzare un sistema fondazionale di tipo diretto continuo a platea. In relazione all'innalzamento della falda acquifera registrata negli ultimi anni nella zona di edificazione, è prevedibile la realizzazione di un sistema di coibentazione idraulica (estesa almeno al piano secondo interrato) con tecnologia di tipo a "vasca bianca".

Prima della demolizione del fabbricato esistente occorrerà redigere un piano di indagine strutturale di livello LC2 (§ 8.5.4 NTC2018) finalizzato a definire i dettagli costruttivi delle mura perimetrali esistenti, le quali dovranno essere rinforzate una volta demoliti i solai. Nel dettaglio dovrà essere ricercata presso la proprietà e presso gli uffici del Comune la documentazione tecnica costituente il progetto strutturale originario. Oltre l'acquisizione della documentazione di progetto, occorrerà eseguire una serie di prove finalizzate a verificare in opera i dettagli costruttivi, la tipologia di armature, i relativi diametri, ed una serie di test sui materiali calcestruzzo e acciaio atti a caratterizzarne le relative resistenze meccaniche.

Nel corso della fase di demolizione dei solai dei piani interrati, i quali attualmente funzionano come contrasto alle spinte laterali esercitate dal terreno, occorrerà definire un sistema di sbadacchiamento dei muri per garantirne la stabilità nelle fasi transitorie.

Contestualmente il piano di indagini strutturali, andrà fatta presso gli uffici del Comune la ricerca di eventuali sottoservizi presenti nelle aree circostanti le murature di perimetro. Una volta acquisite tali informazioni sarà allora possibile definire se il sistema di sbadacchiatura orizzontale dei muri controterra sarà di tipo tirantato (scelta preferibile), con puntoni provvisori o di tipo ibrido.

La prima soluzione consiste nel realizzare i tiranti multitrefolopresollecitati, realizzati mediante carotatori con piano cingoli posto poco sotto quello di imposta tiranti. In tal caso la quota di imposta dei tiranti ed il numero, dipenderà dalle caratteristiche di resistenza flessionale e a taglio del muro che potranno essere stimate una volta noti i risultati delle indagini sopra descritte. Tale soluzione sarà però percorribile se sul perimetro della fondiaria non risulteranno presistenze come tubature, fogne cunicoli ecc. sul tracciato dei tiranti provvisoria che, se realizzati, verranno poi detensionati una volta realizzato l'impalcato di piano terra.

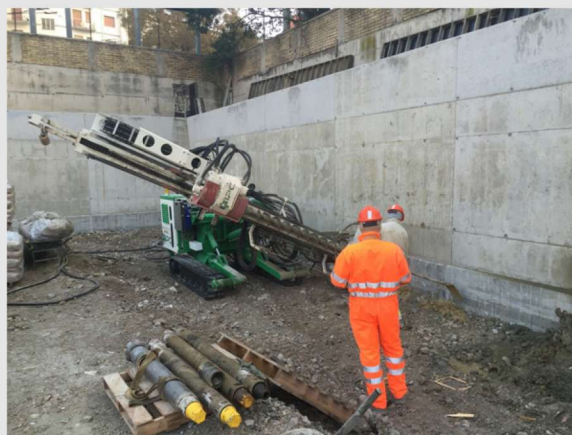
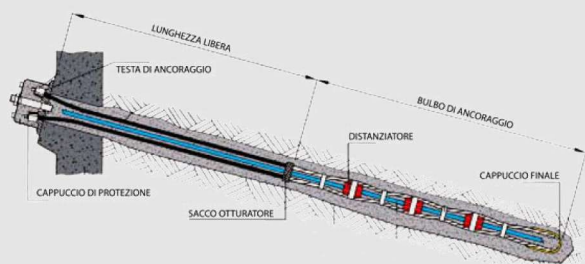


Fig. 1: schema tirante multitrefolo e macchina per la realizzazione di tiranti su muri in CA

Differentemente, qualora tale sistema costruttivo non fosse attuabile, si dovrà ricorrere ad una serie di puntoni in carpenteria di acciaio, interni al cantiere e opportunamente vincolati alla base. Tale soluzione progettuale risulterà quella di meno auspicabile perché fortemente vincolante nella logistica del cantiere e delle fasi di lavorazione in quanto i puntoni potranno essere rimossi solamente dopo il getto del solaio del piano terra.

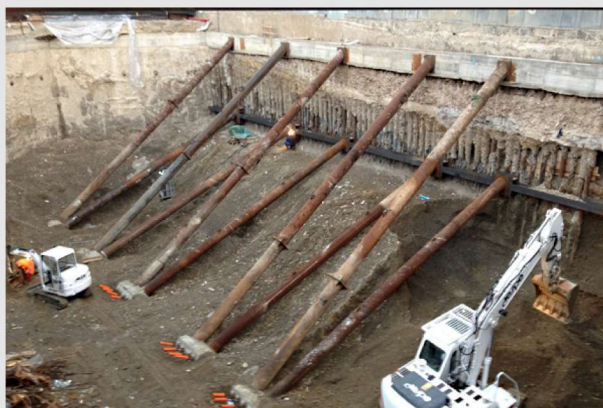


Fig. 2: esempio di sbadacchiatura scavo con puntoni in acciaio interni al lotto

Per il nuovo edificio in progetto il funzionamento di equilibrio dei carichi avverrà in maniera tradizionale: alle colonne verrà affidato prevalentemente l'equilibrio dei carichi verticali mentre alle pareti in calcestruzzo quello di equilibrio dei carichi orizzontali come neve e vento. I solai di piano avranno, oltre la funzione di sostenere i carichi verticali, anche quella di ripartizione ai nuclei di controvento le azioni orizzontali, si veda la vista tridimensionale della struttura nella tavola **TAV.1_ STRUTTURE** allegata.

Per quanto riguarda le strutture in elevazione, quali muri, pilastri e solai è prevista la loro realizzazione in opera con calcestruzzi confezionati con betoniere e gettati mediante l'utilizzo di pompe.

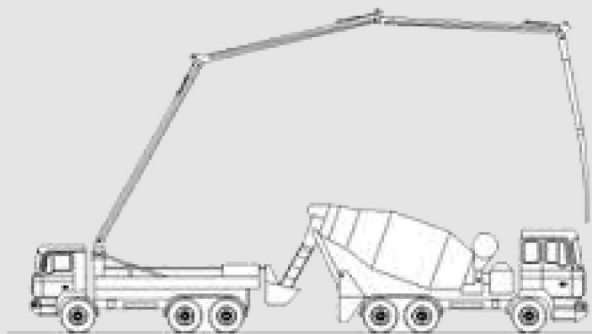


Fig. 3: esempio fase di getto con betoniera ed autopompa

Nel caso specifico occorrerà posizionare l'autopompa, fissa nel corso delle operazioni di getto, in Vicolo Santa Maria alla Porta permettendo così l'accesso e lo scarico delle autobetoniere da Via delle Orsole.

Al fine di contenere le dimensioni sezionali delle colonne nei piani fuori terra, per meglio adattare il progetto strutturale a quello architettonico, è previsto l'utilizzo di calcestruzzi di medio alta resistenza di tipo C45/55, XC3 e classe di slump S5. Nei piani entroterra e per tutti i muri delle pareti, è previsto invece l'utilizzo di calcestruzzi di resistenza ordinaria di tipo C28/35, XC3 e classe di slump S4.

In merito agli impalcati, per cui è previsto l'utilizzo di calcestruzzi di tipo C32/40, XC3 e classe di slump S5, si è optato per una soluzione a piastra continua di spessore costante pari a 30 cm di tipo "flat", ovvero con intradosso piano senza travi ricalate al fine di evitare qualsiasi interferenza strutturale/impiantistica presente a soffitto e agevolare al meglio la circolazione di tubazioni e condotte appese al solaio. Per limitare inoltre il peso di tali impalcati, mantenendo però una elevata performance strutturale in termini di rigidità e resistenza, si è adottato un sistema a piastra di tipo "bubbleslab" caratterizzato dall'inserimento di sfere di alleggerimento nello spessore del solaio, scelta che permette di ottimizzare notevolmente il peso dei solai (circa il 25%) producendo benefici effetti relativi alla riduzione dei carichi da trasferire in fondazione e delle forze inerziali agenti in caso di sisma.

Per l'ultimo piano dell'edificio, al fine di consentire in alcune aree l'arretramento del solaio dalle pilastrate di perimetro, verrà realizzata una parte di impalcato in acciaio, costituito da travi primarie e secondarie e da solai in lamiera grecata con getto collaborante in opera, di tipo strallato mediante tondi in acciaio ancorati al livello del solaio di copertura.

Per quest'ultimo solaio verranno allora previste un graticcio di travi estradossate in calcestruzzo le quali, ordite nella maglia dei pilastri, permetteranno di appendere tali impalcati permettendo quindi di realizzare le balconate interne previste nel layout architettonico.

Per quanto riguarda la fase di progettazione, il wireframe strutturale verrà realizzato in ambiente BIM attraverso il Programma Revit®, il quale permetterà un controllo accurato con le geometrie architettoniche ed impiantistiche. Attraverso il wireframe geometrico così elaborato, verrà realizzato un modello di scambio di tipo "bidirezionale" con il software utilizzato per le analisi strutturali che è il codice di calcolo MidasGen® il quale ha uno specifico preprocessor di interscambio con il modellatore BIM. Adottando questa procedura di implementazione dei modelli di calcolo, si avrà un controllo pressoché continuo tra la geometria della struttura presente nel progetto architettonico e quella realmente calcolata. Tale procedimento di analisi permetterà quindi un'altissima affidabilità delle modellazioni strutturali in relazione al fatto che queste risulteranno sempre congruenti con i modelli geometrici di riferimento presenti nel progetto architettonico.

In merito alle analisi strutturali, in relazione alla tipologia di fabbricato prevista in progetto, si opterà per analisi sviluppate coerentemente con la teoria degli stati limite, divenuta definitivamente obbligatoria con le NTC2018. Le analisi sismiche verranno svolte attraverso la tecnica di imposizione dello spettro di risposta applicato sulle deformate modali strutturali. Tali analisi permetteranno di quantificare con precisione le forze dinamiche agenti nel caso di evento sismico.

Ai fini del calcolo si adotteranno i parametri di sito per la definizione degli spettri di progetto e per la caratterizzazione delle sollecitazioni eoliche e derivanti dal carico di neve.

In merito alla classificazione sismica, si adotterà per l'edificio la classe III (§2.4.2 NTC2018) al fine di poterlo utilizzare come "rilevante" e quindi poter allocare all'interno funzioni "sensibili", quali quelle connesse alla protezione civile o di tipo pubblico. Questa scelta, che aumenterà il valore dell'immobile per una sua possibile

futura allocazione commerciale anche a un ente pubblico, permetterà di avere una maggiore resistenza dell'impianto strutturale che potrà comunque essere utilizzato anche nell'ipotesi di edificio "privato" senza funzioni particolari all'interno.

2. Tipologia strutturale adottata

Le strutture verticali consistono in pilastri, setti e da un core centrale in calcestruzzo armato. Questi elementi hanno la funzione di supportare le azioni verticali, l'azione di controvento alle azioni orizzontali è assegnata invece esclusivamente ai muri in cemento armato dei setti e dei core. La soluzione strutturale così definita, può essere considerato come sistema "a pareti", così come definito dalle NTC2018 al §7.3.11 per le costruzioni in calcestruzzo. Tale sistema strutturale consente di ottenere un layout in grado di accoppiare alti valori di duttilità ad alti valori di resistenza, riuscendo, inoltre a coniugare, le performance strutturali alle esigenze architettoniche.

Tab. 7.3.II – Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD

Tipologia strutturale	q_0	
	CD "A"	CD "B"
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	$4,5 \alpha_s / \alpha_i$	$3,0 \alpha_s / \alpha_i$
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	$4,0 \alpha_s / \alpha_i$	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5

Si potrà quindi adottare un coefficiente di comportamento q_0 pari a 3, per la classe di duttilità B. Tale scelta appare corretta, avendo studiato la risposta dinamica dell'edificio ed avendo verificato che lo stesso non sia deformabile torsionalmente.

Story	Level (m)	Weight Center		Stiffness Center		Ecc. Dist.		Torsional Stiffness (kN*m)	El. Radius		L [m]	B [m]	I_s [m]	r_x / I_s	CHECK	r_y / I_s	CHECK
		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)		X (m)	Y (m)							
LCO	24.6	-0.04	-0.91	-1.5	3.66	1.46	4.57	61300000	11.37	12.81	24	18	8.66	1.31	ok	1.48	ok
L06	21.8	-0.07	-0.88	-1.49	3.67	1.42	4.55	9.93E+07	11.43	13.57	24	18	8.66	1.32	ok	1.57	ok
L05	18.46	-0.07	-0.89	-1.52	3.6	1.45	4.49	1.52E+08	11.4	12.94	24	18	8.66	1.32	ok	1.49	ok
L04	15.12	-1.02	-1.37	-1.23	3.62	0.2	4.99	2.04E+08	10.88	10.98	24	18	8.66	1.26	ok	1.27	ok
L03	11.78	-1.03	-1.37	-1.23	3.61	0.2	4.99	2.72E+08	11.01	11.8	24	18	8.66	1.27	ok	1.36	ok
L02	8.44	-1.03	-1.37	-1.42	3.6	0.39	4.97	3.64E+08	11.14	12.14	24	18	8.66	1.29	ok	1.40	ok
L01	5.1	-1.01	-1.42	-2.2	4.08	1.18	5.5	4.08E+08	11.36	13.3	24	18	8.66	1.31	ok	1.54	ok
L00	0	-6.79	-1.38	-4.36	-1.93	2.43	0.56	1.30E+10	18.24	20.38	24	18	8.66	2.11	ok	2.35	ok

La configurazione della struttura "a pareti" deve essere verificata, secondo quanto previsto al §7.2.3 delle NTC2018.

7.2.3. CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI ED ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI

ELEMENTI SECONDARI

Alcuni elementi strutturali possono essere considerati "secondari"; nell'analisi della risposta sismica, la rigidità e la resistenza alle azioni orizzontali di tali elementi possono essere trascurate. Tali elementi sono progettati per resistere ai soli carichi verticali e per seguire gli spostamenti della struttura senza perdere capacità portante. Gli elementi secondari e i loro collegamenti devono quindi essere progettati e dotati di dettagli costruttivi per sostenere i carichi gravitazionali, quando soggetti a spostamenti causati dalla più sfavorevole delle condizioni sismiche di progetto allo SLC, valutati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3, oppure, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4.

In nessun caso la scelta degli elementi da considerare secondari può determinare il passaggio da struttura "irregolare" a struttura "regolare" come definite al § 7.2.1, né il contributo totale alla rigidità ed alla resistenza sotto azioni orizzontali degli elementi secondari può superare il 15% dell'analogo contributo degli elementi primari.

Story	Level (m)	Load	Type	No	Angle1 ([deg])	Force1 (kN)	Ratio1	Angle2 ([deg])	Force2 (kN)	Ratio2
L00		Ex(RS)	Frame		0	63.3919	0.02	90	52.4601	0.02
L00		Ex(RS)	Planar		0	2849.15	0.98	90	2168.56	0.98
L00		Ex(RS)	Sum		0	2912.54		90	2221.02	
L00		Ey(RS)	Frame		90	58.7608	0.02	180	68.7358	0.03
L00		Ey(RS)	Planar		90	2294.23	0.98	180	2463.48	0.97
L00		Ey(RS)	Sum		90	2352.99		180	2532.21	

Per l'edificio in esame, al piano di base, si ottiene dalle calcolazioni che il contributo in rigidità orizzontale dei pilastri non supera il 3%; per tale ragione questi elementi verranno considerati secondari ovvero verranno svincolati flessionalmente dagli impalcati delegando agli stessi la funzione di equilibrare i soli carichi verticali.

3. Carichi gravitazionali

Per quanto concerne i carichi gravitazionali, in linea generale, si adotteranno sovraccarichi di piano dovuti ai carichi portati pari a 3 kN/m², mentre, relativamente ai carichi variabili, si utilizzeranno carichi pari 3 kN/m². Questi ultimi valori, risultando superiori ai minimi previsti dalla norma (STab 3.1.2 NTC2018), permetteranno di dare una maggiore flessibilità funzionale ai piani qualora ciò sia richiesto ai fini commerciali. Ad esempio, tale scelta, permetterà di utilizzare i piani superiori dell'edificio, previsti in progetto come abitazioni, anche come uffici aperti al pubblico.

Per l'analisi delle sollecitazioni agenti sulle strutture si è fatto riferimento a quanto previsto al capitolo 2.5.3 delle NTC2018. In particolare vengono definite e considerate le seguenti combinazioni di carico:

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

I coefficienti di inviluppo dei carichi sono quelli della tabella 2.5.I delle NTC 2018 di seguito riportata:

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Relativamente alle verifiche sismiche allo SLU si utilizza la combinazione sismica definita dalle Norme Tecniche per le Costruzioni al punto 2.5.3

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Congiuntamente alla combinazione fondamentale

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire *combinato con*.

I carichi verticali sono stati considerati tenendo conto dell'apporto delle componenti strutturali, architettoniche, impiantistiche e dei sovraccarichi legati alla destinazione d'uso degli ambienti.

S1 - SOLAIO TIPO				
Tipologia di finitura o componente			P_i [kN/m ²]	P_{tot} [kN/m ²]
g_{1k}	Peso proprio	Soletta in getto pieno sp.30cm	7.50	7.50
	Peso permanente portato	Finiture	0.50	3.00
		Massetto in calcestruzzo alleggerito h=10 cm (12 kN/m ³)	1.00	
		Isolanti	0.10	
		Trazzette mobili	0.80	
		Controsoffitto e impianti appesi	0.60	
q_k	Sovraccarichi	Uffici non aperti al pubblico - (cat. B1)	3.00	3.00

S2 - SOLAIO PIANI INTERRATI				
Tipologia di finitura o componente			P_i [kN/m ²]	P_{tot} [kN/m ²]
g_{1k}	Peso proprio	Soletta in getto pieno sp.30cm	7.50	7.50
	Peso permanente portato	Finiture	0.50	3.00
		Massetto in calcestruzzo alleggerito h=10 cm (12 kN/m ³)	1.00	
		Isolanti	0.10	
		Trazzature	0.80	
		Impianti appesi	0.60	
q_k	Sovraccarichi	Rimesse, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (Cat. F)	3.00	3.00

C - SOLAIO DI COPERTURA				
Tipologia di finitura o componente			P _i [kN/m ²]	P _{tot} [kN/m ²]
g _{1k}	Peso proprio	Soletta in getto pieno sp.30cm	7.50	7.50
	Peso permanenti portato	Finiture	0.50	2.30
		Massetto in calcestruzzo alleggerito h=10 cm (12 kN/m ³)	1.00	
		Isolanti	0.20	
		Impianti	0.60	
q _k	Sovraccarichi	Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione (Cat. H)	1.00	1.00

4. Sovraccarico da neve

Per gli orizzontamenti esposti a cielo aperto agli agenti atmosferici è stato inoltre considerato il sovraccarico imputabile alla presenza di neve, calcolato tenendo conto del posizionamento geografico del sito di progetto e della forma della copertura:

AZIONI DELLA NEVE		NTC2018 § 3.4	
$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$			
q_{sk}	kN/m ²	1.50	valore di riferimento del carico della neve al suolo
μ_i	Copertura piana	0.8	coefficiente di forma della copertura
C_E	Esposizione "normale"	1.0	coefficiente di esposizione
C_t		1.0	coefficiente termico
q_s	kN/m ²	1.20	carico sulle coperture

5. Analisi in frequenza

La presenza del core di controvento su tutti i piani permette di conferire alla struttura un comportamento dinamico ottimale in relazione ad una distribuzione di inerzia costante in altezza.

Tale caratteristica strutturale è confermata dall'analisi dei parametri modali dell'analisi in frequenza della struttura svolta dove, i primi due modi vibrazionali sono di tipo flessionale mentre solo il terzo è di natura torsionale. Nella caratterizzazione dinamica delle sollecitazioni sismiche è stato considerato un numero di modi tale da coinvolgere l'85% di eccitazione della massa totale, in accordo con quanto previsto dalle NTC2018 al §7.3.3. I risultati dell'analisi dinamica sono mostrati nella tavola **TAV.2_ STRUTTURE**.

Gli effetti imputabili al sisma sono valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali attraverso la relazione 2.5.7 del §2.5.3 "Combinazione delle azioni" delle NTC2018

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

Il coefficiente di contemporaneità ψ_{2j} è valutato secondo la tabella 2.5.I delle NTC2018, a secondo della destinazione d'uso dei vari piani.

6. Analisi sismica

L'analisi sismica svolta sull'edificio è studiata mediante la costruzione degli spettri di progetto con i parametri di sito. I dati dell'azione sismica sono stati estrapolati dal database normativo che definisce l'accelerazione di picco del terreno, determinata in relazione a un determinato periodo di ritorno, per tutto il territorio nazionale. Per il sito di progetto, i coefficienti da utilizzare per la determinazione dell'azione sismica sono i seguenti:

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.019	2.555	0.160
50	0.024	2.549	0.190
72	0.028	2.569	0.204
101	0.031	2.579	0.218
140	0.035	2.600	0.229
201	0.038	2.628	0.249
475	0.049	2.657	0.280
975	0.059	2.696	0.299
2475	0.075	2.783	0.316

Alla costruzione, è stata assegnata una classe d'uso III più elevata rispetto a costruzioni ordinarie (usualmente la II). Tale scelta genera l'amplificazione del periodo di ritorno VR, di riferimento per la determinazione dell'azioni sismica di progetto a 75 anni.

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU {

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione II
- Grafici spettri di risposta II
- Tabella parametri azione II

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategie per costruzioni ordinarie
- Strategie scelte

In particolare, si ottiene, utilizzato un fattore di comportamento q_0 pari a 3, utilizzabile, come mostrato in precedenza, per la tipologia strutturale adottata:

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info $S_S = 1.500$ $C_S = 1.579$ info

Categoria topografica info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☐ Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) $\eta = 1.000$ info

☒ Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 Regol. in altezza info

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q $\eta = 0.667$ info

Dalle considerazioni precedenti e dai fattori di progetto si ottengono gli spettri riportati nella tavola **TAV.3 STRUTTURE**. Lo spettro di progetto è stato fattorizzato tenendo conto del fattore di comportamento e dell'irregolarità in altezza della struttura.

	q_0	K_r	q
Edificio	3.00	0.80	2.40

7. Carichi da vento

La medio bassa sismicità della zona di Milano rende non trascurabile la sollecitazione eolica quale azione di progetto sulle strutture. L'azione del vento viene simulata come pressione statica equivalente, in accordo ai dettami delle NTC2018 e delle istruzioni CNR-DT207, esercitate sul perimetro dell'edificio la quale, opportunamente integrata, riconduce ad una distribuzione di forze orizzontali applicate al piano.

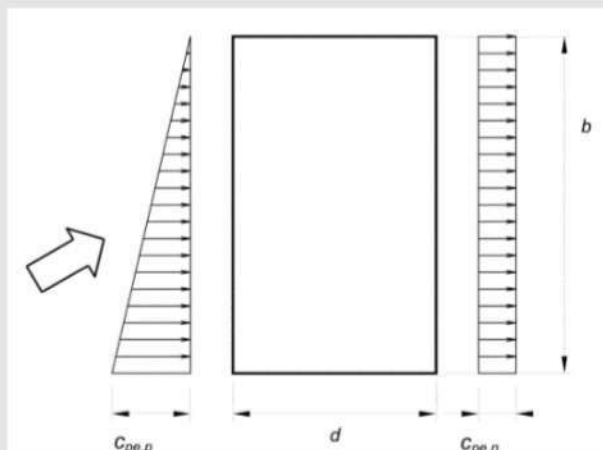
In accordo con l'appendice G delle CNR-DT207, si sono considerati gli effetti dell'azione eolica longitudinali, trasversali e torsionali.

L'analisi delle azioni dovute al vento dipende, oltre che dal sito di progetto, anche dalla dimensione dell'edificio in pianta e in elevazione, dalla presenza di edifici in posizione contigua al sito di progetto e dalle caratteristiche di rugosità delle superfici adiacenti.

Lo schema di calcolo per l'implementazione degli effetti torcenti è quello riportato nell'immagine a lato tratta dalle CNR.

Tale schema è stato interpretato introducendo, per le due direzioni principali orizzontali, un'azione di insieme globale di natura trapezoidale, scomposta in un carico distribuito e una coppia torcente equivalente.

I carichi da vento sono stati calcolati come riportato a seguire:



DM 2018 - Capitolo 3.3

unità di misura: daN, cm

AZIONI DEL VENTO - Con riferimento anche alle "Istruzioni del C.S.L.P."
Calcolazioni valide solo ai fini della stabilità globale dell'edificio

DATI FISSI O PSEUDO-FISSI

gravità	$g = 9.810$	[m / sec ²]
peso specifico dell'aria	$\rho = 1.2260$	[daN / m ³]
coefficiente dinamico	$cd = 1.000$	[numero puro]
coefficiente di topografia	$ct = 1.000$	[numero puro]
coeff. di forma (aerodinamico): sopravvento	$cpe,s = 0.800$	[numero puro]
coeff. di forma (aerodinamico): sottovento	$cpe,t = 0.400$	[numero puro]
coeff. di forma (aerodinamico): complessivo	$cp = 1.200$	[numero puro]
		$= cpe,s + cpe,t$

DATI GEOGRAFICI, ZONALI E LOCALI

zona - dalla tabella 3.3.I DMPag38	----> 1_Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia
classe - dalla tabella 3.3.III DMPag41	----> 1_Aree urbane con almeno il 15% della superficie coperto da edifici
categoria - dalla tabella 3.3.II DMPag40	----> 4_Categoria IV
superfici - dalla tabella C3.3.I C-DMPag28	----> 2_Scabra (cemento a faccia scabra, catrame, ...)
quota sul livello del mare della base edificio	as = 166 [m]
larghezza media della faccia in direzione "x"	lx = 26.89 [m]
larghezza media della faccia in direzione "y"	ly = 33.17 [m]
tempo di ritorno	Tr = 50.00 [anni]

DATI DEDOTTI

n.o della zona	$nz = 1$	[numero puro]	dalla tabella 3.3.I DMPag38
valore geografico della velocità di base	$vb,0 = 25$	[m / sec]	dalla tabella 3.3.I DMPag38
coefficiente di ritorno	$cr = 1.00$		§3.3.3
quota s.l.m. di riferimento	$a0 = 1.000$	[m]	dalla tabella 3.3.I DMPag38
coefficiente di quota	$ka = 0.400$	[1 / sec]	dalla tabella 3.3.I DMPag38
classe	A	[-]	dalla tabella 3.3.III DMPag41
categoria	IV	[-]	dalla tabella 3.3.II DMPag40
fattore di terreno	$kr = 0.22$	[numero puro]	dalla tabella 3.3.II DMPag40
altezza di rugosità	$z0 = 0.30$	[m]	dalla tabella 3.3.II DMPag40
altezza minima	$zmin = 8$	[m]	dalla tabella 3.3.II DMPag40
coefficiente d'attrito	$cf = 0.02$	[numero puro]	dalla tabella C3.3.I C-DMPag28
velocità di base del vento	$vb = 25.02$	[m / sec]	$= vb,0$ se $as \leq a0$ altrimenti $= vb,0 * (1 + ks * (as/a0-1))$
pressione per la velocità di base	$qb = 39.11$	[daN / m ²]	$= 0.5 * \rho * vb^2 / g$
coefficiente intermedio per $z = zmin$	$lv(zm) = 3.2834$	[numero puro]	$= ct * \ln(zmin/z0)$
coeff. di esposizione per $z = zmin$	$ce(zm) = 1.6342$	[numero puro]	$= kr^2 * lv(zmin) * (7 + lv(zmin))$

Le azioni vengono applicate in entrambe le direzioni del sistema globale di riferimento assegnato al modello di calcolo, e introdotte nelle combinazioni di calcolo con gli opportuni coefficienti di partecipazione; viene inoltre tenuto conto della componente di torsione generata dall'azione di trascinamento delle correnti d'aria sull'edificio attraverso la definizione di un contributo torcente.

Per le pressioni di progetto ottenute, tenendo conto delle superfici verticali delle facciate e delle altezze dei piani, si ottengono i seguenti carichi statici equivalenti implementati nel modello FEM:

CASO DI CARICO : Vento +X			
STORY	Fx	Fy	Rz
	kN	kN	kNm
LCO	72	0	0
L06	115	0	0
L05	118	0	0
L04	110	0	0
L03	101	0	0
L02	89	0	0
L01	110	0	0
L00	67	0	0

CASO DI CARICO : Vento +Y			
STORY	Fx	Fy	Rz
	kN	kN	kNm
LCO	0	62	0
L06	0	95	0
L05	0	97	0
L04	0	91	0
L03	0	83	0
L02	0	73	0
L01	0	91	0
L00	0	55	0

CASO DI CARICO : Vento X+Mt			
STORY	Fx	Fy	Rz
	kN	kN	kNm
LCO	37	0	98.1
L06	78	0	206.5
L05	59	0	212.1
L04	75	0	198.2
L03	68	0	181.6
L02	60	0	160.0
L01	74	0	197.8
L00	45	0	119.6

CASO DI CARICO : Vento Y+Mt			
STORY	Fx	Fy	Rz
	kN	kN	kNm
LCO	0	31	64.4
L06	0	64	135.7
L05	0	49	139.4
L04	0	62	130.3
L03	0	57	119.4
L02	0	50	105.1
L01	0	62	130.0
L00	0	37	78.6

8. Resistenza dei core

Le analisi svolte sulla struttura hanno permesso di valutare idonea la resistenza strutturale del core in relazione alle azioni orizzontali sullo stesso agenti. Le sollecitazioni ottenute nelle calcolazioni sono state verificate armando opportunamente la sezione del core così come indicato nella tavola **TAV.3_STRUTTURE**.

La resistenza alle azioni di progetto è stata verificata dalle calcolazioni eseguite, sia nei confronti delle sollecitazioni di pressoflessione sulle sezioni resistenti del corpo in CA, sia nei confronti delle sollecitazioni taglienti massime calcolate sui muri.

9. Conclusioni

Alla luce dei risultati ottenuti nelle calcolazioni svolte, si ritiene l'impianto strutturale proposto in fase di concorso idoneo all'edificio in progetto. Nel corso della progettazione definitiva ed esecutiva si darà corso ad un perfezionamento dei dettagli progettuali tale da rendere poi costruibile quanto sarà rappresentato nel progetto finale.

Nelle fasi preliminare, definitiva ed esecutiva, si definiranno inoltre tutte le soluzioni strutturali di dettaglio specifiche per il progetto in esame in coerenza anche con le richieste della Committente e del team di progetto.

__ RELAZIONE TECNICA DEGLI IMPIANTI

1. Impianti meccanici

Il presente documento descrive i requisiti e le caratteristiche generali degli impianti di climatizzazione, ventilazione, dell'edificio di via delle Orsole a Milano.

L'edificio si sviluppa in due piani interrati e sei piani fuori terra. I piani interrati sono destinati all'ubicazione delle principali centrali tecnologiche. I piani superiori, sono invece destinati a spazi commerciali, terziario e residenziale.

1.1. Condizioni climatiche esterne

1.1.1. Periodo Estivo (rif. UNI 10339)

• Temperatura esterna BS massima di calcolo impianti	:	32.5	°C
• Escursione termica giornaliera	:	12	°C
• Umidità relativa esterna alla temp. massima	:	45	%
• Latitudine di calcolo	:	45	°N
• Altitudine nominale di calcolo	:	120	m

1.1.2. Periodo Invernale (UNI 5364 - DPR 28-6-1977)

• Temperatura minima invernale di calcolo impianti	:	-5	°C
• Umidità relativa alla temperatura minima	:	76	%
• Gradi giorno	:	2404	
• Temperatura minima invernale per protezioni antigelo	:	-15	°C

1.2. Dati di progetto degli ambienti

1.2.1. Terziario

• Temperatura interna estiva	:	24 ± 1	°C
• Umidità relativa estiva	:	50 ± 10	%
• Temperatura invernale (UNI 5364)	:	20 ± 1	°C
• Umidità relativa invernale	:	45 ± 10	
• Ricambi aria esterna (UNI EN 15251)	:	7 l/s/pers. + 0,3 l/s/ m ²	
• Estrazioni	:	(per mant. sovrappressione)	
• Affollamenti massimi	:	12	m ² / persona
• Carichi interni di forza motrice	:	7	W/ m ²
• Carichi interni di illuminazione	:	5	W/m ²
• Orario di funzionamento	:	8-22	
• Classe filtrazione filtri (EN 13779:2008)	:	F7+F9	
• Qualità aria esterna considerata (EN 13779:2008)	:	ODA 3	
• Indoor Air quality (EN 13779:2008)	:	IDA 2	

1.2.2. Commerciale

• Temperatura interna estiva	:	26 ± 1	°C
• Umidità relativa estiva	:	50 ± 10	%
• Temperatura invernale	:	20 ± 1	°C
• Umidità relativa invernale	:	45 ± 10	%
• Carichi interni di illuminazione e f. m.	:	20	W/m ²
• Ricambi aria esterna (UNI EN 15251)	:	7 l/s/pers.+ 0,3	l/s/ m ²
• Orario di funzionamento	:	8-22	
• Affollamenti massimi	:	2	m ² / persona
• Affollamenti medio giornaliero	:	3,3	m ² / persona
• Classe filtrazione filtri (EN 13779:2008)	:	F7+F9	
• Qualità aria esterna considerata (EN 13779:2008)	:	ODA 3	
• Indoor Air quality (EN 13779:2008)	:	IDA 2	

1.2.3. Residenziale

• Temperatura interna estiva	:	26 ± 1	°C
• Umidità relativa estiva	:	50 ± 10	%
• Temperatura invernale	:	20 ± 1	°C
• Umidità relativa invernale	:	45 ± 10	%
• Carichi interni	:	25	W/m²
• Orario di funzionamento	:	continuo con attenuazione notturna	

2. Descrizione degli impianti

2.1. Generalità

Nell'ottica dell'ottimizzazione energetica l'impianto è del tipo centralizzato, con pompa di calore e scambio con acqua di falda, tutti i piani sono serviti da aria primaria con recupero totale di calore, ad alta efficienza almeno 90% e di tipo entalpico, mentre i terminali a servizio delle diverse destinazioni d'uso sono a fan coil per gli spazi commerciali, a soffitto radiante per gli spazi destinati terziario e a pavimento radiante per quelli destinati a residenziale.

La produzione dei fluidi termovettori (acqua calda e acqua refrigerata) avviene mediante pompe di calore reversibili con condensazione ad acqua di falda installate al piano interrato dell'edificio.

L'utilizzo dell'acqua di falda come fluido condensante delle macchine frigorifere consente di lavorare con un'efficienza più elevata rispetto ai sistemi condensati ad aria.

L'acqua di falda (mediamente a una temperatura di 15 °C) viene utilizzata, come descritto nei successivi paragrafi, per preraffreddare durante l'estate l'aria esterna che arriva alle unità di trattamento (UTA).

Il trattamento dell'aria avviene tramite diverse UTA dislocate nei locali tecnici dello stabile. La maggior parte delle UTA è dotata di recuperatori di calore entalpici e di batteria di preraffreddamento alimentata con acqua di falda.

I locali tecnici che contengono apparecchiature con alta dissipazione di calore sono serviti da condizionatori autonomi.

È previsto un sistema di building automation (BMS) per gestione, monitoraggio e controllo degli impianti tecnologici.

2.1.1. Acqua di falda

L'acqua di falda a servizio della centrale termo frigorifera è prelevata da n° 1 pozzo di presa all'interno dei quali sono installate pompe di sollevamento verticali a inverter. L'acqua di falda è portata in centrale tramite tubazioni interrate in polietilene ad alta densità e previo filtraggio. Il gruppo di filtri dell'acqua di falda è dotato di controllo elettronico delle funzioni di filtraggio e di controllo lavaggio automatico.

Tra le pompe di calore e l'acqua di falda contenuta nella vasca sono interposti adeguati scambiatori di calore a piastra. Sul circuito primario circola l'acqua di falda attivata da elettropompe che preleveranno l'acqua direttamente dal pozzo e, una volta attraversati gli scambiatori, la porteranno verso i pozzi di resa. Sul secondario degli scambiatori circola in circuito chiuso l'acqua di condensazione delle pompe di calore.

2.2. Centrale termo frigorifera

La centrale termo frigorifera è composta da n° 2 unità a pompa di calore di tipo reversibile ad alta efficienza con condensazione ad acqua di falda. Le macchine ad inverter sono di Classe Energetica A secondo i criteri Eurovent, compressori semiermetici a vite, inversione di ciclo sul circuito idrico, dotate da fabbrica di sistema di regolazione e gestione consultabile da pannello multifunzione a bordo macchina e in remoto tramite un sistema di supervisione.

Come già indicato in precedenza la centrale termo frigorifera è installata al piano interrato -2 dell'edificio, all'interno del locale, a parte le pompe di calore, troveranno posto le elettropompe di circolazione, i collettori di distribuzione, gli scambiatori di calore, i serbatoi di accumulo ed i vasi di espansione.

Il funzionamento delle pompe di calore nelle diverse stagioni è gestito tramite valvole servocomandate a tre vie le quali, in funzione della temperatura dei fluidi vettori, provvederanno a deviare l'acqua verso l'evaporatore/condensatore delle macchine o verso lo scambiatore con l'acqua di falda. Il concetto base è quello di privilegiare l'utilizzo dell'acqua di falda qualora la temperatura dell'acqua di ritorno dei fluidi vettori sia tale di rendere superfluo il funzionamento dei compressori.

Per quanto riguarda il trattamento dell'aria è previsto creare un circuito di acqua di falda a servizio delle batterie di preraffreddamento installate all'interno delle unità di trattamento aria. Anche in questo modo viene usufruita l'energia frigorifera contenuta nell'acqua di falda ottimizzando l'utilizzo dei compressori delle pompe di calore.

Dalla centrale termo frigorifera partiranno i circuiti di distribuzione a servizio delle diverse utenze:

- acqua refrigerata UTA
- acqua calda UTA
- acqua di falda batterie di preraffreddamento UTA
- acqua refrigerata per le singole utenze.
- acqua calda per le singole utenze

È privilegiato l'utilizzo di elettropompe con motore dotato da inverter che provvederà a variare la velocità di rotazione in funzione del carico richiesto. In funzione di questo sono previste valvole di regolazione a due vie sulle batterie di scambio termico delle UTA e dei terminali idronici.

E' prevista l'installazione di adeguati contatori di energia per il controllo e monitoraggio dei consumi di energia termica e frigorifera. A questo scopo sono installati all'ingresso di ogni unità:

- contatore volumetrico di portata
- sonda di temperatura sulla tubazione di mandata
- sonda di temperatura sulla tubazione di ritorno
- modulo elettronico per l'acquisizione dei dati di portata e di temperatura

Il modulo elettronico, tramite adeguato algoritmo, provvederà a calcolare il consumo in funzione delle misurazioni di portata e di temperatura. Le letture sono acquisite dal BMS il quale, tramite apposito software, immagazzinerà i dati con i quali è possibile configurare un data base storico e creare grafici e tabelle con l'andamento dei consumi nel tempo.

2.3. Unità di trattamento aria

Le batterie di scambio termico delle UTA sono gestite mediante valvole servocomandate a 2 vie.

A servizio dell'edificio sono anche installati gli estrattori delle cappe cucina, le cappe di estrazione dei laboratori, e gli estrattori dei servizi igienici e dei locali rifiuti.

La portata di esercizio dell'impianto viene calcolata con i parametri specificati nei dati di progetto mentre per il dimensionamento delle unità di trattamento aria e delle canalizzazioni di distribuzione viene utilizzata una portata maggiorata. Sono previsti adeguati dispositivi per la misurazione delle portate d'aria.

2.4. Terziario

Come indicato in precedenza le zone uffici e le sale riunioni sono serviti da un impianto a soffitto radiante e aria primaria.

L'adozione di una facciata performante dotata di elementi esterni di controllo dell'irraggiamento solare garantisce il buon funzionamento dell'impianto di climatizzazione a soffitto radiante.

L'aria primaria a servizio degli uffici è trattata da apposite UTA composte dalle seguenti sezioni:

- filtrazione, con prefiltri piani e filtri a tasche
- recuperatore di calore rotativo di tipo entalpico
- preraffreddamento, con batteria ad acqua di falda
- riscaldamento, batteria ad acqua calda
- umidificazione, con acqua nebulizzata ad alta pressione.
- raffreddamento e deumidificazione, con batteria ad acqua refrigerata

- postriscaldamento, batteria ad acqua calda
- sezione ventilante
- silenziatori sulle canalizzazioni di mandata e ripresa

Il funzionamento dell'UTA è monitorato e controllato dal sistema di building automation (BMS).

Le zone Fotocopiatrici/Stampanti sono dotate di un impianto di estrazione forzata dell'aria separato da quello degli uffici che farà capo ad appositi estrattori posti sulla copertura.

I locali con occupazione variabile di persone sono dotati di doppia immissione dell'aria primaria: un'immissione fissa per la minima occupazione, un'immissione variabile regolata da serranda motorizzata azionata da sensore di qualità dell'aria (CO2).

Le distribuzioni principali (canalizzazioni di mandata e di ripresa dell'aria e tubazioni dei fluidi termovettori) sono installate sopra il controsoffitto. Le canalizzazioni di distribuzione dell'aria sono realizzate in PAL.

La mandata dell'aria primaria avviene mediante diffusori lineari a feritoia distribuiti lungo le facciate esterne dell'edificio. Sono installate serrande tagliafuoco in corrispondenza dei punti dove i canali d'aria attraversano strutture resistenti al fuoco.

La ripresa dell'aria dagli uffici è effettuata dalle zone di passaggio (corridoi e connettivi). L'aspirazione dell'aria viziata dai servizi igienici è effettuata impianti di estrazione separati e indipendenti da quello degli uffici che farà capo a estrattori installati sulla copertura.

L'aria dai servizi igienici è aspirata mediante valvole di ventilazione installate a controsoffitto.

Le aree uffici ai diversi piani sono divise in più zone di soffitti radianti. A servizio di ogni zona di soffitti radianti è creata una rete di distribuzione a 4 tubi di acqua calda e di acqua refrigerata. Sulle tubazioni di mandata a servizio di ogni zona sono installate testine elettrotermiche. Le valvole gestiranno il passaggio di acqua calda o di acqua refrigerata in funzione delle condizioni ambiente.

A questo scopo sono previste unità di controllo dotate di regolatore elettronico per il controllo della temperatura e dell'umidità a servizio dei soffitti radianti delle diverse zone uffici e per ogni singola sala riunioni.

Il funzionamento dell'impianto a soffitto radiante è integrato dall'adozione di una facciata performante dotata di elementi esterni di controllo dell'irraggiamento solare.

2.5. Commerciale

Le zone commerciali sono servite da un impianto di climatizzazione ad aria primaria e fan coil.

L'impianto è progettato per poter variare la portata dell'aria in funzione del carico ambientale, che nel caso invernale potrà essere ridotta per ottimizzare i consumi elettrici dei ventilatori.

Le canalizzazioni di distribuzione dell'aria sono realizzate in PAL.

L'aria trattata è distribuita in ambiente mediante diffusori ad alta induzione dotati di plenum di miscela ed equalizzazione. La ripresa avviene tramite griglie installate a controsoffitto o a parete.

L'impianto descritto farà capo a una unità di trattamento aria installata in apposito locale tecnico nell'edificio composta dalle seguenti sezioni:

- filtrazione, con prefiltri piani e filtri a tasche
- recuperatore di calore rotativo di tipo entalpico
- sezione ricircolo/espulsione/aria esterna
- preraffreddamento, con batteria ad acqua di falda
- riscaldamento, batteria ad acqua calda
- umidificazione, con acqua nebulizzata ad alta pressione.
- raffreddamento e deumidificazione, con batteria ad acqua refrigerata
- sezione ventilante di mandata con motore dotato di inverter
- sezione ventilante di ripresa con motore dotato di inverter
- silenziatori sulle canalizzazioni di mandata e ripresa

Il funzionamento dell'UTA è monitorato e controllato dal sistema di building automation (BMS).

2.6. Residenziale

Gli alloggi sono serviti da un impianto di climatizzazione di tipo ad aria primaria e pavimento radiante.

Le canalizzazioni di distribuzione dell'aria sono realizzate in PAL.

L'aria trattata è distribuita in ambiente mediante diffusori ad alta induzione dotati di plenum di miscela ed equalizzazione. La ripresa avviene tramite griglie installate a controsoffitto o a parete.

L'impianto descritto farà capo a una unità di trattamento aria installata sulla copertura dell'edificio composta dalle seguenti sezioni:

- filtrazione, con prefiltri piani e filtri a tasche
- recuperatore di calore rotativo di tipo entalpico
- sezione ricircolo/espulsione/aria esterna
- preraffreddamento, con batteria ad acqua di falda
- riscaldamento, batteria ad acqua calda
- umidificazione, con acqua nebulizzata ad alta pressione.
- raffreddamento e deumidificazione, con batteria ad acqua refrigerata
- sezione ventilante di mandata con motore dotato di inverter
- sezione ventilante di ripresa con motore dotato di inverter
- silenziatori sulle canalizzazioni di mandata e ripresa

Il funzionamento dell'UTA è monitorato e controllato dal sistema di building automation (BMS).

2.7. Impianto idrico sanitario

L'impianto idricosanitario, è formato da pompe di calore locali ad alta efficienza, posizionate per ogni gruppo di destinazioni d'uso simili, e contabilizzata tramite il sistema BMS per ogni unità

2.8. Sistema di supervisione e controllo

L'edificio è dotato di un sistema di building automation (BMS) per la gestione degli impianti tecnologici.

L'impianto è composto da elementi in campo (sonde, valvole motorizzate, servomotori serrande, contatori, ecc.), controllori elettronici programmabili e concentratori di piano e/o di zona che faranno capo a una postazione PC collegati tramite cavo bus.

Relativamente agli impianti meccanici sono previsti regolatori elettronici espandibili per controllare ognuno dei seguenti sistemi:

- centrale termo frigorifera
- centrale idrica
- centrale antincendio
- unità di trattamento aria - estrattori
- soffitti radianti e travi fredde
- cassette VAV
- gestione del funzionamento dei tendaggi motorizzati esterni per il controllo dell'irraggiamento solare

Come già indicato in precedenza sono previsti regolatori elettronici per il controllo della temperatura e dell'umidità dei diversi locali e/o zone serviti dall'impianto di climatizzazione.

E' prevista la contabilizzazione dei consumi idrici ed elettrici delle diverse zone/aree dell'edificio. In sede di progettazione esecutiva saranno puntualmente definite le aree da contabilizzare.

Come già indicato in precedenza, la contabilizzazione dell'energia termica è effettuata mediante contatori composti da un integratore elettronico con sonde di temperatura sulle tubazioni di mandata e di ritorno ed di un contatore meccanico (tipo Woltzman) per la misura della portata d'acqua.

La contabilizzazione dei consumi elettrici avviene mediante adeguati multimetri installati all'interno dei quadri elettrici.

I valori misurati possono essere visualizzati tramite PC e anche immagazzinati in apposito database.

Il sistema è dotato di modulo software "energysaving" che consente, con i dati di consumo raccolti, la creazione di tabelle e grafici illustrativi dell'andamento dei consumi nel tempo e divisi per area.

Il controllo costante dei consumi, consente di ottimizzare i set point di lavoro degli impianti generando di conseguenza un elevato risparmio di energia.

3. Flessibilità delle soluzioni impiantistiche

Gli impianti sono stati studiati per garantire la massima flessibilità sia all'interno di ogni unità, che nei piani 4 e 5 dell'edificio, che possono essere trasformati da residenziale a terziario senza modificare la matrice impiantistica.

In particolare, per quanto riguarda i layout di piano, nelle unità destinate a terziario il sistema a pannelli radianti a soffitto è stato pensato in modo modulare con una elettrovalvola di gestione della superficie radiante con moduli di 2m per 2m. In questo modo è possibile ritagliare il layout distributivo senza apportare nessuna modifica all'impianto ed è sufficiente riprogrammare il sistema BMS. Ogni valvola di zona che gestisce il modulo è codificata ed indirizzata sul sistema BMS e gestita dalla sonda del modulo stesso; di conseguenza nel caso di cambio di layout è sufficiente reindirizzare i componenti in campo da remoto.

Lo stesso sistema è stato pensato per i pannelli a pavimento del piano 4 e 5 residenziale.

Per quanto riguarda la zona commerciale, sviluppata a fan coil, ogni terminale è codificato ed indirizzato. Di conseguenza le variazioni di layout risultano ancora più facilmente gestibili, vista l'estrema semplicità dello spostamento del fancoil, installato nel controsoffitto.

La distribuzione dell'aria primaria è stata prevista con unità di trattamento anche al piano 4 e 5 residenziale, di conseguenza se questi piani dovessero essere convertiti a terziario, sarà sufficiente modificare da BMS, quindi da remoto e tramite il software, le nuove portate d'aria modificando la frequenza dell'inverter, per adattarle alla nuova destinazione d'uso.

Anche i diffusori dell'aria sono stati pensati con distribuzione modulare ed associati al modulo del pannello a pavimento soffitto od al fan coil.

Tutte le distribuzioni sono state pensate per essere contenute nel controsoffitto, di conseguenza risultano gestibili, anche gli spostamenti minimi all'interno della modularità.

4. Comfort interno degli ambienti

Per valutare il comfort interno delle unità è stato utilizzato il metodo del calcolo del PMV e PPD.

Si tratta di indici di livelli di comfort che nascono dalle relazioni tra il funzionamento del corpo umano e la sensazione di benessere termico. La norma UNI EN ISO 7730 ne individua due:

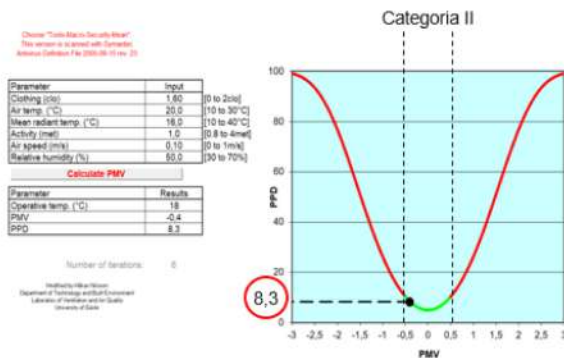
- il PredictedMeanVote PMV, ovvero Voto Medio Previsto, è un indice di valutazione dello stato di benessere di un individuo e tiene conto delle variabili soggettive e ambientali; si tratta quindi di una funzione matematica che dà come risultato un valore numerico su una scala con range -3 (indice di sensazione di troppo freddo) a +3 (indice di sensazione di troppo caldo), dove lo zero rappresenta lo stato di benessere termico. Essendo un indice medio riferito ad un gruppo di individui, il raggiungimento del PMV pari a zero non significa che l'intero gruppo ha raggiunto le condizioni di benessere;
- il Percentage of PersonDissatisfied PPD, esprime la percentuale di persone insoddisfatte in un determinato ambiente.

- **UNI EN 15251 fornisce riferimenti per il comfort termico**
- **Propone una classificazione degli ambienti interni in funzione delle condizioni di comfort**

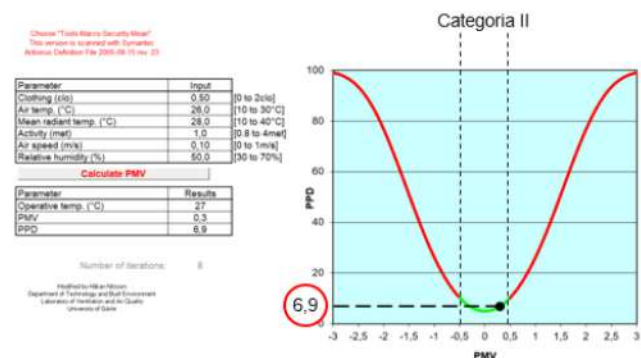
Categoria	Condizione di comfort	
	PMV	PPD
I	$-0,2 < PMV < 0,2$	< 6
II	$-0,5 < PMV < 0,5$	< 10
III	$-0,7 < PMV < 0,7$	< 15
IV	$PMV < -0,5$ o $0,7 < PMV$	> 15

- **Il PMV (Predicted Mean Vote) esprime il gradimento di un ambiente da parte di una persona**
- **Il PPD predice la percentuale di persone che non si riterrà termicamente soddisfatta in corrispondenza di particolari condizioni climatiche e fisiologiche**

Condizione invernale



Condizione estiva



5. Manutenibilità degli impianti

I parametri caratteristici di manutenibilità sono:

- **l'accessibilità** (accessibility): un sistema deve essere progettato in modo che ogni sua parte e relative pertinenze permettano ispezioni, riparazioni, revisioni e sostituzioni, tenendo anche conto delle attrezzature necessarie. L'accessibilità può essere esterna (strade d'accesso), di ingresso all'apparecchiatura (passi d'uomo e portelli), di agibilità intorno all'apparecchiatura (spazio di lavoro);
- **l'estraibilità** (dismounting): durante un'azione manutentiva deve essere possibile sconnettere ed asportare ogni apparato senza che vi sia obbligo di coinvolgere altri apparati non direttamente correlati alla specifica azione;
- **la manipolabilità** (handiness): tutti gli apparati soggetti a smontaggio previsto da atti manutentivi devono essere progettati in modo da essere facilmente trasportabili (peso, forma, tossicità, agganci di sollevamento) in officina, a magazzino o a piè d'opera;
- **la pulibilità** (cleaning-friendliness): le parti di una apparecchiatura o di un sistema (comparti, apparati) devono essere progettate in modo da facilitare al massimo le operazioni di pulizia;
- **l'unificazione** (standardisation): le apparecchiature devono essere diversificate il meno possibile al fine di poter consentire il più alto livello di intercambiabilità (contenimento del numero di modelli) -
- **l'intercambiabilità** (interchangeability): una apparecchiatura deve poter essere sostituita da una equivalente senza richiedere modifiche per l'installazione;
- **la testabilità** (testability): possibilità di effettuare facilmente misure/letture.

L'impianto proposto possiede tutte le caratteristiche sopra descritte, in quanto, tutti gli elementi sono installati a vista nel controsoffitto, e di conseguenza sono **accessibili** in ogni momento. Allo stesso modo sono anche **estraibili**. Per quanto riguarda **la pulizia** saranno disponibili, oltre alle botole di ispezione anche ampi spazi di manovra a fianco delle zone filtro, per consentirne la pulizia.

Gli elementi terminali saranno il più possibile **standardizzati ed intercambiabili**.

Una volta soddisfatte tutte queste caratteristiche, la **testabilità** risulterà di conseguenza semplice proprio grazie alla facilità di accesso a tutte le apparecchiature.

6. Descrizione degli impianti elettrici

6.1. Sistema di connessione alla rete di distribuzione di energia

Per l'alimentazione delle utenze elettriche dell'edificio oggetto dell'intervento sarà prevista una derivazione dalla rete di distribuzione locale, in bassa tensione. Il gruppo di misura dell'Ente Erogatore sarà installato all'interno del vano contatori.

6.1.1. Quadro generale di bassa tensione

Nel locale sarà installato il quadro generale di bassa tensione, per le parti comuni, e tutti gli avvanquadri per le diverse unità.

I quadri saranno del tipo prefabbricato in profili d'acciaio e lamiere presso piegate avente forma di segregazione 3B, suddiviso in celle e scomparti normalizzati.

6.2. Distribuzione principali e di forza motrice

Distribuzioni principali e secondarie

La rete distributiva sarà così strutturata:

- rete primaria in cavo, collegante il quadro generale con i quadri elettrici secondari, e avvanquadri con quadri di unità;
- rete primaria per il collegamento diretto di grosse utenze quali i sistemi di condizionamento;
- rete secondaria in cavo (multipolare su passerella o unipolare in tubi portacavi);
- rete terminale (generalmente realizzata con conduttori unipolari inseriti in tubazioni) per l'alimentazione delle utenze elettriche in campo.

La distribuzione principale e secondaria sarà realizzata con cavi posati su passerelle in filo di acciaio zincato collocate nei controsoffitti e nei pavimenti sopraelevati.

In relazione alla specifica classificazione delle aree dell'edificio, ambiente a maggior rischio di incendio per la presenza di un numero elevato di persone, la distribuzione primaria e secondaria sarà realizzata utilizzando cavi unipolari o multipolari del tipo LZSH (condutture normali) con caratteristiche di non propagazione dell'incendio (Norme CEI 20-22 III), a ridottissima emissione di fumi opachi e gas tossici e con assenza di gas corrosivi (Norme CEI 20-37, 20-38).

Le distribuzioni terminali saranno generalmente realizzate utilizzando cavi del tipo, non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici, inseriti in tubazioni in PVC flessibile o rigide, posate a vista in tutte le zone tecniche e nelle zone occultate da controsoffitto e nei pavimenti sopraelevati o con cassette da incasso e tubazioni sottotraccia per le zone prive di controsoffitti.

6.3. Illuminazione

Per l'esecuzione degli impianti di illuminazione, in generale, si prevede l'utilizzo di apparecchi illuminati con fonti luminose ad altissima efficienza (LED) con reattori elettronici a tecnologia DALI (dimmerabili) e con possibilità di controllo locale da sensori o da comandi manuali e possibilità di spegnimento da remoto.

In particolare, gli apparecchi illuminanti previsti saranno controllati (attivazione spegnimento e regolazione intensità emissione luminosa) tramite sistemi di gestione dell'illuminazione con l'implementazione di diverse funzioni prevedendo l'installazione di dispositivi attivi o passivi (attuatori, dimmer, unità di controllo, alimentatori, interfacce, comandi manuali, ecc.).

In corrispondenza degli ambienti interni saranno installati rilevatori che attiveranno l'impianto solo in relazione all'effettiva presenza delle persone.

In particolare, provvederanno a spegnere l'impianto di illuminazione all'uscita del personale dagli ambienti.

Nelle aree adibite ad ufficio, dove è previsto l'uso sistematico di videotermini, sarà prevista l'installazione di apparecchi illuminanti con ottiche schermanti e antiabbagliamento sospesi sotto al controsoffitto con tipologia di emissione diretta/indiretta.

In corrispondenza dei percorsi comuni, corridoi, atri, sbarchi ascensori, ecc. sarà generalmente prevista l'installazione di apparecchi illuminanti pendinati a soffitto.

6.4. Illuminazione di sicurezza

L'illuminazione di sicurezza sarà realizzata in conformità alle prescrizioni del Dlgs 81/08 e delle relative norme tecniche di riferimento.

6.5. Impianto di captazione scariche atmosferiche

Da una verifica preliminare, in relazione al livello di rischio presente valutato in conformità alle prescrizioni della norma CEI EN 62305/ CEI 81-10 non risulta necessaria l'adozione di sistemi di protezione contro le scariche atmosferiche.

Per assicurare la protezione degli impianti interni da sovratensioni indotte da fulminazione diretta della struttura o sulle linee di alimentazione all'edificio si dovrà prevedere l'adozione di SPD.

7. Descrizione degli impianti speciali

7.1. I sistemi di sicurezza

In accordo alle normative tecniche vigenti saranno previsti i seguenti impianti di sicurezza:

7.1.1. Impianto rivelazione incendio

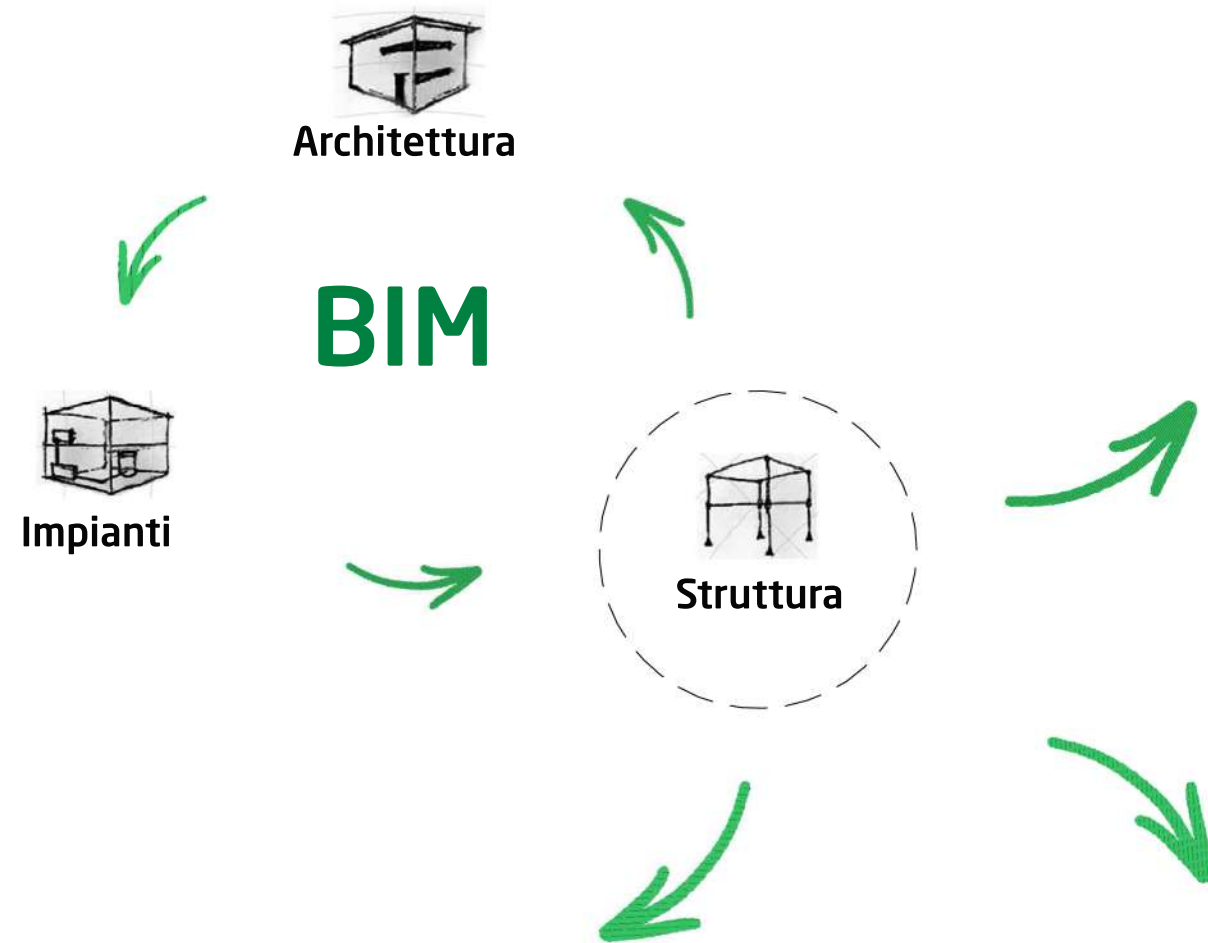
Si prevede l'installazione di un impianto fisso di rivelazione e segnalazione automatica degli incendi in grado di rilevare e segnalare a distanza un principio di incendio, integrato con dispositivi di segnalazione manuale di allarme incendio, del tipo a pulsante, opportunamente distribuiti ed ubicati, in ogni caso, in prossimità delle uscite.

7.1.2. Impianto di diffusione sonora

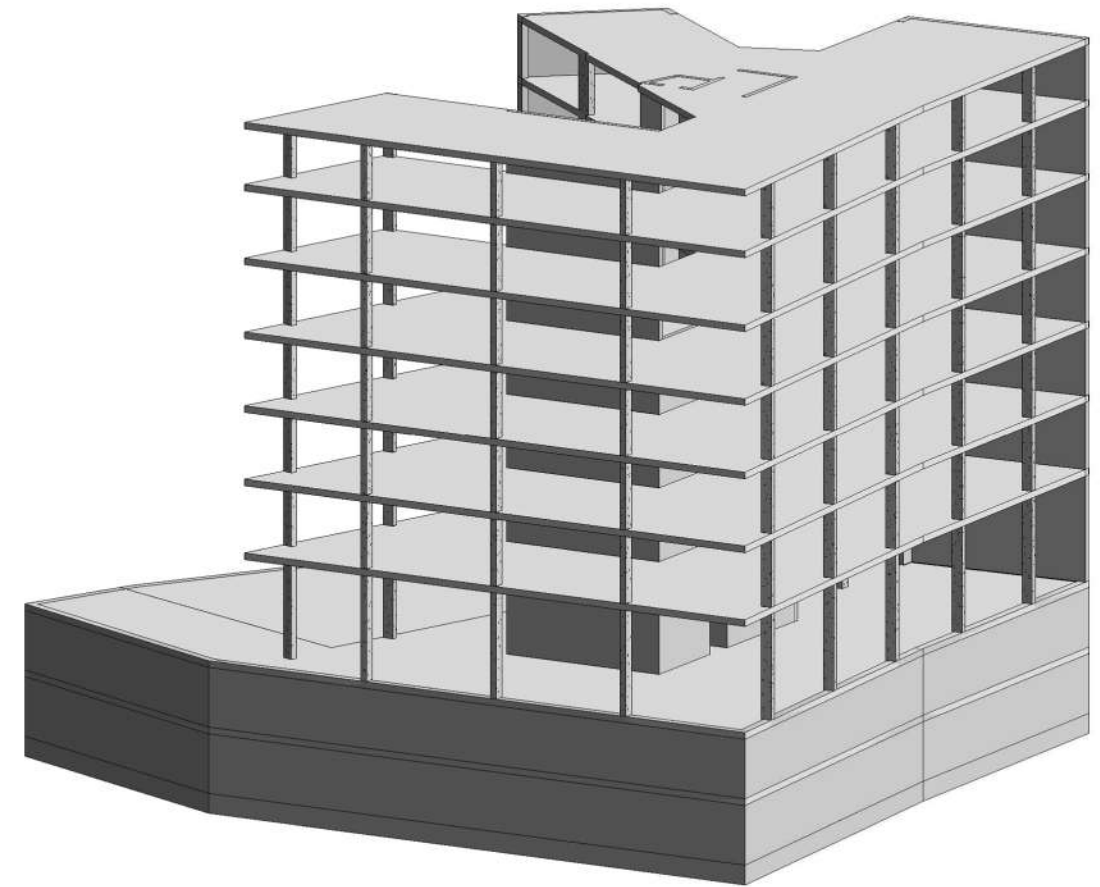
La struttura deve essere dotata di un sistema di allarme in grado di avvertire delle condizioni di pericolo in caso di incendio allo scopo di dare avvio alle procedure di emergenza nonché alle connesse operazioni di evacuazione. A tale fine devono essere previsti dispositivi ottici ed acustici, opportunamente ubicati, in grado di segnalare il pericolo a tutti gli occupanti del fabbricato o delle parti di esso coinvolte dall'incendio. La diffusione degli allarmi sonori deve avvenire tramite impianto ad altoparlanti.

L'edificio sarà, pertanto, dotato di impianto di diffusione sonora conforme alla norma EN 60849 per consentire la diffusione di messaggi di pericolo e di evacuazione. Lo stesso impianto dovrà consentire, altresì, la diffusione di messaggi d'informazione e di servizio.

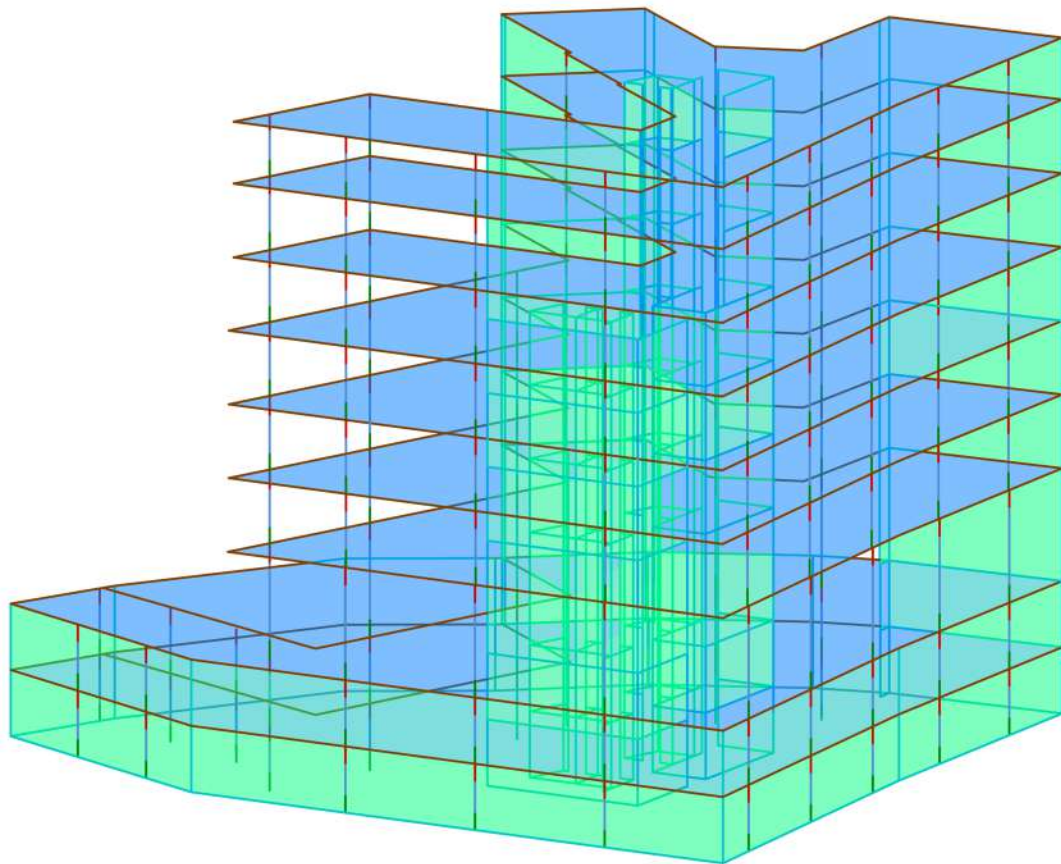
Layout strutturale_ Progettazione strutturale con metodologia BIM



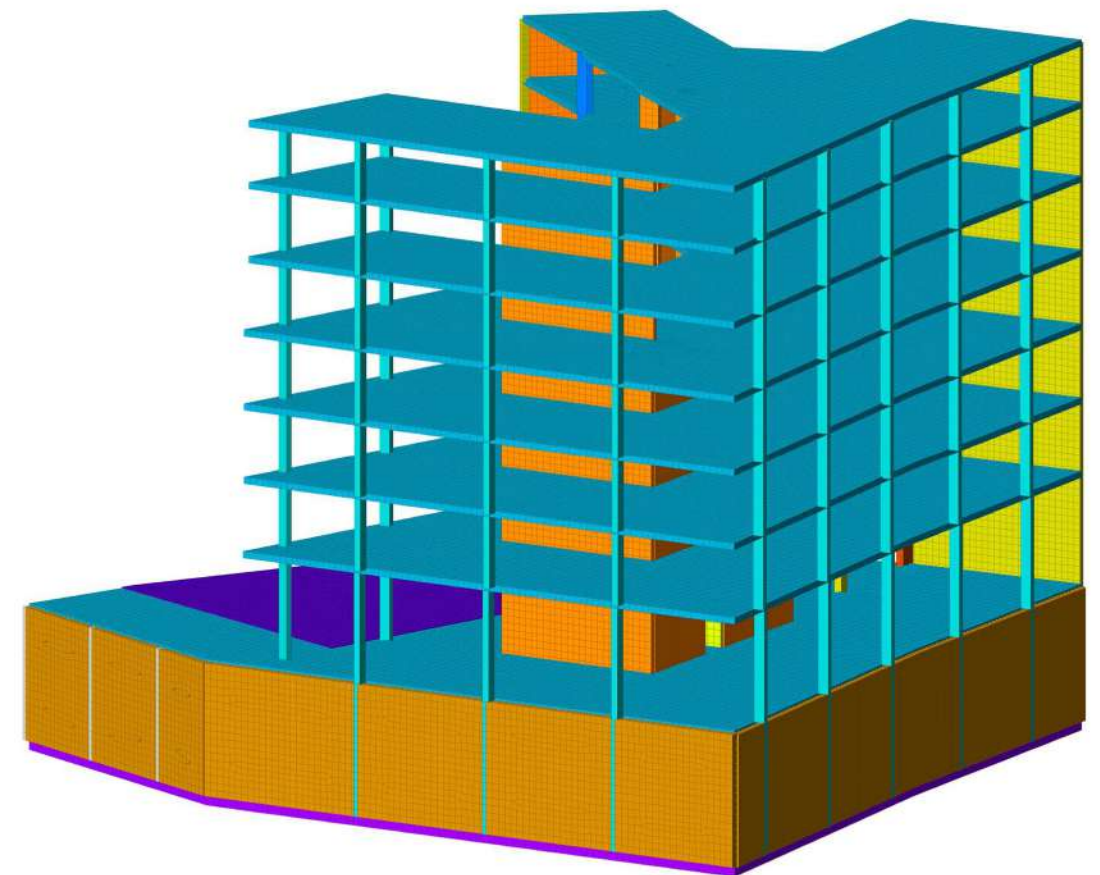
MODELLO STRUTTURALE



MODELLO ANALITICO

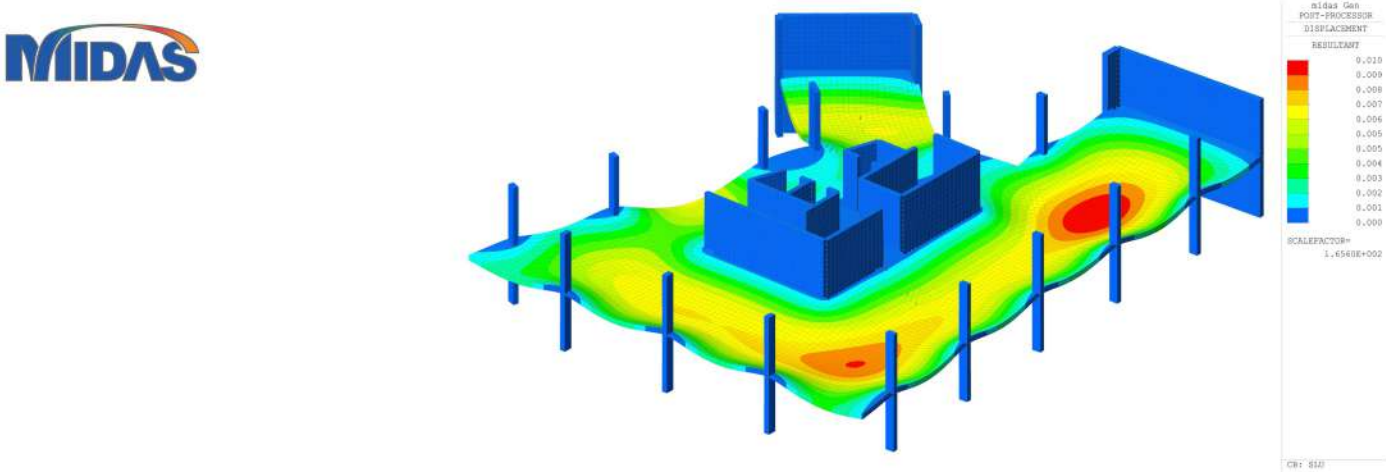


MODELLO FEM

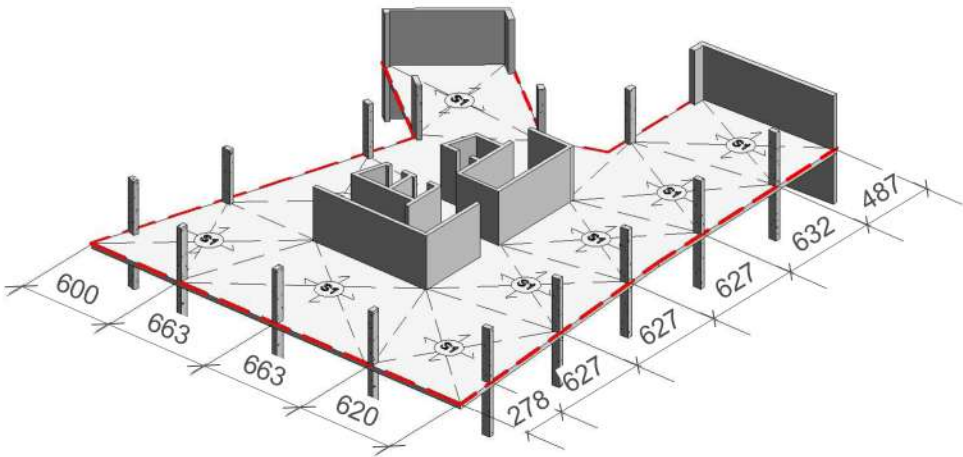


Layout strutturale_ Caratterizzazione statica e dinamica del modello di calcolo strutturale

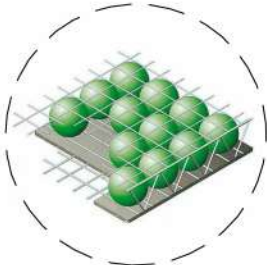
MODELLO FEM



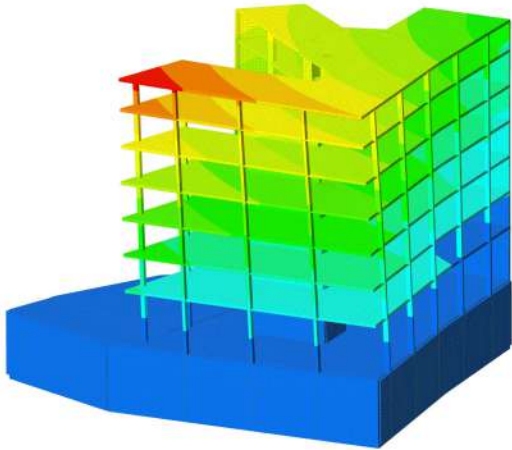
MODELLO BIM



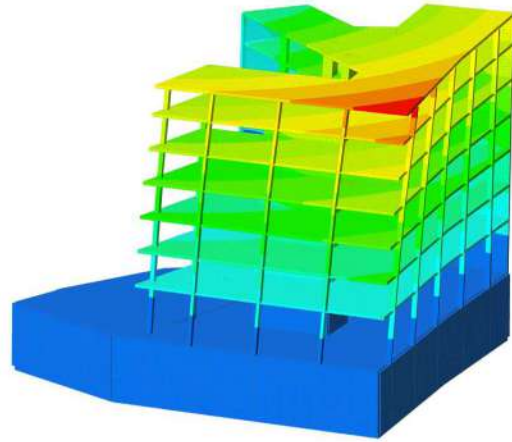
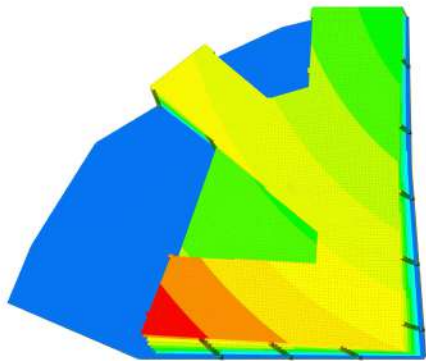
MARCA SOLAIO	TIPO SOLAIO	SPESSORE [cm]	FINITURA [daN/m²]	VARIABILE [daN/m²]
	Solaio in getto di C.A. con sistema di alleggerimento Bubble Deck	30	300	300
	Chiusura verticale di facciata	VAR	1000 daN/m	-



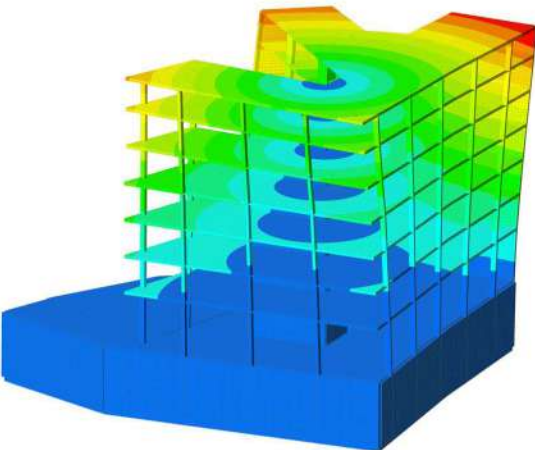
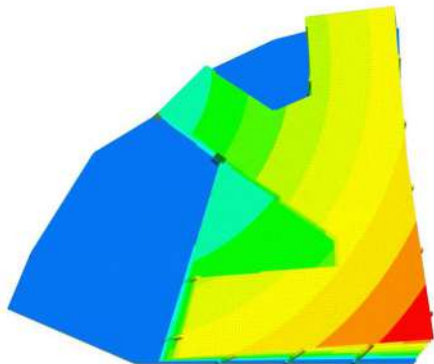
	CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO IMPIEGATO			
	PILASTRI	SOLAI	SETTI	MURI CONTROTERRA
Classe di resistenza	C45/55	C32/55	C45/55	C28/35
Classe di esposizione e di durabilità	XC3	XC3	XC3	XC3
Classe di consistenza	S5	S5	S5	S4



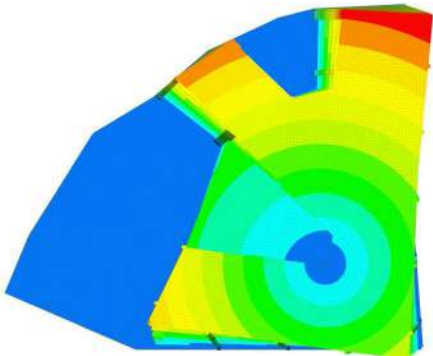
Modo 1, T = 0.79 s



Modo 2, T = 0.68 s



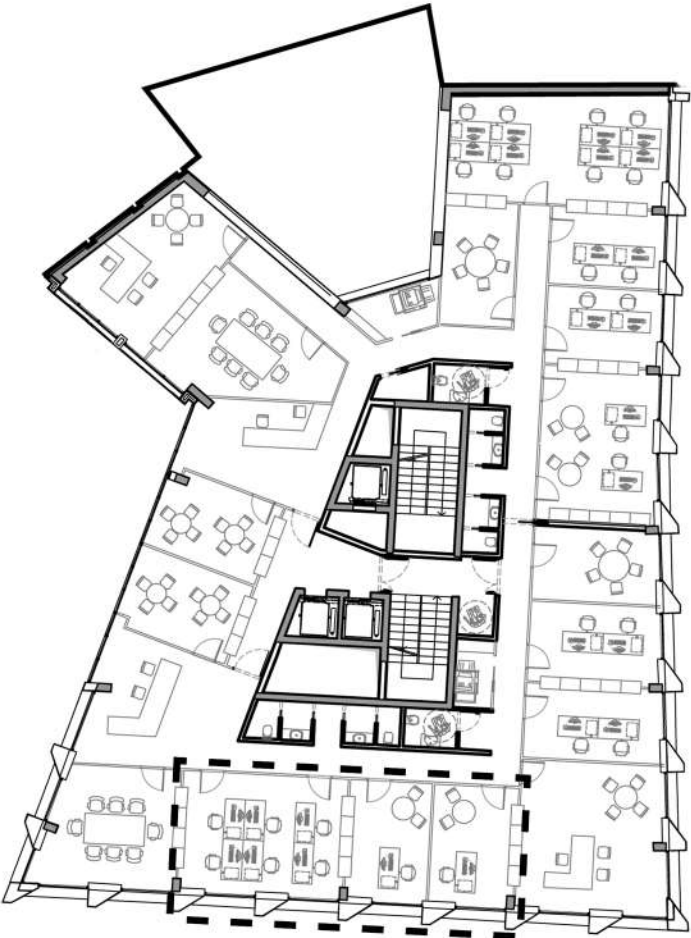
Modo 3, T = 0.44 s



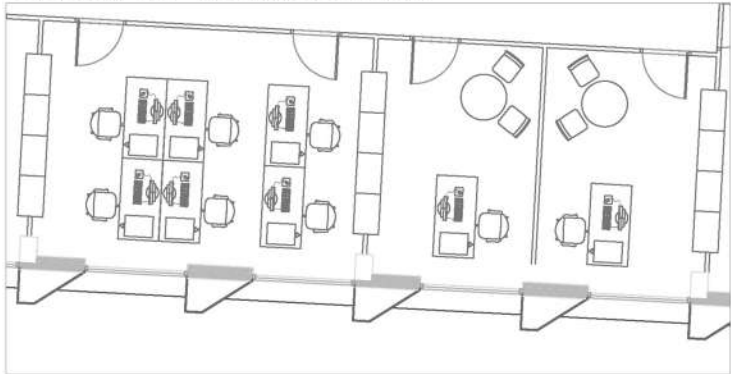
Mode No	Period (sec)	EIGENVALUE ANALYSIS					
		MODAL PARTICIPATION MASSES					
		TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.79	17.56	17.56	21.06	21.06	0.13	0.13
2	0.68	13.71	31.27	19.17	40.24	10.34	10.47
3	0.44	11.36	42.63	0.75	40.99	20.82	31.29
4	0.22	0.72	43.34	8.13	49.12	0.00	31.29
5	0.18	1.56	44.90	2.53	51.66	2.69	33.98
6	0.16	2.42	47.31	0.07	51.72	1.05	35.03
7	0.15	0.03	47.34	0.05	51.77	0.01	35.04
8	0.14	4.61	51.95	0.12	51.89	0.16	35.20
9	0.10	2.23	54.18	2.98	54.87	3.56	38.76
10	0.09	0.96	55.13	4.63	59.50	1.08	39.84
11	0.08	4.80	59.94	0.47	59.97	0.65	40.49
12	0.06	2.33	62.27	1.89	61.86	0.30	40.79
13	0.06	0.28	62.55	3.73	65.58	0.00	40.79
14	0.05	2.34	64.89	4.38	69.96	1.98	42.77
15	0.05	7.56	72.44	2.59	72.55	0.37	43.14
16	0.04	0.01	72.45	1.60	74.16	0.60	43.74
17	0.04	3.41	75.87	0.13	74.28	0.02	43.76
18	0.03	0.08	75.95	2.82	77.10	0.80	44.56
19	0.02	14.88	90.83	2.46	79.57	0.01	44.57
20	0.01	2.35	93.18	14.25	93.81	1.00	45.57

Impianti tecnologici_ Schemi tipologici degli impianti

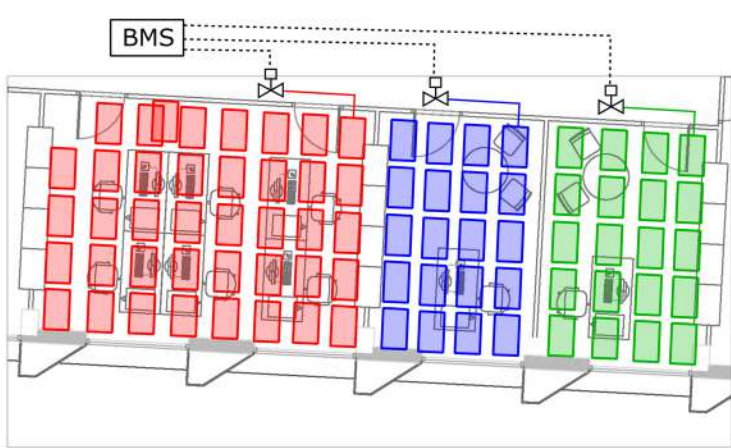
_Flessibilità architettonica e pannelli radianti a soffitto



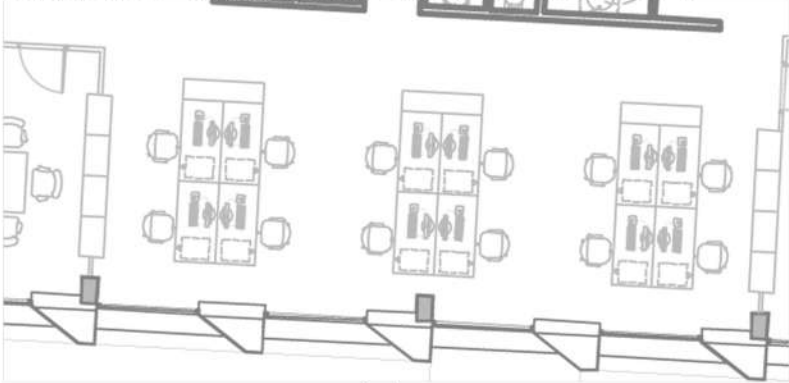
Soluzione A - tre uffici separati



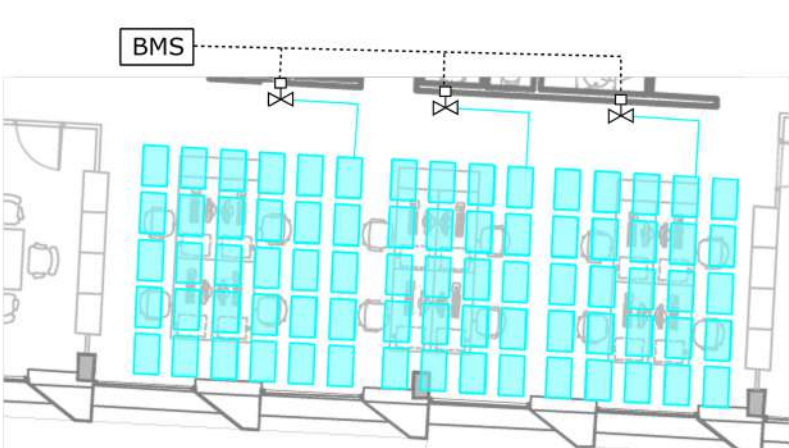
Tre circuiti soffitto radiante
Elettrovavole collegate in maniera indipendente al BMS



Soluzione B - unione dei tre uffici e creazione open

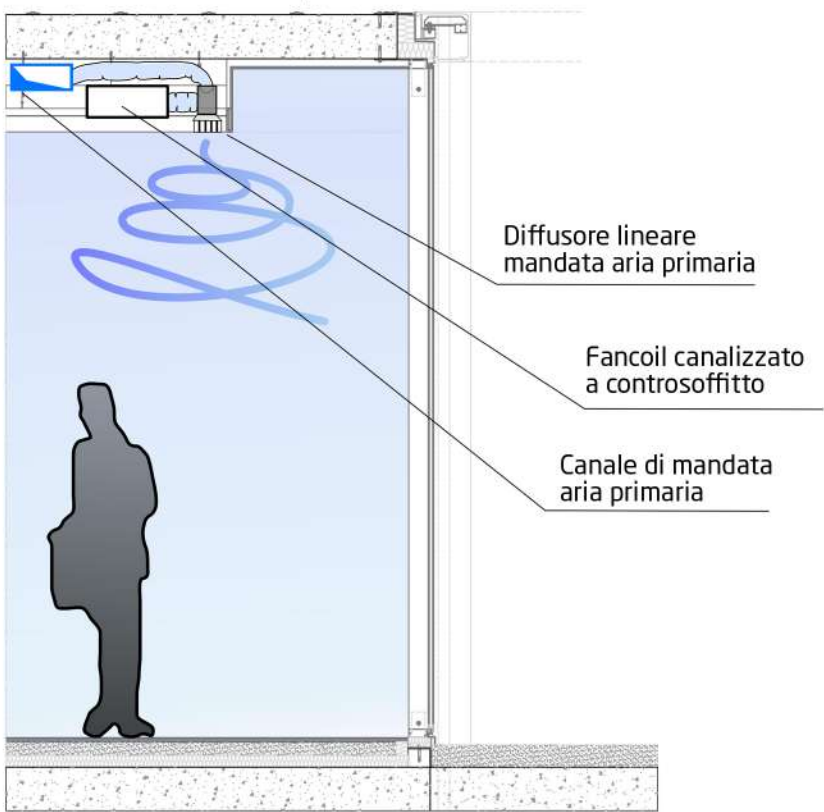


Tre circuiti soffitto radiante
Elettrovavole collegate in serie al BMS

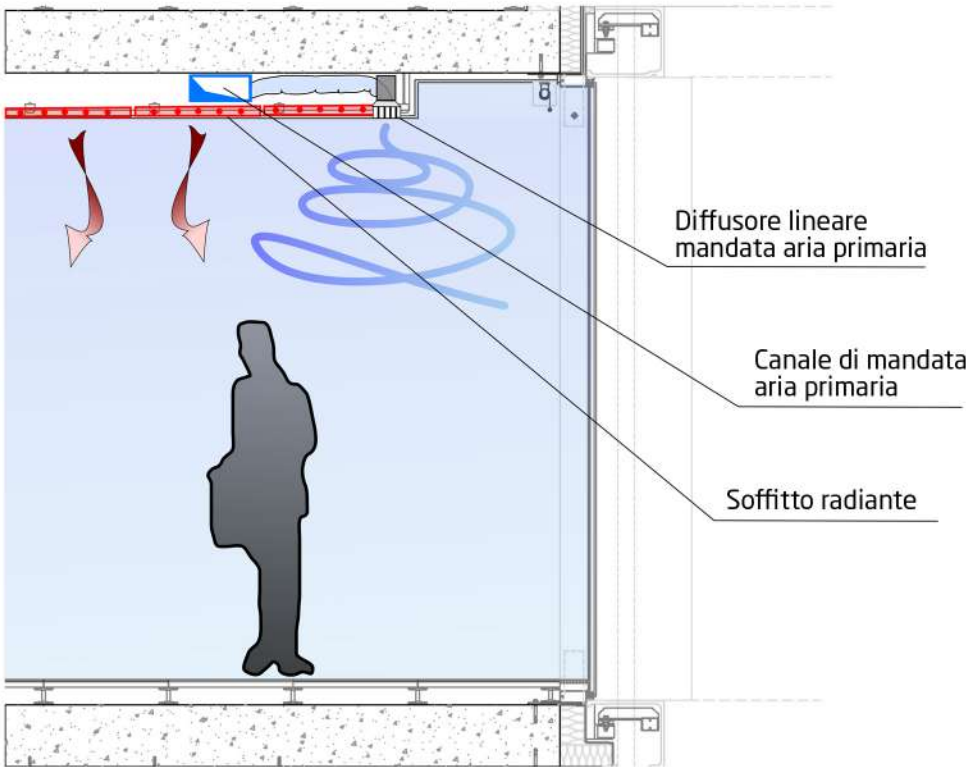


_Tipologie impiantiste adottate

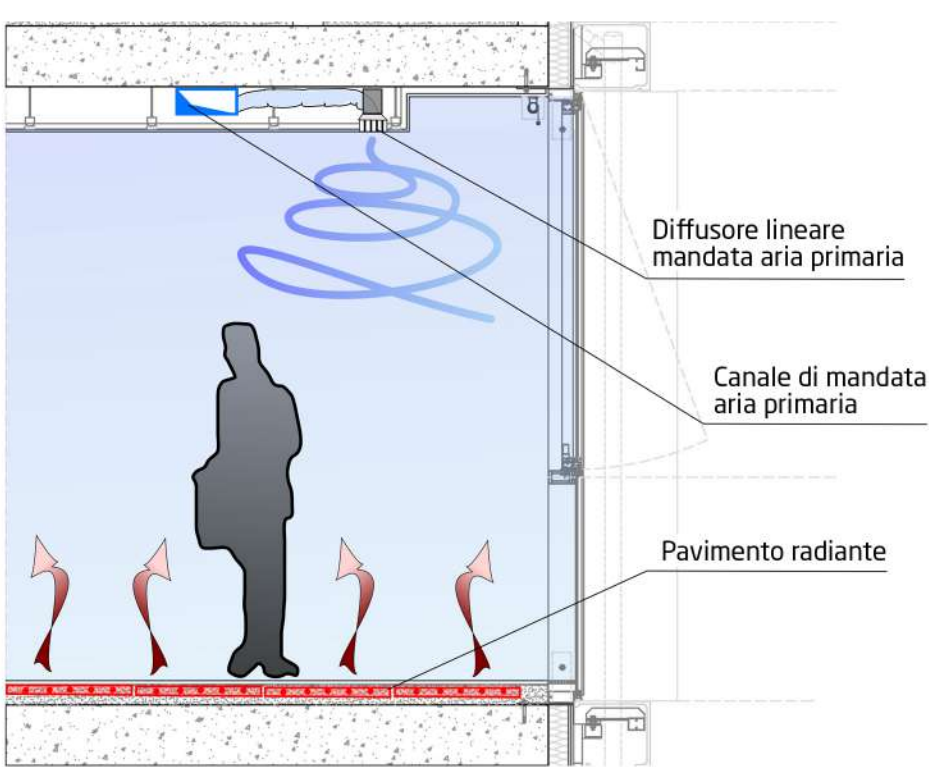
Retail - Fancoil + Aria primaria



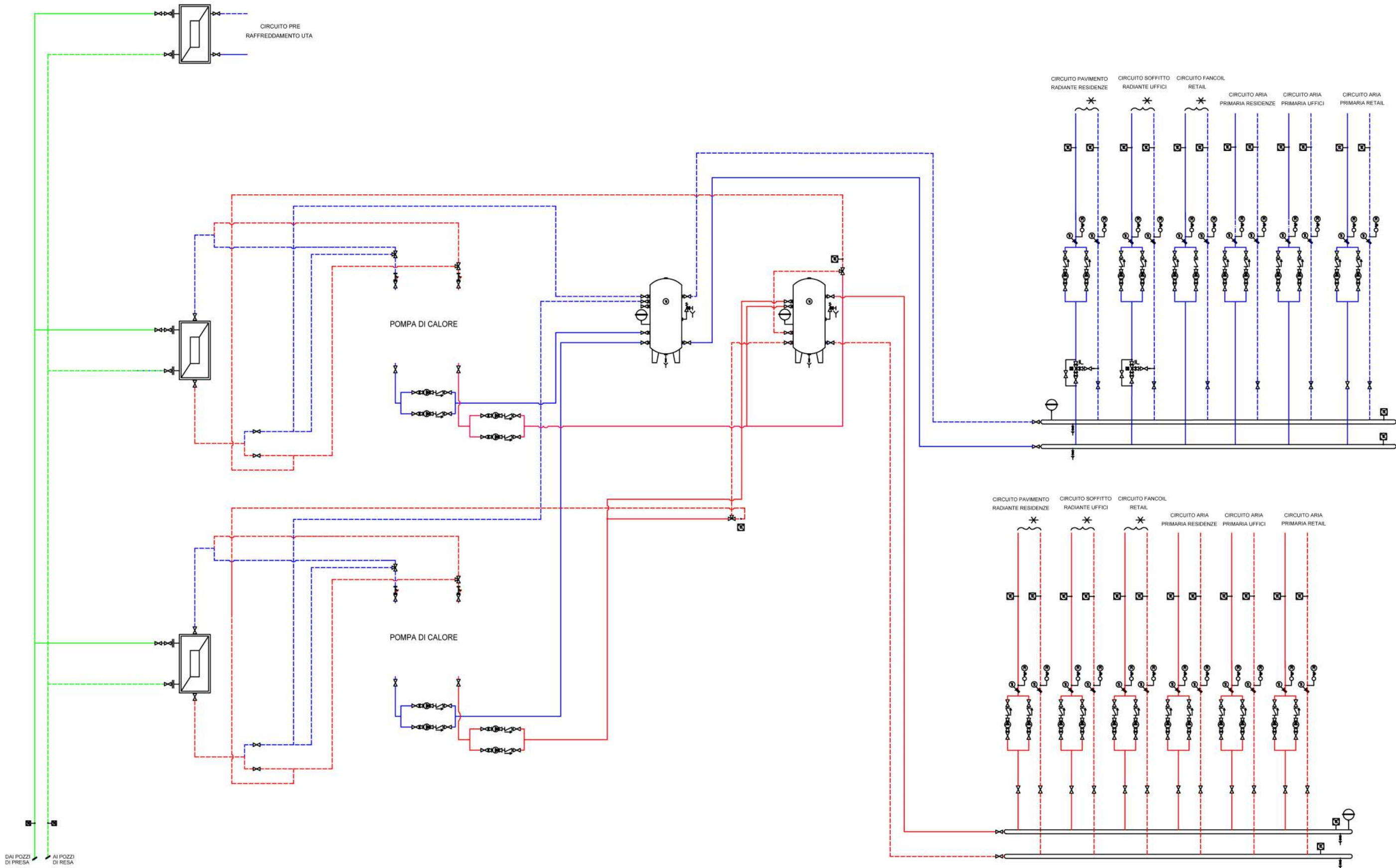
Uffici - Soffitto radiante + Aria primaria



Residenze - Pavimento radiante + Aria primaria



Impianti tecnologici_ Schema funzionale di impianto



LEGENDA

- ciruito mandata raffrescamento
- ciruito ritorno raffrescamento
- ciruito mandata riscaldamento
- ciruito ritorno riscaldamento
- ciruito mandata acqua calda di falda
- ciruito ritorno acqua calda di falda
- ciruito mandata acqua calda sanitaria
- ciruito rintonro acqua fredda sanitaria

* particolare modulo utenza

