

OTTAVA EDIZIONE DELLA GIORNATA NAZIONALE DELLA PREVENZIONE SISMICA - EVENTI FORMATIVI SULLA PREVENZIONE SISMICA -

MODULO **2** : MATERIALI E TECNOLOGIE INNOVATIVE PER IL RETROFIT ANTISISMICO

Esempi di retrofit mediante
torri di contrasto dissipative

Prof. Ing. Nicola Impollonia

(Professore di Scienza delle Costruzioni presso l'Università degli Studi di Catania)

TECNOLOGIA INNOVATIVA...

Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



Castello Maniace (SR)



S. Francesco (TR)



Duomo Castoreale (ME)



Centro Prot. Civile (RG)



Scuola S. Lucia (ME)



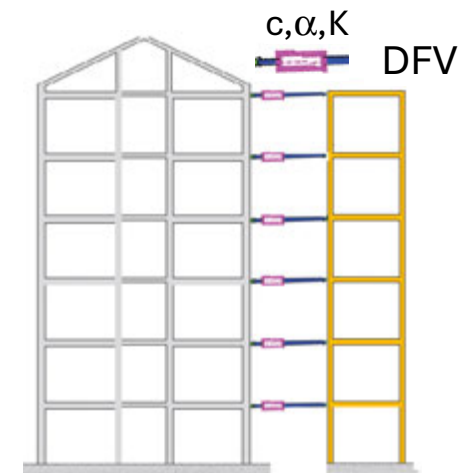
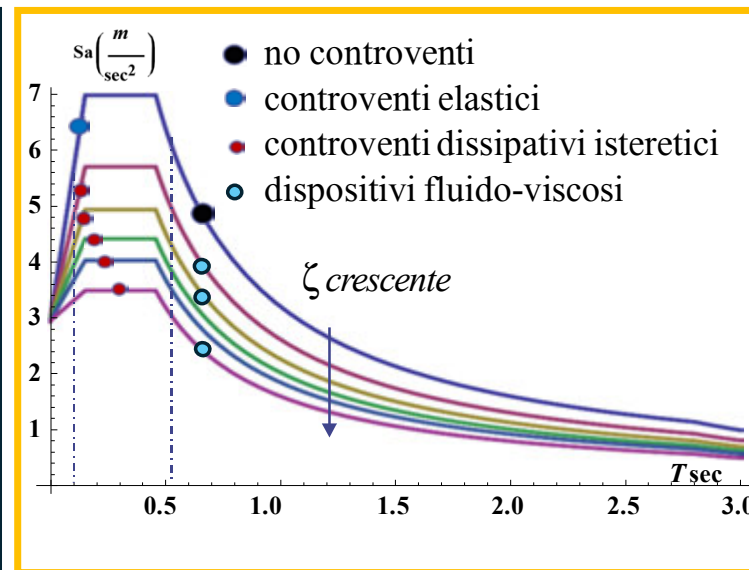
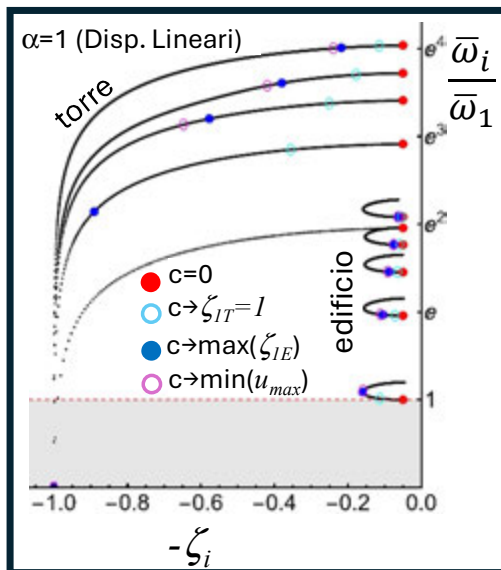
Marianopoli (CL)



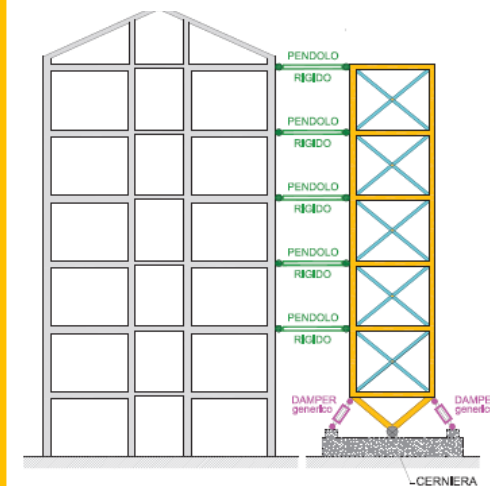
Ospedale Torrette (AN)

ELEMENTI DISTINTIVI 😊

- Si riduce impegno delle fondazioni esistenti
- Incremento capacità sismica affidato a *ciò che si conosce*
- **Si preserva comportamento dinamico dell'edificio esistente**
- **La domanda sismica si riduce in modo significativo**
- Ridotte modifiche alle componenti edili e strutturali esistenti
- Reversibilità dell'intervento
- Costi paragonabili/inferiori ad interventi di retrofit alternativi



Dispositivi ↔ tra
edificio e torre



Dissipatori ↕ base torre

Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

ELEMENTI DISTINTIVI 🤔

- Ingombro significativo delle torri, impatto rilevante
- Necessità di preservare funzionalità spazi esterni
- Attenzione all'inserimento nel contesto
- Progettazione integrata su misura
- Numerose variabili e soluzioni progettuali alternative
- Necessario individuarne una che soddisfi più istanze

SFIDE PROGETTUALI

- Ridurre disturbo alle attività durante e dopo i lavori
- Fornire ulteriori funzioni alle torri rispetto a quella di elemento di contrasto
- Trasformare l'intervento di miglioramento sismico da imposizione (in genere poco gradita...) ad occasione per incrementare la qualità architettonica e la funzionalità dell'edificio
- Benessere e soddisfazione degli utilizzatori



Fratelli Carli a Imperia



Ospedale Partinico (PA)



Scuola Capograssi Sulmona (AQ)

Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

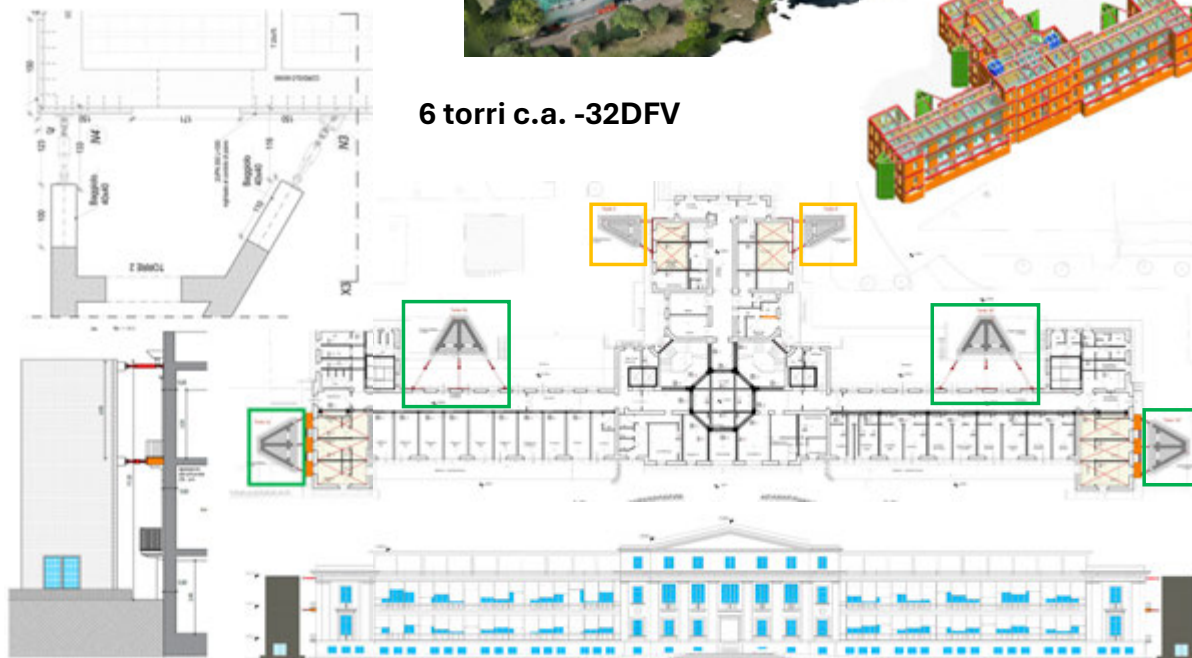
Quando torri +DFV sono una soluzione competitiva

Ospedale Rizza a Siracusa

- Difficile/Imposs. interrompere servizio durante i lavori
- Recenti interventi di manutenzione sull'immobile
- Disponibilità di tempi ridotti per eseguire i lavori
- Conoscenza limitata dell'edificio esistente
- ... M6C2-I1.2-PNRR-PNC Ospedali sicuri e sostenibili



6 torri c.a. -32DFV



Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

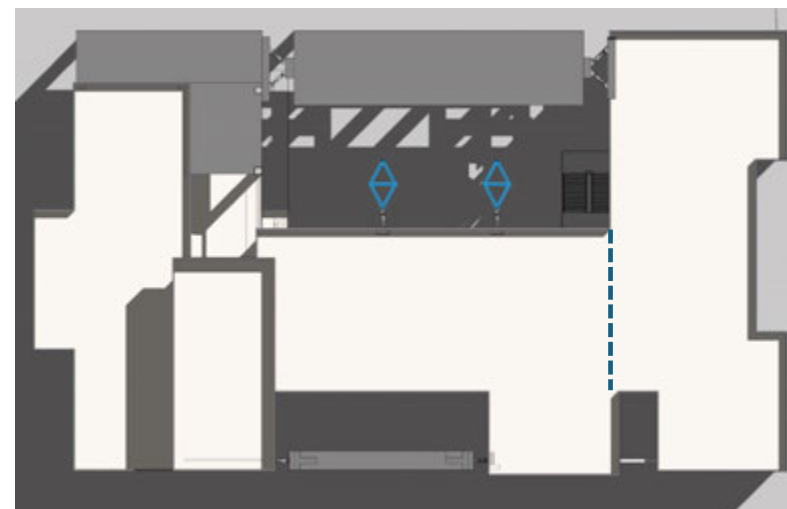
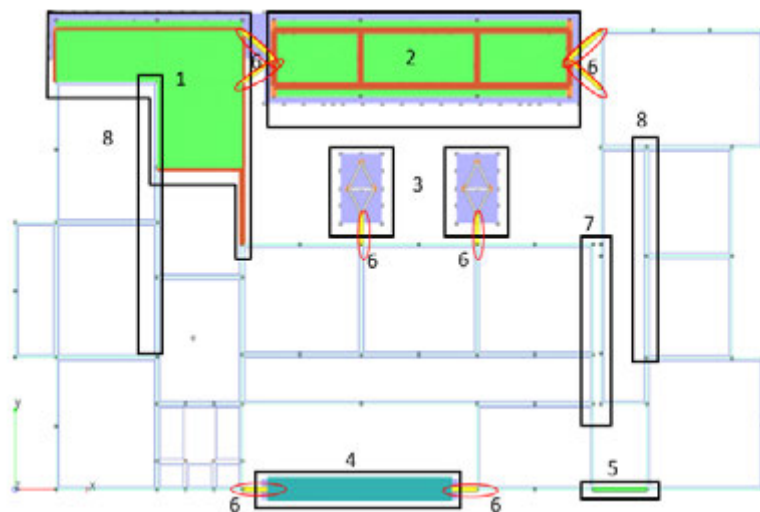
Altri esempi

Scuola Giovanni XXIII (Marianopoli, CL)

Lavori di manutenzione straordinaria delle facciate e adeguamento sismico



- Struttura in cemento armato 1970, 2 corpi, 2 piani +1 int.;
- Recenti lavori di ammodernamento della scuola sarebbero stati inficiati dal progetto appaltato.
- Progetto in variante:
 - Avanzamento prospetto di un corpo (1); telaio in c.a. semplice 4 campate che crea uno spazio coperto e collega i corpi (2); due tralicci in acciaio tubolare con colonne miste (3); telaio piano posteriore (4); cucitura corpi (5), 16 dissipatori FV (6); eliminazione del giunto (5+7); rinforzo alcune travi (8)



Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

Scuola Giovanni XXIII (Marianopoli, CL)

Lavori di manutenzione straordinaria delle facciate e adeguamento sismico

Premessa

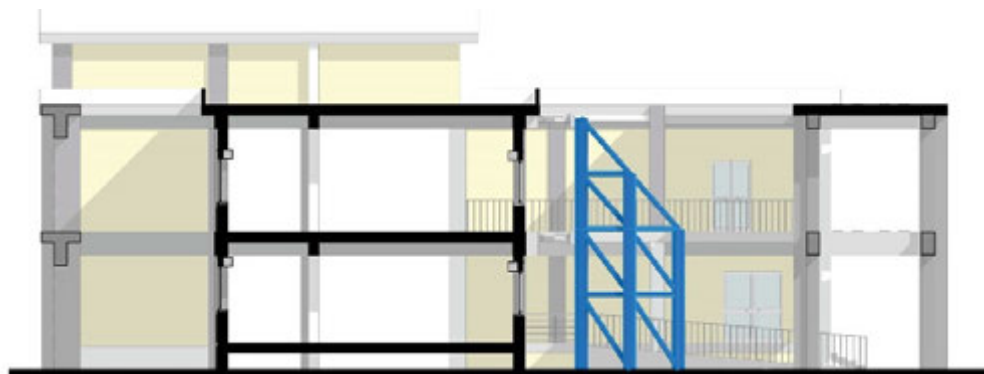
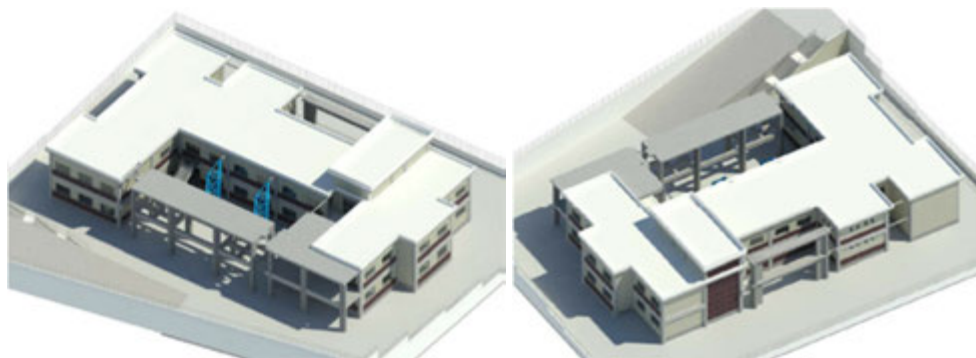
Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



Ospedale degli Infermi, Rivoli (TO)

Localizzazione: Rivoli (TO), zona 3

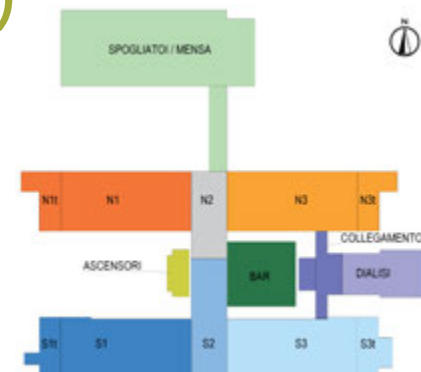
Periodo di costruzione: 1972 - 1988

Superficie: 60.000 m²

Strutture: edificio principale, corpi secondari, eliporto, parcheggi

Funzione: polo ospedaliero regionale strategico-DEA I livello

Missione 6 – Comp. 2 – Invest. 1.2 Ospedale sicuro e sostenibile



Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

Ospedale degli Infermi, Rivoli (TO)

Edificio Principale: padiglione ad H, 12 elevazioni - 10 corpi – H max 45m

Edifici secondari ante '80: Spogliatoi/mensa, galleria, collegamento, dialisi – 6 corpi < 3 elev. ft

Edifici secondari post '85: Camera calda, bar, blocco ascensori, ingresso – 4 corpi

Premessa

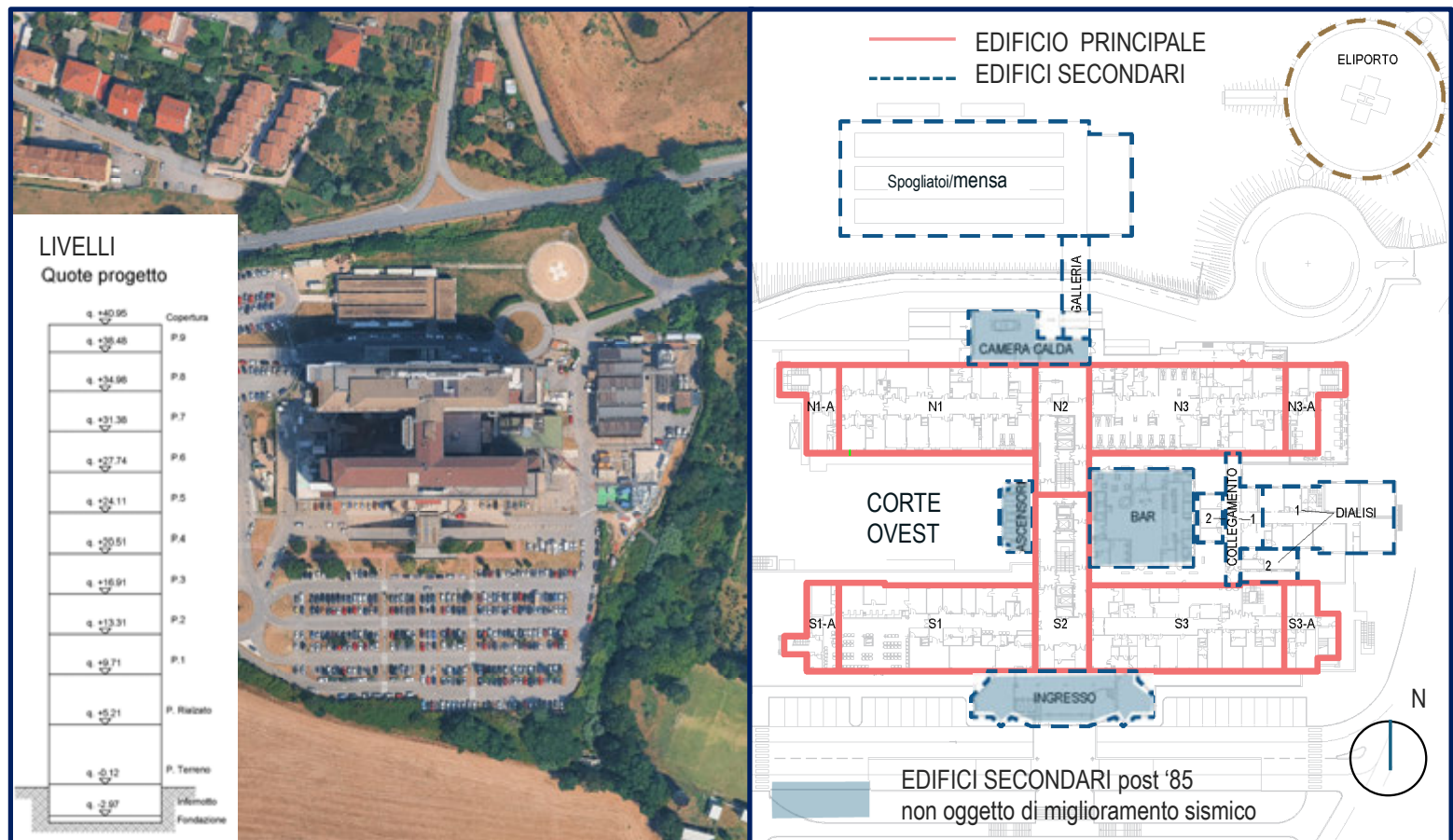
Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

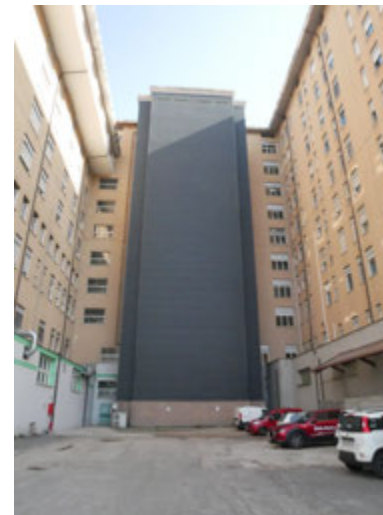
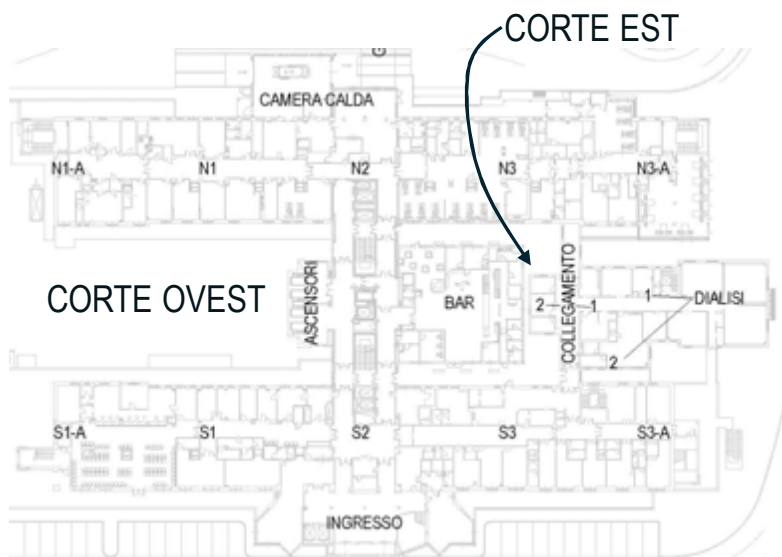
L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



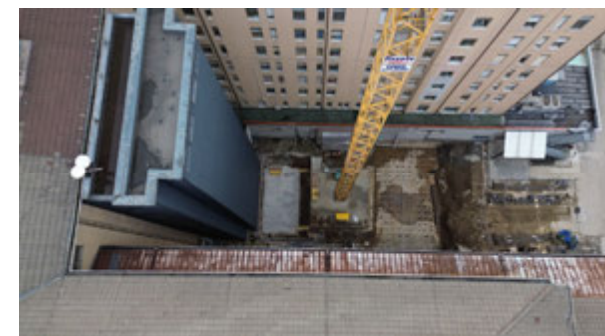
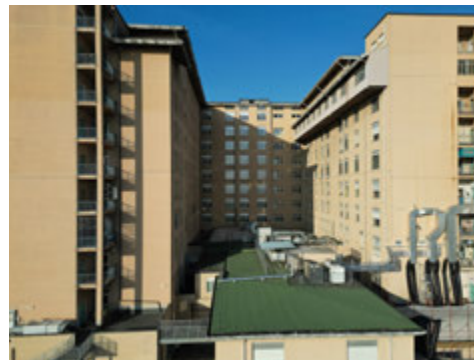
Le corti

Piano tipo



CORTE OVEST –
BLOCCO ASCENSORI

CORTE EST



Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

I prospetti

Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

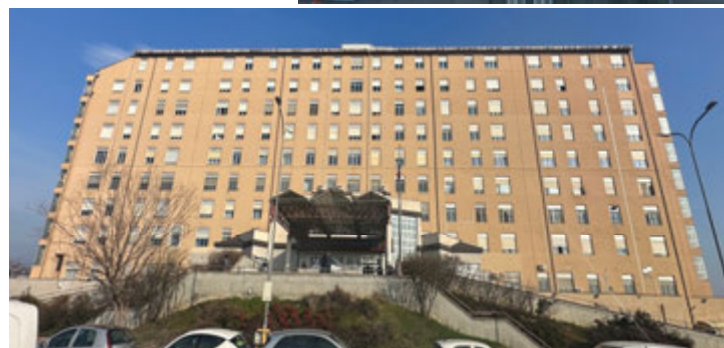
PROSPETTO ANTERIORE NORD



PROSPETTO POSTERIORE-SUD

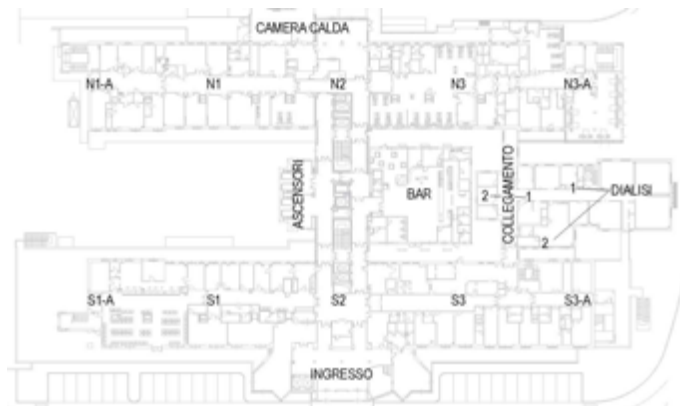


PROSPETTO
ANTERIORE - NORD



Analisi stato di fatto

Piano tipo



Indicatori ζ_E (60% SLV)

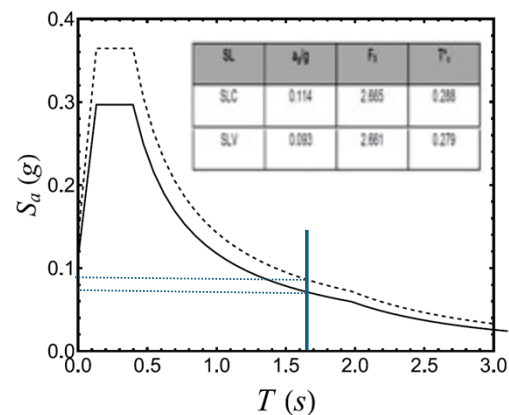
Corpo	duttili	fragili
N1 - Amp.	0.738	0.958
N1	0.904	1.077
N2	0.678	0.922
N3	0.933	0.628
N3 - Amp	1.029	1.022
S1 - Amp	0.983	0.994
S1	0.947	0.895
S2	0.7	0.913
S3	0.935	0.836
S3 - Amp	1.195	1.277
Corpi uniti	0,81	0,794

Spostamenti fra corpi [m]

dE	TR=975	TR=475	TR=201
N1-N2	0.21	0.16	0.11
N2-N3	0.19	0.15	0.11
N2-S2	0.22	0.17	0.12
S1-S2	0.21	0.16	0.11
S2-S3	0.20	0.16	0.11

Ampiezza giunti <4 cm

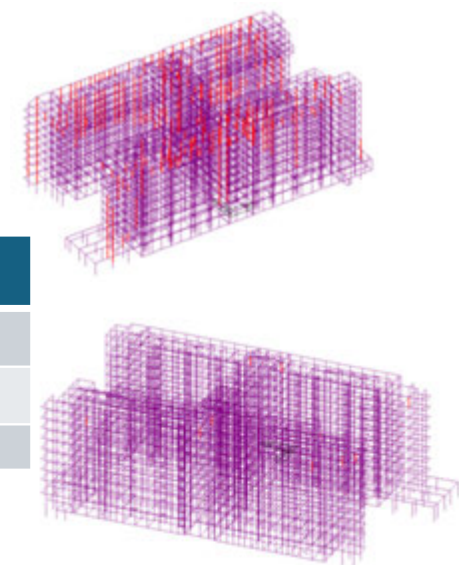
Spettro di risposta elastico SLC e SLV



LC2; Analisi lineare con
spettro di risposta; $q_{duttile}=2.25$

Mod e No	Frequency (rad/sec)	Frequen cy (Hz)	Period (sec)
1	3.7987	0.6046	1.654
2	3.8583	0.6141	1.6285
3	13.4477	2.1403	0.4672

Periodi elevati
Ottimo impianto di fondazione



Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

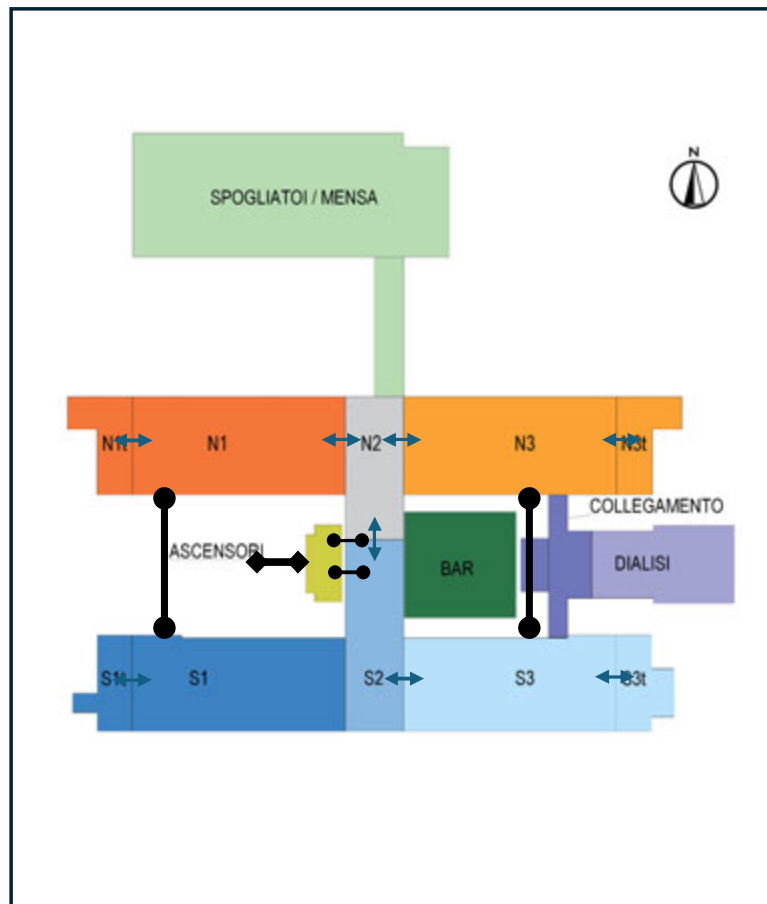
Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

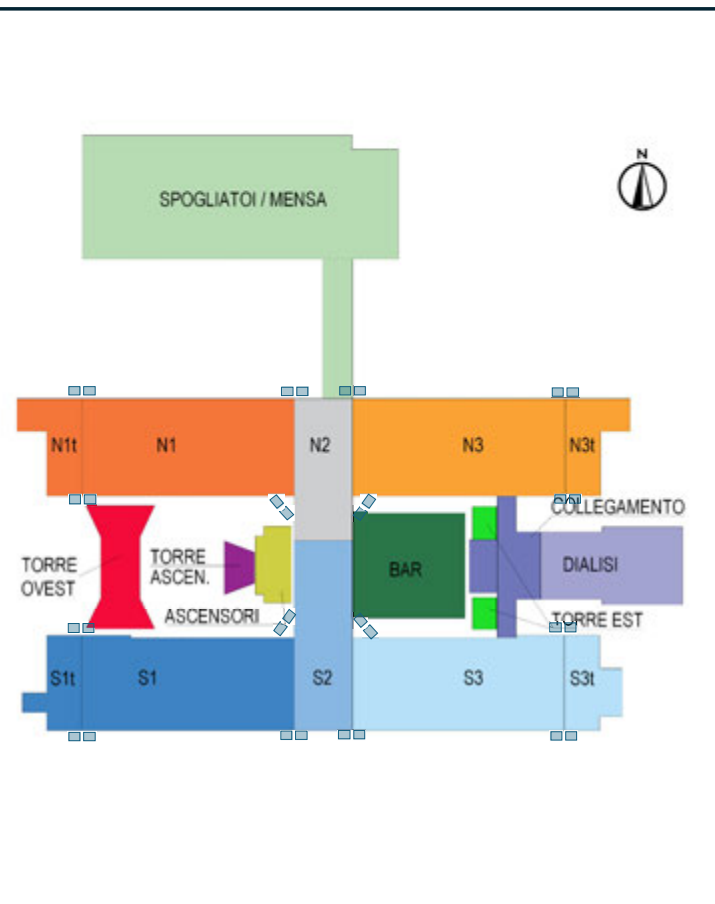
Altri esempi

Il progetto

Lo schema iniziale



Il layout finale



Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

Le torri

Premessa

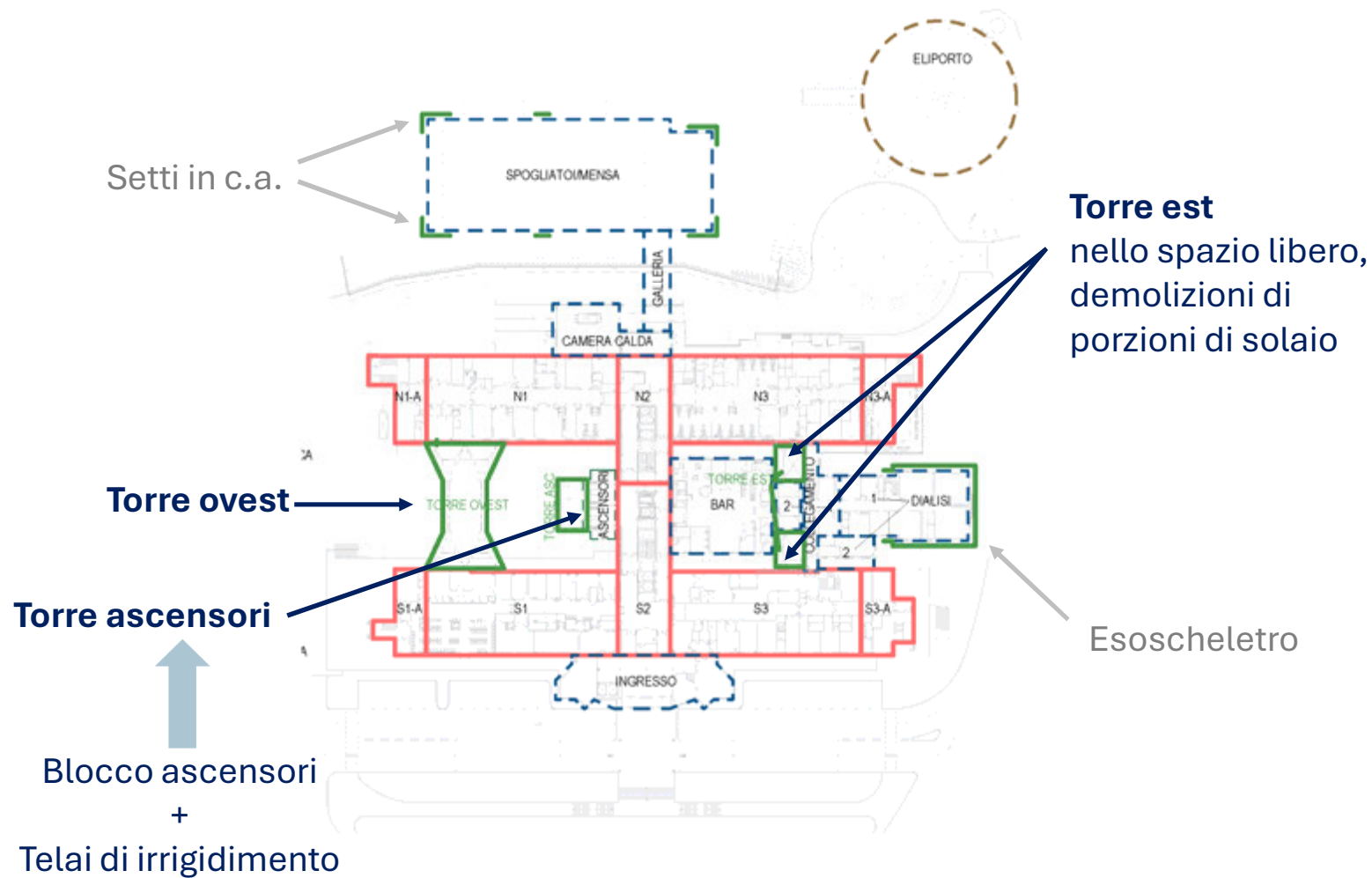
Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



Lo schema strutturale: torri +DFV+ritegni dinamici (RD)

Premessa

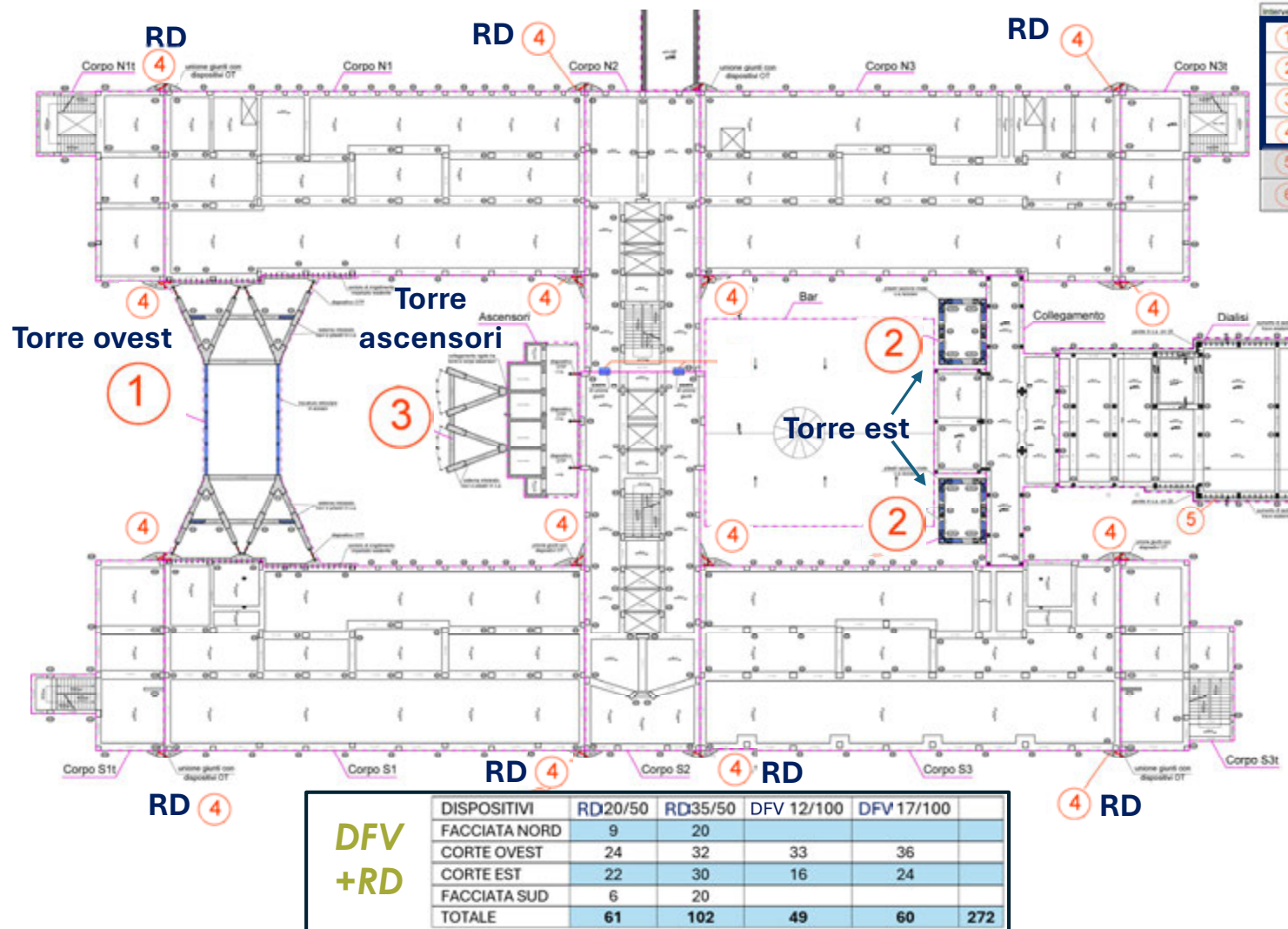
Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



Il dimensionamento

Premessa

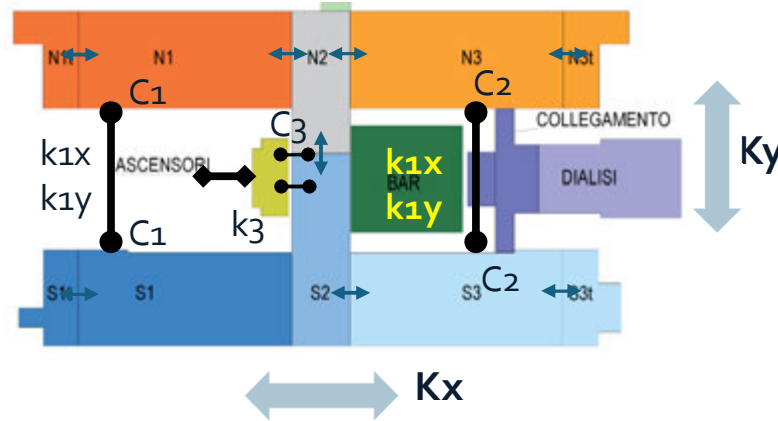
Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



Rigidezza torri di contrasto rispetto edificio k_i/K

Costante legge costitutiva dissipatore fluido-viscoso?

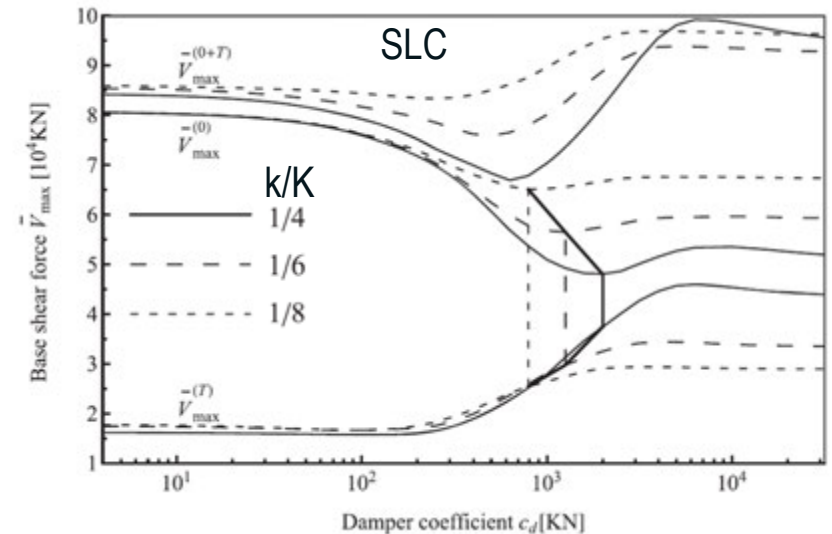
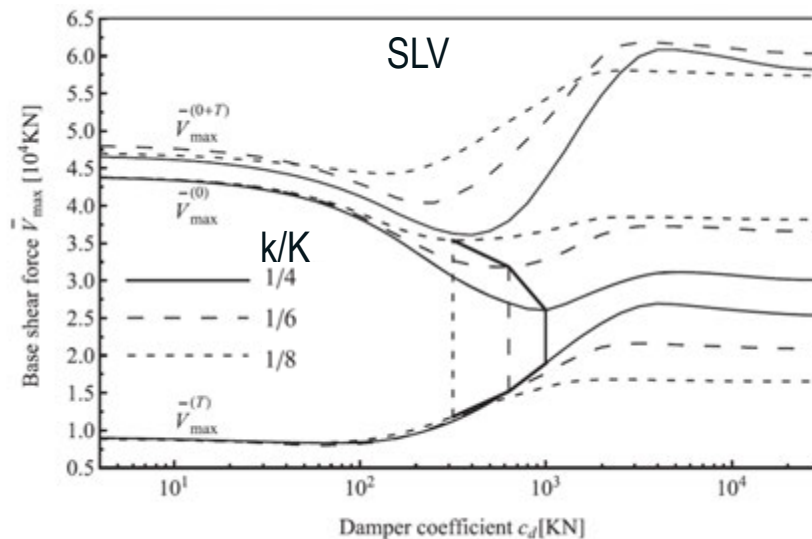
$$F_d = c_d \times \text{Sign}(v) \times |v|^\alpha$$

NB: $c_d \rightarrow \infty$ collegamento rigido

Numero, posizione, inclinazione dei dissipatori?

Analisi al passo lineari (PRE) e non lineari (POST $\alpha=0.15$)
per accelerogrammi spettro-compatibili per singola
direzione al variare di k/K e c_d

Modelli semplificati lineari ($\alpha=1$) per pre-dimensionamento



Premessa

Aspetti peculiari

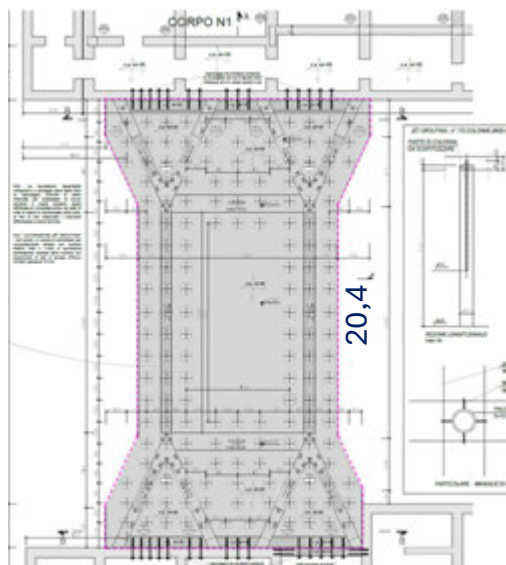
Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

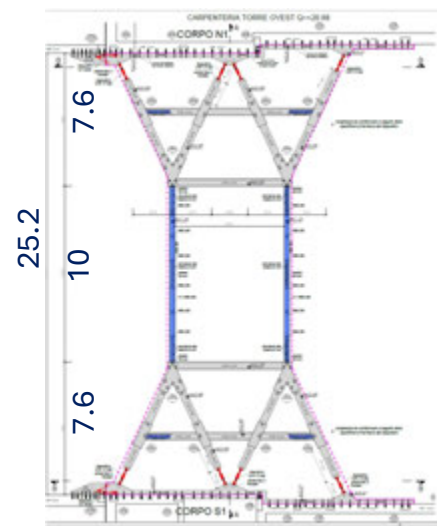
L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

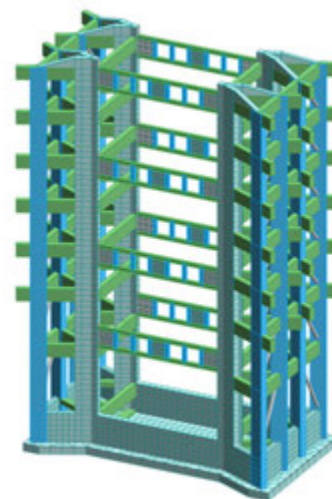
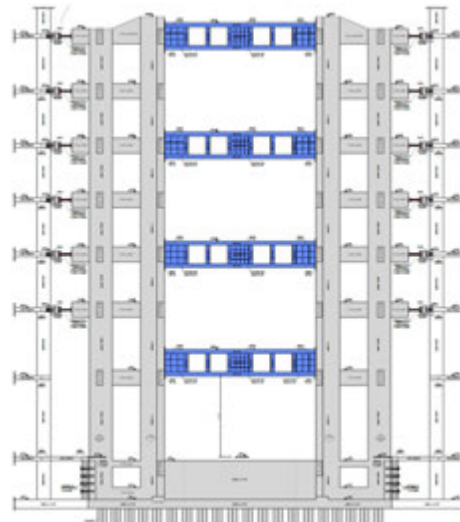
Pianta fondazioni



Pianta piano 3, 5, 7



Sezione trasversale **La torre ovest**



Quote progetto

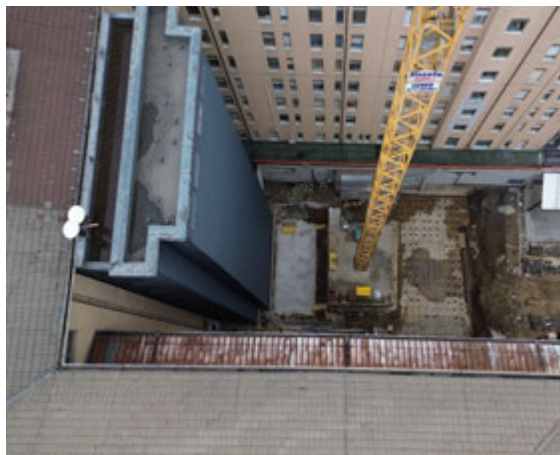
q. +0.95	Copertura
q. +0.45	P.9
q. +0.95	P.8
q. +0.38	P.7
q. +0.74	P.6
q. +0.11	P.5
q. +0.51	P.4
q. +0.91	P.3
q. +0.31	P.2
q. +0.71	P.1
q. +0.21	P. Riscatto
q. -0.32	P. Terreno
q. -2.07	Infrastruttura Fondazione



La torre ovest



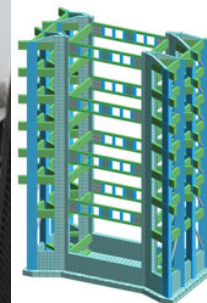
Premessa



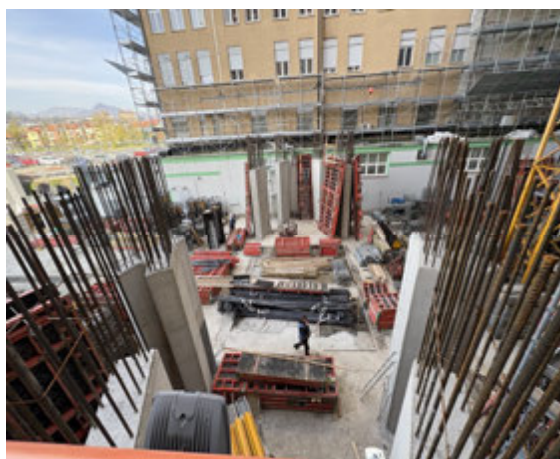
Aspetti peculiari



Perché e quando



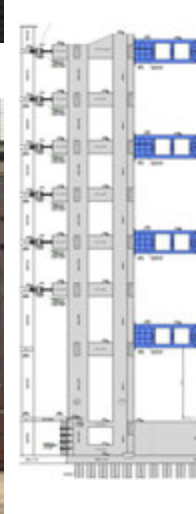
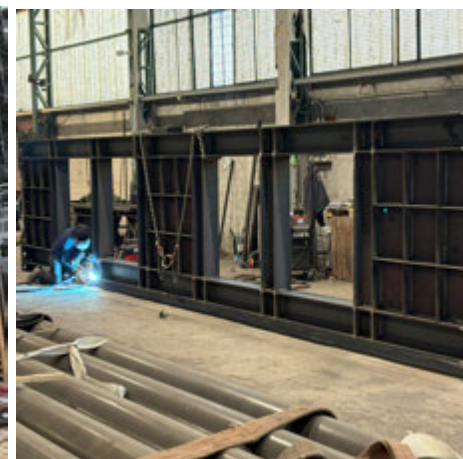
Scuola Giovanni XXIII (CL)



L'ospedale di Rivoli (TO)

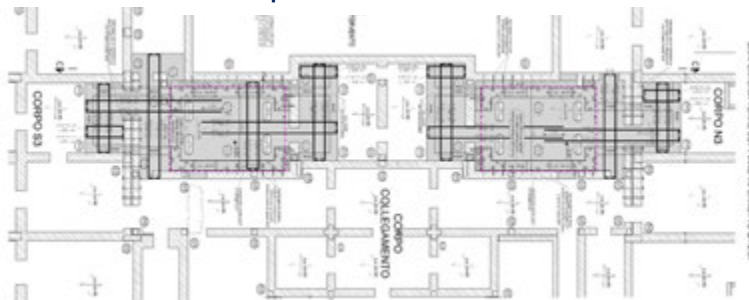


Altri esempi

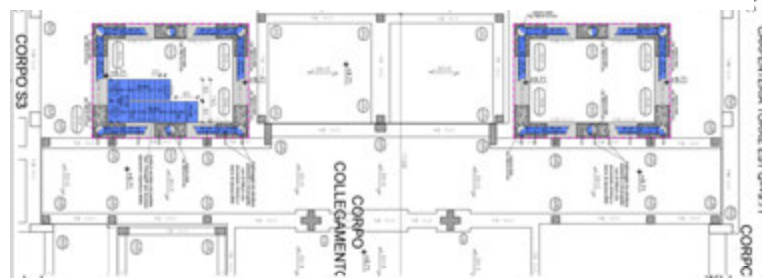


La torre est

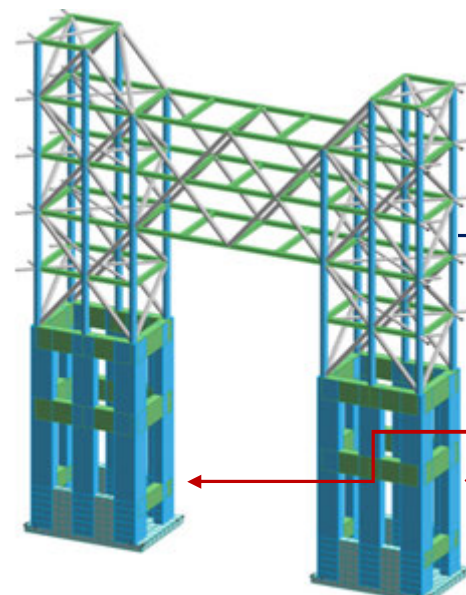
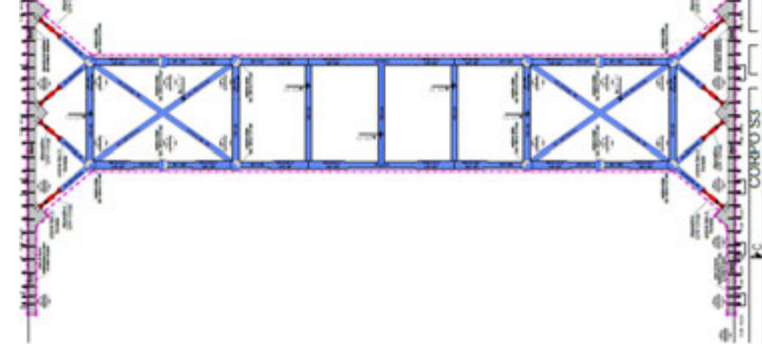
Carpenteria fondazioni



Carpenteria imposta struttura in acciaio

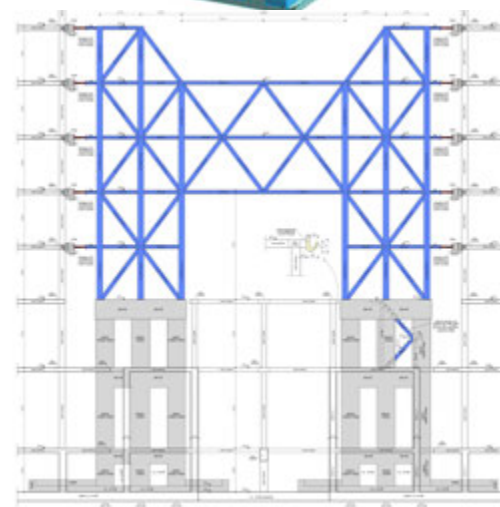


Carpenteria piani superiori



Quote progetto

q. +60.95	Copertura
q. +38.48	P.9
q. +34.98	P.8
q. +31.38	P.7
q. +27.74	P.6
q. +24.11	P.5
q. +20.51	P.4
q. +16.91	P.3
q. +13.31	P.2
q. +9.71	P.1
q. +6.11	P.0
q. +2.51	P.1
q. -1.09	P.2
q. -4.69	P.3
q. -8.29	P.4
q. -11.89	P.5
q. -15.49	P.6
q. -19.09	P.7
q. -22.69	P.8
q. -26.29	P.9
q. -29.89	P.10
q. -33.49	P.11
q. -37.09	P.12
q. -40.69	P.13
q. -44.29	P.14
q. -47.89	P.15
q. -51.49	P.16
q. -55.09	P.17
q. -58.69	P.18
q. -62.29	P.19
q. -65.89	P.20
q. -69.49	P.21
q. -73.09	P.22
q. -76.69	P.23
q. -80.29	P.24
q. -83.89	P.25
q. -87.49	P.26
q. -91.09	P.27
q. -94.69	P.28
q. -98.29	P.29
q. -101.89	P.30
q. -105.49	P.31
q. -109.09	P.32
q. -112.69	P.33
q. -116.29	P.34
q. -119.89	P.35
q. -123.49	P.36
q. -127.09	P.37
q. -130.69	P.38
q. -134.29	P.39
q. -137.89	P.40
q. -141.49	P.41
q. -145.09	P.42
q. -148.69	P.43
q. -152.29	P.44
q. -155.89	P.45
q. -159.49	P.46
q. -163.09	P.47
q. -166.69	P.48
q. -170.29	P.49
q. -173.89	P.50
q. -177.49	P.51
q. -181.09	P.52
q. -184.69	P.53
q. -188.29	P.54
q. -191.89	P.55
q. -195.49	P.56
q. -199.09	P.57
q. -202.69	P.58
q. -206.29	P.59
q. -209.89	P.60
q. -213.49	P.61
q. -217.09	P.62
q. -220.69	P.63
q. -224.29	P.64
q. -227.89	P.65
q. -231.49	P.66
q. -235.09	P.67
q. -238.69	P.68
q. -242.29	P.69
q. -245.89	P.70
q. -249.49	P.71
q. -253.09	P.72
q. -256.69	P.73
q. -260.29	P.74
q. -263.89	P.75
q. -267.49	P.76
q. -271.09	P.77
q. -274.69	P.78
q. -278.29	P.79
q. -281.89	P.80
q. -285.49	P.81
q. -289.09	P.82
q. -292.69	P.83
q. -296.29	P.84
q. -299.89	P.85
q. -303.49	P.86
q. -307.09	P.87
q. -310.69	P.88
q. -314.29	P.89
q. -317.89	P.90
q. -321.49	P.91
q. -325.09	P.92
q. -328.69	P.93
q. -332.29	P.94
q. -335.89	P.95
q. -339.49	P.96
q. -343.09	P.97
q. -346.69	P.98
q. -350.29	P.99
q. -353.89	P.100



Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

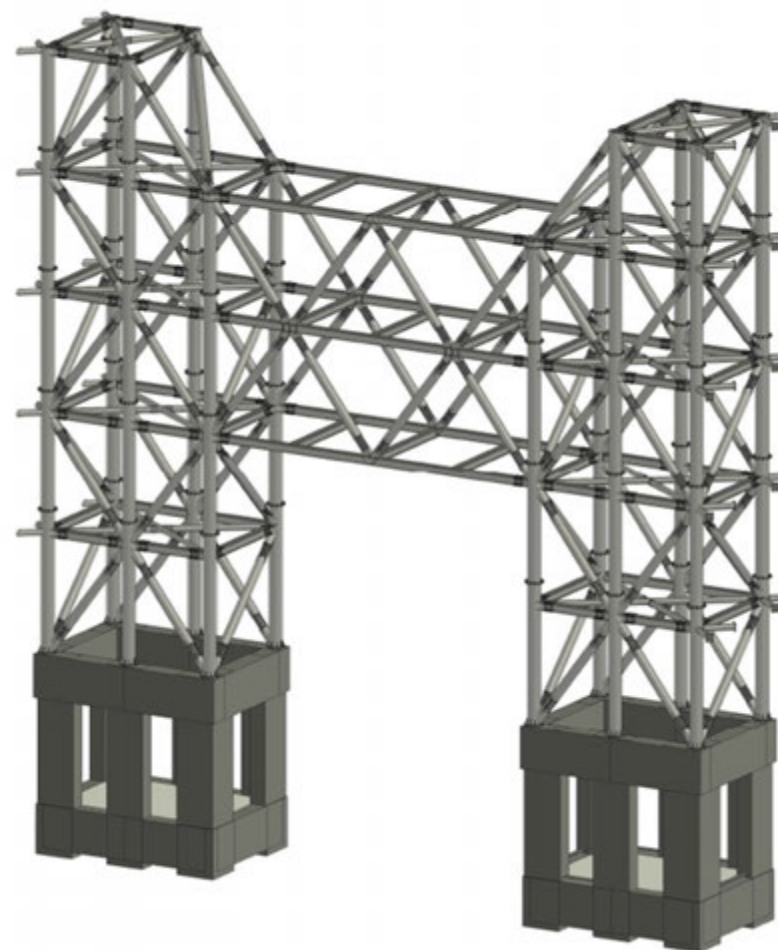
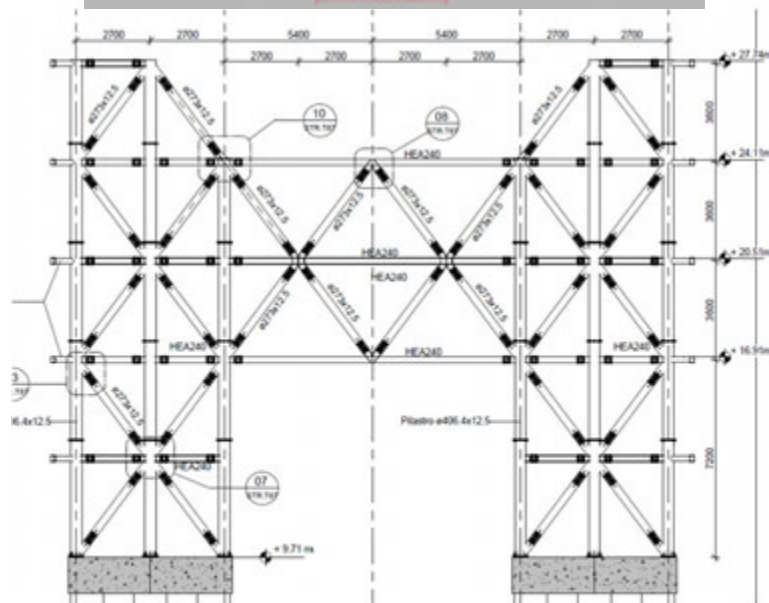
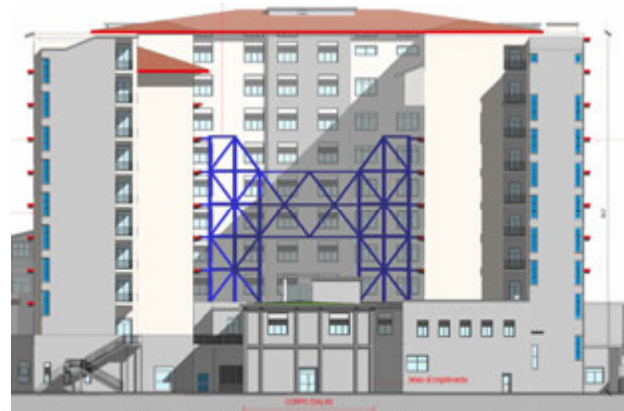
Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

La torre est

Prospetto est



Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

La torre est

Premessa

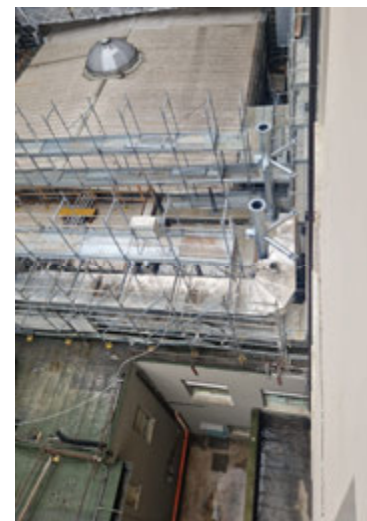
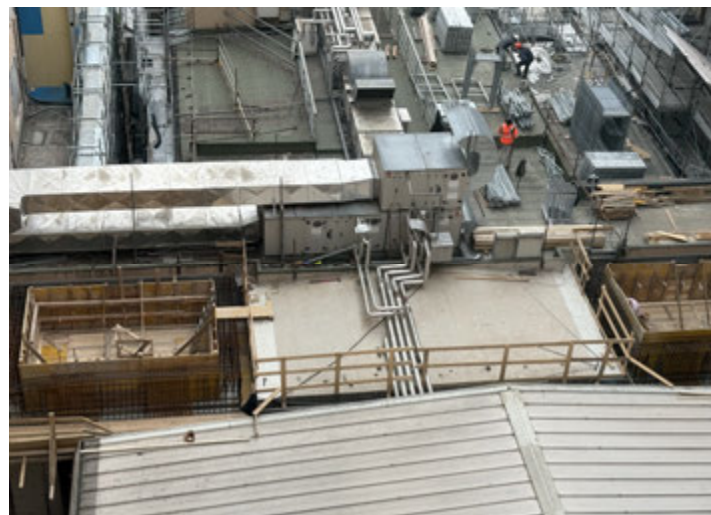
Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



Premessa

Aspetti peculiari

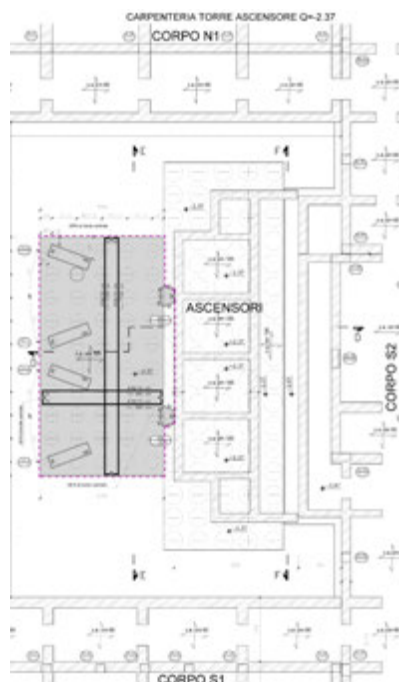
Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

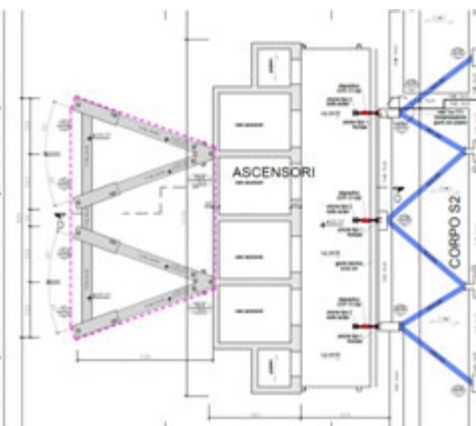
L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

Pianta fondazioni



Carpenteria tipo ai piani



Modello 3D



Prospetto ovest

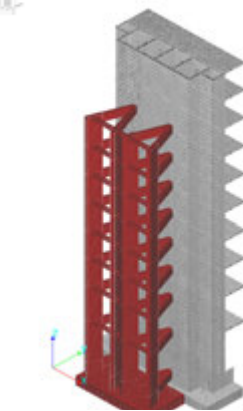


La torre ascensori

Sezioni trasversali



Quote progetto	
q. +40.95	Copertura
q. +35.48	P.9
q. +34.98	P.8
q. +31.38	P.7
q. +27.74	P.6
q. +24.11	P.5
q. +20.51	P.4
q. +16.91	P.3
q. +13.31	P.2
q. +9.71	P.1
q. +5.21	P. Riscaldamento
q. -0.12	P. Terrazza
q. -2.87	Substruttura Fondamenta



Modello analisi

La torre ascensori

Premessa

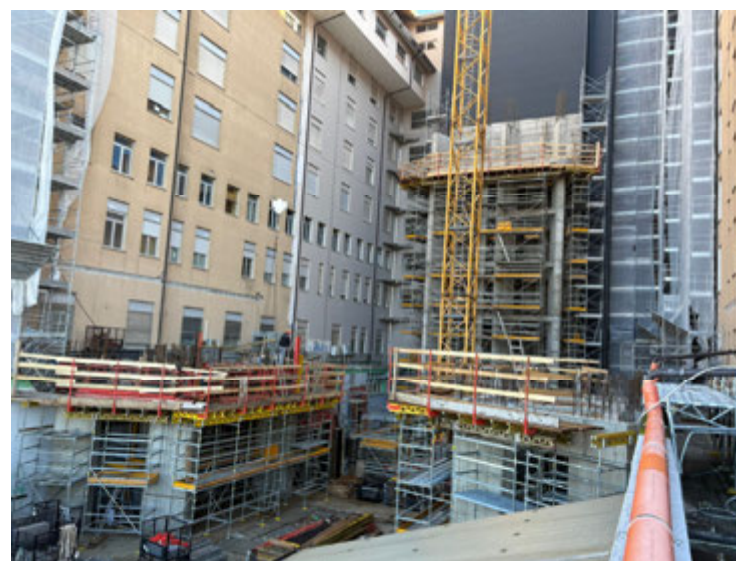
Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



La torre ascensori

Premessa

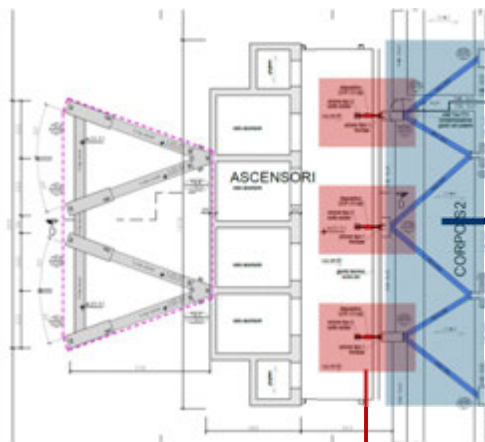
Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



I ritegni dinamici

Premessa

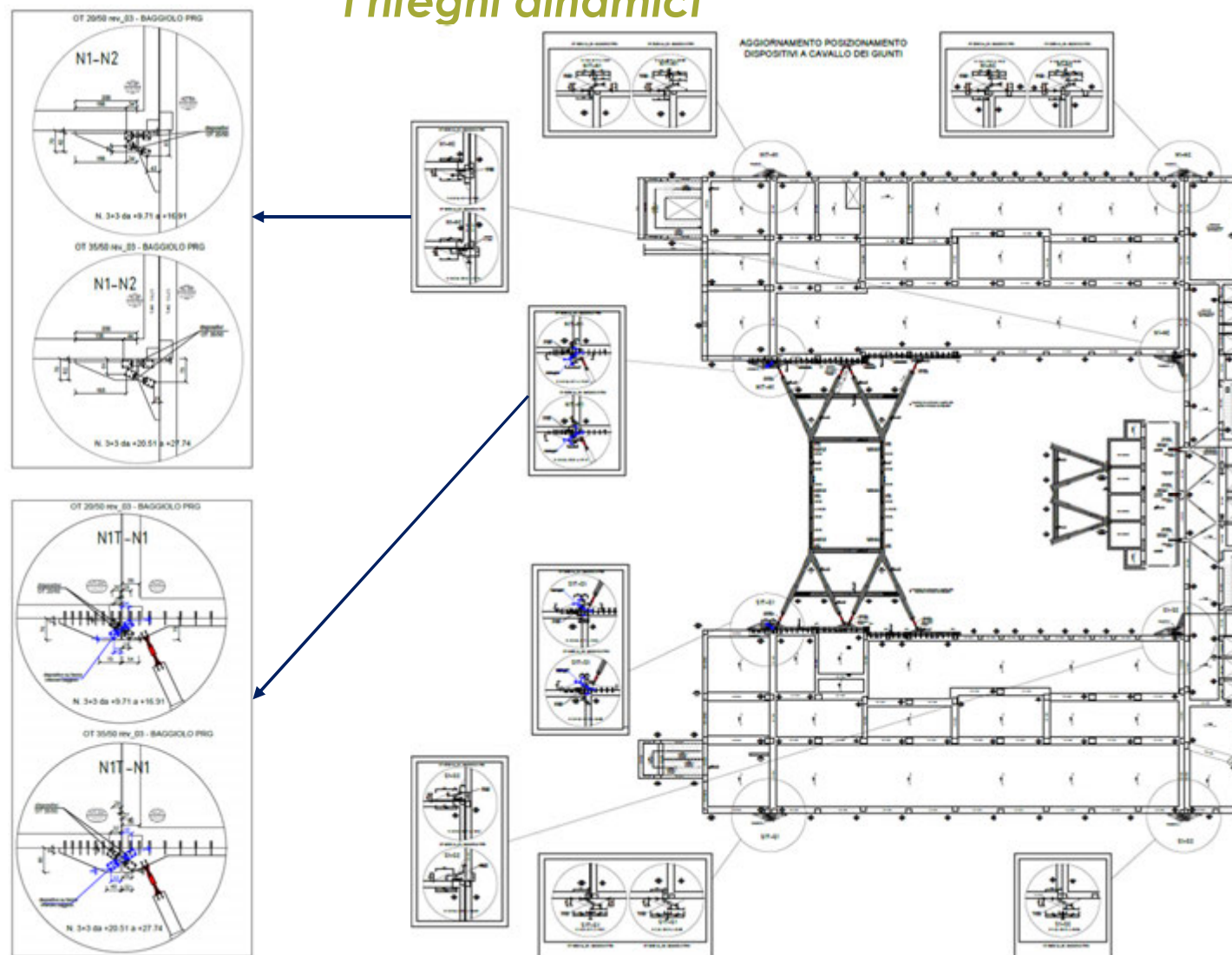
Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

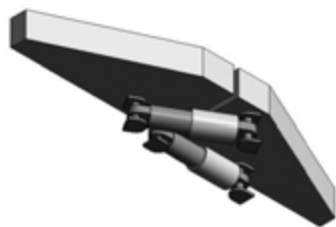
L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

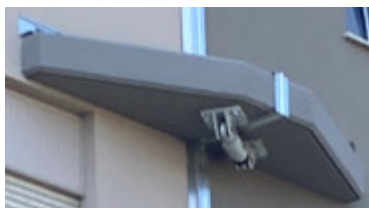


I ritegni dinamici

Premessa



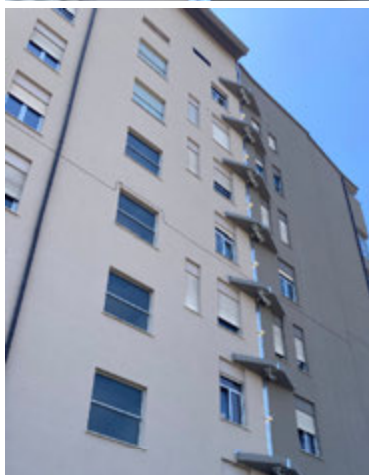
Aspetti peculiari



Perché e quando



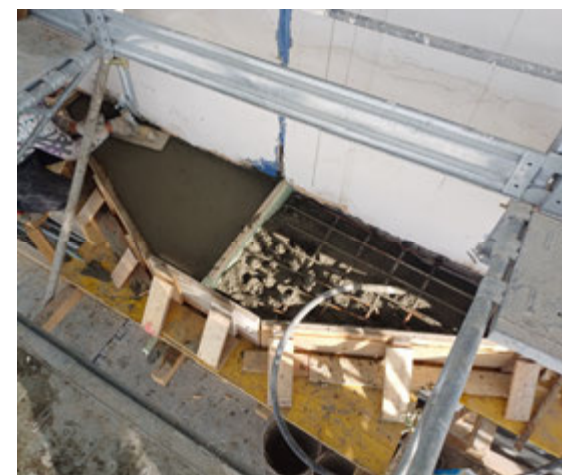
Scuola Giovanni XXIII (CL)



L'ospedale di Rivoli (TO)



Altri esempi



Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



Le
facciate



Il prospetto principale

Premessa

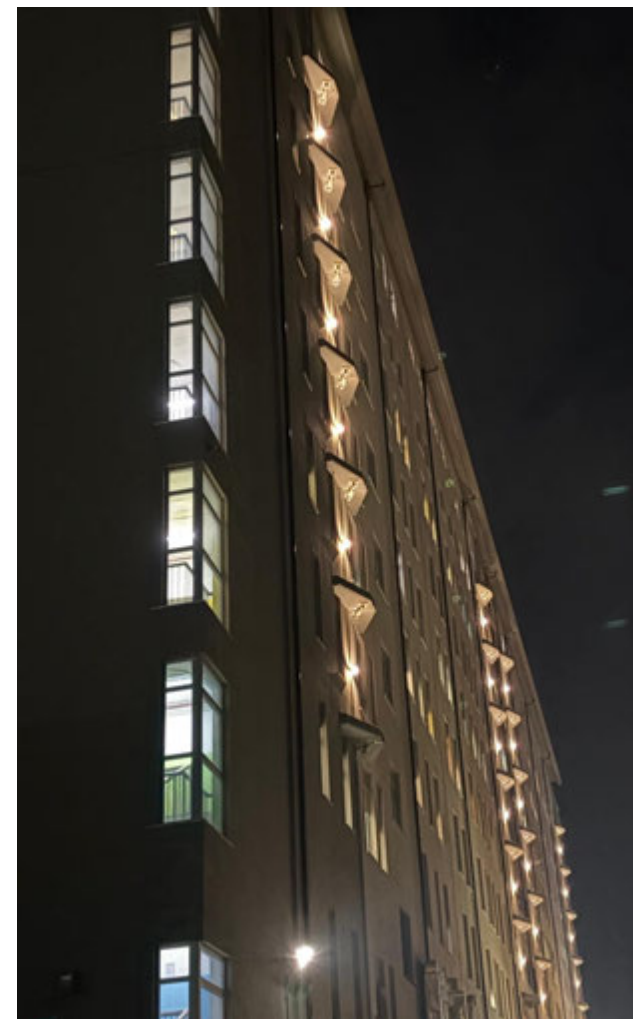
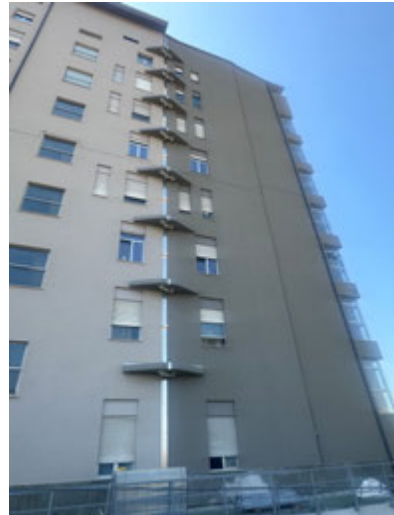
Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



Le analisi

Spostamenti Massimi e minimi dell'ultimo piano nelle direzioni x e y, per i due casi di edificio con e senza dissipatori

Premessa

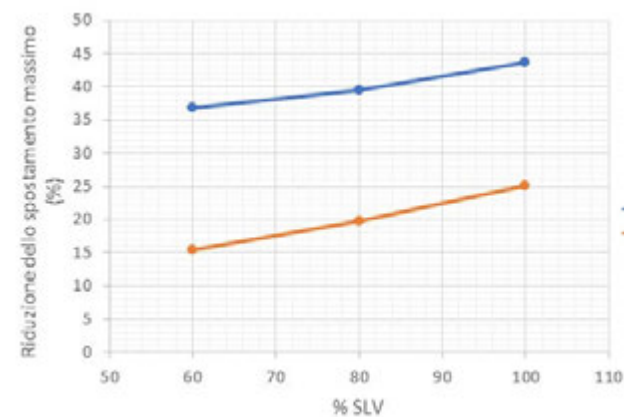
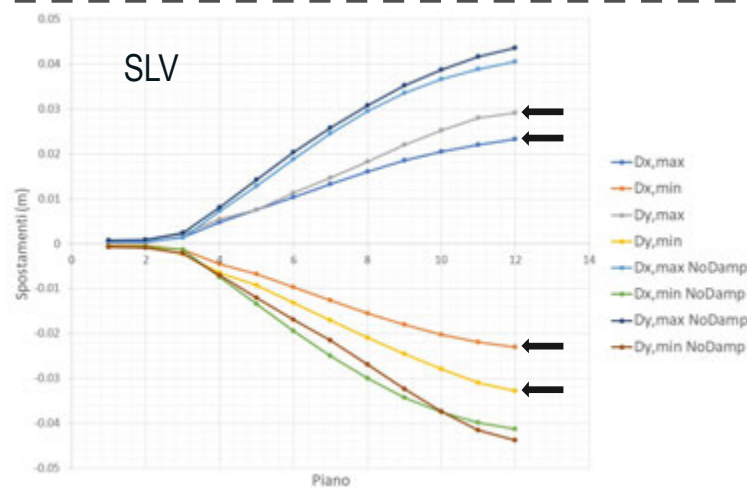
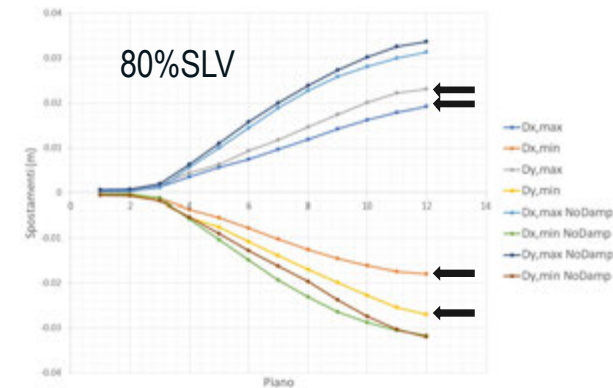
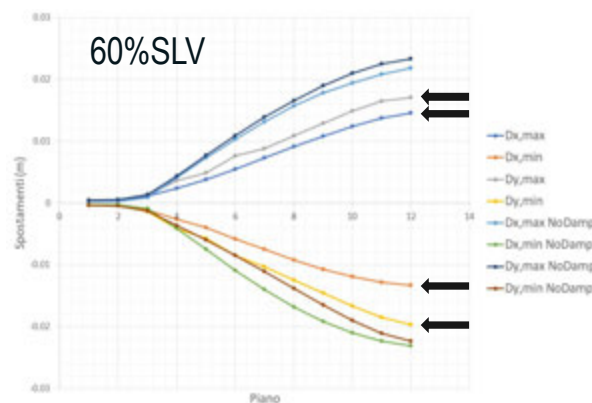
Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

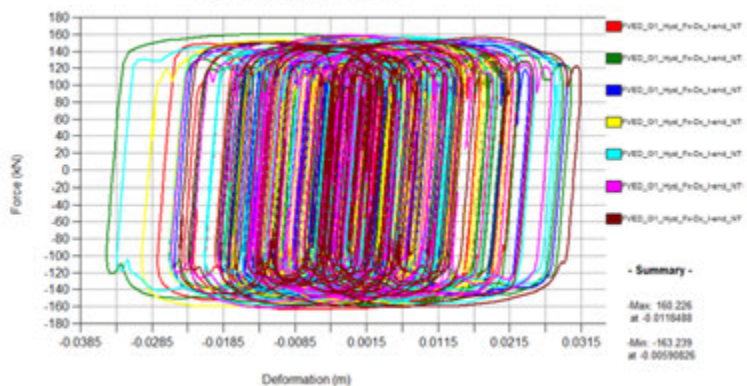
Altri esempi



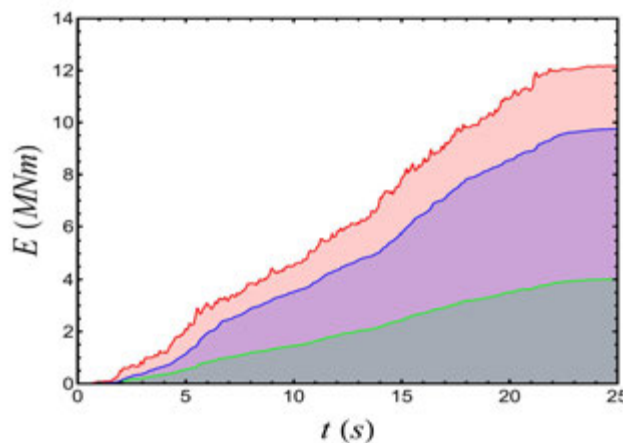
Le analisi

ENERGIA DISSIPATA

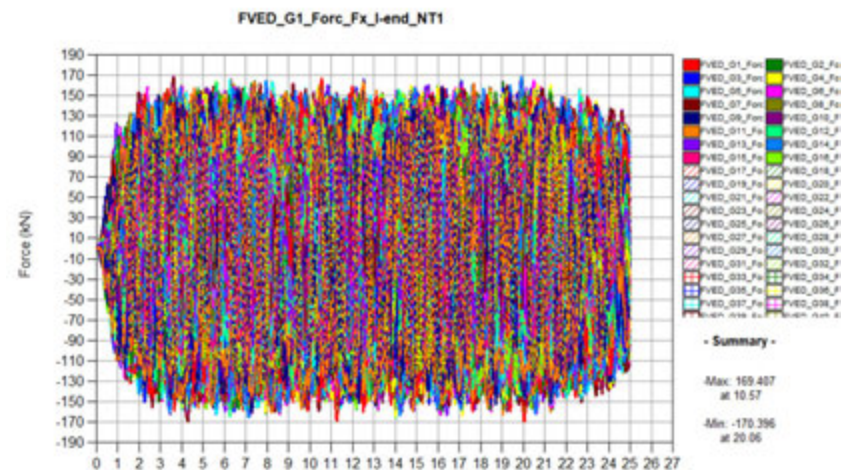
Energia dissipata da un dispositivo per alcune storie sismiche



Bilancio energetico complessivo per una storia sismica



Forze dei dispositivi ai piani superiori per una storia SLC.



- E_i - Energia in ingresso
- $E_{v,s}$ - Energia dissipata per smorzamento strutturale ($\zeta=0.05$)
- $E_{v,s} + E_{v,d}$ - Smorzamento strutturale + dissipatori

Premessa

Aspetti peculiari

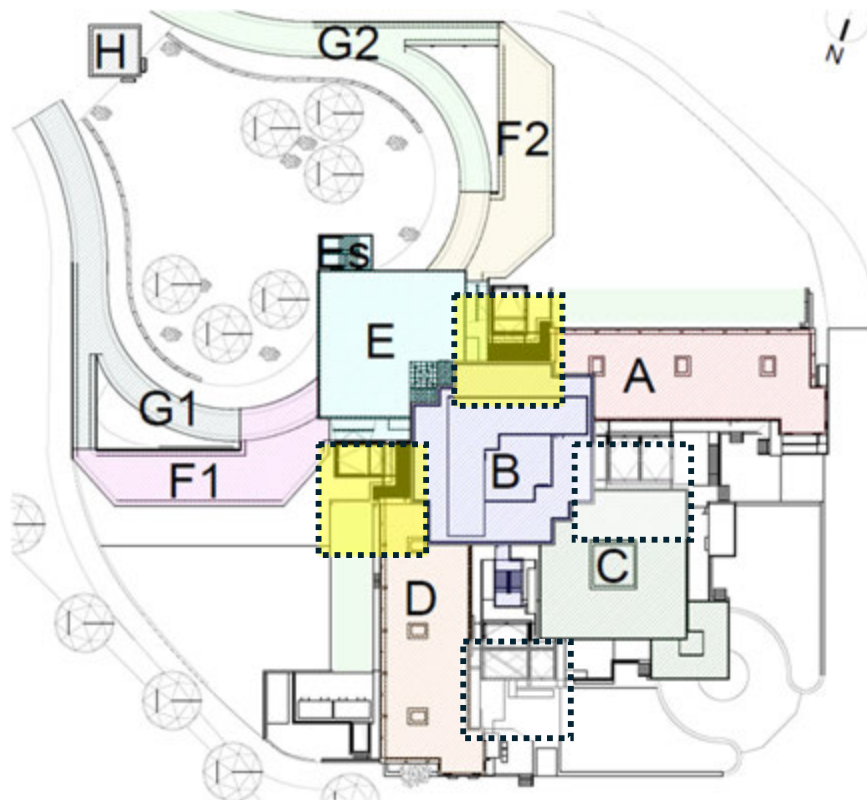
Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

Ospedale Civico di Partinico (PA)



5 corpi esistenti (A-E)+4 torri interconnessi mediante un totale di **120** dispositivi fluido-viscosi, 34 posti tra i corpi esistenti (funzione di shock transmitters), 86 a contrasto tra le torri ed i corpi esistenti.
2 tipologie con differenti costanti di dissipazione.

Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

Ospedale Civico di Partinico (PA)

Premessa

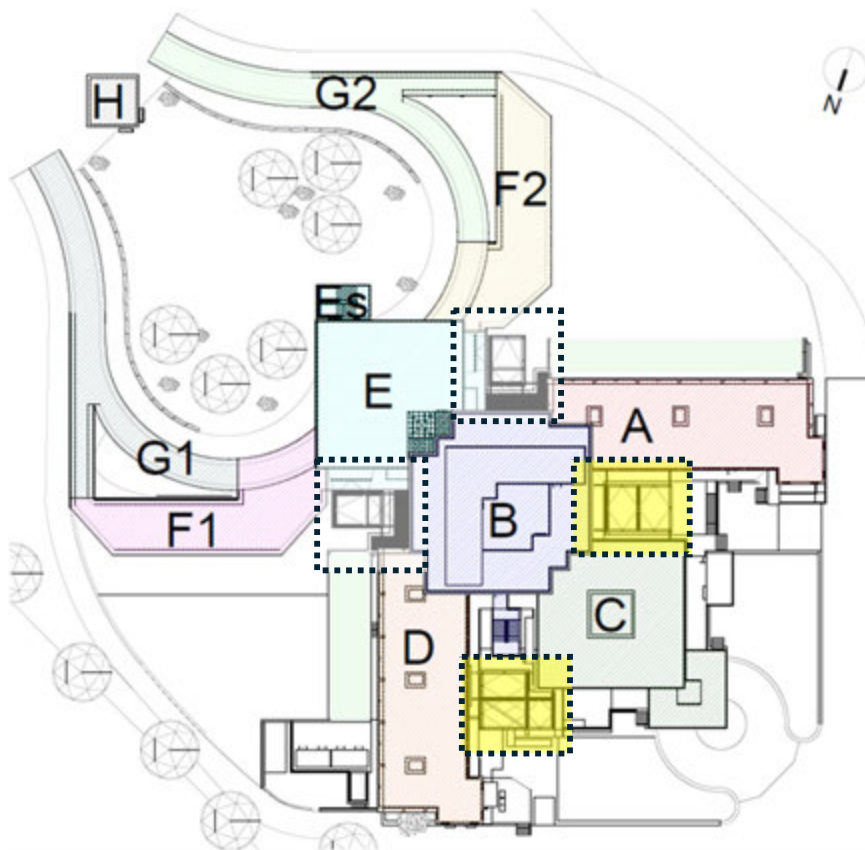
Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



Ospedale Civico di Partinico (PA)

Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi



Ospedale Jazzolino a Vibo Valentia

Premessa

Aspetti peculiari

Perché e quando

Scuola Giovanni XXIII (CL)

L'ospedale di Rivoli (TO)

Altri esempi

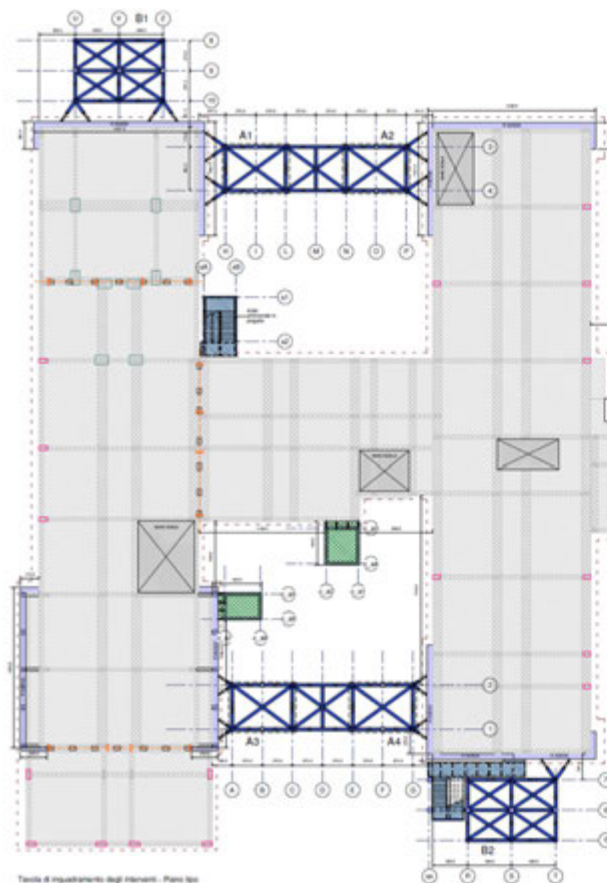
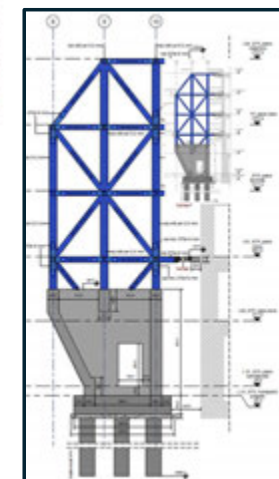
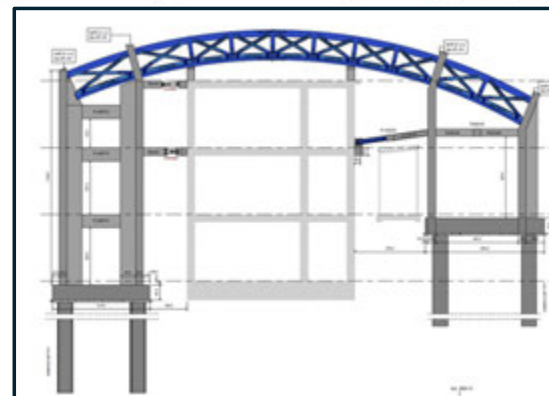
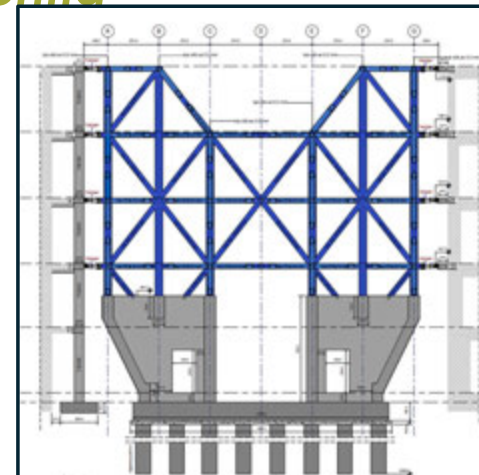


Tavola di ingegneramento degli interventi - Piano tipo
1/100



GRAZIE PER L'ATTENZIONE