

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

COMMITTENTE	SCR Piemonte		COMUNE	Città di TORINO	
LIVELLO PROGETTUALE					
PROGETTO ESECUTIVO					
CUP	TITOLO INTERVENTO				
C14E21001220001	"TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO FIUME: MEMORIA E FUTURO' REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA CIVICA E RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO				
CODICE OPERA					
22044D02					
ELABORATO N.	TITOLO ELABORATO				
ST511	Relazione generale sulle strutture				
DATA EMISSIONE	SCALA	AREA PROGETTUALE			
22/05/2025		STRUTTURALE			
FORMATO DI STAMPA	CODICE GENERALE ELABORATO		NOME FILE		
A4	22044D02_3_0_E_ST_00_CD_511_1		22044D02_3_0_E_ST_00_CD_511_1		
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE		REDATTO	CONTROLLATO
0	22/05/2025	Emissione Progetto Esecutivo a seguito dei pareri espressi dagli Enti preposti in Cds		MJW	MJW
1	24/07/2025	Aggiornamenti		MJW	MJW
IMPRESA AGGIUDICATARIA					
		COBAR S.p.A. Sede Legale: Via Selva 101; Sede Amm.: Via Monte Pollino 3 70022 Altamura (Ba) Italy			
RTP PROGETTAZIONE					
Capogruppo Mandataria:					
		ABDR Architetti Associati S.r.l.			
Mandanti:					
		MJW STRUCTURES			
		Manens S.p.A.			
Dott. Geol. Roberto Salucci		Integrazione Prestazioni Specialistiche: Arch. Michele Beccu - ABDR Architetti Associati S.r.l.		Giovane Professionista: Arch. Valentina Bianchi - ABDR	
Biobyte s.r.l. Ing. Maria Cairoli Dott. Enrico Moretti		Progettazione Categoria Edilizia - Beni Tutelati: Arch. Filippo Raimondo - ABDR Architetti Associati S.r.l.		BIM Manager Arch. Antonella Antonilli - ABDR	
Ing. Roberto De Lieto Vollaro Ing. Alessandro Leonardi		Progettazione Categoria Strutture Ing. Massimo Majowiecki - MJW STRUCTURES		Coordinatore Tecnico del Progetto: Arch. Nicola Bissanti - ABDR	
Arch. Laura Calcagnini		Progettazione Impianti Elettrici e Speciali Ing. Massimo Cadorin - Manens S.p.A.		Timbri e Firme	
		Progettazione Impianti Meccanici Ing. Viliam Stefanutti - Manens S.p.A.			
		Geologo			
		Consulenti Acustica Sala Consulenti Comfort acustico ambientale			
		Consulenti Progettazione Antincendio		Documento firmato digitalmente	
		Consulente Ambiente/DNSH			
COMMITTENTE					
		SCR PIEMONTE S.p.A.			
ORGANISMO DI CONTROLLO					
		CONTECO S.p.A.			
Responsabile del Procedimento: Arch. Bruno Smania				Responsabile di Commessa: Ing. Tiziana Costanzo	

COMUNE di TORINO

PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE DELLE STRUTTURE

Tabella di revisione

Revisione	Data	Descrizione	Eseguito da	Controllato da	Approvato da
R00	22/05/2025	Emissione Progetto Esecutivo a seguito dei pareri espressi dagli Enti preposti in CdS	S.Pinardi	S.Pinardi	M. Majowiecki
R01	24/07/2025	Aggiornamenti – Allegato 1	S.Pinardi	S.Pinardi	M. Majowiecki

Sommario

1	Premessa – Sviluppo del PE e Metodo osservazionale	9
2	Descrizione dell'opera.....	10
2.1	Cenni sul complesso esistente	10
2.2	Analisi Storico Critica	11
2.3	Interventi di rimozione effettuati sulle strutture esistenti	11
2.4	Descrizione strutturale dell'opera secondo PE	11
2.4.1	Corpo Basso.....	12
2.4.2	Corpo Alto (Torre Scenica).....	14
2.5	Interventi di rinforzo sulle strutture esistenti	15
2.5.1	Rinforzo parete di facciata Atrio	15
2.5.2	Rinforzo telai in c.a. e pareti muratura del Corpo Basso e della Torre Scenica.....	15
2.5.3	Rinforzo strutture di copertura Atrio e copertura bassa Torre Scenica lato Petrarca	15
2.5.4	Rinforzo strutture di copertura Platea	16
2.5.5	Rinforzo travi della copertura alta della Torre Scenica	16
2.5.6	Rinforzo solaio Palco.....	16
2.6	Interazione con le altre discipline	17
3	Ipotesi di progetto	18
3.1	Descrizione dei criteri generali di progettazione, analisi e verifica.....	18
3.2	Condizioni d'uso e livelli di sicurezza della costruzione.....	19
3.2.1	Classe d'uso	19
3.2.2	Classe di esecuzione.....	19
3.2.3	Livello di sicurezza	20
3.2.4	Livello conoscenza LC e fattore di conoscenza FC	21
4	Quadro normativo di riferimento adottato, norme di riferimento cogenti e altre norme e documenti tecnici integrativi.....	23
5	Note di progetto	24
5.1	Note generali.....	24
5.2	Note sugli elaborati grafici.....	24
5.3	Progetto costruttivo	24
5.4	Cantiere	25
6	Materiali strutturali.....	26
6.1	Materiali strutturali esistenti.....	26
6.1.1	Premessa	26

6.2	Materiali strutturali nuovi	27
6.2.1	Conglomerato cementizio.....	27
6.2.1.1	Classi di esposizione del cls delle strutture di fondazione e di elevazione	27
6.2.1.2	Caratteristiche dei calcestruzzi a prestazione garantita.....	27
6.2.1.3	Copriferri	29
6.2.1.4	Assunzioni in tema di verifiche di fessurazione	33
6.2.2	Acciaio in barre d'armatura per conglomerato cementizio armato.....	33
6.2.3	Sistemi di armatura per riprese di getto	34
6.2.4	Acciaio per micropali	36
6.2.5	Acciaio per carpenteria metallica.....	36
6.2.5.1	Acciaio da carpenteria.....	36
6.2.5.2	Acciaio per grigliati.....	38
6.2.5.3	Acciaio per pioli di ancoraggio	38
6.2.5.4	Acciaio per tirafondi	38
6.2.5.5	Acciaio per perni	39
6.2.5.6	Bulloni	39
6.2.5.7	Saldature e processi di saldatura	39
6.2.5.8	Protezione dalla corrosione delle strutture in acciaio	39
6.2.6	Lamiere grecate	40
6.2.6.1	Lamiera grecata collaborante per solai misti acciaio-cls.....	40
6.2.6.2	Pannello sandwich per la copertura in acciaio delle Maniche.....	40
6.2.6.3	Lamiera grecata per la copertura alta della Torre Scenica	41
6.2.7	Connettori tipo HILTI X-HVB	42
6.3	Sistemi di rinforzo.....	45
6.3.1	Sistemi di rinforzo di strutture esistenti in c.a.....	45
6.3.1.1	Ripristini di elementi in c.a.....	45
6.3.1.2	Rinforzo a taglio e flessione di pilastri e travi in c.a.	46
6.3.1.3	Rinforzo di muratura portante	49
6.3.1.4	Rinforzo di muratura non portante	49
6.3.1.5	Materiali per interventi di rinforzo strutturale: Steel Dryfix 10	50
6.3.1.6	Sistemi di antisfondellamento.....	50

6.3.1.7	Connettori sezione composta	50
6.3.1.8	Connettori alla muratura.....	51
6.3.1.9	Barre inghisate nel calcestruzzo.....	51
6.4	Sistemi di protezione al fuoco delle strutture.....	52
6.4.1	Intonaco antincendio leggero a base di vermiculite e gesso	52
6.4.2	Intonaco antincendio leggero a base di vermiculite e gesso	53
6.5	Valori di progetto delle resistenze dei materiali	54
7	Analisi dei carichi	54
7.1	Carichi permanenti.....	54
7.1.1	Premessa	54
7.1.2	Pesi propri degli elementi strutturali (pilastri, travi, setti e pareti in muratura).....	54
7.1.3	Pacchetti architettonici impalcati.....	54
7.1.4	Pacchetti architettonici controsoffitti	62
7.1.5	Carichi permanenti dei tamponamenti	65
7.1.5.1	Tamponamenti laterali della sala prove	65
7.1.6	Carichi permanenti impalcati	65
7.1.6.1	Sintesi	65
7.1.6.2	Carichi permanenti impalcati P.1 Maniche Petrarca e BCC.....	66
7.1.6.3	Carichi permanenti impalcati P.2 Maniche Petrarca e BCC.....	66
7.1.6.4	Carichi permanenti impalcato di copertura Sala Prove (Manica BCC).....	67
7.1.6.5	Carichi permanenti impalcato Copertura Sala Prove (Torre Scenica lato BCC).....	67
7.1.6.6	Carichi permanenti impalcati Atrio Copertura “Ridotti”	68
7.1.6.7	Carichi permanenti impalcato di copertura Atrio	68
7.1.6.8	Carichi permanenti impalcato P-1.40m Manica BCC lato Torre Scenica	69
7.1.6.9	Carichi permanenti impalcato P-4.50m Manica BCC lato Torre Scenica	69
7.1.6.10	Carichi permanenti impalcato Copertura bassa Torre Scenica lato Petrarca.....	70
7.1.6.11	Carichi permanenti Piano Terra Platea.....	71
7.1.6.12	Carichi permanenti impalcato Copertura Teatro	72
7.1.6.13	Carichi permanenti Galleria	73
7.1.6.14	Carichi permanenti Lucernario	76
7.1.6.15	Carichi permanenti Scale	76
7.1.6.16	Carichi permanenti impalcati di copertura Torre Scenica	77

7.1.6.17	Carichi permanenti solaio Palco.....	78
7.1.6.18	Carichi permanenti Pensilina Atrio	79
7.1.7	Altri carichi permanenti agenti nella Torre Scenica.....	79
7.1.8	Deformazioni lente.....	79
7.2	Azioni variabili sugli impalcati.....	80
7.2.1	Destinazioni d'uso e azioni variabili di progetto associate	80
7.2.1.1	Nota sui carichi concentrati	83
7.2.2	Altri carichi variabili agenti nella Torre Scenica	84
7.3	Azione variabile della neve.....	84
7.3.1	Zone di accumulo	85
7.4	Azione variabile del vento	89
7.4.1	Definizione geografica del sito: in accordo con NTC 2018	89
7.4.2	Coefficiente dinamico Cd (o CsCd)	91
7.4.3	Pressione del vento con coefficiente di pressione cp unitario	92
7.4.4	Determinazione dei coefficienti di pressione cp e d'attrito cf	93
7.4.4.1	Coefficienti di pressione esterna.....	93
7.4.4.2	Coefficienti di pressione interna	95
7.4.4.3	Coefficienti di pressione locali	95
7.4.4.4	Coefficienti di attrito	98
7.4.5	Valori caratteristici dell'azione di progetto del vento	99
7.5	Prestazioni di resistenza al fuoco.....	100
7.6	Azione variabile della temperatura	101
7.7	Azione del sisma	102
7.7.1	Parametri.....	102
7.7.2	Criteri di progettazione sismica adottati nel presente progetto	103
7.7.3	Corpo Basso: determinazione del coefficiente di struttura orizzontale q_{ND}	104
7.7.4	Corpo Alto: determinazione del coefficiente di struttura orizzontale q_{ND}	105
7.7.5	Diagrammi degli spettri di progetto adottati	106
7.7.6	Determinazione dell'azione sismica orizzontale di progetto per gli elementi costruttivi non strutturali	108
7.8	Combinazioni di carico	109
8	Analisi e verifiche strutturali	110
8.1	Software di calcolo strutturale	110

8.2	Valori di calcolo delle resistenze dei materiali strutturali	110
8.3	Analisi del comportamento mono-latero dei diagonal di controventamento.....	111
8.4	Effetti delle imperfezioni e degli spostamenti (P- Δ).....	111
8.4.1	Strutture di sostegno di elementi secondari e non strutturali	112
8.5	Metodo di analisi degli effetti dell'azione sismica	112
8.6	Rispetto dei requisiti nei confronti degli stati limite sismici	113
8.6.1	Modalità di calcolo delle capacità degli elementi con riferimento al loro comportamento sismico sostanzialmente elastico	113
8.6.2	Criterio di calcolo delle azioni sismiche trasmesse in fondazione.....	113
8.7	Giunti strutturali	113
9	RELAZIONI SPECIFICHE E ALLEGATI	115

1 Premessa – Sviluppo del PE e Metodo osservazionale

L'approccio progettuale adottato nel PE si richiama concettualmente, nella giustificazione e nella procedura, al c.d. **metodo osservazionale** che la normativa strutturale consente di applicare, in fase costruttiva, nei casi di particolare importanza e complessità.

Il metodo osservazionale è esplicitato dall'Eurocodice 7 e dalle NTC 2018 nell'ambito geotecnico che sicuramente è affetto, rispetto agli altri ambiti strutturali, da numerose incertezze che vincolano lo sviluppo delle scelte progettuali e la valutazione della loro applicabilità ed efficacia. Si ritiene che anche nell'ambito del risanamento strutturale di edifici esistenti il metodo trovi la sua giustificazione quando le incertezze (in questo caso non imputabili alla natura del terreno ma derivanti dalle condizioni al contorno prima descritte) determinino ancora una volta un vincolo allo sviluppo delle scelte progettuali e alla valutazione della loro applicabilità ed efficacia.

Si richiama quindi quanto prescritto dall'Eurocodice 7 e dalle NTC per il metodo osservazionale, al punto 6.2.4:

“Nei casi in cui a causa della particolare complessità della situazione geotecnica e dell'importanza e impegno dell'opera, dopo estese ed approfondite indagini permangono documentate ragioni di incertezza risolvibili solo in fase costruttiva, la progettazione può essere basata sul metodo osservazionale.

Nell'applicazione di tale metodo si deve seguire il seguente procedimento:

- *devono essere stabiliti i limiti di accettabilità dei valori di alcune grandezze rappresentative del comportamento del complesso manufatto-terreno;*
- *si deve dimostrare che la soluzione prescelta è accettabile in rapporto a tali limiti;*
- *devono essere previste soluzioni alternative, congruenti con il progetto, e definiti i relativi oneri economici;*
- *deve essere eseguito un adeguato sistema di monitoraggio in corso d'opera, con relativi piani di controllo, tale da consentire tempestivamente l'adozione di una delle soluzioni alternative previste, qualora i limiti indicati siano raggiunti”;*

(nel caso in oggetto: adeguato monitoraggio di quanto portato alla luce e rilevato).

ed al successivo punto 6.2.5:

- *“Nell'ambito del metodo osservazionale, il monitoraggio ha lo scopo di confermare la validità della soluzione progettuale o, in caso contrario, di individuare la più idonea tra le altre previste in progetto”.*

2 Descrizione dell'opera

2.1 Cenni sul complesso esistente

Estratto da: "22044D02_3_0_P_ST_00_CB_001_4_Rel Strutture" del PFTE:

Il complesso fieristico di Torino Esposizioni nasce nella seconda metà degli anni '30 su progetto dell'arch. Ettore Sottsass vincitore di un appalto concorso per la costruzione della sede per le mostre della moda. Furono realizzati quattro edifici disposti, come da progetto, intorno a un giardino rettangolare; tra questi, il capannone a shed più vicino al Po, subisce ingenti danni e distruzione durante i bombardamenti della Seconda Guerra mondiale così come anche il Teatro Nuovo.

Nel 1947 il capannone a shed viene a essere sostituito dal Padiglione 2, noto come Padiglione "Nervi" e il teatro ricostruito secondo, pare, le indicazioni dell'ingegnere Roberto Biscaretti di Ruffia, come meglio descritto di seguito.

Nelle seguenti Figura 1 e Figura 2 sono proposte una vista complessiva del Comprensorio di Torino Esposizioni e più in dettaglio il corpo del Teatro e la sua torre scenica.



Figura 2 – Vista aerea del Complesso di Torino Esposizioni

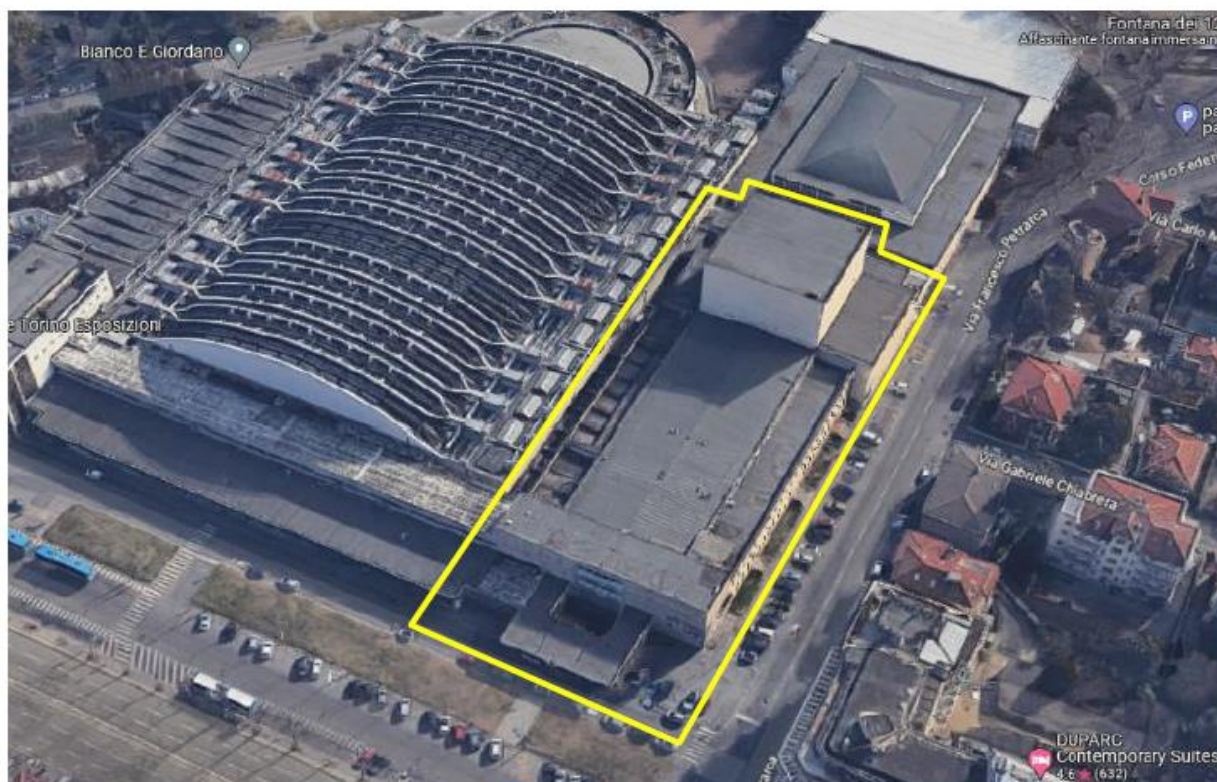


Figura 2 – Immagine con in evidenza il Teatro e la torre scenica

Per maggiori informazioni sulla storia dell'edificio e delle sue trasformazioni avvenute nel tempo vedere "22044D02_3_0_P_AH_00_CB_001_4_Rel Architettonica del PFTE.

2.2 Analisi Storico Critica

Vedere "22044D02_3_0_P_ST_00_CB_001_4_Rel Strutture" del PFTE.

2.3 Interventi di rimozione effettuati sulle strutture esistenti

Oltre alle demolizioni previste nel "Progetto delle demolizioni" lo sviluppo del Progetto Esecutivo aggiunge la demolizione integrale degli impalcati P.1 e P.2 della Maniche.

Vedere l'elaborato "22044D02_3_0_P_ST_00_CD_512_1-All1" per maggiori dettagli.

2.4 Descrizione strutturale dell'opera secondo PE

L'opera é formata essenzialmente da due Corpi:

- la porzione **Bassa** che ospita l'Atrio, le Maniche laterali e l'ambiente principale del Teatro
- la porzione **Alta** denominata Torre Scenica con il volume centrale di altezza maggiore delle porzioni laterali.

I due Corpi sono separati da giunto sismico (vedere p. 8.7).

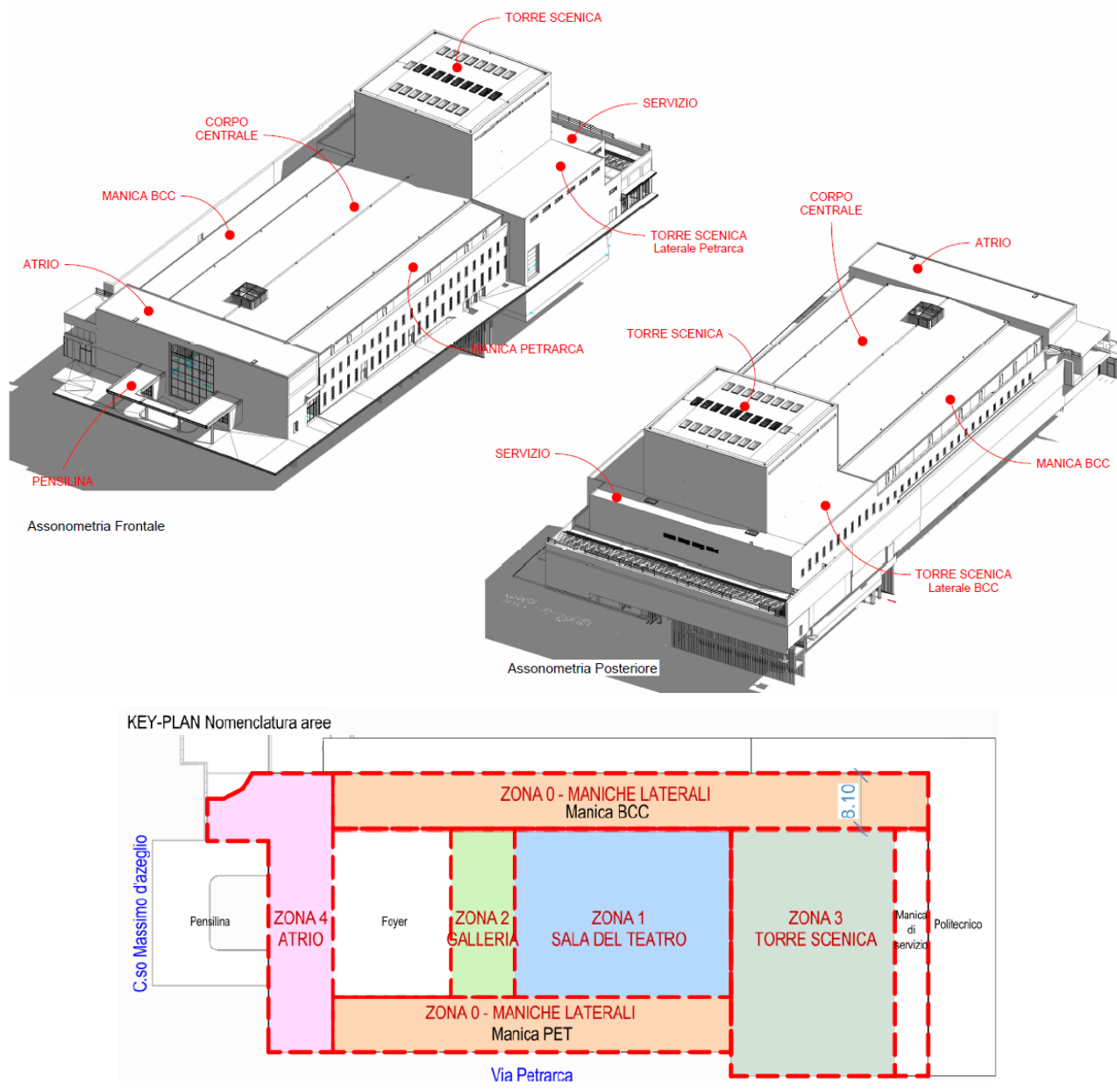


Figura 1: Denominazione delle parti dell'opera

2.4.1 Corpo Basso

Il Corpo basso ha dimensioni in pianta di 70m x 42m circa ed un'altezza fuori terra massima di 13m circa.

I volumi che lo compongono sono:

- **Atrio**, avente dimensioni in pianta di 9.5m x 43m circa, delimitato dalle 4 pareti verticali (esistenti), 3 delle quali in muratura, la 4° costituita da un telaio in c.a. (pilastri 48x48 cm e 3 ordini di travi aventi sezione 48x60 (1° e 2° livello) e 48x48 cm (copertura). L'unico solaio è quello di copertura (esistente), di tipo latero-cementizio, luci di 2.75m e sostenuto da travi in c.a. aventi sezioni 18cm x 60cm circa e rinforzate con profilati metallici.

Su ciascun lato più corto sono previsti due (nuovi) impalcati in carpenteria metallica collaborante con soletta mista lamiera grecata e cls alleggerito posti a livello +3.84m e +9.25m circa. Il primo ospita il palcoscenico dell'area definita "Ridotto", il secondo ospita impianti.

Davanti ed esternamente all'Atrio è posta la **Pensilina** (esistente) di ingresso è costituita da una soletta in mista acciaio e laterizio dello spessore 28cm sovrastata da un massetto dello spessore 5cm. I pilastri sono realizzati con blocchi di travertino di cui non si conosce il tipo di collegamento tra uno e l'altro.

- **Maniche laterali** (lato via Petrarca e lato Biblioteca) ciascuna delle quali avente dimensioni 53m x 8m circa e formata da 2 (nuovi) impalcati (P.1 a quota +4.74m circa, P.2 a quota 8.36/8.60m circa) in carpenteria metallica collaborante con soletta mista lamiera grecata e cls alleggerito. Sulla sommità dell'impalcato di P.2 è impostata la (nuova) struttura metallica di copertura con medesimo sviluppo longitudinale degli impalcati sottostanti e larghezza ridotta (6.8m circa).

L'impalcato di P.1. ospita gli spazi comuni e gli spazi amministrativi del teatro.

L'impalcato di P.2. ospita gli impianti a servizio del teatro.

Gli impalcati delle Maniche sono delimitati verso la Platea da telai in c.a. (esistenti, vedere dopo) e verso l'esterno da una cortina (esistente) a tutta altezza di maschi in muratura aventi sezione 48 x 138 cm e passo 2.5m.

Lungo ciascuna Manica sono previsti 3 corpi scala in c.a.: 1+1 agli angoli dell'Atrio, 1+1 a circa metà Maniche e 1+1 all'estremità della Manica in adiacenza della Torre Scenica.

- Tra le Maniche è posto il volume principale del **Foyer+Platea+Galleria**. Esso ha dimensioni in pianta 54m x 25m circa ed è separato dalla Maniche adiacenti da telai in c.a. con pilastri (40x60 cm lato BCC, 90x60 cm lato Petrarca) e due ordini di travi 40x45cm. Il passo e la luce tipici dei pilastri e travi rispettivamente sono di 5m circa.

Sulla sommità dei pilastri è posto l'impalcato (esistente) di copertura formato da travi in c.a. appoggiate aventi luce di 25m e altezza variabile e solaio latero cementizio ordito tra esse.

L'impalcato esistente di copertura appende il controsoffitto della sottostante Platea e sostiene il nuovo manto di copertura (Kalzip o equivalente, distanziato dal solaio mediante piedi in acciaio).

All'interno del volume è presente la **Galleria** (nuova) realizzata in c.a con 4 allineamenti di pilastri (3 esistenti con sezione 50x50 cm e 1 nuovo con sezione circolare $\phi = 40$ cm) che sostengono 2 allineamenti trasversali (esistenti) di travi 50x64cm e 8 allineamenti longitudinali (nuovi) di travi 40x86cm. Sulle travi è ordita una soletta piena in c.a.. In corrispondenza delle travi longitudinali è impostata la gradinata della Galleria.

In corrispondenza della Torre Scenica la Platea termina con la **Fossa dell'orchestra** interrata.

La **copertura della Platea** è costituita da un solaio in latero cemento di spessore non superiore a 120 mm, dotato di una semplice rasatura sottile all' estradosso. Il solaio in latero cemento è disposto su campate non superiori a 4,30 m ed appoggiato a travi a doppia pendenza ordite trasversalmente alla platea e quindi con una luce pari a 24,5 metri, le travi, in conglomerato cementizio con armatura lenta hanno una altezza variabile da circa 1,30 metri all' appoggio e di 2,20 in mezzaria. Inferiormente al sistema di impalcato è presente un sistema voltato asimmetrico, simile alle onde del controsoffitto della sala, realizzato con tavelle in laterizio nelle quali sono ancorati i pendini del suddetto controsoffitto, realizzati con del semplice filo di ferro ritorto, non ispezionabili e a vista appaiono ossidati. Molte tavelle sono interessate dal fenomeno di sfondellamento. La superficie di copertura è pari a circa 1510 m².

All'**intradosso del solaio di copertura** esistente verrà realizzato un percorso di manutenzione per impianti, in struttura di carpenteria metallica assemblata in opera mediante bullonatura, zincata a caldo e vincolata alle travi esistenti in conglomerato cementizio armato con barre filettate e resina epossidica.

Travi metalliche costituite da profili aperti tipo IPE e, nelle campate definite da progetto, grigliato in acciaio zincato di spessore 30mm in appoggio sugli stessi profili e su travi bordo tipo UPN, anche quest'ultime vincolate con ancoranti chimici alle strutture esistenti.

Il **lucernaio** posto sulla copertura della Platea è in carpenteria metallica superiormente vetrata mentre le pareti laterali accolgono evacuatori di funo a lamelle. Le dimensioni in pianta sono pari a circa 4,60 x 4,60 metri ed una altezza media di circa 3,0 metri con copertura a doppia falda. Le strutture portanti in acciaio del lucernaio sono supportate dalle travi principali di copertura.

2.4.2 Corpo Alto (Torre Scenica)

La **Torre Scenica** è formata da un volume centrale avente dimensione in pianta 25m x 25m circa e altezza fuori terra di 27m circa e, sui 3 lati che non si affacciano sul volume della Platea, da volumi laterali di altezza 12m circa (volume lato Petrarca, volume lato BCC e Volume posteriore di servizio).

Il **volume centrale** ha una porzione interrata di 8m circa di profondità. Ospita il piano P-2 al livello delle fondazioni (quota – 7.47m), il piano P-1 (esistente) posto alla quota di -1.69m sopra il quale è impostato il Palco (nuovo). L'edificio poi prosegue senza ulteriori impalcati fino alla copertura.

L'impalcato di copertura è costituito da 5 travi interne (pre-esistenti) in c.a. e da 6 (nuove) travi reticolari in carpenteria metallica intermedie. Le prime sostengono il solaio di copertura in lamiera grecata (di nuova realizzazione), le seconde invece hanno la funzione di appendere l'impalcato di servizio immediatamente sottostante (+21.48m) denominato "Graticcia" (nuovo) e che ospita gli impianti e le macchine sceniche a servizio del Palco sottostante.

Lungo il perimetro del volume sono disposti 3 ordini di passerelle tecniche (nuove).

Il Volume laterale lato Petrarca ha un impalcato (esistente) di copertura di tipo latero-cementizio sostenuto tra travi in c.a. rinforzate da profili metallici.

Il Volume laterale lato BCC è caratterizzato dalla successione di impalcati nuovi in carpenteria metallica collaborante con soletta mista lamiera grecata e cls alleggerito: interrato a quota -4.76m, a quota palco (-1.65m), Sala Prove (+4.50m) e di copertura (nuovo).

Le strutture perimetrali a sostegno di questi volumi sono in c.a. e costituite da una combinazione di pilastri-travi e pareti (esistenti).

2.5 Interventi di rinforzo sulle strutture esistenti

2.5.1 Rinforzo parete di facciata Atrio

Il rinforzo è costituito da un telaio metallico interno collegato alla muratura e alla trave in c.a. posta alla sommità della parete di facciata.

Non avendo certezza dell'esistenza di questo collegamento e della tipologia di connessione eventualmente presente si è deciso di dimensionare il telaio in acciaio retrostante in modo da resistere all'azione sismica trasmessa dalla struttura della pensilina.

2.5.2 Rinforzo telai in c.a. e pareti muratura del Corpo Basso e della Torre Scenica

Si prevede il ripristino/rinforzo delle sezioni originarie dei pilastri in c.a. mediante applicazione locale di compositi fibrorinforzati con matrice inorganica a base di malta cementizia (FRCM), con fibre di basalto o di acciaio ad alta resistenza, sia a flessione sia a taglio. Per incrementare la duttilità del sistema si prevede la fasciatura dei nodi, sempre mediante compositi FRCM, dove possibile.

I muri perimetrali, verso via Petrarca e il padiglione Nervi, sono in muratura portante continua di mattoni pieni.

Si prevede il ripristino di eventuali sezioni danneggiate mediante tecnica "scuci-cuci" e/o iniezioni di malte micronizzate, la fasciatura con compositi in fibre FRCM per confinamento e resistenza a taglio, cuciture trasversali con barre elicoidali.

Per consentire l'ampliamento del boccascena con riduzione dei setti in c.a. laterali, la trave-parete superiore sarà inspessita con getti di cos autocompattante (Self Compacting Concrete) dotato di armature integrative e ancorato alle strutture esistenti.

2.5.3 Rinforzo strutture di copertura Atrio e copertura bassa Torre Scenica lato Petrarca

Al fine di garantire il ruolo di diaframma rigido sismico la soletta esistente di ciascun impalcato viene integrata con un soletta di CLS alleggerito.

Le verifiche condotte sulle travi di ciascun impalcato mostrano la non idoneità delle stesse a sostenere i carichi

di progetto. Non potendo integrare la resistenza (inferiore al 50% di quanto richiesto) attraverso il ricorso a rinforzi mediante fibre si prevede l'impiego di profili metallici accostati alle travi in c.a.

2.5.4 Rinforzo strutture di copertura Platea

Le analisi compiute con riferimento alle strutture allo stato di fatto e soggette ad i carichi di progetto hanno evidenziato la necessità di procedere alla progettazione ed installazione di sistemi di rinforzo sia relativamente alle travi principali che al solaio in latero cemento esistente.

Le travi principali, rispetto ai carichi di progetto, necessitano di un doppio sistema di rinforzo ovvero a flessione ed a taglio.

Le indagini hanno evidenziato le condizioni non ottimali dell'impalcato in latero cemento nonché la sua generale inadeguatezza rispetto ai nuovi carichi di progetto derivanti anche dalla costruzione di un manto di copertura in lamiera di alluminio distanziato di circa un metro in altezza rispetto all'estradosso del solaio esistente e poggiante su questo attraverso appoggi puntuali. Siccome è evidente che la assenza di una soletta di estradosso potrebbe rendere di difficile attuazione la costruzione del manto così come previsto nel progetto architettonico, il rinforzo del solaio prevede: la costruzione di una soletta collaborante realizzata con conglomerato di tipo LC ed armato con rete, un sistema anti sfondellamento all'intradosso e la rimozione del controsoffitto in laterizio esistente in quanto non sicuro anche a causa del sistema di collegamento al solaio costituito da filo di ferro ritorto. Concettualmente il sistema di rinforzo per le travi ed il solaio non si discosta da quanto previsto nel Piano di Fattibilità Tecnico – Economico e risulta ulteriormente sviluppato ed approfondito sulla scorta delle indagini integrative eseguite dopo la redazione del suddetto livello di progettazione.

2.5.5 Rinforzo travi della copertura alta della Torre Scenica

Le travi in c.a. esistenti della copertura alta della Torre Scenica conservano la funzione di sostenere il manto di copertura. Per esse si prevede:

- il rinforzo a taglio agli appoggi mediante fibre in acciaio
- il rinforzo intradossale a flessione con piatto d'acciaio collegato al c.a. mediante connettori in barre passanti.

2.5.6 Rinforzo solaio Palco

Il progetto di riqualificazione del Teatro prevede la realizzazione di un palco rotante con doppio elemento girevole da installare sull' impalcato esistente e che sarà da questo supportato.

Costituito da due elementi distinti, una pedana interna a forma circolare di 16 m di diametro e da una pedana esterna a corona circolare avente lo stesso centro e di larghezza di 3 m, entrambe con unico asse di rotazione e con ruote portanti scorrevoli su rotaie, queste, di fornitura e posa della ditta che progetterà ed installerà il

sistema.

In asse alla pedana interna verrà realizzata una botola di accesso.

Il piano pavimento finito del palco rotante deve coincidere con il restante piano finito del palcoscenico fisso, da ciò si deduce che la superficie non occupata dal palco rotante dovrà essere completata con una finitura di sopraelevazione tipo “iglu” o sistemi equivalenti.

L’impalcato esistente dovrà quindi essere verificato e, se necessario, rinforzato al fine di supportare le strutture e le dotazioni impiantistiche del palco girevole e dei carichi variabili previsti per l’esercizio.

2.6 Interazione con le altre discipline

In merito alle interazioni tra le componenti architettoniche, impiantistiche e di contenimento dei consumi energetici e la loro interferenza con le strutture, è stato effettuato un lavoro di confronto in modo da rispondere alle diverse esigenze e garantire il corretto dimensionamento strutturale e sufficiente regolarità dell’organismo. In particolare per quanto riguarda le interazioni con l’architettonico sono state garantite le posizioni e le dimensioni più opportune di pilastri, travi e setti.

Per quanto riguarda gli impianti è stato tenuto conto delle altezze e degli spessori necessari al fine del loro corretto posizionamento. Per quanto possibile sono state ridotte al minimo le forometrie agli impalcati per il passaggio di tubazioni, predisponendo opportuni cavedi impiantistici.

Per una descrizione completa del progetto architettonico si rimanda agli elaborati specifici.

3 Ipotesi di progetto

3.1 Descrizione dei criteri generali di progettazione, analisi e verifica

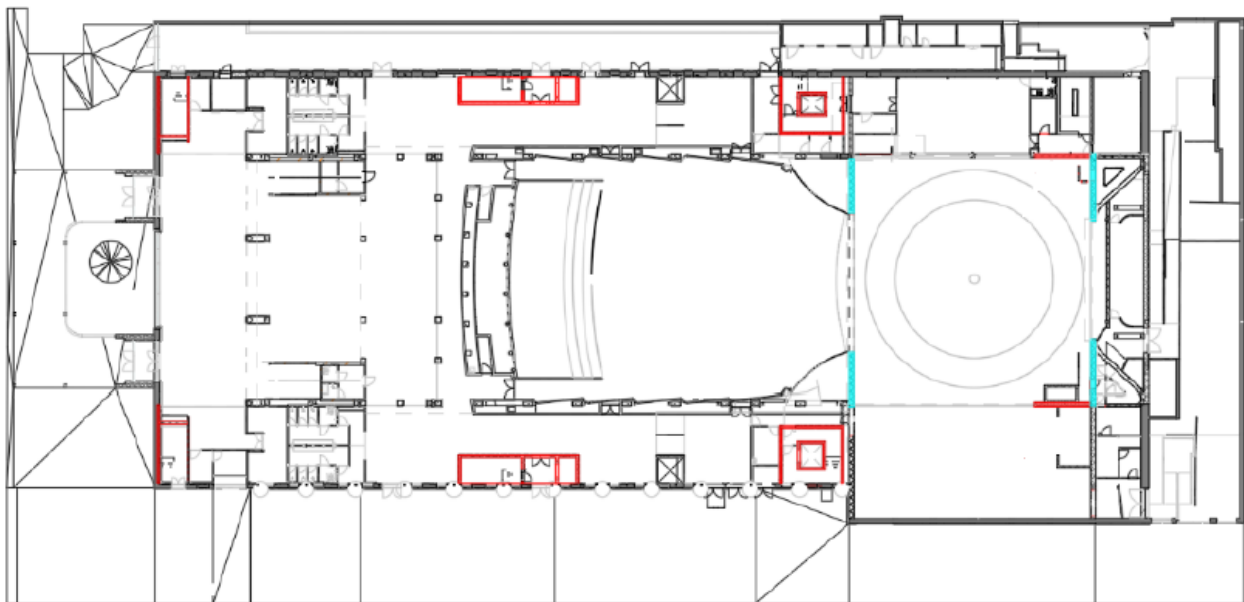
La soluzione strutturale adottata si pone gli obiettivi di conferire la necessaria rigidezza e resistenza alle azioni di progetto ed in particolare all'azione sismica attraverso l'organizzazione secondo corpi strutturali dotati di sufficiente regolarità in pianta ed in altezza. A tale scopo:

- sono stati individuati i Corpi Basso e Alto come strutturalmente indipendenti e separati da giunto sismico opportunamente dimensionato;
- le nuove strutture controventanti verticali sono state previste con posizioni “centrifugate” al fine di conferire anche adeguata rigidezza torsionale.

I solai di nuova realizzazione sono stati dimensionati e quelli esistenti sono stati integrati in modo che possano svolgere il necessario ruolo di diaframma orizzontale per il trasferimento dell'azioni sismiche di piano alle strutture controventanti verticali.

Nel Corpo Basso la resistenza alle azioni orizzontali é affidata ai Corpi Scala e Ascensori di nuova realizzazione e collocati lungo i bordi longitudinali delle Maniche e dell'Atrio (evidenziati in rosso nella figura successiva)

Nel Corpo Alto (Torre Scenica) la resistenza alle azioni orizzontali é affidata ai Setti trasversali esistenti e longitudinali di nuova realizzazione (evidenziati rispettivamente in azzurro e in rosso nella figura successiva) e ai telai in c.a. esistenti del suo Volume alto.



Piano terra

Figura 2: Pianta – Individuazione dei corpi controventanti verticali esistenti (in azzurro) e di nuova realizzazione (in rosso)

I criteri di progettazione, di analisi e verifica sono conformi alle norme NTC-2018 e sono descritti nei paragrafi successivi dedicati alle varie tematiche.

3.2 Condizioni d'uso e livelli di sicurezza della costruzione

L'opera é esistente e soggetta a vincolo dei Beni Culturali. In accordo con la Committenza si assume, in accordo con il p. 2.4.1 NTC 2018:

Tipo di costruzione: Costruzione con livelli di prestazioni ordinari;

Vita nominale di progetto: VN = 50 anni

Per la definizione delle destinazioni d'uso ai fini dell'individuazione dei carichi variabili di progetto vedere 7.2.1.

3.2.1 Classe d'uso

La destinazione d'uso dell'opera fa ricadere la struttura nella Classe d'uso III in accordo con la classificazione riportata nel p. 2.4.2 NTC 2018:

“Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi.”.

La categoria dell'edificio ricade tra le quelle che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

3.2.2 Classe di esecuzione

Con riferimento alle normative UNI EN 1990 e UNI EN1993-1-1 si determina la classe di esecuzione.

- Classe di conseguenza: CC3

Classe di conseguenze	Descrizione	Esempi di edifici e di opere di ingegneria civile
CC3	Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali	Gradinate in impianti sportivi, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte (per esempio, una sala concerti)
CC2	Conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali	Edifici residenziali e per uffici, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (per esempio un edificio per uffici)
CC1	Conseguenze basse per perdita di vite umane, e conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali	Costruzioni agricole, nei quali generalmente nessuno entra (per esempio, i magazzini), serre

- Classe di esecuzione EXC3 in base alla tabella seguente:

Reliability Class (RC) or Consequences Class (CC)	Type of loading	
	Static, quasi-static or seismic DCL ^a	Fatigue ^b or seismic DCM or DCH ^a
RC3 or CC3	EXC3 ^c	EXC3 ^c
RC2 or CC2	EXC2	EXC3
RC1 or CC1	EXC1	EXC2

^a Seismic ductility classes are defined in EN 1998-1, Low=DCL; Medium = DCM; High = DCH
^b See EN 1993-1-9
^c EXC4 may be specified for structures with extreme consequences of structural failure

3.2.3 Livello di sicurezza

Secondo NTC 2018, la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti possono essere eseguite con riferimento ai soli SLU.

Considerando che il progetto prevede anche il rifacimento di interi impalcati e le destinazioni d'uso si ritengono irrinunciabili anche le verifiche SLE, in particolare quelle di deformabilità e di comfort vibrazionale.

Gli interventi previsti hanno la finalità di

- adeguamento totale delle strutture alle prescrizioni della normativa attuale rispetto ai carichi verticali, tenendo conto dei pesi permanenti delle strutture, dei nuovi pacchetti architettonici e delle azioni variabili secondo le destinazioni d'uso definite;
- miglioramento delle strutture alle azioni sismiche secondo il coefficiente ζ_E che definisce il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione; tenendo conto che secondo le risultanze del PFTE le strutture originarie sono caratterizzate da un coefficiente ζ_E nullo, gli interventi progettati si pongono l'obiettivo di raggiungere il livello $\zeta_E = 0.30$.

Come precisato dalle stesse NTC 2018, per edifici del patrimonio culturale, vale il D. lgs. 42/2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio, con particolare riferimento all'Art. 29 del Codice (miglioramento strutturale) e all'Art. 30 (obblighi di conservazione). Per tali edifici il riferimento normativo prevalente, nelle more dell'emanazione di ulteriori disposizioni, rimane dunque il D.P.C.M. 9 febbraio 2011 "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008" (Direttiva BBCC). Al riguardo, la Circolare esplicativa delle NTC 2018 del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP (Circ. NTC 2018) recita:

"in considerazione della specificità e articolazione del contenuto nonché delle caratteristiche del patrimonio storico edilizio italiano, (la direttiva BBCC) è adottabile come riferimento per le costruzioni che comunque abbiano una valenza storica, artistica o urbanistico-ambientale, anche se non esplicitamente vincolate, fatto salvo quanto previsto al punto 8.4 delle NTC."

Secondo Direttiva BBCC, il confronto tra l'azione e la capacità sismica sul singolo manufatto viene eseguito definendo un indice di sicurezza sismica I_s . Il valore dell'indice di sicurezza sismica però

nel caso di edifici tutelati “*non deve essere inteso come parametro per una verifica cogente, ma come un importante elemento quantitativo da portare in conto in un giudizio qualitativo complessivo, che consideri le esigenze di conservazione, la volontà di preservare il manufatto dai danni sismici ed i requisiti di sicurezza, in relazione alla fruizione ed alla funzione svolta*”.

Il Cap. VIII del Decreto Ministeriale, 17 gennaio 2018 (NTC 2018), che riguarda le costruzioni esistenti, dispone:

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi devono tenere conto dei seguenti aspetti della costruzione:

- *essa riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;*
- *in essa possono essere insiti, ma non palesi, difetti di impostazione e di realizzazione;*
- *essa può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;*
- *le sue strutture possono presentare degrado e/o modifiche significative, rispetto alla situazione originaria. Nella definizione dei modelli strutturali si dovrà considerare che sono conoscibili, con un livello di approfondimento che dipende dalla documentazione disponibile e dalla qualità ed estensione delle indagini che vengono svolte, le seguenti caratteristiche:*
 - *la geometria e i particolari costruttivi;*
 - *le proprietà meccaniche dei materiali e dei terreni;*
 - *i carichi permanenti.*

Si dovrà prevedere l'impiego di metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile e l'uso di coefficienti legati ai “fattori di confidenza” che, nelle verifiche di sicurezza, modifichino i parametri di capacità in funzione del livello di conoscenza (v. §8.5.4) delle caratteristiche sopra elencate (v. §8.2).

3.2.4 Livello conoscenza LC e fattore di conoscenza FC

Il progetto PFTE si è concluso con l'esplicita denuncia della mancanza di una adeguata campagna di indagini che, soprattutto per quanto riguarda i materiali strutturali, non aveva permesso il superamento del Livello di Conoscenza LC1 (con associato Fattore di Confidenza cautelativo FC = 1.35) e aveva limitato ad un livello solo preliminare la conseguente valutazione dell'Indice di sicurezza I_s e/o ζ_E .

Nel passaggio da PFTE a PE è stata condotta una prima campagna di indagini sui materiali secondo le indicazioni dei Progettisti PFTE. L'elevata dispersione dei risultati ottenuti ha reso necessaria una seconda e più estesa campagna di indagini (sfruttando lo svolgimento in cantiere dell'attività di strip-out), comprensiva di:

- rilievi strutturali ⁽¹⁾, volti a completare e in certi casi a correggere le informazioni geometriche e

⁽¹⁾ come riportato dalla Circolare delle NTC 2018, il rilievo delle costruzioni esistenti in calcestruzzo armato “è finalizzato alla definizione sia della geometria esterna, sia dei dettagli di tutti gli elementi costruttivi effettivamente raggiungibili, con funzione strutturale o meno. Per gli elementi aventi funzione strutturale la geometria esterna deve essere sempre descritta in maniera la più completa possibile, allo scopo di ottenere un modello di calcolo affidabile, mentre i dettagli, spesso occultati alla vista (ad esempio la

dello stato di conservazione rappresentate nel PFTE;

- ulteriori sondaggi, prove distruttive e non distruttive sui materiali strutturali esistenti finalizzate alla definizione delle resistenze di progetto da adottare nelle verifiche di resistenza.

Il livello di conoscenza LC raggiunto sulla geometria della struttura e dei dettagli strutturali è da ritenersi un LC3 avendo un rilievo completo della struttura e avendo effettuato indagini esaustive in situ sui dettagli costruttivi considerando la totalità delle indagini svolte.

Il livello di conoscenza raggiunto sulla proprietà del **calcestruzzo** è LC3 cui consegue un fattore di confidenza $FC=1$.

Il livello di conoscenza raggiunto sulla proprietà dell'**armatura per c.a.** è LC3 cui consegue un fattore di confidenza $FC=1$.

Relativamente alle **pareti perimetrali in muratura su via Petrarca e lato Biblioteca**, il livello di conoscenza raggiunto sulla proprietà delle murature è LC2 cui consegue un fattore di confidenza $FC = 1.20$, in ottemperanza ai paragrafi C8.5.3.1 e C5.8.4 della Circolare alle NTC 2018.

Relativamente alle **pareti perimetrali in muratura dell'Atrio**, il livello di conoscenza raggiunto sulla proprietà delle murature è LC1 cui consegue un fattore di confidenza $FC = 1.35$, in ottemperanza ai paragrafi C8.5.3.1 e C5.8.4 della Circolare alle NTC 2018.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato 22044D02_3_0_P_ST_00_CD_510_0.

Per gli interventi locali di rinforzo il livello di conoscenza LC e l'associato Fattore di Confidenza sono definiti negli Allegati dedicati.

disposizione delle armature), possono essere rilevati a campione, estendendo poi le valutazioni agli altri elementi operando per analogia, anche in forza delle norme vigenti e dei prodotti in commercio all'epoca della costruzione."

4 Quadro normativo di riferimento adottato, norme di riferimento cogenti e altre norme e documenti tecnici integrativi

Generale

- D.M. 17.1.2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018);
- Circolare n. 7, 21.1.2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Direttiva 09/02/2011: Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008;
- Circolare n.26/2010 MIBAC: Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale;
- - D.G.R. N°10-4161 del 26/11/2021: D.P.R. 380/2001. Approvazione delle nuove procedure di semplificazione attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico. Revoca delle D.G.R. 49-42336/1985, 2-19274/1988, 61-11017/2003, 4-3084/2011, 7-3340/2012, 65-7656/2014, 4-1470/2020, 14-2063/2020 e sostituzione dell'Allegato alla D.G.R. 5-2756 del 15 gennaio 20214.

Progettazione delle strutture – Eurocodici e Documenti di Applicazione Nazionale associati

- EN1991. “Basi della progettazione ed azioni sulle strutture”;
- EN1992. “Progettazione delle strutture di calcestruzzo”;
- EN1993-1-1 “Progettazione delle strutture di acciaio: regole generali e regole per gli edifici”;
- EN1993-1-2 “Progettazione delle strutture di acciaio: progettazione strutturale contro l'incendio”;
- EN1993-1-3 “Progettazione delle strutture di acciaio: Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo”;
- EN1998-1-1. “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN1504 - Principi di protezione e riparazione di strutture esistenti in calcestruzzo.

Altri documenti

- CNR-DT-207-R1-2018 “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”;
- CNR-DT 215/2018: Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a matrice inorganica.

Geotecnica e fondazioni

Per i riferimenti normativi adottati fare riferimento ai seguenti documenti:

- EN1997-1. “Progettazione Geotecnica. Parte 1: Regole generali”.
- EN1998-5. “Progettazione Geotecnica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici”.
- Relazione Geotecnica PFTE: 22044D02_1_0_P_GG_00_CH_001_0_Rel Spec Geotecnica

5 Note di progetto

Le seguenti note sono da intendere coordinate con quanto riportato nell'elaborato "TNT_22044D02_3_0_E_ST_00_AE_200_1 - Tavola delle note generali".

5.1 Note generali

1. L'impresa esecutrice deve attenersi a quanto previsto dai documenti contrattuali, eventuali modifiche possono essere introdotte dopo approvazione del cliente, del progettista e della D.L..
2. In presenza di incongruenze, ambiguità e/o dubbi interpretativi, l'appaltatore deve darne comunicazione alla D.L. per iscritto tempestivamente e comunque prima dell'approvvigionamento dei materiali e dell'inizio delle lavorazioni interessate.
3. Per ogni ulteriore prescrizione si rimanda al capitolato speciale d'appalto - norme tecniche opere strutturali, che verrà consegnato contestualmente agli elaborati del progetto esecutivo.
4. Le prescrizioni indicate nel presente elaborato si intendono valide a meno di diverse specifiche indicazioni sugli elaborati grafici del progetto strutturale.
5. Per quanto non specificato negli elaborati di progetto strutturale, si farà riferimento alle indicazioni e alle raccomandazioni contenute nelle norme UNI e nella letteratura di settore (ad esempio: istruzioni del CNR, linee guida emesse dal Min. LL.PP. o da associazioni di produttori, ecc.).
6. Resta ferma la facoltà della D.L. di disporre specifiche prescrizioni, a suo insindacabile giudizio.

5.2 Note sugli elaborati grafici

1. Tutti gli elaborati grafici devono essere coordinati con il progetto architettonico, impiantistico e con le specifiche di capitolato. Qualsiasi incongruenza riscontrata deve essere esplicitamente riportata ai Progettisti.
2. Coordinare i disegni strutturali con gli altri documenti contrattuali definiti a valle del P.E. (es. ancoraggi, supporti, appensioni per impianti tecnologici).
3. Non scalare i disegni per dedurre informazioni dimensionali.
4. Tutte le dimensioni sono da intendersi in cm se non diversamente specificato.
5. Verificare la corrispondenza tra ciascuna quota numerica e la dimensione grafica dell'oggetto associato ed, in caso di discordanza, effettuare le necessarie controverifiche, assumendo come regola generale la prevalenza gerarchica della prima sulla seconda.
6. La quota 0.00 è riferita al piano finito del pavimento piano terra dell'Atrio.
7. Le coordinate sono riferite all'origine del progetto, definita nei disegni architettonici, se non specificato diversamente.
8. Per le finiture e le forometrie verificare sui disegni architettonici e impiantistici.
9. Non possono essere previsti fori negli elementi strutturali se non esplicitamente riportati negli elaborati strutturali o approvati dalla D.L.

5.3 Progetto costruttivo

1. Il progetto costruttivo è soggetto a controllo della compatibilità geometrica del sistema strutturale, degli elementi, dei collegamenti bullonati e saldati, dei nodi in c.a..
2. È onere dell'Appaltatore la predisposizione dei disegni costruttivi, da sottoporre ad approvazione della D.L., riguardanti gli attacchi sugli elementi strutturali per elementi di baraccatura, per finiture (infissi, parapetti, tamponamenti, ecc.) e per impianti.
3. Lo sviluppo e dimensionamento costruttivo di officina dei particolari e dei collegamenti sono a carico del Costruttore dell'opera tenendo conto della concezione progettuale.
4. È onere del Costruttore la ri-verifica geometrica dei dettagli costruttivi della carpenteria metallica.

5. Gli elaborati d'officina saranno soggetti ad approvazione della D.L. prima dell'inizio della produzione.
6. Nelle tavole di armatura del progetto esecutivo non sono indicate le armature necessarie per il confezionamento delle gabbie.
7. L'adattamento degli schemi tipici di armatura in corrispondenza dei fori non indicati nelle tavole è a cura della D.L.
8. Il posizionamento degli attacchi di elementi non strutturali, impianti, appensioni e ritegni deve essere verificato dal Costruttore e approvato a cura della D.L. in funzione dei particolari sviluppati dalla ditta fornitrice.
9. È onere dell'Impresa, in sede di definizione costruttiva, verificare i passaggi, le forometrie e le dimensioni di elementi non strutturali e impianti in funzione dei disegni costruttivi forniti dal produttore alla D.L. e di concerto con la stessa. Sono compresi tutti gli oneri per la predisposizione degli elementi per il fissaggio di guide e ganci di sommità.

5.4 Cantiere

1. In qualsiasi momento l'impresa esecutrice è la sola responsabile per le condizioni di cantiere, incluse la sicurezza delle persone e delle proprietà.
2. L'Impresa esecutrice è la sola responsabile della protezione delle strutture esistenti adiacenti. Se durante demolizioni, scavi o costruzioni, le attuali condizioni risultino differenti da quanto riportato negli elaborati di progetto, ciò deve essere riportato al Progettista.
3. Dimensioni e posizioni di strutture esistenti riportate negli elaborati devono essere verificate da rilievi in situ, ogni incongruenza deve essere riportata al Progettista.
4. Tracciamento generale: le quote di posizionamento in pianta rispetto all'esistente devono essere verificate in situ al fine di evitare interferenze. Il tracciamento generale sarà deciso dalla D.L. in funzione del rilievo che è stato effettuato in fase di PFTE/PE.
5. L'Impresa esecutrice dovrà garantire la stabilità delle strutture metalliche durante il sollevamento, il montaggio e in fase di getto e maturazione delle strutture in c.a. ad esse connesse mediante opportune strutture provvisorie di sostegno o controvento.
6. Tolleranze dimensionali costruttive, fabbricazione e montaggio in accordo con le prescrizioni di Eurocodice 1 p.7, UNI EN 1090 e UNI EN 13670.
7. Le fasi di sollevamento e montaggio e le strutture provvisorie dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della D.L..
8. La struttura è progettata per essere fruibile nella sua configurazione finale interamente eretta. È responsabilità unica dell'appaltatore assicurare la sicurezza e la stabilità dell'opera e delle sue parti componenti durante le fasi costruttive del progetto.
9. Tutti i nuovi materiali e i nuovi manufatti (e le prove sugli stessi) dovranno essere conformi alle norme vigenti, comprese quelle in materia di prodotti per le costruzioni.
10. I materiali potranno essere approvvigionati solo previa acquisizione delle relative certificazioni ed approvazione delle stesse e delle specifiche tecniche (schede tecniche) da parte della D.L..
11. Tutte le forniture di acciai delle strutture metalliche devono essere accompagnate dalla documentazione comprovante il controllo e la qualificazione dei materiali. Tale documentazione dovrà essere trasmessa alla D.L. prima della messa in opera delle strutture.
12. L'Impresa esecutrice dovrà prevedere le necessarie tasche e sigillature con malta espansiva o con malta additiva a base di resine riprendenti, per consentire il corretto posizionamento degli appoggi delle strutture metalliche.
13. Se non diversamente indicato, la resistenza caratteristica a compressione della malta deve essere almeno pari a quella del calcestruzzo.
14. L'Impresa esecutrice dovrà prevedere le necessarie riprese di getto per consentire il corretto montaggio delle strutture metalliche.

15. L'Impresa esecutrice dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della D.L. le procedure di realizzazione delle strutture in c.a. in elevazione e le tolleranze di verticalità conseguibili.
16. Le fasi dei getti, le procedure di getto e maturazione, unitamente agli additivi utilizzati per la preparazione del calcestruzzo devono essere tali da garantire assenza di fessurazione dovuta a ritiro ed una corretta maturazione e stagionatura del cls.
17. Le finiture del calcestruzzo devono essere come da disegni architettonici, se non diversamente indicato nei disegni strutturali.
18. Non è permesso alcun taglio o rimozione di calcestruzzo già eseguito senza il consenso della D.L..
19. Posizione e dettagli dei giunti di costruzione, non mostrati sui disegni strutturali, devono essere approvati dalla D.L. prima della loro realizzazione.

6 Materiali strutturali

6.1 Materiali strutturali esistenti

6.1.1 Premessa

In concomitanza dell'elaborazione del PFTE sono state svolte indagini sull'edificio esistente denominato Teatro Nuovo di Torino in C.so Massimo D'Azeglio 17, Torino (To), da parte dei tecnici del laboratorio P.Q.R.S. SRL di Torino, sulla base del Piano indagini del dicembre del 2023 e successive richieste (22044D02_1_2_E_IR_00_DC_002_1 - Disciplinare Indagini STR).

Le indagini sono state eseguite in presenza di finiture edili ed architettoniche che riducevano fortemente l'accesso alle strutture portanti. La numerosità, la distribuzione e la natura delle indagini eseguite è stata ritenuta dagli scriventi carente sia in termini di numerosità che di tipologia delle prove in sito e in laboratorio.

Si è pertanto proceduto a redigere un piano indagini integrativo con lo scopo di avere maggiori informazioni sui dettagli della struttura e sulle caratteristiche meccaniche dei materiali.

Le indagini sui materiali ed elementi strutturali esistenti sono state eseguite secondo varie fasi successive: la prima campagna di indagine è illustrata nel documento redatto da P.Q.R.S. – LTM e codificato come rapporto di prova 1823/2024 emesso il 29 luglio 2024, successivamente sono state presentate alcune integrazioni riguardanti i rilievi geometrici e di armatura di alcune travi di copertura i cui schemi sono stati emessi il 15 settembre 2024. Successivamente, sulla base del piano di indagini integrative preparato dagli scriventi, sono state effettuate ulteriori indagini sull'intero edificio, svolte dalla stessa ditta che aveva eseguito la prima campagna di indagini, sotto la supervisione degli scriventi che hanno effettuato i necessari sopralluoghi durante la esecuzione delle stesse. Le indagini integrative sono illustrate nel documento codificato come rapporto di prova 2434/2024 emesso il 02 dicembre 2024.

Si veda l'elaborato dedicato 22044D02_3_0_P_ST_00_CD__510_0.

6.2 Materiali strutturali nuovi

Le seguenti note sono da intendere coordinate con quanto riportato nell'elaborato "TNT_22044D02_3_0_E_ST_00_AE_200_1 - Tavola delle note generali".

6.2.1 Conglomerato cementizio

A ciascuna tipologia di elemento sono state associate la classe di esposizione (in accordo con le definizioni della norma UNI EN 206-1) e la classe di resistenza del calcestruzzo (scelta coerentemente con le classi definite dalle NTC 2018).

Calcestruzzi a "Prestazione garantita" conformi alle norme:

- UNI-EN 206:2016
- UNI 11104:2016
- UNI-EN 1992-1-1:2005 (EC2)

6.2.1.1 Classi di esposizione del cls delle strutture di fondazione e di elevazione

Si assume (NTC 2018 Tab. 4.1.III e EN 206):

	Classe di esposizione	Condizioni ambientali
Strutture di fondazione	XC2 Ambiente umido/bagnato, raramente secco/asciutto	Ordinarie
Strutture in elevazione protette	XC1 Ambiente secco/asciutto o permanentemente bagnato	Ordinarie
Strutture in elevazione sostegno UTA	XC3 Calcestruzzo armato ordinario in interni con umidità da moderata ad alta.	Ordinarie

6.2.1.2 Caratteristiche dei calcestruzzi a prestazione garantita

La scelta del tipo e classe di cemento da impiegare per il confezionamento dei calcestruzzi previsti nel progetto deve essere funzionale ai requisiti specificati in precedenza, alle tempistiche di cantiere, alla minimizzazione degli effetti del ritiro.

Nello specifico si richiede l'adozione delle procedure di stagionatura (a regola d'arte secondo quanto specificato nel capitolato speciale d'appalto), la scelta della composizione del calcestruzzo, la definizione delle sequenze di getto al fine di minimizzare gli effetti del ritiro sui solai.

Calcestruzzo non armato per sottofondazioni

Classe di resistenza: C10/15 con valore caratteristico minimo della resistenza cilindrica a compressione dopo 28 giorni $f_{ck} = 10$ MPa

Classe di consistenza: S3

Classe di esposizione: XC2

Dimensione massima nominale dell'aggregato: 32 mm

Conglomerato cementizio per pali di fondazione e diaframmi

Classe di resistenza: C25/30 con valore caratteristico minimo della resistenza cilindrica a compressione dopo 28 giorni $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

Classe di consistenza: S4

Classe di esposizione: XC2

Dimensione massima nominale dell'aggregato: 10 mm

Conglomerato cementizio per strutture di fondazione gettate in opera

Classe di resistenza: C30/37 con valore caratteristico minimo della resistenza cilindrica a compressione dopo 28 giorni $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Classe di consistenza: S4

Classe di esposizione: XC2

Dimensione massima nominale dell'aggregato: 20 mm

Conglomerato cementizio per strutture in elevazione gettate in opera

Struttura	Classe di resistenza	f_{ck} [N/mm ²]	Classe di consistenza	Classe di esposizione	Dimensione massima nominale dell'aggregato
Tipico	C30/37	30	S3	XC1	20mm
Cordolo Lucernario	C30/37	30	S4	XC3	20mm
Soletta Galleria	C40/50	40	S4	XC1	20mm
Pilastri e Travi Galleria	C35/45	35	S3	XC1	20mm
Setti impalcato supporto impianti UTA	C25/30	25	S5	XC1	20mm

f_{ck} = valore caratteristico minimo della resistenza cilindrica a compressione dopo 28 giorni

Conglomerato cementizio alleggerito per getti integrativi e solette**Intervento sulla copertura della Platea**

Classe di densità (NTC 2018)	D 1,6 (*) (circa 1500 kg/m ³)	
Classe di resistenza (UNI EN 206)	LC 25/28	
Classe di esposizione (UNI EN 206 & UNI 11104)	X0 (UNI EN 206 & UNI 11104) XC1 (UNI EN 206 & UNI 11104) XC2 (UNI EN 206 & UNI 11104)	
Modulo elastico certificato E (UNI EN 12390-13)	17000 MPa	
Resistenza a compressione cubica certificata R_{fck} (UNI EN 12390-3)	28,0 MPa	
Resistenza a compressione cilindrica f_{fck}	25,0 MPa	
Umidità residue in laboratorio a T + 20°C e U.R. 55% (spessore 5 cm)	14 gg	circa 5%
	28 gg	circa 4%

Solette miste collaboranti dei nuovi impalcati metallici delle Maniche e dell'Atrio

Calcestruzzo LC25/28

Classe di massa D1.9

Classe di resistenza: LC25/28 con valore caratteristico minimo della resistenza cilindrica a compressione dopo 28 giorni $f_{ck} = 25$ MPa

Classe di consistenza: S4

Classe di esposizione: XC1

6.2.1.3 Copriferri

La determinazione del copriferro viene effettuata in conformità alle prescrizioni NTC2018 (copriferri per aderenza e durabilità) e del D.M. 16/2/2007 (copriferri per resistenza al fuoco):

Copriferri per aderenza e durabilità (NTC2008, EN1992-1-1)

Considerando una tolleranza di posa di 10 mm e assenza di controllo di qualità si ottiene:

Strutture di fondazione - Ambiente: XC2 (ordinario)

Elemento	Cls	Valore richiesto
Elementi a lastra (solette e pareti)	C30/37	$20+10 = 30\text{mm}$
Pilastri e travi	C30/37	$25+10 = 35\text{mm}$

Strutture in elevazione - Ambiente: XC1 (ordinario)

Elemento	Cls	Valore richiesto
Estradosso solaio	C30/37	$20+10+5 = 35\text{mm}$
Pilastri e travi	C30/37	$25+10 = 35\text{mm}$
Pareti	C30/37	$20+10 = 30\text{mm}$

Copriferri e spessori minimi per resistenza al fuoco (D.M. 16/2/2007)

In accordo con D.M. 16/02/2007

Pareti in c.a. esposte al fuoco solo su un lato

D.6.3 La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) dello spessore s e della distanza a dall'asse delle armature alla superficie esposta sufficienti a garantire il requisito REI per le classi indicate di pareti portanti esposte su uno o due lati che rispettano le seguenti limitazioni;

- altezza effettiva della parete (da nodo a nodo) ≤ 6 m (per pareti di piani intermedi) ovvero $\leq 4,5$ m (per pareti dell'ultimo piano);

Classe	Esposto su un lato	Esposto su due lati
30	$s=120 / a=10$	120/10
60	$s=130 / a=10$	140/10
90	$s=140 / a=25$	170/25
120	$s=160 / a=35$	220/35
180	$s=210 / a=50$	270/55
240	$s=270 / a=60$	350/60

I valori di a devono essere non inferiori ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di a di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di a ne possono tenere conto nella maniera indicata nella tabella D.5.1. Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

Prestazione richiesta: REI 60 → spessore minimo: 130mm, copriferro: 10mm - $\phi_b / 2$

Prestazione richiesta: REI 90 → spessore minimo: 140mm, copriferro: 25mm - $\phi_b / 2$

Prestazione richiesta: REI 120 → spessore minimo: 160mm, copriferro: 35mm - $\phi_b / 2$
con ϕ_b = diametro barra più esterna

Pilastri in c.a.

D.6.2 La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) del lato più piccolo b di pilastri a sezione rettangolare ovvero del diametro di pilastri a sezione circolare e della distanza a dall'asse delle armature alla superficie esposta sufficienti a garantire il requisito R per le classi indicate di pilastri esposti su uno o più lati che rispettano le seguenti limitazioni:

- lunghezza effettiva del pilastro (da nodo a nodo) ≤ 6 m (per pilastri di piani intermedi) ovvero $\leq 4,5$ m (per pilastri dell'ultimo piano);

e

- area complessiva di armatura $A_s \leq 0,04 A_c$ area efficace della sezione trasversale del pilastro

Classe	Esposto su più lati		Esposto su un lato
30	$B=200 / a = 30$	300/25	160/25
60	$B=250 / a=45$	350/40	160/25
90	$B=350 / a=50$	450/40	160/25
120	$B=350 / a =60$	450/50	180/35
180	$B=450 / a =70$		230/55
240			300/70

I valori di a devono essere non inferiori ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di a di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di a ne possono tenere conto nella maniera indicata nella tabella D.5.1. Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

Pilastrini in c.a. esposti al fuoco su più latiPrestazione richiesta: REI 60 → Larghezza minima $B = 350\text{mm}$, copriferro: $40\text{mm} - \phi_b / 2$ Prestazione richiesta: REI 90 → Larghezza minima $B = 350\text{mm}$, copriferro: $50\text{mm} - \phi_b / 2$ Prestazione richiesta: REI 120 → Larghezza minima $B = 350\text{mm}$, copriferro: $60\text{mm} - \phi_b / 2$ Pilastrini in c.a. esposti al fuoco solo su un latoPrestazione richiesta: REI 60 → Larghezza minima $B = 160$, copriferro: $25\text{mm} - \phi_b / 2$ Prestazione richiesta: REI 90 → Larghezza minima $B = 160\text{mm}$, copriferro: $25\text{mm} - \phi_b / 2$ Prestazione richiesta: REI 120 → Larghezza minima $B = 180\text{mm}$, copriferro: $35\text{mm} - \phi_b / 2$ Con ϕ_b = diametro barra più esternaTravi in c.a.

D.6.1 La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) della larghezza b della sezione, della distanza a dall'asse delle armature alla superficie esposta e della larghezza d'anima b_w di travi con sezione a larghezza variabile sufficienti a garantire il requisito R per le classi indicate di travi semplicemente appoggiate. Per travi con sezione a larghezza variabile b è la larghezza in corrispondenza della linea media delle armature tese.

Classe	Combinazioni possibili di b e a				b_w
30	$b = 80 / a = 25$	120/20	160/15	200/15	80
60	$b = 120 / a = 40$	160/35	200/30	300/25	100
90	$b = 150 / a = 55$	200/45	300/40	400/35	100
120	$b = 200 / a = 65$	240/60	300/55	500/50	120
180	$b = 240 / a = 60$	300/70	400/65	600/60	140

240	$b = 260 / a = 90$	350 I 60	500/75	700/70	160
I valori di a devono essere non inferiori ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di a di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di b e a ne possono tenere conto nella maniera indicata nella tabella D.5.1. Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.					

Prestazione richiesta: REI 60 → Larghezza minima $B = 300$, copriferro: $25\text{mm} - \phi_b / 2$ Prestazione richiesta: REI 90 → Larghezza minima $B = 400\text{mm}$, copriferro: $35\text{mm} - \phi_b / 2$

Prestazione richiesta: REI 120 →

Larghezza minima $B = 300\text{mm}$, copriferro: $55\text{mm} - \phi_b / 2$ Larghezza minima $B = 500\text{mm}$, copriferro: $50\text{mm} - \phi_b / 2$ Con ϕ_b = diametro barra più esterna

Copriferri adottati

Nel rispetto dei valori minimi per aderenza, durabilità, installazione e resistenza al fuoco:

Strutture di fondazione (pali, diaframmi e platea):

Elemento	Copriferro
Elementi a lastra (solette e pareti)	35mm
Pilastrì	35mm
Travi con $b \geq 400\text{mm}$	35

Strutture in elevazione

Elemento	Copriferro
Pilastrì e travi NO R	35mm
Pilastrì R 90 (esposti su un lato)	35mm
Pilastrì R 120 (esposti su un lato)	35mm
Pilastrì R 90 (esposti su più lati)	51mm (staffe $\phi = 8\text{mm}$)
Pilastrì R 120 (esposti su più lati)	61mm (staffe $\phi = 8\text{mm}$)
Pareti R 90 (esposti su un lato)	30mm
Pareti R 120 (esposti su un lato)	40mm
Travi R 60, $B_{\min} = 300\text{mm}$	25mm
Travi R 90, $B_{\min} = 400\text{mm}$	35mm
Travi R 120, $B_{\min} = 300\text{mm}$	55mm
Travi R 120, $B_{\min} = 500\text{mm}$	50mm

NOTA: L'extra-copriferro per esigenze R/REI può essere garantito da intonaci e altro rivestimento protettivo.

NOTA: Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

6.2.1.4 Assunzioni in tema di verifiche di fessurazione

Ai soli fini dei calcoli di apertura delle fessure:

- 1) gli effetti delle sollecitazioni meccaniche non vanno combinati con quelli di altri fattori (calore di idratazione, ritiro, ecc.);
- 2) il copriferro da assumere è quello minimo teorico secondo l'aggressività dell'ambiente (quest'ultimo definito coerentemente con le caratteristiche dei cls previsti);
- 3) l'apertura di fessura misurata va rilevata al filo dei copriferri teorici (se non misurabile va ricavata con considerazioni geometriche rispetto a quella misurabile a filo del copriferro effettivo).

Alla luce di quanto appena esposto si assume la seguente tabella dei

VALORI AMMESSI DI APERTURA FESSURE:

Validi per armature poco sensibili ai sensi del p.to 4.1.2.2.4.3 delle NTC 2018

Condizione ambientale (ai soli fini della verifica a fessurazione)	Comb. di carico SLE	w _{lim} adottato [mm] e riferito al copriferro minimo teorico
Ordinaria	Quasi Permanente	w ₂ = 0.30
	Frequente	w ₃ = 0.40

6.2.2 Acciaio in barre d'armatura per conglomerato cementizio armato

Barre longitudinali, staffe, spezzoni: B450C saldabile

Classe acciaio	f _{yk}	f _{tk}	E _s	(f _y /f _{y,nom}) _k	k = (f _t /f _y) _k	σ _s , Rara	Diametro minimo mandrino di piegatura	
	[MPa]	[MPa]	[MPa]		[MPa]	[MPa]	Φ ≤ 16mm	Φ > 16mm
B450C	450.00	540.00	210'000	≤ 1.25	1.15 - 1.35	360.00	4Φ	7Φ

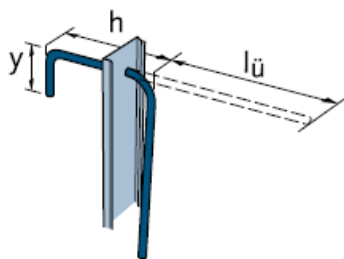
6.2.3 Sistemi di armatura per riprese di getto

Sistema HALFEN per riprese di getto HBT



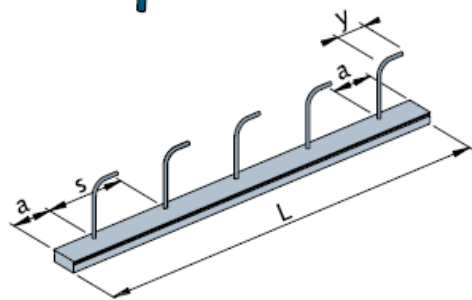
HBT 55 e HBT 85

Tipo 1 Barra singola, sagomatura standard

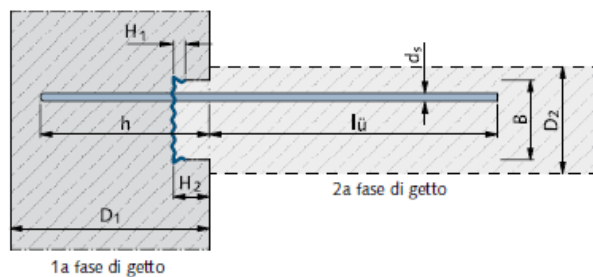


- Ripiegare attorno ad un perno con un diametro minimo $d_{BR} = 6 \times d_s$ (conformemente alla norma)

- Materiale: tondo per c.a. BSt 500 S o BSt 500 WR



Sistema:



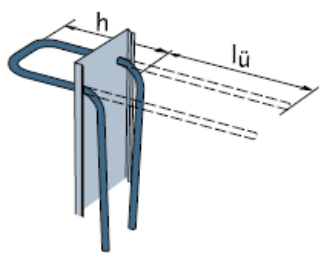
HBT Tipo 1 – Disposizione della staffa

Lunghezza L	Interasse staffa s [cm]	Numero staffe	Distanza dai bordi a [cm]
Cassetta standard L = 1250 mm	10	12	7,5
	15	8	10,0
	20	6	12,5
	25	5	12,5

HBT Tipo 1 – Cassetta standard con lunghezza 1250 mm

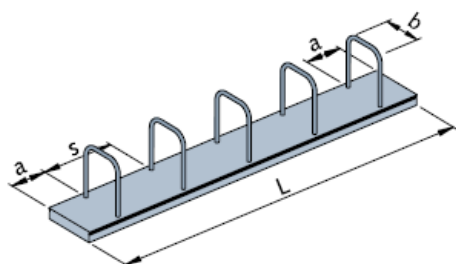
Descrizione	Ø barra d _s / interasse staffe s [mm/cm]	Codice Nr.	Dimensioni delle armature			Dimensione getti		Misura cassetta			Peso [kg]
Tipologia		0054.010-	l _u [mm]	h [mm]	y [mm]	D ₁ [cm]	D ₂ [cm]	Larghezza B [mm]	Altezza H ₁ [mm]	Altezza con coperchio H ₂ [mm]	
HBT 55	8/15	00001	320	170	75	≥ 20	≥ 8	58	12	24	2,7
	8/20	00002									2,3
	8/25	00003									2,1
	10/15	00004	390		95					30	4,1
	10/20	00005									3,4
	10/25	00006									3,0
Tipologia		0054.020-									
HBT 85	10/10	00007	390	170	95	≥ 20	≥ 11	86	12	30	6,0
	10/15	00001									4,4
	10/20	00002									3,7
	10/25	00003	430		110					36	3,3
	12/10	00008									9,0
	12/15	00004									6,4
	12/20	00005	460								5,2
	12/25	00006									4,5

Tipo 5 Barra doppia, sagomatura standard

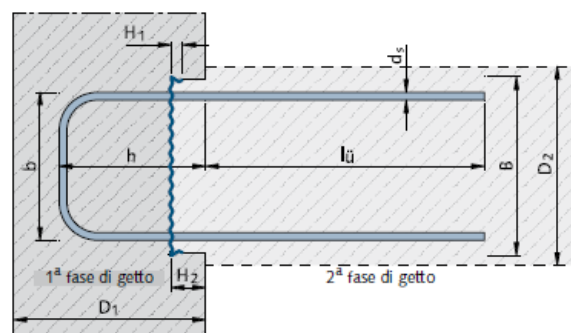


- Ripiegare attorno ad un perno con un diametro minimo $d_{BR} = 6 \times d_s$ (conformemente alla norma)

- Materiale: tondo per c.a.
BSt 500 S o
BSt 500 WR



Sistema:



HBT Tipo 5 – Disposizione della staffa

Lunghezza L	Interasse staffa s [cm]	Numero staffe	Distanza dai bordi a [cm]
Cassetta standard L = 1250 mm	10	12	7,5
	15	8	10,0
	20	6	12,5
	25	5	12,5

HBT Tipo 5 – Cassetta standard con lunghezza 1250 mm (continuazione della tabella → pag. 7)

Descrizione	Ø barra d_s / interasse staffe s [mm/cm]	Codice -Nr.	Dimensioni delle armature			Dimensione getti		Misura cassetta			
Tipologia		0054.040-	l_u [mm]	h [mm]	b [mm]	D_1 [cm]	D_2 [cm]	Larghezza B [mm]	Altezza H_1 [mm]	Altezza con coperchio H_2 [mm]	Peso [kg]
HBT 120	8/15	00001	320	170	88	≥ 20	13 - 18	122	12	24	4,9
	8/20	00002									4,1
	8/25	00003									3,7
	10/15	00004	390		90					30	7,5
	10/20	00005									6,1
	10/25	00006									5,4
	12/15	00007	390		92					36	10,1
	12/20	00008	440								8,5
12/25	00009	460	7,6								
Tipologia		0054.050-									
HBT 150	8/15	00001	320	170	116	≥ 20	16 - 21	150	12	24	5,3
	8/20	00002									4,4
	8/25	00003									4,0
	10/10	00010	360		118					30	10,8
	10/15	00004	390								7,9
	10/20	00005									6,4
	10/25	00006			5,6						
	12/10	00011	310		120					36	16,2
	12/15	00007	460								11,5
	12/20	00008									9,1
	12/25	00009									7,9

HBT 190 e HBT 220

HBT Tipo 5 – Elementi standard con lunghezza 1250 mm (seguito della tabella a pag. 6)

Descrizione		Codice Nr.	Dimensioni delle armature			Dimensione getti		Misure cassetta			
Tipologia	Ø barra d_s / interasse staffe s [mm/cm]	0054.060-	l_b [mm]	h [mm]	b [mm]	D_1 [cm]	D_2 [cm]	Larghezza B [mm]	Altezza H_1 [mm]	Altezza con coperchio H_2 [mm]	Peso [kg]
HBT 190	8/15	00001	320	170	152	≥ 20	19 - 24	186	12	24	5,8
	8/20	00002									4,9
	8/25	00003									4,5
	10/10	00010	390		154					30	11,5
	10/15	00004									8,5
	10/20	00005									6,9
	10/25	00006	430		156					36	6,2
	12/10	00011									17,0
	12/15	00007									12,1
	12/20	00008									9,7
	12/25	00009									8,5
Tipologia	0054.070-										
HBT 220	8/15	00001	320	170	188	≥ 20	23 - 28	222	12	24	6,2
	8/20	00002									5,3
	8/25	00003									4,9
	10/10	00010	390		190					30	12,1
	10/15	00004									9,0
	10/20	00005									7,4
	10/25	00006	460		192					36	6,6
	12/10	00011									17,7
	12/15	00007									12,7
	12/20	00008									10,2
	12/25	00009									9,0

6.2.4 Acciaio per micropali

Acciaio S355 con valore caratteristico minimo della tensione a snervamento $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$

Designazione europea: EN 10210-S 355

6.2.5 Acciaio per carpenteria metallica

Temperatura minima di servizio TEd (rif. p. 3.5.5. NTC 2018):

$T_{md} (z=0m) = -16^\circ\text{C}$ (rif. NTC 2018 p. 3.5.2)

Strutture protette: $T_{Ed} = T_{md} + 15^\circ = -1^\circ\text{C}$

Strutture esposte: $T_{Ed} = T_{md} - 15^\circ = -31^\circ\text{C}$

6.2.5.1 Acciaio da carpenteria

Profili aperti laminati a caldo secondo EN 10034 e EN 10025

Tubi circolari formati a freddo e saldati secondo EN 10219-2

Acciaio S235 con valore caratteristico minimo della tensione a snervamento $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$

Designazione europea: EN 10210-S 235

Acciaio S275 con valore caratteristico minimo della tensione a snervamento $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$

Designazione europea: EN 10210-S 275

Acciaio S355 con valore caratteristico minimo della tensione a snervamento $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$

Designazione europea: EN 10210-S 355

Il grado J dell'acciaio va determinato in funzione della presenza o meno di saldature, dello spessore dei piatti saldati e della temperatura minima di servizio.

Fare riferimento a EN1993-1-10 ed alla tabella 2.1 assumendo

$T_{Ed} = -15^\circ\text{C}$ per strutture non protette.

$T_{Ed} = 0^\circ\text{C}$ per strutture protette.

$\sigma_{Ed} = 0.25 f_y(t)$ per strutture compresse

$\sigma_{Ed} = 0.75 f_y(t)$ per le altre strutture

Si assume JR tipico

UNI EN 1993-1-1:20205

© UNI

Pagina

prospetto 2.1		Massimi valori ammissibili dello spessore dell'elemento t in millimetri																											
Classe di acciaio	Sotto-classe	Energia della prova di Charpy		Temperatura di riferimento T_{Ed} [°C]																									
		KV	J_{min}	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50					
		alla temperatura T [°C]		$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$											
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60					
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75					
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100					
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55					
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70					
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95					
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110					
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145					
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	5	65	55	45	40	30	25	20	110	95	80	70	60	55	45					
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60					
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80					
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95					
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130					
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85					
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120					
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70					
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80					
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95					
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115					
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130					
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45					
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50					
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60					
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75					
	QL1	-60	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85					
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100					

Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore - Classe dell'acciaio da carpenteria (valore Z)

In accordo con EN1991-1-10 p. 3.1, tavola 3.1 si assume classe 1.

Nella selezione degli assemblaggi o connessioni di acciaio, per la protezione contro lo strappo lamellare si raccomanda di considerare i seguenti aspetti:

- l'importanza della posizione in termini di tensione di trazione applicata e il grado di ridondanza;
- la deformazione nella direzione che attraversa lo spessore nell'elemento in cui è fatta la connessione. Questa deformazione è dovuta al ritiro del metallo della saldatura prodotto dal

raffreddamento. Essa si incrementa molto dove gli spostamenti sono impediti da altre porzioni della struttura;

- la natura del particolare costruttivo del collegamento, in particolare collegamenti saldati a croce, a T e collegamenti d'angolo.
- proprietà chimiche del materiale sollecitato trasversalmente. In particolare, elevati livelli di zolfo, anche se inferiori ai normali limiti forniti delle norme di prodotto per acciai, possono incrementare lo strappo lamellare.

Si raccomanda che la suscettibilità del materiale sia determinata misurando la qualità della “duttilità attraverso lo spessore” secondo la EN 10164, che è espressa in termini di classi di qualità identificate da valori Z.

Una linea guida per evitare lo strappo lamellare durante la saldatura è fornita nella EN 1011-2.

Per i dettagli suscettibili di produrre tensioni di trazione applicate e/o indotte nella direzione dello spessore del materiale, la qualità dell'acciaio (valore Z) deve essere definita in accordo con le reali ipotesi di fabbricazione definite nel progetto costruttivo e dei disegni d'officina elaborati dal Fornitore della carpenteria metallica.

6.2.5.2 Acciaio per grigliati

Si prevede l'impiego di grigliati del tipo “Grigliato elettrosaldato Orsogril Potissimum® Edilizia e/o Industria” in Pannelli bordati a misura GES

Maglia e barra portante come riportato negli elaborati grafici

Materiale: acciaio S235JR UNI EN 10025 Finitura: zincatura a caldo UNI EN ISO 1461.

6.2.5.3 Acciaio per pioli di ancoraggio

Tipo Nelson o equivalenti, in accordo con 11.3.4.7 del D.M. 14/01/08

Materiale: Acciaio S235J2G3+C450, $f_{yk} = 350 \text{ N/mm}^2$, $f_u = 450 \text{ N/mm}^2$

Allungamento a rottura > 12%

6.2.5.4 Acciaio per tirafondi

Se non specificato nelle singole tavole:

Se non diversamente specificato nei singoli elaborati grafici i tirafondi sono in acciaio classe 10.9, con:

tensione di rottura $f_{tb} = 1000 \text{ MPa}$

tensione di snervamento $f_{yb} = 900 \text{ MPa}$

dadi classe 10 secondo UNI EN ISO 898-2:2012.

Salvo dove esplicitamente indicato la filettatura dei tirafondi ottenuti da barre in acciaio S355 deve essere conforme a EN 1090 così come richiesto da EN1993-1-8 p.to 3.6.1(3) per evitare la penalizzazione del 15% della resistenza a trazione di progetto.

6.2.5.5 Acciaio per perni

Se non specificato nelle singole tavole:

Acciaio 30CrNiMo8 secondo EN 10083:

valore caratteristico minimo della tensione a snervamento $f_y = 700 \text{ N/mm}^2$

valore caratteristico minimo della tensione a rottura $f_u = 900 \text{ N/mm}^2$

6.2.5.6 Bulloni

Collegamenti bullonati secondo UNI EN ISO 4016:2002

Bulloni “non a serraggio controllato”:

In accordo con UNI EN 15048-1 e p.to 11.3.4.6.1 NTC 2018:

viti classe 8.8 e 10.9 (UNI EN ISO 898-1:2013)

dadi classe 8 e classe 10 (UNI EN 898-2:2012)

rondelle acciaio C50 temperato e rinvenuto HRC 32-40 (UNI EN 10083-2:2006)

Bulloni “a serraggio controllato”:

In accordo con UNI EN 14399-1 e p.to 11.3.4.6.2 NTC 2018:

viti classe 8.8 e 10.9 (UNI EN 14399-1, 14399-3 e 14399-4)

dadi classe 8 e 10 (UNI EN 14399-3, 14399-4)

rondelle durezza 300-370 HV (UNI EN 14399 parti 5 e 6)

Coppie di serraggio secondo D.M. 09/01/1996 e D.M. 14/01/2008

I bulloni devono essere montati con una rosetta sotto la testa della vite e una rosetta sotto il dado.
I bulloni dovranno essere contrassegnati con le indicazioni del produttore e la classe di resistenza.
I bulloni disposti verticalmente avranno la testa della vite rivolta verso l'alto e il dado verso il basso.

6.2.5.7 Saldature e processi di saldatura

Si veda NTC 2018 p.to 11.3.4.5.

Con riferimento alla Tab. il Costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3824:2006 parti 2,3 e 4 con i requisiti richiesti per il riferimento C della Tab. 11.3.XII

6.2.5.8 Protezione dalla corrosione delle strutture in acciaio

I profili chiusi a cassone devono avere le saldature continue tali da impedire le infiltrazioni di acqua (*air and water tight*) e quindi la formazione di un ambiente umido favorevole allo sviluppo di fenomeni corrosivi non controllabili.

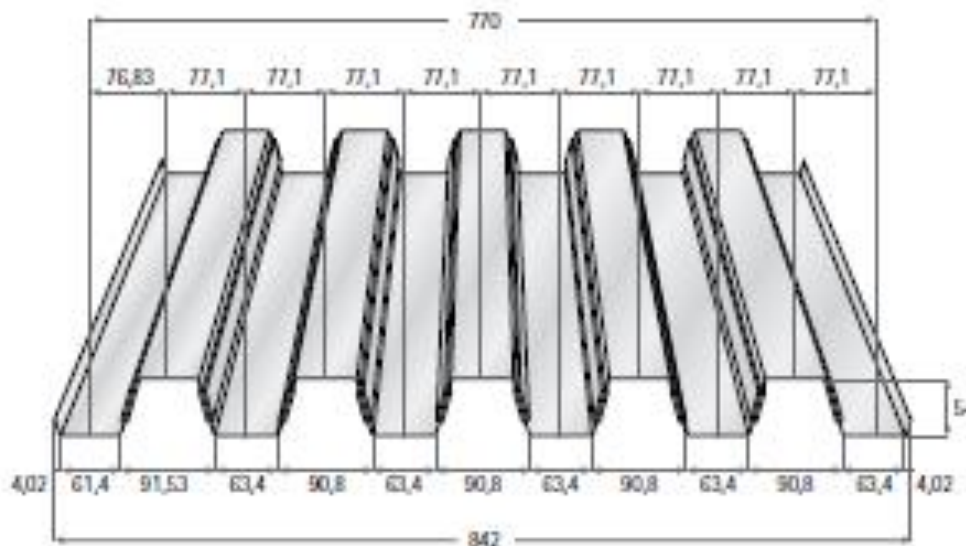
Si prescrive per l'acciaio un trattamento superficiale di verniciatura che garantisca le seguenti prestazioni:

- classe di corrosività C2 secondo prospetto 1 delle UNI EN ISO 12944-2, “Interno - Edifici non riscaldati dove può verificarsi condensa, per esempio depositi, locali sportivi”;
- sistema di verniciatura in accordo le UNI EN ISO 12944-5 in modo da garantire una durabilità maggiore dei 25 anni in ambiente di corrosività C2.

6.2.6 Lamiere grecate

6.2.6.1 Lamiera grecata collaborante per solai misti acciaio-cls

Lamiera METECNO A55-P77-G6 HI-BOND di altezza 55mm o equivalente – Acciaio S280GD

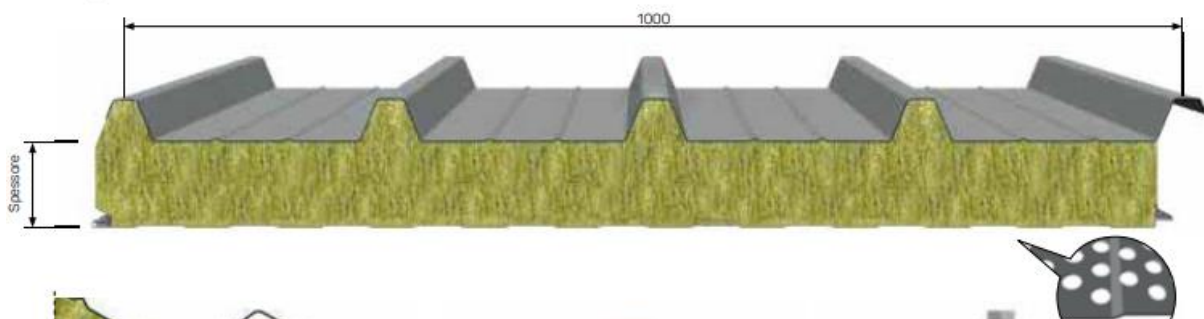


6.2.6.2 Pannello sandwich per la copertura in acciaio delle Maniche

Pannello sandwich Isopan - Isofire Roof Fono con lamiere in acciaio 0.6/0.6mm e altezza 50mm

Pannello sandwich a doppio rivestimento metallico, per coperture con pendenza non inferiore a 7%, coibentato in lana minerale, con lamiera esterna profilata a 5 greche. Il fissaggio è di tipo a vista, con appositi cappellotti metallici con guarnizione.

Il supporto interno è costituito da una lamiera microforata in grado di aumentare le prestazioni di fonoassorbimento del pannello.



LAMIERE IN ACCIAIO 0,6 / 0,6 mm - Appoggio 120 mm						
CARICO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO kg/m ²	 SPESSORE NOMINALE PANNELLO mm					
	50	60	80	100	120	150
	INTERASSI MAX cm					
80	300	325	370	430	470	515
100	270	295	340	385	430	465
120	240	265	305	350	390	420
140	225	250	280	320	360	380
160	210	225	260	295	325	350
180	200	210	240	270	300	330
200	180	200	230	260	285	300
220	165	190	215	240	265	285
250	145	165	200	225	250	260

PESO DEI PANNELLI

SPESSORE LAMIERE		SPESSORE NOMINALE PANNELLO mm					
		50	60	80	100	120	150
0,5 / 0,5	kg/m ²	13,9	14,9	16,9	18,9	20,9	23,9
0,6 / 0,6	kg/m ²	15,7	16,7	18,7	20,7	22,7	25,7

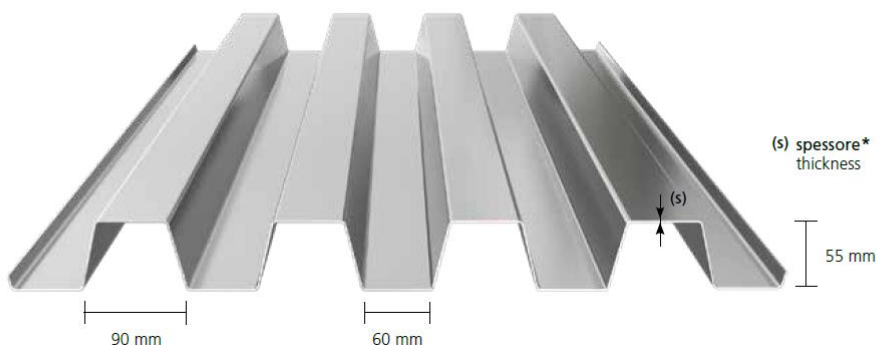
6.2.6.3 Lamiera grecata per la copertura alta della Torre Scenica

Lamiera grecata in acciaio S280GD di altezza 55mm. A titolo di esempio si riportano le caratteristiche geometriche e di portata fornite da un Produttore:

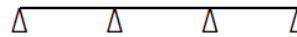
ALUBEL55

Dati Statici / Static data

(s)	Jy cm ⁴ /m	We Inf. cm ³ /m	We Sup. cm ³ /m	Peso
0,50	38,58	14,03	14,03	6,54
0,60	45,89	16,69	16,69	7,85
0,70	53,07	19,30	19,30	9,16
0,80	60,12	21,86	21,86	10,47
1,00	73,82	26,84	26,84	13,08
1,20	87,00	31,64	31,64	15,70
1,50	105,83	38,48	38,48	19,63



Larghezza appoggio intermedio 100 mm. CAMPATA MULTIPLA /
Middle support width 100 mm.MULTIPLE SPAN



	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50
0,50	452	347	278	226	189	158	137	116	100	89	74	58	
0,60	583	457	368	299	252	215	184	163	137	110	89	68	58
0,70	725	567	457	373	315	263	226	200	158	126	105	84	68
0,80	877	683	551	452	378	320	273	231	184	147	121	95	79
1,00	1197	935	751	614	515	436	383	299	236	189	152	126	100
1,20	1538	1197	961	793	662	562	467	362	289	231	189	152	126
1,50	2079	1617	1297	1066	893	756	593	462	368	294	236	194	163

6.2.7 Connettori tipo HILTI X-HVB

Per la collaborazione tra travi metalliche e solette miste negli impalcati di nuova realizzazione

Connettori a taglio **Hilti X-HVB** con **valutazione ETA** e **marcatura CE**, in acciaio al carbonio laminato a freddo con spessore 2 mm, resistenza media a rottura $R_m = 295\text{--}350 \text{ N/mm}^2$, interamente rivestito di uno spessore di zinco $\geq 3 \mu\text{m}$.

I chiodi **Hilti X-ENP-21** per il fissaggio con gambo in acciaio al carbonio $58\pm 1\text{HRC}$, interamente rivestito di uno spessore di zinco di $8\text{--}16 \mu\text{m}$.

Caratteristiche geometriche del chiodo: diametro testa 7.4 mm, altezza chiodo 25.8 mm, doppia rondella per verifica corretta posa in opera diametro 15 mm e diametro del gambo 4.5 mm.

Posa in opera di connettore Hilti X-HVB-e dei chiodi di fissaggio Hilti X-ENP-21 mediante inchiodatrice a propulsore Hilti DX 76 con guida Hilti X76-F-HVB e pistone Hilti X-76-P-HVB per la corretta posa in opera del connettore.

Con riferimento alla "ETA-15-0876-for-nail-shear-connector-Approval-document-ASSET-DOC-16541751" la portata viene calcolata con riferimento all'Annex C1

Table 3: Characteristic and design¹⁾ resistance in composite beams with solid slabs

Shear Connector	Characteristic Resistance P _{Rk} [kN]	Minimum base material thickness [mm]	X-HVB positioning ³⁾	Ductility assessment
X-HVB 40	29.0	6	"duckwalk"	Ductile according to EN 1994-1-1: 2004/AC:2009
X-HVB 50	29.0	6		
X-HVB 80	32.5	8 ²⁾	parallel with beam	
X-HVB 95	35.0			
X-HVB 110	35.0			
X-HVB 125	37.5			
X-HVB 140	37.5			

¹⁾ In the absence of other national regulations a recommended partial factor $\gamma_V = 1.25$ can be used

²⁾ Reduction to 6 mm minimum base material thickness possible, see Annex C5

³⁾ "Duckwalk" positioning according to Annex C5, positioning "parallel with beam" according to Annex B5

Conditions:

- Normal weight concrete C20/25 to C50/60
- Light weight concrete LC20/22 to LC50/55 with a minimum density $\rho = 1750 \text{ kg/m}^3$
- Observation of positioning rules according to Annex B5 and Annex C5

con le seguenti condizioni da soddisfare:

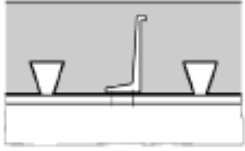
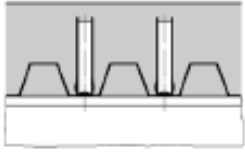
spessore minimo ala profilo: 8mm

calcestruzzo leggero compresso tra LC20/22 e LC50/55

e tenendo conto de:

- le penalizzazioni derivanti dalla posa del connettore tra le greche della lamiera

Table 4: Characteristic and design¹⁾ resistance in composite beams with decking ribs transverse to beam axis

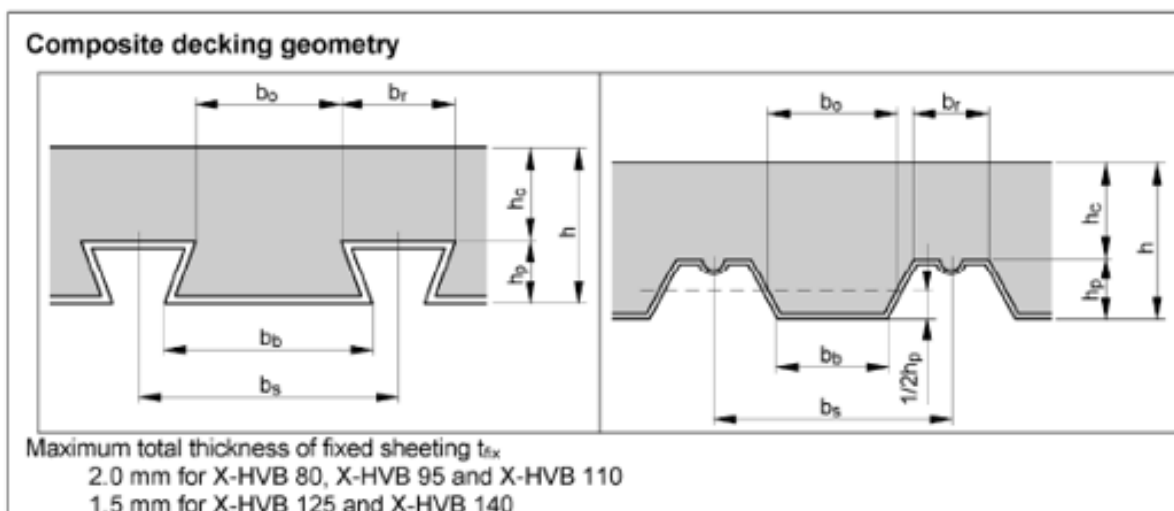
X-HVB positioning	Characteristic Resistance $P_{Rk,l}$	Ductility assessment
 X-HVB positioning longitudinal with the beam	$P_{Rk,l,l} = k_{t,l} \cdot P_{Rk}$ $k_{t,l} = \frac{0.66}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1.0$	Ductile according to EN 1994-1-1: 2004/AC:2009
 X-HVB positioning transverse with the beam	$P_{Rk,l,l} = 0.89 \cdot k_{t,l} \cdot P_{Rk}$ $k_{t,l} = \frac{1.18}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1.0$	

¹⁾ In the absence of other national regulations a recommended partial factor $\gamma_V = 1.25$ can be used

Conditions:

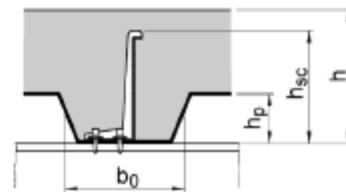
- Characteristic resistance P_{Rk} for solid concrete slabs according to Table 3
- Normal weight concrete C20/25 to C50/60
- Light weight concrete LC20/22 to LC50/55 with a minimum raw density $\rho = 1750 \text{ kg/m}^3$
- Geometric parameters b_0 , h_p and h_{sc} according to Annex B4, n_r corresponds to the number of X-HVBs per rib
- Observation of positioning rules according to Annex B6 and Annex B7
- Applicable for X-HVB 80, X-HVB 95, X-HVB 110, X-HVB 125, X-HVB 140

- le condizioni geometriche dell'Annex B4:



Minimum slab thickness

X-HVB	Minimum slab thickness h [mm]	
	Without effect of corrosion	With effect of corrosion
40	50	60
50	60	70
80	80	100
95	95	115
110	110	130
125	125	145
140	140	160



Maximum decking height h_p dependent on decking geometry – general rules

X-HVB	Maximum height of composite decking h_p [mm]		
	$\frac{b_0}{h_p} \geq 1.8$	$1.0 < \frac{b_0}{h_p} < 1.8$	$\frac{b_0}{h_p} \leq 1.0$ ^{x)}
80	45	45	30
95	60	57	45
110	75	66	60
125	80	75	73
140	80	80	80

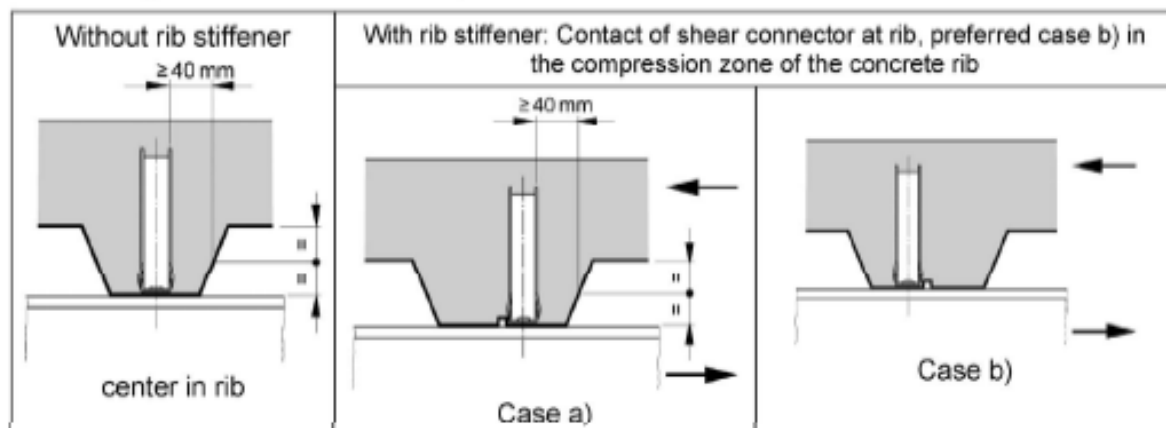
^{x)} $b_0/h_p \geq 1$ for composite decking perpendicular to beam combined with X-HVB orientation parallel with beam

h assunto = 110mm > 95mm (assenza di corrosione per la presenza del massetto edile superiore)

h_p lamiera = 55mm < 57mm

- le condizioni geometriche dell'Annex B7 (lamiera grecata e connettori trasversali al profilo):

Positioning in one row with composite deck with or without rib stiffener



Il connettore viene posato aderente alla parete “posteriore” della greca (muovendosi dall'appoggio alla mezzzeria della trave) → caso b):

Larghezza ala inferiore greca: 63.4mm, larghezza connettore: 24.3mm

Spessore cls a metà altezza greca: $77.1 - 24.3 = 52.8\text{mm} > 40\text{mm}$.

6.3 Sistemi di rinforzo

6.3.1 Sistemi di rinforzo di strutture esistenti in c.a.

6.3.1.1 Ripristini di elementi in c.a.

Malta colabile per ripristini di elementi in c.a.		
tipo	malta colabile per ripristini	
classe di esposizione (UNI EN 206-1)	XC2	
dimensione massima dell'aggregato	=	1,0 mm
massa volumica apparente	=	1,4 kg/dm ³
massa volumica dell'impasto (EN 1015-6)	=	2,4 kg/dm ³
resistenza a compressione a 28 gg (EN 12190)	=	45 MPa
modulo elastico a compressione	=	20 GPa

Intervento di rinforzo strutturale mediante ricostruzione volumetrica monolitica, con aumento di sezione e armatura integrativa, e contestuale trattamento dei ferri di armatura, in strutture in c.a. e c.a.p., mediante getto entro cassero, previa adeguata preparazione dei supporti ed eventuale armatura integrativa e bagnatura a rifiuto dei supporti, di malta colabile, a presa normale, a reazione cristallina, a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino e il consolidamento monolitico a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo, provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-7 per la passivazione delle barre di armatura, dalla EN 1504-3, Classe R4, per la ricostruzione volumetrica e il consolidamento.

Preparazione dei supporti. Irruvidire il substrato in calcestruzzo con asperità maggiore o uguale a 5 mm, pari al grado 9 del "Kit collaudo preparazione supporti c.a. e muratura", mediante scarifica meccanica o idrodemolizione, provvedendo all'asportazione in profondità dell'eventuale calcestruzzo ammalorato fino al raggiungimento dello strato di calcestruzzo con caratteristiche di buona solidità, omogeneità e comunque non carbonatato; l'asportazione di materiale ammalorato deve interessare ogni altro elemento che possa fungere da falso aggrappo ai successivi trattamenti e/o getti.

Successivamente può essere necessario rimuovere accuratamente la ruggine dai ferri d'armatura, che dovranno essere puliti mediante spazzolatura (manuale o meccanica) o sabbiatura. Si procederà quindi alla pulizia del substrato, eliminando qualsiasi residuo di polvere, grasso, olii e altre sostanze contaminanti con aria compressa o idropulitrice, e alla bagnatura a rifiuto fino ad ottenere un substrato saturo, ma privo di acqua liquida in superficie.

La ricostruzione volumetrica con conseguente aumento della sezione resistente dell'elemento strutturale sarà realizzata con malta colabile per ripristini tipo GEOLITE® MAGMA (di Kerakoll) o equivalente. Provveduto alla preparazione del fondo e al posizionamento dell'idonea armatura metallica (come descritto), l'applicazione della malta avverrà per colaggio (a mano o mediante pompa) in casseri sigillati e trattati con disarmante, favorendo la fuoriuscita dell'aria, in spessori non inferiori a 10 mm, nel rispetto delle corrette tecniche applicative. Per spessori importanti superiori a 60 mm, confezionare un betoncino aggiungendo ghiaietto lavato e selezionato in curva granulometrica 6 – 10 mm, conforme alla EN 12620 (tipo KERABUILD GHIAIA o equivalente) nella misura del 30% sul peso della malta. Curare la stagionatura umida delle superfici nelle prime 24 ore.

La lavorazione dovrà avvenire nel rispetto delle specifiche fornite dal produttore e comunque secondo la "regola dell'arte".

6.3.1.2 Rinforzo a taglio e flessione di pilastri e travi in c.a.

Rinforzo a taglio e flessione di travi mediante placcaggio con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato UHTSS con geomalta minerale strutturale tixotropica certificata EN 1504 e/o adesivo minerale epossidico GEOLITE GEL.

Sistema Geosteel SRG - Geolite & Geosteel G600

Performance

Sistemi Geosteel SRG – ETA n° 19/0325

SRG – Geolite & Geosteel G600

Caratteristica prestazionale ¹	Metodo di prova		Prestazioni sistema Geosteel SRG su supporto in calcestruzzo
Tensione limite convenzionale	LG FRCM (SS 2.1 – 7.2)	$\sigma_{lim,conv}$	1827 MPa
Deformazione limite convenzionale	LG FRCM (SS 2.1 – 7.1)	$\epsilon_{lim,conv}$	0,94%
Modulo elastico del tessuto	LG FRCM (SS 2.1 – 7.1.1)	E_f	195 GPa
Resistenza a compressione della malta (valore caratteristico)	EN 12190	$f_{c,mat}$	> 50 MPa (28 gg)

Dati tecnici secondo Norma di Qualità Kerakoll

Trefolo 3x2 ottenuto unendo fra loro 5 filamenti, di cui 3 rettilinei e 2 in avvolgimento con elevato angolo di torsione:

- area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili)	$A_{trefolo}$	0,538 mm ²
- n° trefoli/cm		1,57 trefoli/cm
- massa (comprensivo di termosaldatura)		≈ 670 g/m ²
- carico di rottura a trazione di un trefolo		> 1500 N
- resistenza a trazione del nastro, valore caratteristico	σ_{nastro}	> 3000 MPa
- resistenza a trazione per unità di larghezza		> 2,35 kN/cm
- modulo di elasticità normale del nastro, valore medio	E_{nastro}	> 190 GPa
- deformazione a rottura del nastro, valore caratteristico	ϵ_{nastro}	> 1,5%
- spessore equivalente	t_i	≈ 0,084 mm
Confezione		rotoli 50 m (h 30 cm)
Peso 1 rotolo		≈ 24 kg inclusa confezione

Sistema Geosteel SRP - Geolite Gel & Geosteel G600

Performance

Sistemi Geosteel SRP – ETA n° 18/0314

SRP – Geolite Gel & Geosteel G600

Caratteristica prestazionale	Metodo di prova		Prestazioni sistema Geosteel SRP G600 (1 strato)	Prestazioni sistema Geosteel SRP G600 (3 strati)	Dati di progetto secondo CNR-DT 200 R1/2013
Resistenza a trazione (valore caratteristico)	EN 2561	σ_{SRP}	3073 MPa	3013 MPa	3000 MPa
Modulo Elastico (valore medio)	EN 2561	E_{SRP}	212 GPa	204 GPa	200 GPa
Allungamento a rottura (valore medio)	EN 2561	ϵ_{SRP}	1,90%	1,89%	1,90%
Lap tensile strength ¹ (valore caratteristico)	EN 2561	σ_{lap}	2888 MPa	NPD	-
Resistenza a trazione del tessuto piegato (valore caratteristico)	EN 2561	$\sigma_{u,l,bent}$	2416 MPa	NPD	-
Temperatura di transizione vetrosa	EN 12614	T_g	+60 °C	+60 °C	-

Dati tecnici secondo Norma di Qualità Kerakoll

Trefolo 3x2 ottenuto unendo fra loro 5 filamenti, di cui 3 rettilinei e 2 in avvolgimento con elevato angolo di torsione:

- area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili)	$A_{trefolo}$	0,538 mm ²
- n° trefoli/cm		1,57 trefoli/cm
- massa (comprensivo di termosaldatura)		≈ 670 g/m ²
- carico di rottura a trazione di un trefolo		> 1500 N
- resistenza a trazione del nastro, valore caratteristico	σ_{nastro}	> 3000 MPa
- resistenza a trazione per unità di larghezza		> 2,35 kN/cm
- modulo di elasticità normale del nastro, valore medio	E_{nastro}	> 190 GPa
- deformazione a rottura del nastro, valore caratteristico	ϵ_{nastro}	> 1,5%
- spessore equivalente	t_i	≈ 0,084 mm
Confezione		rotoli 50 m (h 30 cm)
Peso 1 rotolo		≈ 24 kg inclusa confezione

Sistema Geosteel SRP - Geolite Gel & Geosteel G1200**Performance****Sistemi Geosteel SRP – ETA n° 18/0314****SRP – Geolite Gel & Geosteel G1200**

Caratteristica prestazionale	Metodo di prova		Prestazioni sistema Geosteel SRP G1200 (1 strato)	Prestazioni sistema Geosteel SRP G1200 (3 strati)	Dati di progetto secondo CNR-DT 200 R1/2013
Resistenza a trazione (valore caratteristico)	EN 2561	σ_{SRP}	2805 MPa	2887 MPa	2800 MPa
Modulo Elastico (valore medio)	EN 2561	E_{SRP}	226 GPa	207 GPa	210 GPa
Allungamento a rottura (valore medio)	EN 2561	ε_{SRP}	1,59%	1,68%	1,60%
Lap tensile strength ¹ (valore caratteristico)	EN 2561	σ_{lap}	2698 MPa	NPD	-
Resistenza a trazione del tessuto piegato (valore caratteristico)	EN 2561	$\sigma_{u,f,bent}$	2406 MPa	NPD	-

Dati tecnici secondo Norma di Qualità Kerakoll**Dati tessuto non impregnato**

Trefolo 3x2 ottenuto unendo fra loro 5 filamenti, di cui 3 rettilinei e 2 in avvolgimento con elevato angolo di torsione

- area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili)	$A_{trefolo}$	0,538 mm ²
- n° trefoli/cm		3,14 trefoli/cm
- massa (comprensivo di termosaldatura)		≈ 1200 g/m ²
- carico di rottura a trazione di un trefolo		> 1500 N
- resistenza a trazione del nastro, valore caratteristico	σ_{nastro}	> 3000 MPa
- resistenza a trazione per unità di larghezza		> 4,72 kN/cm
- modulo di elasticità normale del nastro	E_{nastro}	> 190 GPa
- deformazione a rottura del nastro, valore caratteristico	ε_{nastro}	> 1,5%
- spessore equivalente	t_i	≈ 0,169 mm
Confezione		rotoli 40 m (h 30 cm)
Peso 1 rotolo		≈ 18 kg inclusa confezione

6.3.1.3 Rinforzo di muratura portante

Performance					
Sistemi Geosteel SRG – ETA n° 19/0325					
SRG – Geocalce F Antisismico & Geosteel G600					
Caratteristica prestazionale¹	Metodo di prova		Prestazioni sistema Geosteel SRG su supporto in laterizio	Prestazioni sistema Geosteel SRG su supporto in tufo	Prestazioni sistema Geosteel SRG su supporto in pietra
Tensione limite convenzionale	LG FRCM (§§ 2.1 – 7.2)	$\sigma_{lim,conv}$	1767 MPa	1593 MPa	2471 MPa
Deformazione limite convenzionale	LG FRCM (§§ 2.1 – 7.1)	$\epsilon_{lim,conv}$	0,91 %	0,82 %	1,27 %
Modulo elastico del tessuto	LG FRCM (§§ 2.1 – 7.1.1)	E_t	195 GPa		
Resistenza a compressione della malta (valore caratteristico)	EN 12190	$f_{c,mat}$	> 15 MPa (28 gg)		

6.3.1.4 Rinforzo di muratura non portante

Sistemi Geosteel FRM – ETA n° 19/0326					
FRM – Geocalce F Antisismico & Geosteel Grid 200					
Caratteristica prestazionale¹	Metodo di prova		Prestazioni sistema Geosteel FRM su supporto in laterizio	Prestazioni sistema Geosteel FRM su supporto in tufo	Prestazioni sistema Geosteel FRM su supporto in pietra
Tensione limite convenzionale	LG FRCM (§§ 2.1 – 7.2)	$\sigma_{lim,conv}$	945 MPa	917 MPa	871 MPa
Deformazione limite convenzionale	LG FRCM (§§ 2.1 – 7.1)	$\epsilon_{lim,conv}$	1,52%	1,48%	1,40%
Modulo elastico del tessuto	LG FRCM (§§ 2.1 – 7.1.1)	E_t	62 GPa		
Resistenza a compressione della malta (valore caratteristico)	EN 12190	$f_{c,mat}$	>15 MPa (28 gg)		

6.3.1.5 Materiali per interventi di rinforzo strutturale: Steel Dryfix 10

Dati tecnici secondo Norma di Qualità Kerakoll			
Materiale			acciaio Inox AISI 304/316
Diametro nominale	ϕ	10 mm	
Area nominale della barra	A_{elica}	15,5 mm ²	
Carico di rottura a trazione, valore caratteristico	N	≥ 16,2 kN	UNI EN ISO 6892-1:2016
Carico di rottura a taglio della barra	T	≥ 9,5 kN	UNI EN 846-7
Resistenza a trazione in campo elastico ($\epsilon = 0,2\%$)	$\sigma_{0,2\%}$	≥ 700 MPa	UNI EN ISO 6892-1:2016
Modulo di elasticità della barra, valore medio	E_{barra}	≥ 150 GPa	UNI EN ISO 6892-1:2016
Deformazione a rottura della barra, valore caratteristico	ϵ_{barra}	≥ 3%	UNI EN ISO 6892-1:2016

1. Le barre vengono fornite in lunghezze già pronte per l'installazione, mediante apposito sistema brevettato per l'infissione Helifix. Nel caso di barre di lunghezza superiore ai 200mm, e per supporti particolarmente tenaci, si consiglia l'utilizzo delle apposite prolunghe per l'infissione della barra, per evitare fenomeni di svergolamento/instabilità nelle fasi iniziali d'installazione.
2. La cucitura a secco mediante Steel Dryfix 10 andrà eseguita realizzando un foro pilota di diametro opportuno in funzione della consistenza del supporto e lunghezza pari a tutta la lunghezza della barra di cucitura che si dovrà installare.
3. Dopo aver installato il mandrino Steel Dryfix 10-12 su trapano ad innesto SDS plus, installare la barra dentro al preforo, con sola percussione fino al completo inserimento della stessa.
4. Al termine dell'inserimento della barra stuccare con opportuna geomalta (Geolite) la parte terminale del foro, in modo da garantire la perfetta sigillatura del foro e il ripristino della parte iniziale del foro in modo da garantire una perfetta aderenza della barra al substrato anche nella parte iniziale.

6.3.1.6 Sistemi di antisfondellamento

Sistemi di prevenzione dello sfondellamento mediante

barre STEEL DRYFIX 10

rete tipo Kerakoll GEO GRID 120 o equivalente (rete biassiale bilanciata in fibra di basalto e acciaio inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi)

GEOCALCE MULTIUSO Kerakoll o equivalente.

6.3.1.7 Connettori sezione composta

Piolo tipo TECNARIA CTF040 - Connettore a piolo in acciaio zincato, diametro 12 mm con testa, ribattuto a freddo ad una piastra di ancoraggio 38 x 54 mm di spessore 4 mm, fissato alla struttura in acciaio mediante due chiodi, certificato CE.

6.3.1.8 Connettori alla muratura

Ancorante Resina ad iniezione HILTI HIT RE 500 V4

Barre M16 o M20 classe di resistenza 10.9

6.3.1.9 Barre inghisate nel calcestruzzo

Malta per inghisaggi in connessioni metalliche

tipo	malta espansiva colabile		
espansione in fase plastica (UNI 8996)	$\geq$	0,5	%
spessore minimo	$\geq$	1	cm
modulo elastico statico a 28 gg (EN 13412)	$\approx$	32500	MPa
adesione su muratura a 28 gg	$\geq$	2	MPa
resistenza a compressione a 24 h (EN 12190)	$R_{ck} =$	33	MPa
resistenza a compressione a 28 gg (EN 12190)	$R_{ck} =$	60	MPa
resistenza a taglio a 28 gg (EN 12615)		10	MPa

Preparare i supporti da inghisare o su cui andrà eseguito l'ancoraggio con l'asportazione delle parti incoerenti e della polvere ed irruvidire il fondo a sasso vivo. Inserire l'armatura da inghisare, bagnare i supporti, eseguire il riempimento dei fori o il getto con la malta reoplastica strutturale iperfluida espansiva con caratteristiche di resistenza ai solfati classe AARS.

La lavorazione dovrà avvenire nel rispetto delle specifiche fornite dal produttore e comunque secondo la "regola dell'arte".

La tipologia di malta qui definita ha carattere indicativo. Le malte da impiegare per gli inghisaggi devono essere, in ogni caso, preventivamente valutate dalla D.L. in funzione delle effettive tipologie, qualità, composizioni, consistenze dei materiali localmente riscontrate in situ, dopo l'esecuzione dei fori. La D.L.

Resina epossidica per inghisaggi di connessioni metalliche

tipo	resina epossidica per inghisaggi	
temperatura di applicazione permessa	+5 / +40	°C
resistenza a compressione (EN ISO 604)	80	N/mm ²
resistenza a flessione (EN ISO 178)	58	N/mm ²
modulo elastico (EN ISO 604)	8624	N/mm ²
resistenza all'acqua (EN 12390-8)		
temperatura d'esercizio	-40 / +72	°C

Fissaggio chimico a base di resina epossidica pura per carichi strutturali. Certificato per barre filettate, ferri di ripresa, carichi sismici C2, tipo MAPEFIX EP 470 SEISMIC o equivalente (per connessioni "non passanti" e nei casi di difficile applicazione della malta colabile - es. connessioni passanti orizzontali).

Preparazione del supporto pieno. Forare il supporto mediante strumenti a rotazione o roto-percussione, in funzione della natura del materiale e della profondità del foro da praticare. Rimuovere la polvere e le particelle incoerenti dall'interno del foro mediante aria compressa. Un'accurata pulizia del foro è fondamentale per raggiungere le massime prestazioni meccaniche. Pulire le superfici del foro interno mediante adeguato scovolino a setole lunghe. Rimuovere nuovamente la polvere e le particelle incoerenti dall'interno del foro mediante aria compressa. Rimuovere l'acqua stagnante dall'interno del foro, anche per aumentare la velocità di reazione della resina epossidica.

Preparazione della barra metallica. Pulire e sgrassare l'elemento metallico prima del suo fissaggio nel supporto. Eliminare ogni traccia di ossido o sostanze disarmanti.

La lavorazione dovrà avvenire nel rispetto delle specifiche fornite dal produttore, con particolare riguardo all'abbinamento dei componenti e dei prodotti accessori, delle fasi operative, del rispetto dei tempi, delle temperature di posa e delle altre condizioni ambientali, e comunque secondo la "regola dell'arte".

6.4 Sistemi di protezione al fuoco delle strutture

6.4.1 Intonaco antincendio leggero a base di vermiculite e gesso

Per la protezione delle strutture metalliche si fa riferimento al prodotto intonaco isolante PROMASPRAY-P300 della Promat e di cui si riportano di seguito le caratteristiche.

Sono valide soluzioni alternative con prestazioni non inferiori a quelle indicate.

Il Fornitore deve comunque confermare la conformità della soluzione in funzione delle caratteristiche effettive del prodotto applicato.

Promat	Resistenza al fuoco di elementi in acciaio protetti da intonaco isolante PROMASPRAY®-P300	R15-240 PS008.0
---------------	--	----------------------------

Legenda tecnica

- ① Trave in acciaio
- ② Pilastro in acciaio
- ③ Intonaco isolante PROMASPRAY®-P300

Rapporto di Valutazione: **EFR 17-004159**
In accordo alla norma **EN 13381-4**

Estratto del campo di diretta applicazione:
EN 13381-4: 2013 "Metodo per la valutazione della resistenza al fuoco degli elementi strutturali"
Parte 4: protezione applicata a elementi di acciaio"

Limiti di applicabilità dei risultati della valutazione:

- Massività compresa tra 66 m⁻¹ e 495 m⁻¹
- Spessore di protezione valutato alle seguenti temperature critiche: 350-400-450-500-550°C
- Applicabilità a travi e pilastri esposti su 3 o 4 lati
- Profili di sezione "I" e "H"

Gli spessori si applicano anche ad altre forme di sezione (es. rettangolari, tubolari cavi...) secondo le maggiorazioni indicate nella norma EN 13381-4 utilizzando le seguenti formule:

spessore maggiorato = $d_p \left(1 + \frac{A_p/V}{1000}\right)$ per A_p/V fino a 250 m⁻¹
 spessore maggiorato = 1,25 d_p per A_p/V superiori a 250 m⁻¹
 d_p = spessore ricavato dalle tabelle profili I ed H

- Fondo anticorrosivo compatibile: alchidico o epossidico**
- Primer di adesione BONDSEAL / STRONGBOND**

Voce di capitolato

Fornitura e posa in opera di protezione di elementi in acciaio (travi e pilastri) in accordo alla norma EN 13381-4, costituita da intonaco antincendio leggero, a base vermiculite e gesso (tipo PROMASPRAY®-P300 sulla base del Rapporto di Valutazione EFR 17-004159) esente da cariche organiche leggere tipo polistirolo, in classe A1 con peso specifico in opera minore di 360 ± 15 % kg/m³, applicato a spruzzo direttamente sulle superfici da proteggere. Inoltre l'intonaco dovrà essere corredato di classificazione secondo la direttiva 65/548 CEE e successive modifiche come prodotto non pericoloso. Contenuto in sostanze organiche volatili valutato secondo Direttiva AFSETT e ISO 16000. Il rivestimento antincendio dovrà essere marcato CE, attestazione di conformità del sistema LIVELLO 1 - Resistenza al fuoco e corredato di D.o.P., in accordo alla ETAG 018-3, per l'uso consentito di resistenza al fuoco di tipo 4 (strutture portanti in acciaio). Il rivestimento antincendio in Silicato di Calcio dovrà avere una durabilità di non meno di 25 anni, per applicazioni all'interno tipo Z2, in accordo alla ETAG 018-3.

6.4.2 Intonaco antincendio leggero a base di vermiculite e gesso

In alternativa all'intonaco per la protezione delle strutture metalliche si può fare riferimento alla pittura intumescente PROMAPAIN SC3 della Promat e di cui si riportano di seguito le caratteristiche.

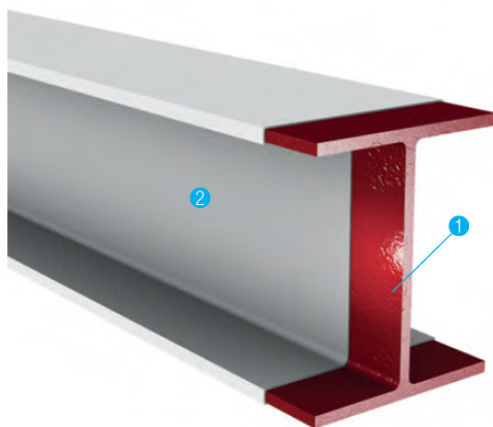
Sono valide soluzioni alternative con prestazioni non inferiori a quelle indicate.

Il Fornitore deve comunque confermare la conformità della soluzione in funzione delle caratteristiche effettive del prodotto applicato.

Promat

Resistenza al fuoco di elementi in acciaio protetti
da pittura intumescente PROMAPAIN®SC3

R30/180
PS003.0



Legenda tecnica

- ① Elemento in acciaio
- ② Pittura intumescente PROMAPAIN®-SC3

Rapporto di valutazione: WARRINGTONFIRE 327033 – 344794 – 357541
in accordo alla norma EN 13381-8

Estratto del campo di diretta applicazione:

EN 13381-8 "Metodo per la valutazione della resistenza al fuoco degli elementi strutturali. Parte 8: protettivi reattivi applicati ad elementi di acciaio":

Limiti di applicabilità dei risultati della valutazione:

- Massività compresa tra 66 m-1 e 342 m-1
- Spessore minimo 1845 µm - Spessore massimo 6854 µm
- Spessore di protezione valutato alle seguenti temperature critiche: 350-400-450-500-550-600-650-700-750°C
- Applicabilità a travi e pilastri esposti su 3 o 4 lati
- Profili di sezione "I" - "H" e sezioni cave



Fondi compatibili: epossipoliamidici al fosfato di zinco/epossivinilici/alchidici/alchidici modificati con resine fenoliche

Voce di capitolato

Fornitura e posa in opera di protezione di elementi in acciaio (travi e pilastri) in accordo alla norma EN 13381-8, costituita da pittura intumescente in emulsione acquosa (tipo PROMAPAIN®-SC3 sulla base dei Rapporti di valutazione Warringtonfire 327033 – 344794 – 357541), di colore bianco, esente da solventi clorurati e cloro paraffine, di consistenza tixotropica, applicata a spruzzo direttamente sulle superfici da proteggere. Inoltre la pittura intumescente dovrà essere corredata di classificazione secondo la direttiva 65/548 CEE e successive modifiche come prodotto non pericoloso e contenuto in sostanze organiche volatili in classe 1.i.WB. Contenuto in sostanze organiche volatili valutato secondo Direttiva 42/2004/EC, ISO 11890-2, ASTM D6886-12, LEED 2009 EQ c4.2 e ASTM D2369-10. La pittura intumescente dovrà essere marcata CE attestazione di conformità del sistema LIVELLO 1 - Resistenza al fuoco e corredata di D.o.P. a garanzia dell'uso previsto di resistenza al fuoco: protezione di elementi portanti in acciaio, oltre alla conformità applicativa di tipo Y (uso semi-esposto in esterno) e tipo Z1 (uso interno con presenza di umidità) in accordo alla ETAG 018-2. I requisiti di durabilità del materiale antincendio dovranno essere garantiti sulla base della marcatura CE.

6.5 Valori di progetto delle resistenze dei materiali

I valori di calcolo $X_d (= X_k / \gamma_M)$ dei materiali sono desunti dai corrispondenti valori caratteristici X_k mediante le formulazioni e l'impiego dei coefficienti di sicurezza γ_M prescritti nelle NTC 2018.

7 Analisi dei carichi

7.1 Carichi permanenti

7.1.1 Premessa

Nel presente capitolo sono riportati i carichi permanenti previsti per gli impalcati esistenti e di nuova realizzazione.

Per altri carichi fare riferimento agli Allegati dedicati alle singole sottostutture.

7.1.2 Pesi propri degli elementi strutturali (pilastri, travi, setti e pareti in muratura)

Il peso proprio degli elementi strutturali è assunto pari al loro volume e peso specifico corrispondente.

Per gli elementi in c.a. si assume $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$.

Per gli elementi in acciaio si assume

$$\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3.$$

Il peso è calcolato sulla base della lunghezza teorica degli elementi con successiva applicazione di coefficiente incrementale per tenere conto dell'incidenza delle connessioni bullonate e saldate, delle piastre di rinforzo e di irrigidimento, di eventuali connettori.

Per gli elementi in muratura si assume $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$.

7.1.3 Pacchetti architettonici impalcati

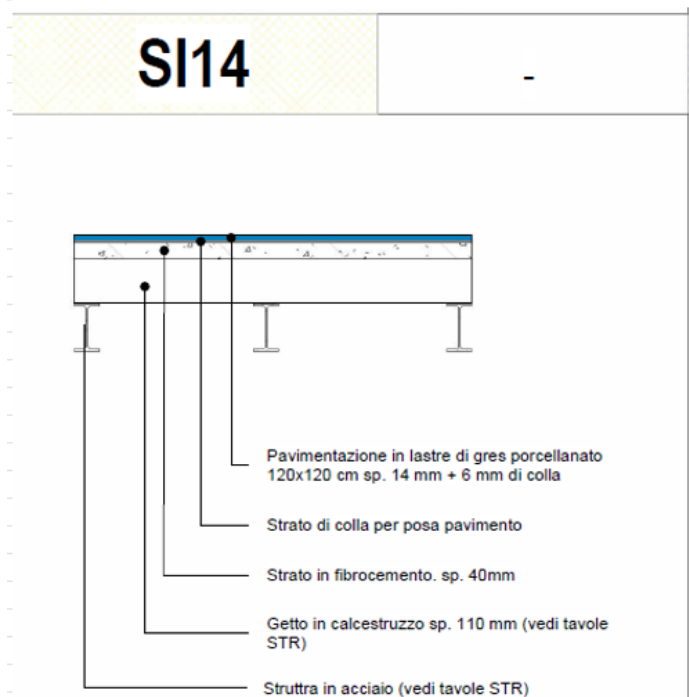
La tabella successiva riporta la sintesi del peso dei pacchetti architettonici. La prima colonna indica la sigla del pacchetto secondo il PFTE e la terza colonna la corrispondente sigla secondo il PE.

Sigle PFTE	Gk [kN/m2]	Sigle PE	Descrizione
--	0.00		
SI21	1.10	3.2.1.07	P.1 Manica e Foyer
SI14	1.00	3.2.1.23 3.2.1.17	P.1 Manica P.-1 interrato lato Torre scenica
SI06	2.20	3.2.1.28	P.1 Manica BCC (a fianco Torre Scenica)
SI10	1.50	3.2.1.18	Maniche - Tribune "Ridotti"
SI05	1.00	3.2.1.27	Maniche - Palco "Ridotti"
SI08	2.50	3.2.1.28	Maniche (Sala Regia)
SI16	0.65	3.2.1.25	Manica BCC a fianco Torre Scenica P.-1.40m
SI07	1.30	3.2.1.07	P.1 Manica e Foyer
SI15	0.80		Galleria
SC-GALL	3.80		Scale
SC-ATR_AB	3.80		Scale
SC-MAN_CD	3.80		Scale

SC-MAN_EF	3.80		Scale
T-01	0.20	2.4.1.05	Copertura Sala Prove e Alta Torre Scenica
T-01bis	1.20		Maniche P.2
T-03	0.60	2.4.1.03	Copertura locali tecnici
T-04	0.20	2.4.1.04	Copertura Teatro 2o Livello
T-02	0.20		Copertura Teatro 1o Livello
T-02-04	0.40		Copertura Teatro 1 e 2 Livello
T-08	1.00	2.4.1.08	Pensilina
T-05	1.50	2.4.1.05	Copertura Sala Prove e Alta Torre Scenica

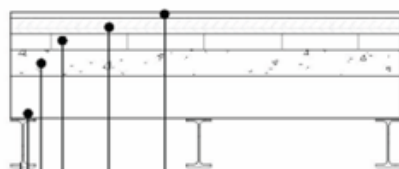


SI21 confermato PE	Maniche Petrarca e BCC P.1		
	Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]
Pavimentazione	0.02	28.00	0.56
Fibrocemento	0.04	13.50	0.54
	0.06		1.10
	Gk		1.10
	Arrotondato		1.10



SI14 confermato PE	Maniche Petrarca e BCC P.1, P.-1 interrato lato Torre scenica		
	Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]
Pavimentazione	0.02	22.00	0.44
Fibrocemento	0.04	13.50	0.54
	0.06		0.98
	Gk		0.98
	Arrotondato		1.00

SI06



Tappeto in PVC sp. 2 mm

Multistrato di betulla sp. 40 mm

Magatelli in legno massello sp. 40 mm

Massetto armato con rete elettrosaldata Ø 8 mm
maglia 150x150 mm sp. 60 mm c

Getto in calcestruzzo sp. 110 mm (vedi tavole
STR)

Struttra in acciaio (vedi tavole STR)

SI06

confermato PE

Manica BCC (a fianco Torre Scenica)

P.1

Sp. [m]

[kN/m3]

Qk [kN/m2]

Pavimentazione

0.002

14.50

0.03

Multistrato

0.04

8.00

0.32

Magatelli

0.04

8.00

0.32

Massetto

0.06

25.00

1.50

0.142

2.17

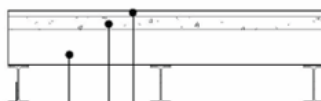
Gk

2.17

Arrotondato

2.20

SI10



Pavimento prefinito con finitura nobilitata classe
A1 sp.14 mm

Massetto in calcestruzzo sp. 140 mm

Getto in calcestruzzo sp. 110 mm (vedi tavole
STR)

Struttra in acciaio (vedi tavole STR)

SI10

confermato PE

Maniche Petrarca e BCC (zona Platea)

P.1

Sp. [m]

[kN/m3]

Qk [kN/m2]

Pavimentazione

0.014

-

0.15

Massetto

0.046

24.00

1.104

140mm ma ridotto per allineamento soletta
strutturale (mail del 25/11/2024)

0.06

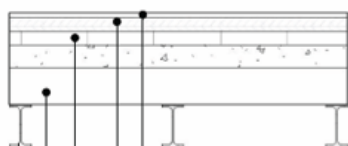
1.25

Gk

1.25

Arrotondato

1.50

SI05

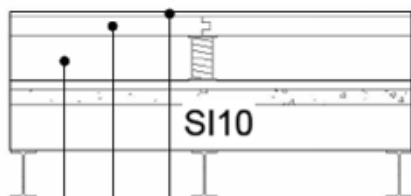
Pavimento prefinito con finitura nobilitata classe A1 sp.14 mm
 Multistrato di betulla sp. 40 mm
 Magatelli in legno massello sp. 40 mm
 Getto in calcestruzzo sp. 110 mm (vedi tavole STR)
 Struttra in acciaio (vedi tavole STR)

SI05
confermato PE

Maniche Petrarca e BCC
 P.1 (zona Palco), Zona Atrio copertura "ridotti"

	Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]	
Pavimentazione	0.014	-	0.15	Zona Atrio copertura "ridotti"
Multistrato	0.04	8.00	0.32	1cm massetto pendenza
Magatelli	0.04	8.00	0.32	Pannello isolante
	0.094		0.79	

Gk **0.79**
 Arrotondato **1.00**

SI08

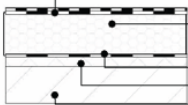
Pavimento prefinito con finitura nobilitata classe A1 sp.14 mm
 Pannello in solfato di calcio e fibre organiche ad alta densità (kg/mc 1100) sp. 30 mm
 Sotto struttura in acciaio galvanizzato con testa a croce, dimensione maglia 600x600 mm

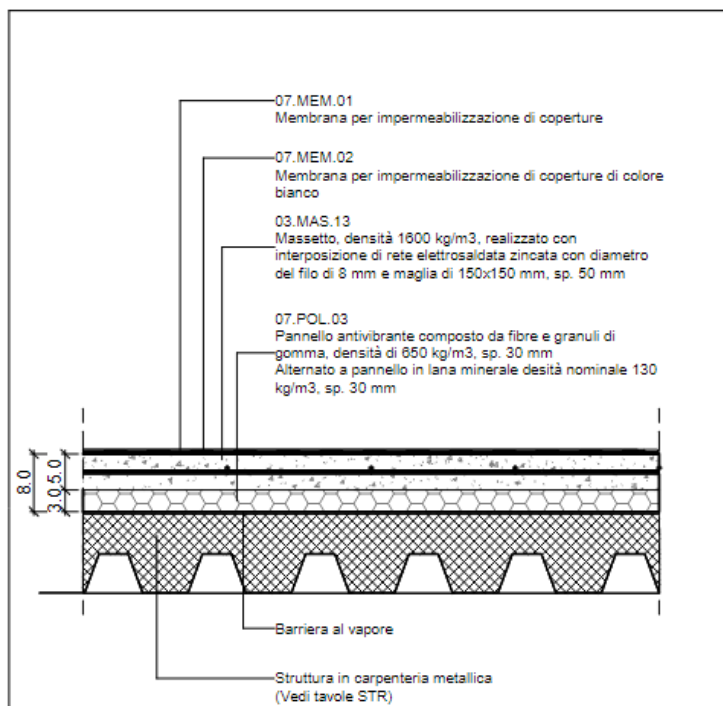
SI08

Maniche Petrarca e BCC (sala Regia)
 P.1

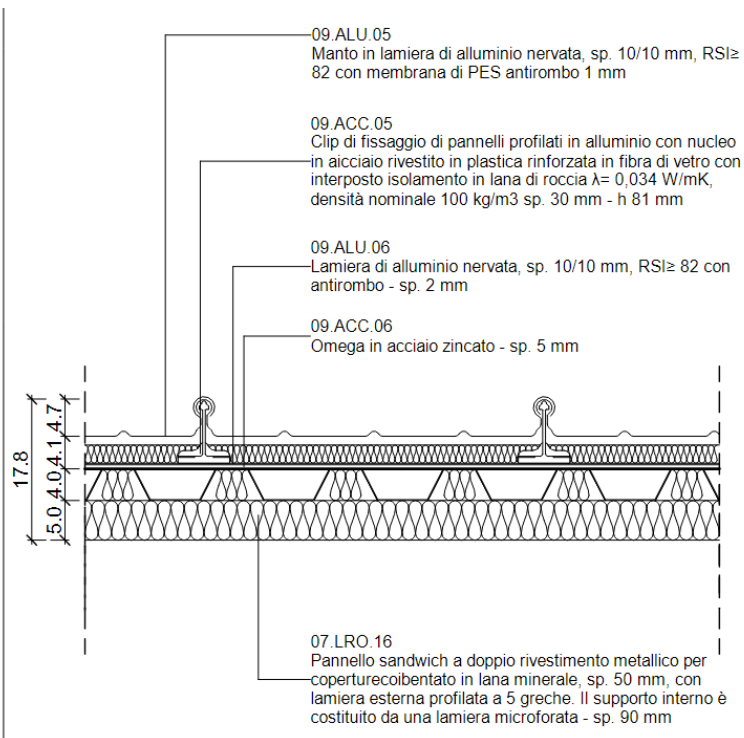
	Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]	
Pavimentazione	0.014	-	0.15	
Pannello	0.03	11.00	0.33	
Sottostruttura			0.10	
SI10			1.25	
			1.83	

Gk **1.83**
 Arrotondato **2.50**

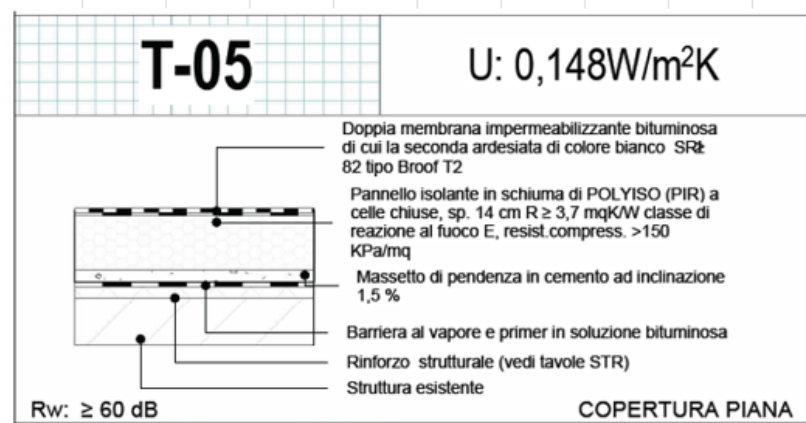
T-01  Doppia membrana impermeabilizzante bituminosa di cui la seconda ardesiata di colore bianco SR 82 Pannello isolante in schiuma di POLYISO (PIR) a celle chiuse, sp. 14 cm R ≥ 3,7 mq/KW classe di reazione al fuoco E, resist.compress. >150 KPa/mq Barriera al vapore e primer in soluzione bituminosa Rinforzo strutturale (vedi tavole STR) Struttura esistente Rw: ≥ 60 dB COPERTURA PIANA	T-01 Maniche Petrarca e BCC Copertura Alta e Bassa Torre scenica <table><tr><th>Sp. [m]</th><th>[kN/m3]</th><th>Qk [kN/m2]</th></tr><tr><td>Membrana bit.</td><td>-</td><td>0.10</td></tr><tr><td>Pannello</td><td>0.14</td><td>0.36</td></tr><tr><td></td><td></td><td>0.05</td></tr><tr><td></td><td></td><td>0.15</td></tr><tr><td>Gk</td><td></td><td>0.15</td></tr><tr><td>Arrotondato</td><td></td><td>0.20</td></tr></table>	Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]	Membrana bit.	-	0.10	Pannello	0.14	0.36			0.05			0.15	Gk		0.15	Arrotondato		0.20	T-01 bis Maniche Petrarca e BCC P.2 <table><tr><th>Sp. [m]</th><th>[kN/m3]</th><th>Qk [kN/m2]</th></tr><tr><td>Membrana bit.</td><td>-</td><td>0.10</td></tr><tr><td>Pannello</td><td>0.14</td><td>0.36</td></tr><tr><td>Massetto p.</td><td>0.05</td><td>16</td></tr><tr><td></td><td></td><td>0.80</td></tr><tr><td></td><td></td><td>0.95</td></tr><tr><td>Gk</td><td></td><td>0.95</td></tr><tr><td>Arrotondato</td><td></td><td>1.00</td></tr></table>	Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]	Membrana bit.	-	0.10	Pannello	0.14	0.36	Massetto p.	0.05	16			0.80			0.95	Gk		0.95	Arrotondato		1.00
Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]																																													
Membrana bit.	-	0.10																																													
Pannello	0.14	0.36																																													
		0.05																																													
		0.15																																													
Gk		0.15																																													
Arrotondato		0.20																																													
Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]																																													
Membrana bit.	-	0.10																																													
Pannello	0.14	0.36																																													
Massetto p.	0.05	16																																													
		0.80																																													
		0.95																																													
Gk		0.95																																													
Arrotondato		1.00																																													



T-01 bis	Maniche Petrarca e BCC		
	P.2		
	Sp. [m]	[kN/m ³]	Qk [kN/m ²]
2 membrane imperm.	-	-	0.20
Massetto	0.05	16.00	0.80
Pannello antivibrante	0.03	6.50	0.20
			1.20
	Gk		1.20
	Arrotondato		1.20

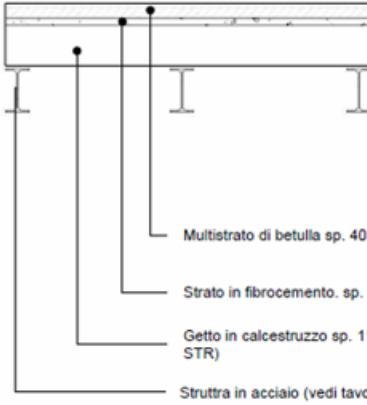


T-03	Maniche Petrarca e BCC		
Mail 21/03/25	Copertura locali tecnici		
	Sp. [m]	[kN/m ³]	Qk [kN/m ²]
Lamiera alluminio	-		0.10
Lana di roccia	0.03	1.00	0.03
Lamiera alluminio			0.10
Pannello sandwich			0.16
			0.39
	Gk		0.39
	Arrotondato		0.60



T-05	Manica BCC		
confermato PE	Copertura Sala Prove, Copertura Atrio		
	Sp. [m]	[kN/m ³]	Qk [kN/m ²]
Membrana bit.	-		0.10
Pannello	0.14	0.90	0.13
Massetto	0.06	20.00	1.20
			1.43
	Gk		1.43
	Arrotondato		1.50

SI16	Manica BCC a fianco Torre Scenica P. -1.40m		
	P.1		
	Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]
Pavimentazione	0.04	8.00	0.32
Fibrocemento	0.02	13.50	0.27
			0.59
		Gk	0.59
		Arrotondato	0.65



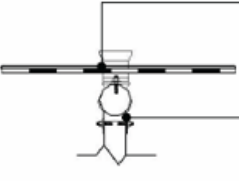
Multistrato di betulla sp. 40 mm

Strato in fibrocemento, sp. 20mm

Getto in calcestruzzo sp. 110 mm (vedi tavole STR)

Struttra in acciaio (vedi tavole STR)

T-04	Copertura Teatro 2o Livello		
	U: 0,163 W/m²K		
	Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]
Manto	-		0.10
Struttura			0.10
			0.20
		Gk	0.20
		Arrotondato	0.20

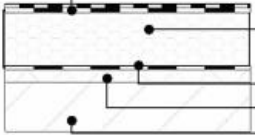


Manto in lamiera di alluminio nervata con sistemi di tenuta all'acqua a grafaggio, sp. 10/10 mm, RS12 82 con accoppiata Membrana in poliestere (PES) ignifuga e anticondensa

Struttura di supporto tipo kalzip vario

COPERTURA PRINCIPALE A FALDE

T-02	Copertura Teatro 1o Livello		
	U: 0,218 W/m²K		
	Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]
Guaina	-		0.10
Pannello	0.14	0.36	0.05
			0.15
		Gk	0.15
		Arrotondato	0.20



Doppia membrana impermeabilizzante bituminosa di cui la seconda ardesiata di colore bianco SR12 82

Pannello isolante in lana di roccia 0,034 W/mK sp. 140 mm

Barriera al vapore e primer in soluzione bituminosa

Rinforzo strutturale (vedi tavole STR)

Struttura esistente

COPERTURA PRINCIPALE A FALDE SOTTO A T-04

Rw: ≥ 60 dB

SI07

Intervento di restauro dell'attalea pavimentazione in marmo bicromo sp. 2 cm, comprendente la pulizia del sottofondo

Strato di colla per posa pavimento

Strato in fibrocemento, sp. 40mm

Solaio esistente in latero-cemento

SI07Galleria Retro
P.1

	Sp. [m]	[kN/m ³]	Qk [kN/m ²]
Pavimentazione	0.02	30.00	0.60
Fibrocemento	0.04	13.50	0.54
			1.14

Gk **1.14**Arrotondato **1.30****SCALE****SC01****SC02****SC03****SC04**

Sp. [m]

[kN/m³]

Galleria

Atrio

Maniche

Maniche

Pavimentazione	0.02	30	0.90	0.90	0.90	0.90
Parapetti			0.50	0.50	0.50	0.50
Intonaco			0.20	0.20	0.20	0.20
		Gk	1.60	1.60	1.60	1.60
		Arrotondato	1.60	1.60	1.60	1.60

SI15

Pavimento prefinito con finitura nobilitata classe A1 sp. 14 mm

Strato di colla per posa pavimento

Strato in fibrocemento, sp. 40mm

Soletta in cemento armato sp. 250 mm (vedi tavole STR)

Struttura in acciaio (vedi tavole STR)

SI15Galleria Anteriore
P.1

	Sp. [m]	[kN/m ³]	Qk [kN/m ²]
Pavimentazione	0.014	--	0.15
Fibrocemento	0.04	13.50	0.54
			0.69

Gk **0.69**Arrotondato **0.80**

T-08		U: -W/m ² K	
Doppia membrana impermeabilizzante bituminosa di cui la seconda ardesiata di colore bianco SR2 82 tipo Broof T2 Rinforzo strutturale (vedi tavole STR) Struttura esistente		PENSILINA	
		Sp. [m]	[kN/m ³]
		Guaina	-
		Massetto	0.07
			12
			Gk
			Arrotondato
			0.10
			0.84
			0.94
			1.00

GUAINA SOPRA ALLA PENSILINA D'INGRESSO

7.1.4 Pacchetti architettonici controsoffitti

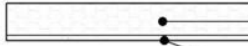
Sigla	Gk [kN/m ²]
--	0.00
C-XX	0.40
C-TE	1.10
C-01	0.25
C-02	0.25
C-03	0.25
C-04	0.25
C-05	0.25
C-06	0.25

C-01		-
Intercapedine in struttura metallica a C 50/60/50 ingombro 60 mm con interposto materiale isolante in lana di roccia $\lambda = 0,037$ W/mK, sp. 60 mm Lastre in gesso rivestito con decoro costituito da foratura continua regolare quadrata con applicato un tessuto fonoassorbente con funzione antipolvere, sp. 12,5 mm		Sp. [m]
		[kN/m ³]
		Lana di roccia
		Telaio metallico
		Lastra cartong
		Gk
		Arrotondato
		0.06
		1.10
		0.07
		0.05
		0.0125
		8.00
		0.10
		0.22
		0.25

C-02		-
Intercapedine in struttura metallica a C 50/60/50 ingombro 40 mm con interposto materiale isolante in lana minerale, sp. 40 mm ?		Sp. [m]
		[kN/m ³]
		Lana di roccia
		Telaio metallico
		Lastra cartong
		Gk
		Arrotondato
		0.06
		1.10
		0.07
		0.05
		0.0125
		8.00
		0.10
		0.22
		0.25

Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
Progetto esecutivo – Relazione generale delle strutture

C-03	-	C-03			
	Intercapedine in struttura metallica a C 50/60/50 ingombro 60 mm		Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]
	Lastra in cartongesso rivestito idoneo per ambienti umidi idroreattiva sp. 12,5 mm				
			0.0125	8.00	0.05
				Gk	0.10
				Arrotondato	0.15
					0.25

C-04	-	C-04			
	pannelli in lana di roccia spessore 80 mm, conducibilità termica 0,034 W/mK, densità 100 kg/m3, applicati con appositi ganci di fissaggio a scomparsa REI		Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]
	Lastra in cartongesso				
			0.06	1.00	0.05
			0.0125	8.00	0.06
				Gk	0.10
				Arrotondato	0.21
					0.25

C-05	-	C-05			
	Magatelli lignei 30 x 60 mm trattati in Euroclasse 1 con interposto materiale isolante in lana minerale sp. 60 mm		Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]
	Pannello in multistrato di betulla sp. 5 mm				
	Pannello in multistrato di betulla sp. 5 mm comprensivo di rete portaintonaco graffiata al pannello per successiva rasatura sp. 6mm				
			0.06	1.00	0.05
			0.01	8.00	0.06
					0.05
				Gk	0.08
				Arrotondato	0.24
					0.25

C-06	-	C-06			
	pannelli di lana minerale con lato a vista di velo-vetro nero sp. 5 cm con densità >50 kg/m3		Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]
			0.05	1.00	0.05
				Gk	0.10
				Arrotondato	0.25

C_TE	Controsoffitto Sala Teatro		
	Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]
Grigliato			0.30
Controsoffitto			0.50
Struttura			0.25
		Gk	1.05
		Arrotondato	1.10

C_XX	Controsoffitto Galleria		
	Sp. [m]	[kN/m3]	Qk [kN/m2]
Intonaco			0.40
		Gk	0.40
		Arrotondato	0.40

7.1.5 Carichi permanenti dei tamponamenti

7.1.5.1 Tamponamenti laterali della sala prove

Si assume il peso dei tamponamenti laterali della sala prove pari a 2 kN/m².

7.1.6 Carichi permanenti impalcati

7.1.6.1 Sintesi

	[kN/m2]	2	3	4	5	6	7
Nome	Gk	Qk	Neve	Vento (pr.)	Vento (depr.)	Tamponam.	
P.1 Maniche Petrarca e BCC-Palcoscenico	3.36	5.00	0	0	0	0	
P.1 Maniche Petrarca e BCC-Platea	4.36	4.00	0	0	0	0	
P.1 Maniche Petrarca e BCC-Zona 1	4.26	4.00	0	0	0	0	
P.1 Maniche Petrarca e BCC-Zona 2	4.16	4.00	0	0	0	0	
P.1 Maniche Petrarca e BCC-Sala Prove	4.61	5.00	0	0	0	0	
P.2 Maniche Petrarca e BCC	3.31	4.00	0	0	0	0	
Scale	7.85	5.00	0	0	0	0	
Copertura Maniche Petrarca e BCC-Tipica	1.28	0	1.26	0.45	-0.90	0	
Copertura Maniche Petrarca e BCC-Acc. Atrio	1.28	0	1.92	0.45	-0.90	0	
Copertura Maniche Petrarca e BCC-Acc. Torre Sc.	1.28	0	1.44	0.45	-0.90	0	
Tamponamenti laterali Locali tecnici	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.30	
Copertura Zona Sala Prove	3.96	0	1.75	0.45	-0.90	0	
Solaio Atrio Copertura "Ridotti"	3.36	5.50	0	0	0	0	
Copertura Atrio	6.03	0	1.26	0.45	-0.90	0	
P. -1.40m Manica BCC lato Torre Scenica	3.01	2.00	0	0	0	0	
1o P. Int. -4.50m Manica BCC lato Torre Scenica	4.16	2.00	0	0	0	0	
Copertura Bassa adiacente Torre Scenica	4.25	0	1.82	0.45	-0.90	0	
Copertura Pensilina 1	9.75	0	1.26	0.45	-0.90	0	
Copertura Pensilina 2	9.75	0	1.51	0.45	-0.90	0	
Copertura Pensilina 3	9.75	0	2.17	0.45	-0.90	0	
Copertura Teatro-Tipica	4.44	0	1.26	0.45	-0.90	0	
Copertura Teatro-Acc. Torre Scen. 1	4.44	0	1.46	0.45	-0.90	0	
Copertura Teatro-Acc. Torre Scen. 2	4.44	0	2.32	0.45	-0.90	0	
Copertura Teatro-Acc. Torre Scen. 3	4.44	0	3.22	0.45	-0.90	0	
Copertura Teatro-Acc. Torre Scen. 4	4.44	0	4.30	0.45	-0.90	0	
Galleria-Non Access.	6.75	1.00	0	0	0	0	
Galleria-Sbalzo ant.	5.68	5.00	0	0	0	0	
Galleria-Gradonata	7.20	4.00	0	0	0	0	
Galleria-Post. e passaggio	8.38	5.00	0	0	0	0	
Galleria-Post. Esist.	4.85	5.00	0	0	0	0	
Galleria-Post. Esist. Sbalzo	4.70	5.00	0	0	0	0	

7.1.6.2 Carichi permanenti impalcati P.1 Maniche Petrarca e BCC

P.1 Maniche Petrarca e BCC

H [m] 3.50 per tamponamenti

Zona	Palcoscenico	Platea	Zona 1	Zona 2	Sala Prove
Pacchetto	SI05	SI10	SI21	SI14	SI06
Controsoffitto	C-03	C-03	C-02	C-02 C-03	C-04
Tamponamento	--	--	Mfut	MI05 MI06	--
Tamponamento [kN/m2]	0.00	0.00	0.52	0.57	0.00
[kN/m2]					
Tamponamento	0.00	0.00	0.80	0.80	0.00
Extra (*)	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
Pacchetto	1.00	2.00	1.10	1.00	2.20
Soletta strutturale	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76
Carpenteria metallica	0.25	0.25	0.25	0.25	0.30
Impianti	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Controsoffitto	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Permanenti Gk	3.36	4.36	4.26	4.66	4.61
Permanenti Gk2	1.35	2.35	2.25	2.65	2.55

7.1.6.3 Carichi permanenti impalcati P.2 Maniche Petrarca e BCC

P.2 Maniche Petrarca e BCC

Zona	Tipica
Pacchetto	T-01bis
Controsoffitto	C-01
Tamponamento	--
Tamponamento [kN/m2]	0.00
[kN/m2]	
Tamponamento	0.00
Extra (*)	0.00
Pacchetto	1.20
Soletta strutturale	1.76
Carpenteria metallica	0.25
Impianti intradosso	0.10
Controsoffitto	0.25
Permanenti Gk	3.56

7.1.6.4 Carichi permanenti impalcato di copertura Sala Prove (Manica BCC)**Copertura Maniche Petrarca e BCC**

Zona	Tipica
Pacchetto	T-03
Controsoffitto	--
Tamponamento	--
Tamponamento [kN/m2]	0.00
[kN/m2]	
Tamponamento	0.00
Pacchetto edile	0.60
Lamiera grecata	0.10
Carpenteria metallica	0.25
Impianti	0.58
Controsoffitto	0.00

7.1.6.5 Carichi permanenti impalcato Copertura Sala Prove (Torre Scenica lato BCC)**Copertura Zona Sala Prove**

Zona	Tipica
Pacchetto	T-05
Controsoffitto	C-01
Tamponamento	--
Tamponamento [kN/m2]	0.00
[kN/m2]	
Tamponamento	0.00
Extra (*)	0.00
Pacchetto	1.50
Soletta strutturale	1.76
Carpenteria metallica	0.20
Impianti e Imp. Fotov.	0.25
Controsoffitto	0.25
Permanenti Gk	3.96

7.1.6.6 Carichi permanenti impalcato Atrio Copertura "Ridotti"

Solaio Atrio Copertura "Ridotti"

Zona	Palcoscenico
Pacchetto	SI05
Controsoffitto	C-03
Tamponamento	--
Tamponamento [kN/m2]	0.00
[kN/m2]	
Tamponamento	0.00
Extra (*)	0.00
Pacchetto	1.00
Soletta strutturale	1.76
Carpenteria metallica	0.25
Impianti	0.10
Controsoffitto	0.25
Permanenti Gk	3.36

7.1.6.7 Carichi permanenti impalcato di copertura Atrio

Copertura Atrio

Zona	Tipica
Pacchetto	T-05
Controsoffitto	C-02
Tamponamento	--
Tamponamento [kN/m2]	0.00
[kN/m2]	
Tamponamento	0.00
Extra (*)	0.96
Pacchetto	1.50
Solaio latero cemento H=14cm	2.28
Travi 18x58 passo 2.75m	0.79
Impianti e Imp. Fotov.	0.25
Controsoffitto	0.25
Permanenti Gk	6.03

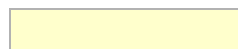
7.1.6.8 Carichi permanenti impalcato P.-1.40m Manica BCC lato Torre Scenica**P. -1.40m Manica BCC lato Torre Scenica**

Zona	Tipica
Pacchetto	SI16
Controsoffitto	C-03
Tamponamento	--
Tamponamento [kN/m2]	0.00
[kN/m2]	
Tamponamento	0.00
Extra (*)	0.00
Pacchetto	0.65
Soletta strutturale	1.76
Carpenteria metallica	0.25
Impianti	0.10
Controsoffitto	0.25
Permanenti Gk	3.01

7.1.6.9 Carichi permanenti impalcato P.-4.50m Manica BCC lato Torre Scenica**1o P. Int. -4.50m Manica BCC lato Torre Scenica**

Htamp [m] 3.10

Zona	Tipica
Pacchetto	SI14
Controsoffitto	C-03
Tamponamento	MI07
Tamponamento [kN/m2]	0.62
[kN/m2]	
Tamponamento	0.80
Extra (*)	0.00
Pacchetto	1.00
Soletta strutturale	1.76
Carpenteria metallica	0.25
Impianti	0.10
Controsoffitto	0.25
Permanenti Gk	4.16

7.1.6.10 Carichi permanenti impalcato Copertura bassa Torre Scenica lato Petrarca**Copertura Bassa adiacente Torre Scenica****Zona****Tipica**

Pacchetto

T-01

Controsoffitto

--

Tamponamento

--

Tamponamento [kN/m2]

0.00

[kN/m2]

Tamponamento

0.00

Extra (*)

0.96

(*) Antisfondellamento e 4.0cm di soletta aggiuntiva in cls alleggerito

Pacchetto

0.20

Solaio latero cemento H=12cm

1.78

Travi 20x84 passo 3.95m

1.06

Impianti e Imp. Fotov.

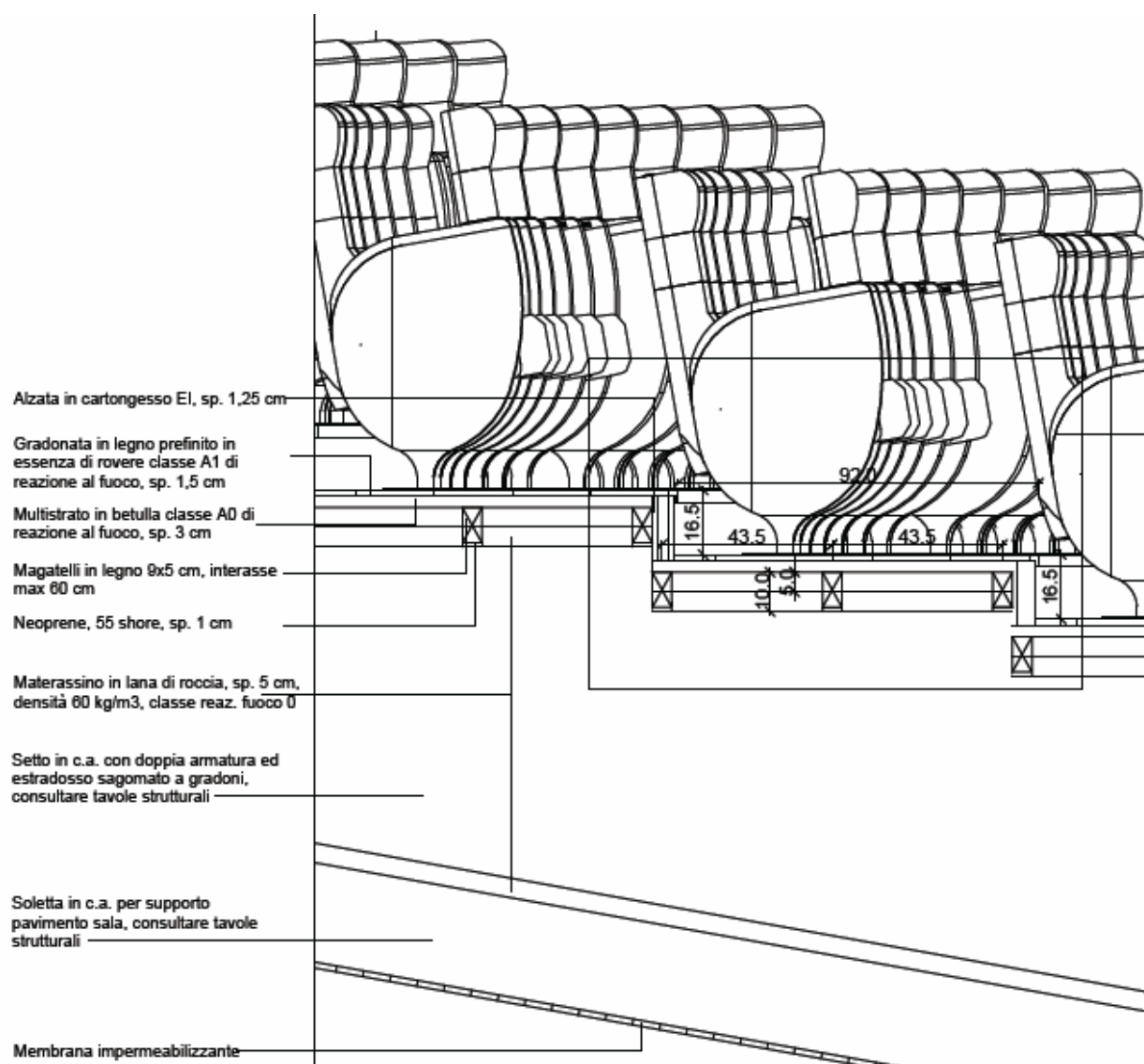
0.25

Controsoffitto

0.00

Permanenti Gk**4.25**

7.1.6.11 Carichi permanenti Piano Terra Platea



Soletta c.a.	Spessore 25cm	6.25 kN/m ²
Muretti gradonate	Spessore 18cm passo 1.50m	4.00 kN/m ²
Altri permanenti (impianti, pacchetto edile, poltrone)		2.00 kN/m ²

7.1.6.12 Carichi permanenti impalcato Copertura Teatro*Carichi permanenti G*

Solaio latero cemento H=12 cm	1.20	sp. med 12 cm (Esistente)
soletta sup. in LECA CLS	0.60	sp. med 4 cm (Soletta integrativa)
<i>G_{1k}, peso proprio solaio</i>	1.80	KN/m ²
Sistema tipo Kalzip con manto in lamiera alluminio	0.60	
Doppia guaina ardesiata	0.40	
Pannello isolante in lana di roccia	0.20	sp. med 14 cm
<i>G_{2k}, permanenti portati</i>	1.20	KN/m ²

*Carichi agenti ad intradosso trave**Carichi permanenti G*

Grigliato elettroforgiato	0.22	
Peso proprio impalcato travi carpenteria metallica	0.30	
<i>G_{1k}, peso proprio solaio</i>	0.52	KN/m ²

Permanenti Portati controsoffitto

Pannelli multistrato 10 mm	0.10	
orditura travetti legno passo 60 cm	0.15	
intonaco intradosso	0.18	
pendinature	0.10	
<i>G_{2k}, totale finiture</i>	0.53	KN/m ²

Permanenti Portati canali impianti

Incidenza canali impianti	0.50	
<i>G_{2k}, totale finiture</i>	0.5	KN/m ²

Copertura Teatro

Zona	Tipica
Pacchetto	T-02-04
Controsoffitto	C-TE
Tamponamento	--
Tamponamento [kN/m ²]	0.00
[kN/m ²]	
Tamponamento	0.00
Extra (*)	0.96
Pacchetto (**)	0.40
Solaio lat.cem. H=12cm	1.48

Travi 22x165 passo 5.0m	1.82
Impianti	0.50
Controsoffitto e struttura sec.	1.10
Permanenti Gk	6.26

(*) Antisfondellamento e 4.0cm di soletta aggiuntiva in cls alleggerito

(**) Tavella inferiore rimossa

7.1.6.13 Carichi permanenti Galleria

IMPALCATO GALLERIA					
<i>Carichi permanenti G</i>					
p. p. soletta piena	650		sp. med	0.260	cm
G _{1k, peso proprio solaio}	650	kg/m ²	0.065	kg/cm ²	
p. p. soletta alleggerita	463				
G _{1k, peso proprio solaio}	463	kg/m ²			
p. p. dalles/lastre gradonata	238		sp. med	0.095	cm
G _{1k, peso gradonata}	238	kg/m ²	0.0238	kg/cm ²	
<i>Permanenti Portati zona gradonata</i>					
Rivestimento legno	11	kg/m ²	sp.	0.015	m
massetto fibrocemento a.d.	54	kg/m ²	sp.	0.04	m
sedie fisse	20	kg/m ²			
intonaco intradosso	7	kg/m ²	sp.	0.01	m
Impianti appesi	10	kg/m ²			
G _{2k, totale finiture}	102	kg/m ²	0.010	kg/cm ²	
<i>Permanenti Portati zona passaggio</i>					
pavimento marmo	52	kg/m ²	sp.	0.02	m
massetto fibrocemento a.d.	54	kg/m ²	sp.	0.04	m
intonaco intradosso	7	kg/m ²	sp.	0.01	m
Impianti appesi	10	kg/m ²			
G _{2k, totale finiture}	123	kg/m ²	0.012	kg/cm ²	

Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
Progetto esecutivo – Relazione generale delle strutture

<i>Permanenti Portati: davanti e laterali gradonata</i>					
Parapetto	50	kg/m			
Rivestimento legno	11	kg/m ²	sp.	0.015	m
massetto fibrocemento a.d.	54	kg/m ²	sp.	0.04	m
intonaco intradosso	7	kg/m ²	sp.	0.01	m
Impianti appesi	10	kg/m ²			
<i>G_{2k}, totale finiture</i>	<u>82</u>	kg/m ²	0.008	kg/cm ²	

SOLAIO BALCONATA ESISTENTE

Carichi permanenti G

p. p. solaio latero cemento (esistente)	311		sp. med	0.250	m
<i>G_{1k}, peso proprio solaio</i>	<u>311</u>	kg/m ²	0.0311	kg/cm ²	

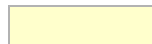
solaio in latero cemento balconata:

altezza travetto	0.25	m			
interasse travetti	0.64	m			
larghezza travetto	0.12	m			
soletta solaio	0.045	m			

Permanenti Portati zona gradonata (esistente)

pavimento in marmo	39	kg/m ²	sp.	0.015	m
massetto	150.00	kg/m ²	sp.	0.075	m
intonaco intradosso	18.00	kg/m ²	sp.	0.01	m
controsoffitto (nuovo)	20.00	kg/m ²		????	
<i>G_{2k}, totale finiture</i>	<u>207</u>	kg/m ²	0.021	kg/cm ²	
sp. totale	0.350	m			

SOLAI LATERALI NUOVI					
<i>Carichi permanenti G</i>					
p. p. solaio lamiera grecata (nuovo)	375		sp. med	0.150	m
G _{1k} , peso proprio solaio	375	kg/m ²	0.0375	kg/cm ²	
<i>Permanenti Portati zona gradonata (esistente)</i>					
pavimento in gres	44	kg/m ²	sp.	0.02	m
massetto	126.60	kg/m ²	sp.	0.06	m
impianti appesi	30.00	kg/m ²			
controsoffitto (nuovo)	20.00	kg/m ²			
G _{2k} , totale finiture	201	kg/m ²	0.020	kg/cm ²	

Galleria

Zona	Non Access.	Sbalzo ant.	Gradonata	Post. e passaggio	Post. Esist.	Post. Esist. Sbalzo
Pacchetto	--	SI15	--	SI21	SI07	SI07
Controsoffitto	C-03	C-03	--	C-02	C-XX	C-03
Tamponamento	--	--	--	--	--	--
Tamponamento [kN/m2]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
[kN/m2]						
Tamponamento	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extra Gk2	0.00	0.00	1.02	0.13	0.00	0.00
Extra Gk1	0.00	0.00	2.38	0.00	0.00	0.00
Extra muretti	0.00	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00
Extra sedili	0.00	0.00	0.50	0.40	0.00	0.00
Pacchetto	0.00	0.80	0.00	1.10	1.30	1.30
Soletta 26cm / Solaio	6.50	4.63	0.00	6.50	3.15	3.15
Impianti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Controsoffitto e struttura sec.	0.25	0.25	0.00	0.25	0.40	0.25
Permanenti Gk	6.75	5.68	7.20	8.38	4.85	4.70

7.1.6.14 Carichi permanenti Lucernario

Carichi agenti copertura lucernaio

Peso proprio strutture

considerato nel modello FEM

Carichi permanenti G

Copertura Serramento vetro e alluminio	0.60	
$G_{2k, \text{ permanenti portati }}$	0.60	KN/m ²

Rivestimenti pareti verticali ed evacuatori di fumo

	0.60	
$G_{2k, \text{ permanenti portati }}$	0.60	KN/m ²

7.1.6.15 Carichi permanenti Scale

Scale

Zona	Tipica
Pacchetto	SC
Controsoffitto	--
Tamponamento	--
Tamponamento [kN/m ²]	0.00
[kN/m ²]	
Tamponamento	0.00
Pacchetto	1.60
Soletta 25cm	6.25
Impianti	0.00
Controsoffitto e struttura sec.	0.00
Permanenti Gk	7.85

7.1.6.16 Carichi permanenti impalcati di copertura Torre Scenica

Si riporta di seguito uno schema del pacchetto di copertura.

	<table> <tr> <td>1</td><td>Lamiera tipo Riverclack. La lamiera deve essere antirombata a spruzzo prima della posa (antirombo sp. 1 mm) Oppure utilizzare lamiere già antirombate (ex Onduline)</td></tr> <tr> <td>2</td><td>Doppia guaina bituminosa sp. 3.2 mm ciascuna</td></tr> <tr> <td>3</td><td>Lana minerale d.140 kg/m³ sp. 21 cm</td></tr> <tr> <td>4</td><td>Lastra singola Lastra in cemento leggera costituita da cemento Portland aggregato rivestito da una rete in fibra di vetro annegata -nella superficie anteriore e posteriore, idrorepellente, appoggiata su membrana bituminosa, classe di reazione al fuoco A1, densità 1150 kg/m³, resistenza a flessione 7MPa - sp. 12,5</td></tr> <tr> <td>5</td><td>Lana minerale d.40 kg/m³</td></tr> <tr> <td>6</td><td>Antirombo sp. 2 mm anche sulla porzione piana della lamiera</td></tr> <tr> <td>7</td><td>lamiera grecata</td></tr> </table>	1	Lamiera tipo Riverclack. La lamiera deve essere antirombata a spruzzo prima della posa (antirombo sp. 1 mm) Oppure utilizzare lamiere già antirombate (ex Onduline)	2	Doppia guaina bituminosa sp. 3.2 mm ciascuna	3	Lana minerale d.140 kg/m ³ sp. 21 cm	4	Lastra singola Lastra in cemento leggera costituita da cemento Portland aggregato rivestito da una rete in fibra di vetro annegata -nella superficie anteriore e posteriore, idrorepellente, appoggiata su membrana bituminosa, classe di reazione al fuoco A1, densità 1150 kg/m³, resistenza a flessione 7MPa - sp. 12,5	5	Lana minerale d.40 kg/m ³	6	Antirombo sp. 2 mm anche sulla porzione piana della lamiera	7	lamiera grecata
1	Lamiera tipo Riverclack. La lamiera deve essere antirombata a spruzzo prima della posa (antirombo sp. 1 mm) Oppure utilizzare lamiere già antirombate (ex Onduline)														
2	Doppia guaina bituminosa sp. 3.2 mm ciascuna														
3	Lana minerale d.140 kg/m ³ sp. 21 cm														
4	Lastra singola Lastra in cemento leggera costituita da cemento Portland aggregato rivestito da una rete in fibra di vetro annegata -nella superficie anteriore e posteriore, idrorepellente, appoggiata su membrana bituminosa, classe di reazione al fuoco A1, densità 1150 kg/m³, resistenza a flessione 7MPa - sp. 12,5														
5	Lana minerale d.40 kg/m ³														
6	Antirombo sp. 2 mm anche sulla porzione piana della lamiera														
7	lamiera grecata														

I pannelli fotovoltaici sono ipotizzati di dimensioni 1.09m x 2.19m con peso unitario 0.35kN (comprensivo di struttura) per un carico unitario pari a 0.15[kN/m²]. Per sicurezza si considera un carico pari a 0.25[kN/m²].

	s [m]	γ [kN/m ³]	p [kN/m ²]
Lamiera tipo Riverclack			0.10
Guaina bituminosa	0.0064		0.10
Lana minerale	0.21	1.4	0.29
1 lastra in cemento leggero:	0.0125	11.5	0.14
Lana minerale	0.04	1.4	0.06
Pannelli fotovoltaici			0.25
Lamiera strutturale Alubel 55 spessore 0.8			0.11
TOTALE			1.05
Carico assunto			1.2

7.1.6.17 Carichi permanenti solaio Palco**Zona Palco rotante****Carichi permanenti G**

Soletta in c.a. H=10 cm	2.40	sp. med	10	cm
Soletta integrativa LC (densità 1600 Kg/m ³) H = 6 cm	<u>0.96</u>	sp. med	6	cm
<i>G_{1k}, peso proprio solaio</i>	3.36	KN/m ²		
Peso Proprio palco rotante (strutture, impianti e finiture)	<u>1.55</u>			
<i>G_{2k}, permanenti portati</i>	1.55	KN/m ²		

Zona esterna al Palco Rotante**Carichi permanenti G**

Soletta in c.a. H=10 cm	2.40	sp. med	0.100	cm
Soletta integrativa LC (densità 1600 Kg/m ³) H = 6 cm	<u>0.96</u>	sp. med	0.100	cm
<i>G_{1k}, peso proprio solaio</i>	3.36	KN/m ²		
Vespai "iglu" sp. 60 cm, incluso cls a raso	1.68			
Soletta superiore "iglu" sp. 4 cm	0.96			
Pavimentazione in legno sp. 60 mm	<u>0.48</u>			
<i>G_{2k}, permanenti portati</i>	3.12	KN/m ²		

7.1.6.18 Carichi permanenti Pensilina Atrio

Copertura Pensilina

Htamp [m] 0.00 per tamponamenti

Zona	1	2	3
Pacchetto	T-08	T-08	T-08
Controsoffitto	--	--	--
Tamponamento	--	--	--
Tamponamento [kN/m2]	0.00	0.00	0.00
[kN/m2]			
Tamponamento	0.00	0.00	0.00
Extra (*)	0.00	0.00	0.00
Pacchetto	1.00	1.00	1.00
Soletta 35cm	8.75	8.75	8.75
Controsoffitto	0.00	0.00	0.00
Permanenti Gk	9.75	9.75	9.75
Permanenti Gk2	1.00	1.00	1.00
	1.26	1.76	2.58
Variabile Qk (Neve)	1.26	1.51	2.17
Variabile Qk (vento pressione)	0.45	0.45	0.45
Variabile Qk (vento depressione)	-0.90	-0.90	-0.90

Max
Medio

7.1.7 Altri carichi permanenti agenti nella Torre Scenica

Per passerelle, graticcia, sipario, bilancia luci, schermo per proiezioni, sipario tagliafuoco, paranchi a catena, tiri a stanga vedere l'elaborato 22044D02_3_0_P_ST_00_CD_513_0-A111.

7.1.8 Deformazioni lente

Le deformazioni lente come il ritiro e i fenomeni viscosi del materiale ad essi soggetti sono presi in esame con le modalità riportate dalla normativa vigente.

7.2 Azioni variabili sugli impalcati

7.2.1 Destinazioni d'uso e azioni variabili di progetto associate

Si riporta la tabella Tab. 3.1.II estratta dalla NTC 2018 e contenente i carichi da prevedere in funzione delle destinazioni d'uso:

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

Dove

 q_k = carico verticale uniformemente distribuito Q_k = carico verticale concentrato (*) H_k = carico orizzontale lineare (**)

(*) Area d'impronta 50mm x 50mm eccetto che per cat. F per la quale si prevede 100mm x 100mm a distanza reciproca 1.80m.

(**) per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

Di seguito sono riportate le destinazioni d'uso previste nel progetto per gli impalcati in accordo con "22044D02_3_0_E_AR_00_CB_009":

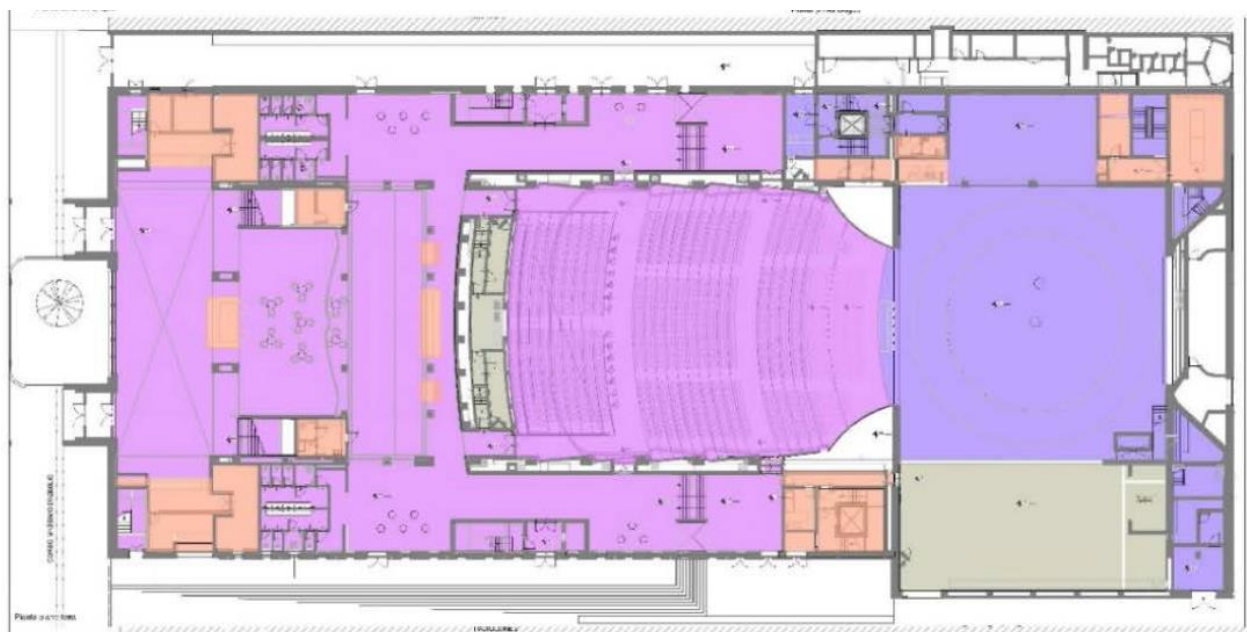
DESTINAZIONI UTENZA



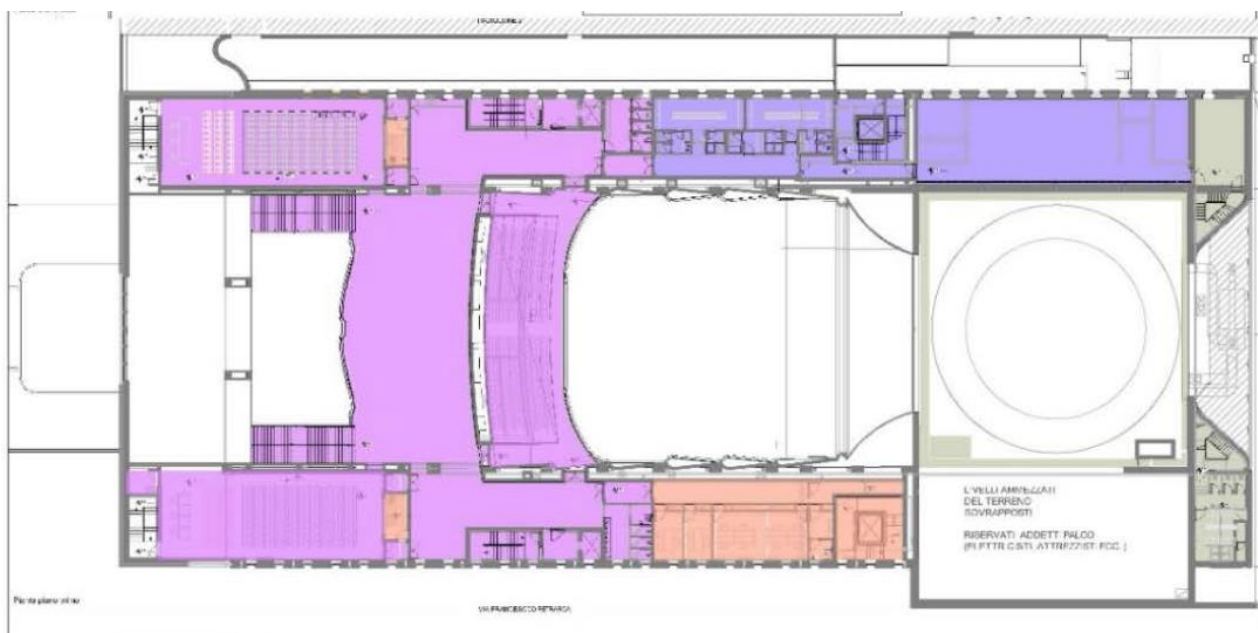
Legenda



Piani interrati



Piano Terra



Piano 1 (Foyer)

7.2.1.1 Nota sui carichi concentrati

In corrispondenza degli impalcati di P.2 delle Maniche laterali che ospitano gli impianti la presenza di macchine richiede la verifica locale contro il punzonamento del pacchetto (architettonico + strutturale) indotto dal carico concentrato degli appoggi delle stesse.

Nel documento “22044D02_3_0_P_ST_00_CD_512_0-All1” dedicato al dimensionamento e verifica di tale impalcato è riportato il carico concentrato massimo applicabile. Se inferiore a quanto richiesto si prescrive l’interposizione di piastre/profili d’appoggio tali da estendere l’area di contatto.

7.2.2 Altri carichi variabili agenti nella Torre Scenica

Per passerelle, graticcia, tiro mantovana, paranchi a catena, tiri a stanga, tiri puntuali vedere l'elaborato 22044D02_3_0_P_ST_00_CD__513_0-A111.

7.3 Azione variabile della neve

In accordo con p.to 3.4 NTC 2018:

Provincia: Torino

Ubicazione: Zona I – Alpina

Quota sito s.l.m.m. as: 239 m

Esposizione: Normale

Coefficiente di esposizione C_E : 1.0

Coefficiente termico C_t : 1.00

Valore caratteristico di carico neve al suolo ($T_R = 50$ anni) q_{sk} : 1.54 kN/m²

Coefficiente amplificativo per l'estensione della copertura

Dimensione minore in pianta copertura	W [m]	42.0
Dimensione maggiore in pianta copertura	L [m]	100.0
Dimensione equivalente in pianta	Lc [m]	66.36
Coefficiente amplificativo per coperture "estese"	C _{e,F}	1.02

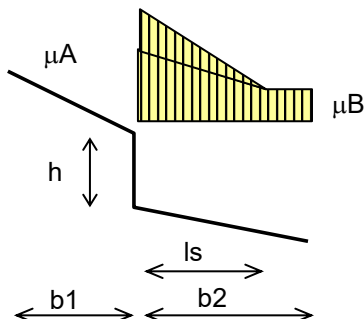
Falda piana orizzontale

coefficiente di forma $\mu_1 = 0.80$, carico neve $q_k = 1.26$ kN/m²

7.3.1 Zone di accumulo

In corrispondenza di variazioni di quote di coperture limitrofe o di sporgenze é stata presa in considerazione la possibilità della formazione di accumuli di neve.

Con riferimento a NTC 2018 p. C3.4.5.6:



Schema per la valutazione dell'accumulo di neve in corrispondenza di coperture adiacenti a quota differente

Solaio di copertura delle Maniche in adiacenza all'Atrio:

Quota copertura Atrio: 12.92m

Quota copertura Manica: 11.65m

Dislivello: 1.27m

		μ_1		
α_1 [deg]	0.0	0.80	μ_{1_1}	0.80
α_2 [deg]	0.0	0.80	μ_{1_2}	0.80
b_1 [m]	9.3		μ_s	0.00
b_2 [m]	58.6		μ_w	1.65
h [m]	1.3		l_s [m]	5.0
μ_A	1.65			
μ_B	0.80			
q_A [kN/m ²]	2.59			
q_B [kN/m ²]	1.26			
q_{medio} [kN/m ²]	1.92			

Solaio di copertura delle Maniche in adiacenza alle coperture basse Torre Scenica:

Quota Copertura bassa Torre Scenica: 12.40m

Quota copertura Manica: 11.65m

Dislivello: 0.75m

		μ_1		
α_1 [deg]	0.0	0.80	μ_{1_1}	0.80
α_2 [deg]	0.0	0.80	μ_{1_2}	0.80
b1 [m]	25.0		μ_s	0.00
b2 [m]	58.6		μ_w	0.97
h [m]	0.8		ls [m]	5.0
μ_A	1.04			
μ_B	0.80			
qA [kN/m ²]	1.63			
qB [kN/m ²]	1.26			
qmedio [kN/m ²]	1.44			

Solaio della copertura della Sala Prove in adiacenza alla Torre Scenica:

Quota Copertura Torre Scenica: 26.25m

Quota copertura Sala Prova: 12.40m

Dislivello: 13.85m

		μ_1		
α_1 [deg]	3.4	0.80	μ_{1_1}	0.80
α_2 [deg]	0.0	0.80	μ_{1_2}	0.80
b1 [m]	25.0		μ_s	0.00
b2 [m]	6.8		μ_w	1.15
h [m]	13.9		ls [m]	15.0
μ_A	1.15			
μ_B	0.99			
qA [kN/m ²]	1.80			
qB [kN/m ²]	1.55			
qmedio [kN/m ²]	1.68			
ls effettiva [m]	6.8			
qB' [kN/m ²]	1.69			
qmedio [kN/m ²]	1.75			

Solaio della copertura bassa della Torre Scenica lato Petrarca:

Quota Copertura Torre Scenica: 26.25m

Quota copertura Sala Prova: 12.40m

Dislivello: 13.85m

		μ_1		
α_1 [deg]	3.4	0.80	μ_{1_1}	0.80
α_2 [deg]	0.0	0.80	μ_{1_2}	0.80
b1 [m]	25.0		μ_s	0.00
b2 [m]	11.8		μ_w	1.32
h [m]	13.9		ls [m]	15.0
μ_A	1.32			
μ_B	0.91			
qA [kN/m ²]	2.08			
qB [kN/m ²]	1.43			
qmedio [kN/m ²]	1.75			
ls effettiva [m]	11.9			
qB' [kN/m ²]	1.57			
qmedio [kN/m ²]	1.82			

Solaio della copertura del Teatro in adiacenza alla Torre Scenica:

Quota Copertura Torre Scenica: 26.25m

Quota media copertura Teatro: 12.61m

Dislivello: 13.65m

		μ_1		
α_1 [deg]	0.0	0.80	μ_{1_1}	0.80
α_2 [deg]	0.0	0.80	μ_{1_2}	0.80
b1 [m]	25.0		μ_s	0.00
b2 [m]	58.6		μ_w	3.07
h [m]	13.6		ls [m]	15.0
μ_A	3.07			
μ_B	0.80			
qA [kN/m ²]	4.83			
qB [kN/m ²]	1.26			
qmedio [kN/m ²]	3.04			

Solaio di copertura della Pensilina adiacenza all'Atrio:

Quota copertura Atrio: 12.92m

Quota copertura Manica: 4.72m

Dislivello: 8.27m

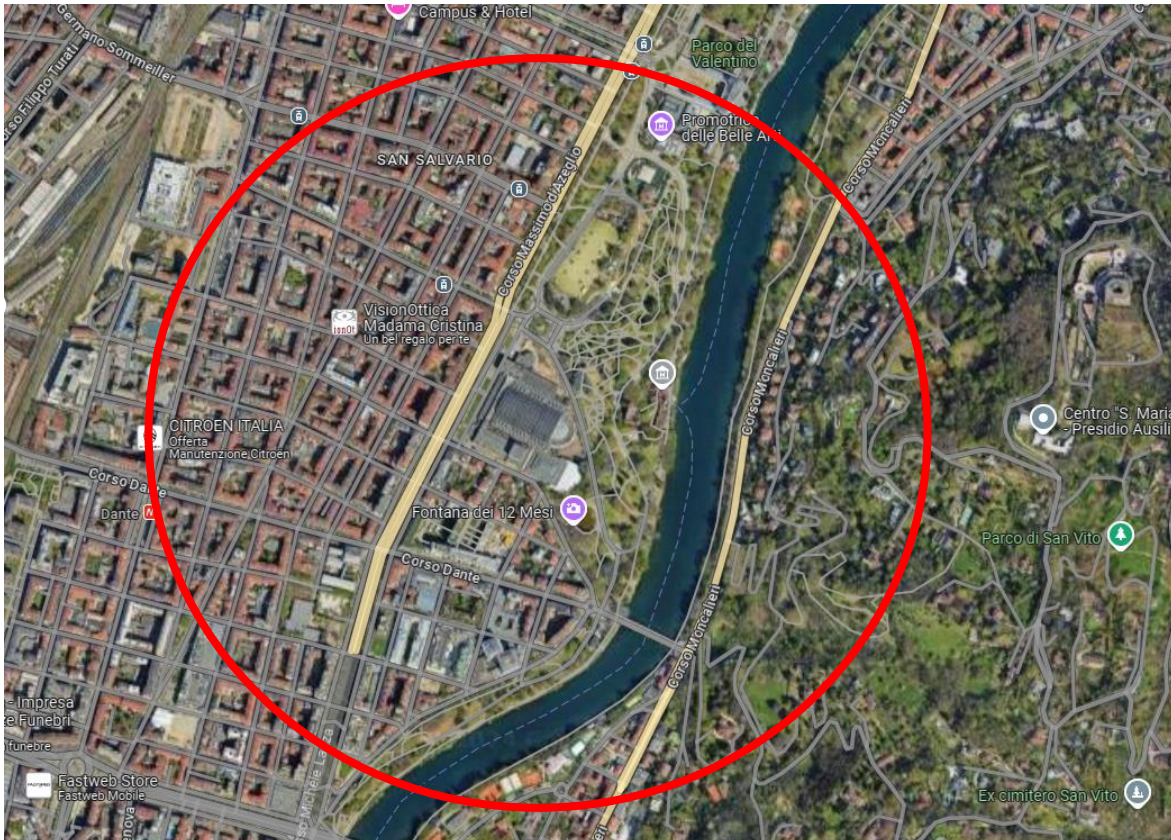
		μ_1		
α_1 [deg]	0.0	0.80	μ_{1_1}	0.80
α_2 [deg]	0.0	0.80	μ_{1_2}	0.80
b1 [m]	9.3		μ_s	0.00
b2 [m]	17.7		μ_w	1.65
h [m]	8.2		ls [m]	15.0
μ_A	1.65			
μ_B	0.80			
qA [kN/m ²]	2.58			
qB [kN/m ²]	1.26			
qmedio [kN/m ²]	1.92			

7.4 Azione variabile del vento

L'azione del vento é stata modellata come azione statica equivalente utilizzando la trattazione proposta per le pareti verticali e le coperture degli edifici e contenuta in NTC 2018 e EN1991-1-4.

7.4.1 Definizione geografica del sito: in accordo con NTC 2018

L'immagine seguente riporta un estratto da Google Maps dell'area circostante il sito con evidenziazione dell'area posta entro $R = \max(1 \text{ km}, 20 \times \text{altezza della costruzione}) = \max(1000\text{m}, 20 \times 28\text{m}) = 1000\text{m}$ dal sito al fine della determinazione della classe di rugosità.



Si può osservare che la classe di rugosità é per il lato Est essenzialmente riconducibile alla A ("aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m") e per il lato Ovest alla C ("Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, Aree con rugosità non riconducibile ad A,B,D)").

A favor di sicurezza si adotta classe di rugosità C (nota: nel PFTE é stata adottata classe B).

Zona [1 --> 9]	1
Classe rugosità [A --> D]	C
distanza dalla costa [km] (10;40)	200
altitudine as [m] (500;750)	232.0
Categoria di esposizione [I --> V]	III

Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
Progetto esecutivo – Relazione generale delle strutture

Periodo di ritorno (T_R) [anni]	50
coeff. topografia c_t	1.00
coeff. dinamico c_d	1.000

$V_{b,0}$ [m/s]	25	da Zona 1
a_o [m]	1000	da Zona 1
k_s [1/s]	0.4	da Zona 1
k_r	0.2	da Categoria III
z_o [m]	0.1	da Categoria III
z_{min} [m]	5.00	da Categoria III

$a_R(T_R)$	1.00
velocita' di riferimento V_b [m/s]	25.0
press. cinetica di rifer. q_b [N/m ²]	391.2

7.4.2 Coefficiente dinamico C_d (o $C_s C_d$)

Il coefficiente $C_s C_d$ tiene conto dell'eventuale amplificazione dinamica mediata dalla non contemporaneità dei picchi.

Il diagramma riportato in Appendice D di EN1991-1-4 (vedere di seguito) propone per un edificio in c.a. di 25m di larghezza e 28m di altezza fuori terra (si sta facendo riferimento alla torre scenica) un valore di $C_s C_d$ pari a 0.90: Per la porzione bassa dell'edificio (altezza minore, larghezza analoga) il valore sostanzialmente non cambia.

A favor di sicurezza si assume $C_s C_d = 1.0$.

figura D.2 Valori di $C_s C_d$ per edifici multipiano di cemento armato con pianta rettangolare e pareti esterne verticali, con distribuzione regolare delle rigidezze e delle masse [frequenza secondo l'equazione (F.2)]

Legenda

X Larghezza [m]

Y Altezza [m]

basato su:

$\delta_s = 0,1$

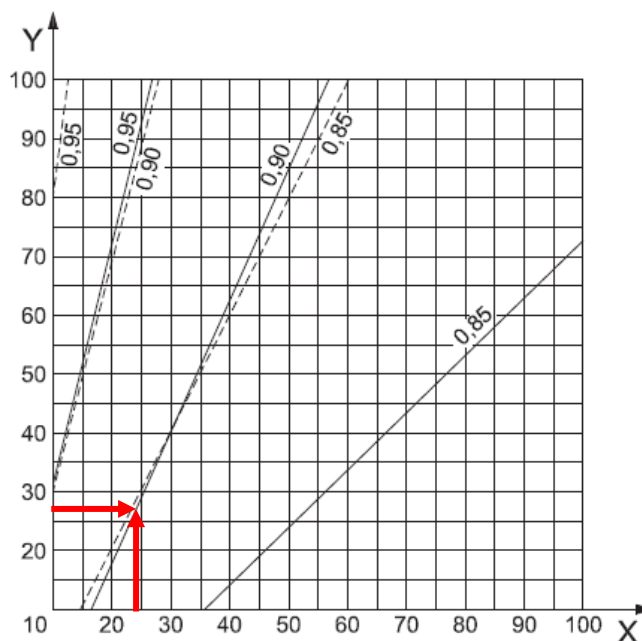
rugosità di categoria II (linee continue)

rugosità di categoria III (linee tratteggiate)

$v_b = 28 \text{ m/s}$

$\delta_a = 0$

$C_s C_d$ per edifici di cemento armato multipiano



Nota Per valori maggiori di 1,1 può essere applicata la procedura dettagliata descritta nel punto 6.3 (è ammesso un valore minimo di $C_s C_d = 0,85$).

7.4.3 Pressione del vento con coefficiente di pressione c_p unitario

altezza	pressione vento	coeff. esposizione pressioni	pressione cinetica picco $\times c_d$	profilo altim.	velocita' media	coeff. esposizione velocita'	velocita' picco
			$q = c_e(z) q_b c_d$	$= \ln(z/z_0)$ $z > z_{min}$	$= k_r c_t a(z)$ V_b		$= C_{ev} V_{ref}$
z	$p(z) = c_p$ $q(z)$	$c_e(z)$	$q(z)$	$a(z)$	$v_m(z)$	$C_{ev}(z)$	$v_p(z)$
[m]	[N/m ²]		[N/m ²]		[m/sec]		[m/sec]
5.0	668	1.708	668	3.912	19.57	1.307	32.69
10.0	836	2.138	836	4.605	23.04	1.462	36.58
13.0	904	2.311	904	4.868	24.36	1.520	38.03
15.0	942	2.407	942	5.011	25.07	1.552	38.82
17.0	975	2.493	975	5.136	25.70	1.579	39.50
20.0	1020	2.606	1020	5.298	26.51	1.614	40.39
25.0	1082	2.765	1082	5.521	27.63	1.663	41.60
27.0	1104	2.821	1104	5.598	28.01	1.680	42.02
30.0	1134	2.898	1134	5.704	28.54	1.702	42.59
35.0	1179	3.013	1179	5.858	29.31	1.736	43.43

7.4.4 Determinazione dei coefficienti di pressione c_p e d'attrito c_f

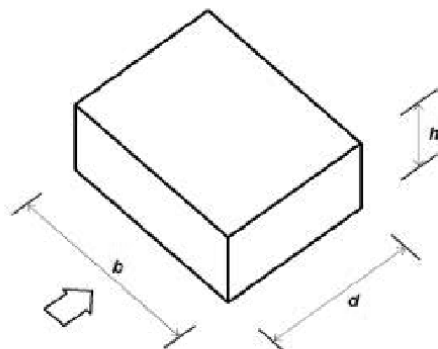
7.4.4.1 Coefficienti di pressione esterna

Convenzione sui segni :+ = pressione, - = depressione

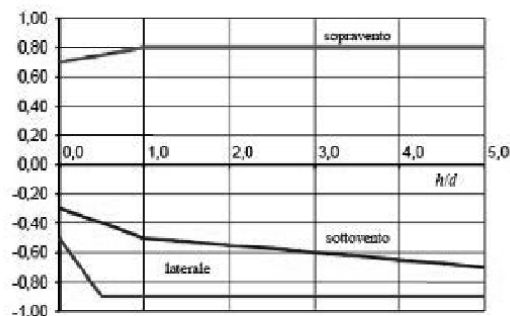
PARETI VERTICALI

Da Circolare NTC 2018:

Coefficienti globali



(a)



(b)

a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare,

b) Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali

Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali

Faccia sopravento	laterale	sottovento
$h/d \leq 1$: $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$: $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$: $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$: $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$: $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$: $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Pareti Corpo basso

Direzione longitudinale (dir. X)

$d = 70\text{m}$, $h = 13\text{m}$ $\rightarrow h/d = 0.19 \rightarrow$

sopravento: $C_{pe} = +0.72$
sottovento: $C_{pe} = -0.34$
laterale: $C_{pe} = -0.65$

Direzione trasversale (dir. Y)

$d = 42\text{m}$, $h = 13\text{m}$ $\rightarrow h/d = 0.31 \rightarrow$

sopravento: $C_{pe} = +0.73$
sottovento: $C_{pe} = -0.36$
laterale: $C_{pe} = -0.75$

Pareti Corpo alto

Direzione longitudinale (dir. X)

$d = 25\text{m}$, $h = 28\text{m}$ $\rightarrow h/d = 1.12 \rightarrow$

sopravento:	$C_{pe} = +0.80$
sottovento:	$C_{pe} = -0.51$
laterale:	$C_{pe} = -0.90$

Direzione trasversale (dir. Y)

$d = 46\text{m}$, $h = 28\text{m}$ $\rightarrow h/d = 0.61 \rightarrow$

sopravento:	$C_{pe} = +0.76$
sottovento:	$C_{pe} = -0.42$
laterale:	$C_{pe} = -0.90$

Operando a favor di sicurezza e tenendo conto che l'azione del vento non rappresenta l'azione orizzontale di progetto dominante si uniforma a:

Pareti sopravento: $C_{pe} = +0.80$

Pareti sottovento: $C_{pe} = -0.51$

Pareti sottovento: $C_{pe} = -0.90$

COPERTURE

Coefficienti globali

Le coperture presenti sono essenzialmente piane, con riferimento a NTC 2018 C3.3.8.1.2

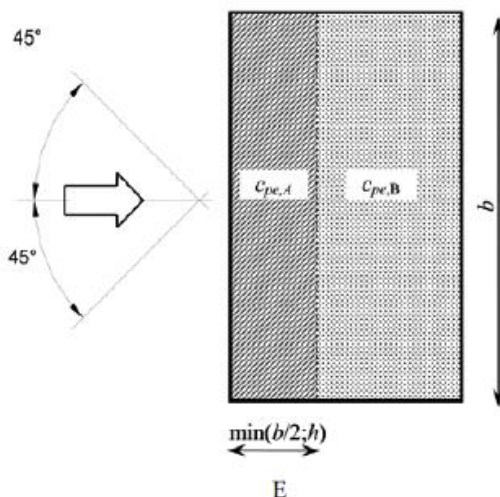


Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari: c_{pe} per coperture piane.

Fascia sopravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e h :	$C_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$C_{pe,B} = \pm 0,20$

7.4.4.2 Coefficienti di pressione interna

Convenzione sui segni :+ = pressione, - = depressione

In accordo con NTC 2018 p. C3.3.8.5:

C3.3.8.5 PRESSIONI INTERNE

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Si possono verificare i tre casi seguenti:

Caso 1

Se per almeno due facce dell'edificio l'area totale delle aperture presenti su ciascuna faccia supera il 30% della superficie totale della faccia stessa si applicano le prescrizioni riportate nel § C3.3.8.2 (tettoie).

Caso 2

Se l'edificio non rientra nel caso precedente, ma presenta una superficie dotata di un'area totale di aperture pari ad almeno il doppio della somma delle aree delle aperture presenti sulle rimanenti superfici, il coefficiente di pressione interna c_{pi} è pari a $0,75 \cdot c_{pe}$; se invece l'area delle aperture presenti su detta superficie è pari ad almeno il triplo dell'area delle aperture presenti sulle rimanenti superfici, il coefficiente di pressione interna c_{pi} è pari a $0,90 \cdot c_{pe}$.

L'altezza di riferimento $\bar{z}_i$ è pari all'altezza di riferimento $\bar{z}_e$ relativa alla superficie dominante.

Caso 3

Se l'edificio non rientra in nessuno dei casi precedenti, ma è dotato di porosità distribuita in maniera circa uniforme, in assenza di determinazioni più dettagliate, per le quali si farà riferimento a documenti di comprovata validità, si possono assumere i valori $c_{pi} = +0,2$ e $c_{pi} = -0,3$, considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

L'altezza di riferimento $\bar{z}_i$ è pari all'altezza massima dell'edificio.

si assume (Caso 3)

$$C_{pi} = +0.2 / -0.3$$

7.4.4.3 Coefficienti di pressione locali

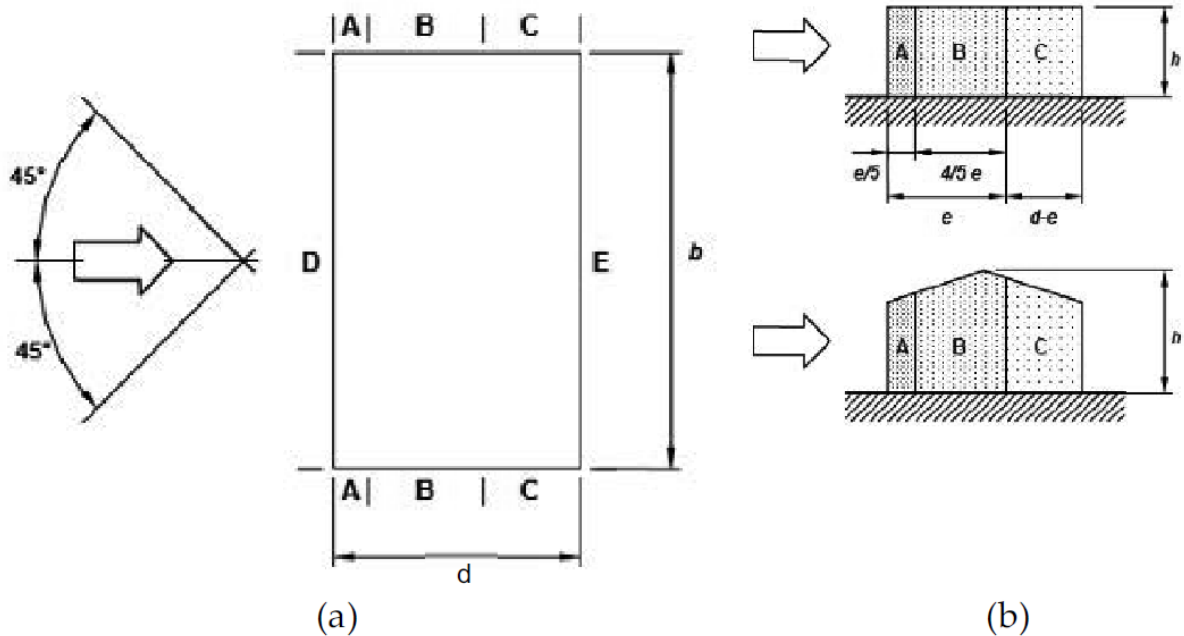
Le strutture secondarie e le finiture dovranno essere calcolate con azioni che tengano conto di effetti locali particolarmente gravosi e che possono essere anche significativamente maggiori (in funzione della posizione, della giacitura e della configurazione) rispetto a quelli considerati nella presente relazione per le strutture principali.

Per pareti verticali e coperture piane si fa riferimento a quanto previsto in NTC2018 nei p.ti C3.3.8.1.1 e C3.3.8.1.2 rispettivamente.

(Altri riferimenti possono essere desunti da EN 1991-1-4 per la valutazione della distribuzione locale di picco delle pressioni ("cladding pressures") sulle superfici esposte all'azione del vento).

PARETI VERTICALI

I coefficienti locali $C_{pe,10}$ e di dettaglio $C_{pe,1}$ da assumere sulle pareti di un edificio a pianta rettangolare sono riportati in Figura C3.3.3 e in Tabella C3.3.II, il valore della dimensione “e” è pari al minimo tra “b” e “2h” (e “d”).



a) Schema planimetrico di riferimento

Zona	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Pareti Corpo basso

Direzione longitudinale (dir. X)

$$b = 42\text{m}, d = 70\text{m}, h = 13\text{m} \rightarrow h/d = 0.19, e = 26\text{m}$$

Direzione trasversale (dir. Y)

$$b = 70\text{m}, d = 42\text{m}, h = 13\text{m} \rightarrow h/d = 0.31, e = 26\text{m}$$

Pareti Corpo alto

Direzione longitudinale (dir. X)

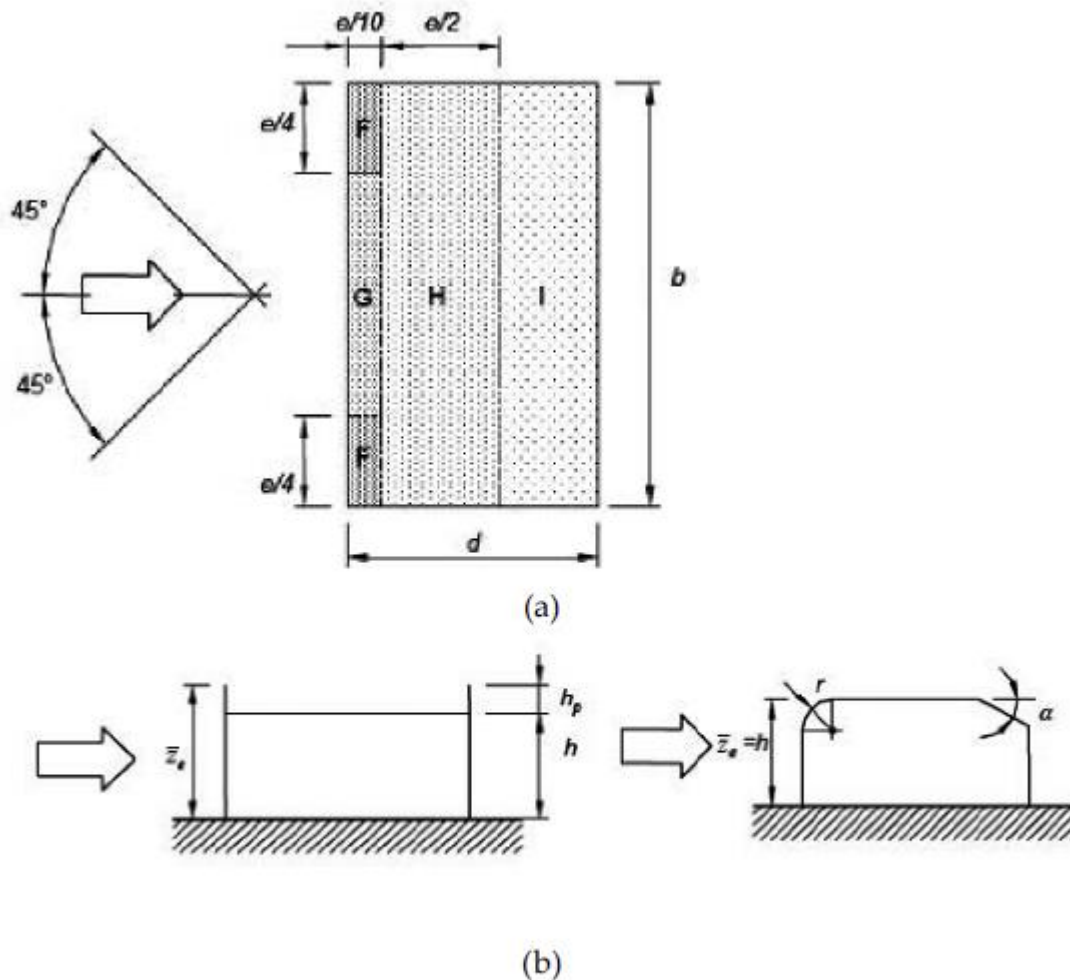
$$b = 46\text{m}, d = 25\text{m}, h = 28\text{m} \rightarrow h/d = 1.12, e = 25\text{m}$$

Direzione trasversale (dir. Y)

$$b = 25\text{m}, d = 46\text{m}, h = 28\text{m} \rightarrow h/d = 0.61, e = 25\text{m}$$

COPERTURE PIANE

I coefficienti locali $C_{pe,10}$ e di dettaglio $C_{pe,1}$ da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati in Figura C3.3.6 e in Tabella C3.3.IV. In riferimento alla Figura C3.3.6 e Tabella C3.3.IV, il valore della dimensione “e” è pari al minimo fra “b” e “2h” (e “d”); vedere pagina precedente.



- a) Suddivisione delle coperture piane in zone di uguale pressione,
 b) Altezza di riferimento per coperture piane con parapetti o raccordi (curvi e piani)

Figura C3.3.6

		Zona							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Spigoli vivi		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	$\pm 0,2$	
Con parapetti	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	$\pm 0,2$	
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2		
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2		
Raccordi curvi	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		$\pm 0,2$	
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3			
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3			
Raccordi piani	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		$\pm 0,2$	
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4			
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5			

7.4.4.4 Coefficienti di attrito

In accordo con NTC 2018 p. C3.3.8.8:

C3.3.8.8 COEFFICIENTE DI ATTRITO

In assenza di più precise valutazioni suffragate da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento, si assumeranno i valori riportati nella Tabella C3.3.XIX.

Tabella C3.3.XIX - Valori del coefficiente d'attrito

Superficie	Coefficiente d'attrito c_f
Liscia (acciaio, cemento a faccia liscia..)	0,01
Scabra (cemento a faccia scabra, catrame..)	0,02
Molto scabra (ondulata, costolata, piegata..)	0,04

Si assume ("superficie scabra") $C_f = 0.02$.

7.4.5 Valori caratteristici dell'azione di progetto del vento

NOTA: I valori dell'azione del vento definiti in questo paragrafo sono validi solo per il dimensionamento delle strutture principali.

Per le strutture secondarie e le finiture dovranno essere calcolate con azioni che tengano conto di effetti locali particolarmente gravosi e che possono essere anche significativamente maggiori (in funzione della posizione, della giacitura e della configurazione) rispetto a quelli considerati nella presente relazione per le strutture principali. Vedere il precedente par. 7.4.4.3.

PARETI VERTICALI

Corpo Basso

$$z_{eq} = 13.0m$$

$$\text{Pareti sopravento: } C_p = C_{p,e} + C_{p,i} = +0.80 - (-0.30) = +1.10$$

$$p_w = 0.90 \text{ kN/m}^2 \times (+1.10) = +0.99 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pareti sottovento: } C_p = C_{p,e} + C_{p,i} = -0.51 - (+0.20) = -0.71$$

$$p_w = 0.90 \text{ kN/m}^2 \times (-0.71) = -0.64 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pareti laterali: } C_p = C_{p,e} + C_{p,i} = -0.90 - (+0.20) = -1.10$$

$$p_w = 0.90 \text{ kN/m}^2 \times (-1.10) = -0.99 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Azione tangenziale (attrito): } 0.90 \text{ kN/m}^2 \times 0.02 = 0.02 \text{ kN/m}^2$$

Corpo Alto

$$z_{eq} = 28.0m$$

$$\text{Pareti sopravento: } C_p = C_{p,e} + C_{p,i} = +0.80 - (-0.30) = +1.10$$

$$p_w = 1.11 \text{ kN/m}^2 \times (+1.10) = +1.22 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pareti sottovento: } C_p = C_{p,e} + C_{p,i} = -0.51 - (+0.20) = -0.71$$

$$p_w = 1.11 \text{ kN/m}^2 \times (-0.71) = -0.79 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pareti laterali: } C_p = C_{p,e} + C_{p,i} = -0.90 - (+0.20) = -1.10$$

$$p_w = 1.11 \text{ kN/m}^2 \times (-1.10) = -1.22 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Azione tangenziale (attrito): } 1.11 \text{ kN/m}^2 \times 0.02 = 0.02 \text{ kN/m}^2$$

COPERTURE

Corpo Basso

$$z_{eq} = 13.0m$$

Azione del vento verso l'alto:

$$C_p = C_{p,e} + C_{p,i} = -0.8 - (+0.2) = -1.00$$

$$p_w = 0.90 \text{ kN/m}^2 \times (-1.00) = -0.90 \text{ kN/m}^2$$

Azione del vento verso il basso:

$$C_p = C_{p,e} + C_{p,i} = +0.2 - (-0.3) = +0.50$$

$$p_w = 0.90 \text{ kN/m}^2 \times (+0.50) = +0.45 \text{ kNm}^2$$

$$\text{Azione tangenziale (attrito): } 0.90 \text{ kN/m}^2 \times 0.02 = 0.02 \text{ kN/m}^2$$

Corpo Alto

$$z_{eq} = 28.0 \text{ m}$$

Azione del vento verso l'alto:

$$C_p = C_{p,e} + C_{p,i} = -0.8 - (+0.2) = -1.00$$

$$p_w = 1.11 \text{ kN/m}^2 \times (-1.00) = -1.11 \text{ kNm}^2$$

Azione del vento verso il basso:

$$C_p = C_{p,e} + C_{p,i} = +0.2 - (-0.3) = +0.50$$

$$p_w = 1.11 \text{ kN/m}^2 \times (+0.50) = +0.56 \text{ kNm}^2$$

$$\text{Azione tangenziale (attrito): } 1.11 \text{ kN/m}^2 \times 0.02 = 0.02 \text{ kN/m}^2$$

7.5 Prestazioni di resistenza al fuoco

In accordo con la relazione 22044D02_3_0_E_VF_00_CA_001_0 sono richieste le seguenti protezioni R/EI alle strutture esistenti e di nuova realizzazione:

5.2.1 Resistenza al fuoco delle strutture

Per quanto concerne la misura della resistenza al fuoco delle strutture le varianti non hanno previsto modifiche, pertanto, resta valido quanto già indicato nel progetto approvato in data 31/10/2023 fascicolo n 87344 protocollo n. 8348.

In particolare

“Le strutture portanti e/o separanti hanno in generale un valore di resistenza al fuoco non inferiore a R/REI 60 trattandosi di edificio con altezza antincendio non superiore ai 12 m.

Nella tabella qui di seguito sono riportati, in relazione sia alla configurazione progettuale sia all'altezza antincendio, i valori di resistenza al fuoco previsti per le strutture portanti e/o separanti presenti all'interno del Teatro.”

DESTINAZIONE	LIVELLO	VALORE DI RESISTENZA AL FUOCO GARANTITO	RIFERIMENTI DM 19/08/96 E NOTE
Sala principale	P0-P1	R-REI 90	2.2.2; 2.3.1; 5.1; 5.2.1
Sale secondarie	P1	R-REI 90	2.2.2; 2.3.1
Torre scenica	I2-I1-P0-P1	R-REI 90	2.3.1; 5.1; 5.2.1
Sottopalco	I2-I1	R-REI 90	2.3.1; 5.1
Camerini interrato	I2-I1	R-REI 120	2.3.1; 5.2.6.1
Camerini e uffici – fuori terra	P0-P1	R-REI 90	2.3.1; In continuità ai piani interrati
Vani scala P1 -P0 non adiacenti alle sale secondarie	P0-P1	R-REI 60	2.3.1

Per maggiori dettagli vedere l'Allegato 1.

7.6 Azione variabile della temperatura

Coerentemente alla tabella 3.5.II delle NTC 2018

Tab. 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$

7.7 Azione del sisma

7.7.1 Parametri

Il comune di Torino è passato dalla zona sismica **4** alla zona sismica **3** con deliberazione della Giunta Regionale n.6-887 del 30 dicembre 2019.

Il sito su cui insiste la struttura ricade nel territorio del Comune di Torino con coordinate geografiche:

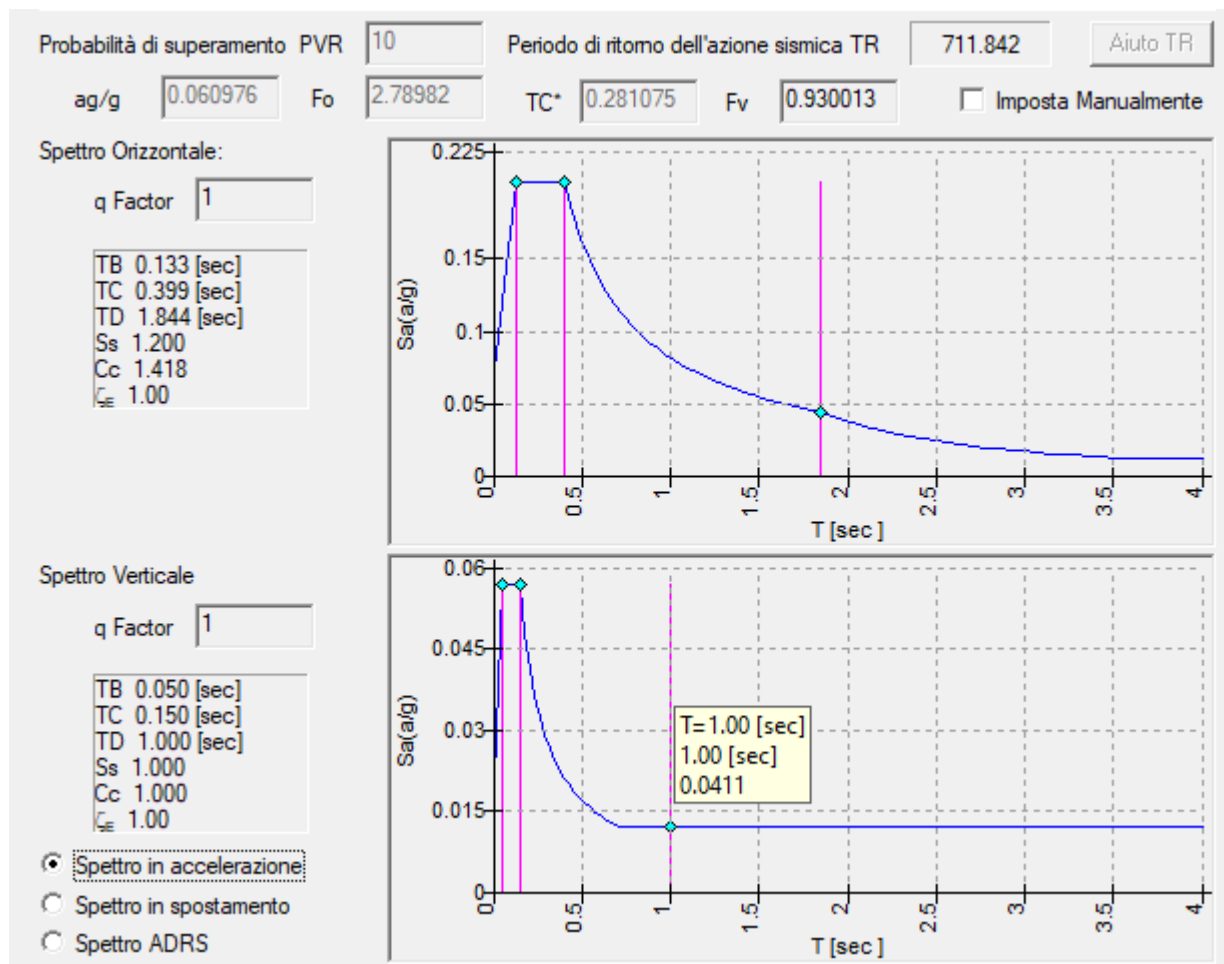
Latitudine 45.0481°

Longitudine 7.6819°

Terreno di fondazione: Categoria B.

Il sito su cui sorgerà l'opera presenta un andamento plano-altimetrico sub-pianeggiante, appartenente quindi alla Categoria T1 con coefficiente di amplificazione topografica $ST = 1.0$.

Classe d'uso: III → $CU=1.5$.



Classe d'uso III - Spettri ELASTICI SLV orizzontale e verticale associati a $\xi = 5\%$

7.7.2 Criteri di progettazione sismica adottati nel presente progetto

La progettazione sismica si basa sull'ipotesi di strutture con comportamento non dissipativo.

Per tale tipologia di comportamento:

nella valutazione della domanda tutte le membrature e i collegamenti rimangono in campo elastico o sostanzialmente elastico; la domanda derivante dall'azione sismica è calcolata, in funzione dello stato limite cui ci si riferisce, ma indipendentemente dalla tipologia strutturale e senza tener conto delle non linearità di materiale, attraverso un modello elastico.

La verifica di resistenza delle strutture in c.a. (esistenti e nuove) sono condotte limitandosi assumendo un comportamento sostanzialmente elastico ai sensi di NTC 2018 p. 7.4.1 e p. 4.1.2.3.4.2.

7.7.3 Corpo Basso: determinazione del coefficiente di struttura orizzontale q_{ND}

La struttura sismo-resistente é assimilabile alla seguente tipologia:

strutture miste telaio-pareti equivalenti a pareti

in quanto la resistenza alle azioni verticali é affidata prevalentemente ai telai e la resistenza all'azione orizzontale é affidata alle pareti;

NON torsionalmente deformabile

NON regolare in pianta; (regolare in pianta se si considerano i singoli corpi)

NON regolare in altezza

Il fattore di struttura q associabile alla Classe di duttilità Bassa (CD"B") risulta essere:

$$q = q_0 \alpha_u / \alpha_1 k_R k_w \quad \text{essendo}$$

$$q_0 = 3.0 \alpha_u / \alpha_1 \quad (\text{struttura mista telaio-pareti equivalente a pareti});$$

$$\alpha_u / \alpha_1 \quad (\text{struttura a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti})$$

$$= 1.2 \quad (\text{struttura regolare in pianta});$$

$$= 1.1 \quad (\text{struttura NON regolare in pianta});$$

$$k_R = 0.8 \quad (\text{struttura non regolare in altezza});$$

$$k_w = 0.5 \leq (1 + \alpha_0) / 3 \leq 1.0 \quad \text{con}$$

$$\alpha_0 = h / b \quad \text{dove } h = \text{altezza parete, } b = \text{lunghezza parete}$$

	Dir.	h [m]	b [m]	alfa0	kw
ATRIO	Dir. Y	13.12	8.39	1.564	0.855
	Dir. Y	9.55	6.72	1.421	0.807
	Dir. X	9.55	0.95	10.053	1.000
SCALE MANICA	Dir. Y	2.69	12	0.224	0.500
	Dir. X	8.9	12	0.742	0.581
SCALA ASCENSORE MANICA	Dir. Y	16.06	7.8	2.059	1.000
	Dir. Y	16.06	5.7	2.818	1.000
	Dir. X	16.06	6.385	2.515	1.000

e uniformando al caso più sfavorevole:

$$q_{CD"B"} = 3.0 \times 1.1 \times 0.8 \times 0.5 = 1.32 \quad (\text{struttura NON regolare in pianta})$$

La progettazione strutturale si basa su un comportamento NON dissipativo per cui, dovendo essere

$$1.00 \leq q_{ND} = 2/3 q_{CD"B"} (\leq 1.5)$$

si assume $q_{ND} = 1.0$

7.7.4 Corpo Alto: determinazione del coefficiente di struttura orizzontale q_{ND}

La struttura sismo-resistente é assimilabile alla seguente tipologia:

strutture miste telaio-pareti equivalenti a pareti

NON torsionalmente deformabile

NON regolare in pianta;

NON regolare in altezza.

Il fattore di struttura q associabile alla Classe di duttilità Bassa (CD"B") risulta essere:

$$q = q_0 \alpha_u / \alpha_1 k_R k_w \quad \text{essendo}$$

$$q_0 = 3.0 \alpha_u / \alpha_1 \quad (\text{struttura mista telaio-pareti});$$

$$\alpha_u / \alpha_1 \quad (\text{struttura a telaio o miste equivalenti a pareti})$$

$$= 1.2 \quad (\text{struttura regolare in pianta});$$

$$= 1.1 \quad (\text{struttura NON regolare in pianta});$$

$$k_R = 0.8 \quad (\text{struttura non regolare in altezza});$$

$$k_w = 0.5 \leq (1 + \alpha_0) / 3 \leq 1.0 \quad \text{con}$$

$$\alpha_0 = h / b \quad \text{dove } h = \text{altezza parete, } b = \text{lunghezza parete}$$

	Dir.	h [m]	b [m]	alfa0	k _w	
Lato Teatro	Dir. Y	12	6.2	1.935	0.978	
	Dir. Y	13	6	2.167	1.000	
	Dir. Y	12.5	5	2.500	1.000	
	Dir. Y	14	12	1.167	0.722	
Lato posteriore	Dir. Y	15	6.6	2.273	1.000	
	Dir. Y	15	6.6	2.273	1.000	
	Dir. X	13.5	6	2.250	1.000	
	Dir. X	13.5	6	2.250	1.000	

e uniformando al caso più sfavorevole:

$$q_{CD"B"} = 3.0 \times 1.1 \times 0.8 \times 0.722 = 1.91$$

La progettazione strutturale si basa su un comportamento NON dissipativo per cui, dovendo essere

$$1.00 \leq q_{ND} = 2/3 q_{CD"B"} = 1.27$$

si assume $q_{ND} = 1.0$

7.7.5 Diagrammi degli spettri di progetto adottati

Sulla base della predette valutazioni sono stati adottati i seguenti valori del fattore di struttura q :

Stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV)

Sisma orizzontale

Corpo Alto: $q=1.0$

Corpo Basso: $q=1.0$

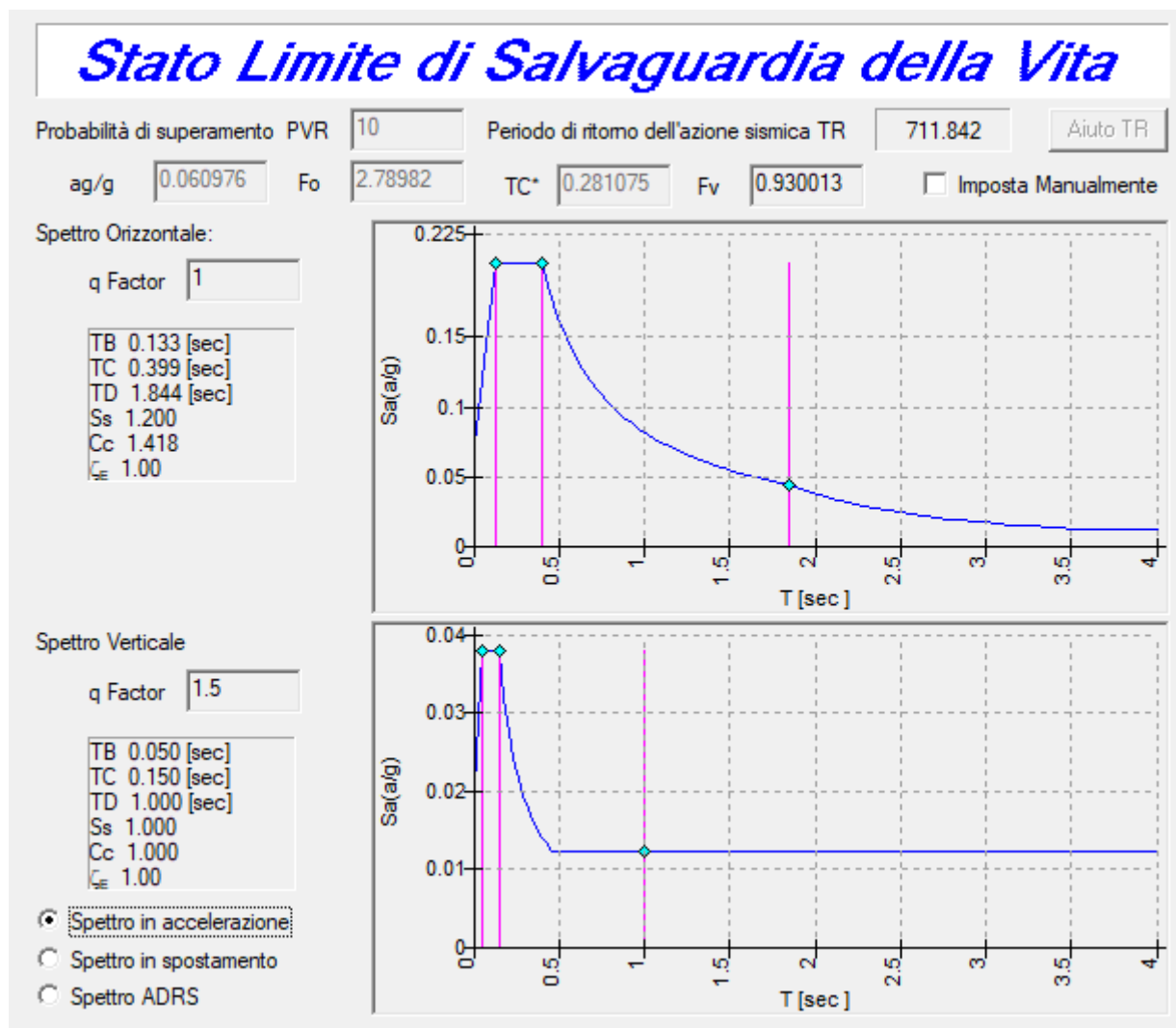
Sisma verticale: $q=1.5$

Stato limite di Danno (SLD)

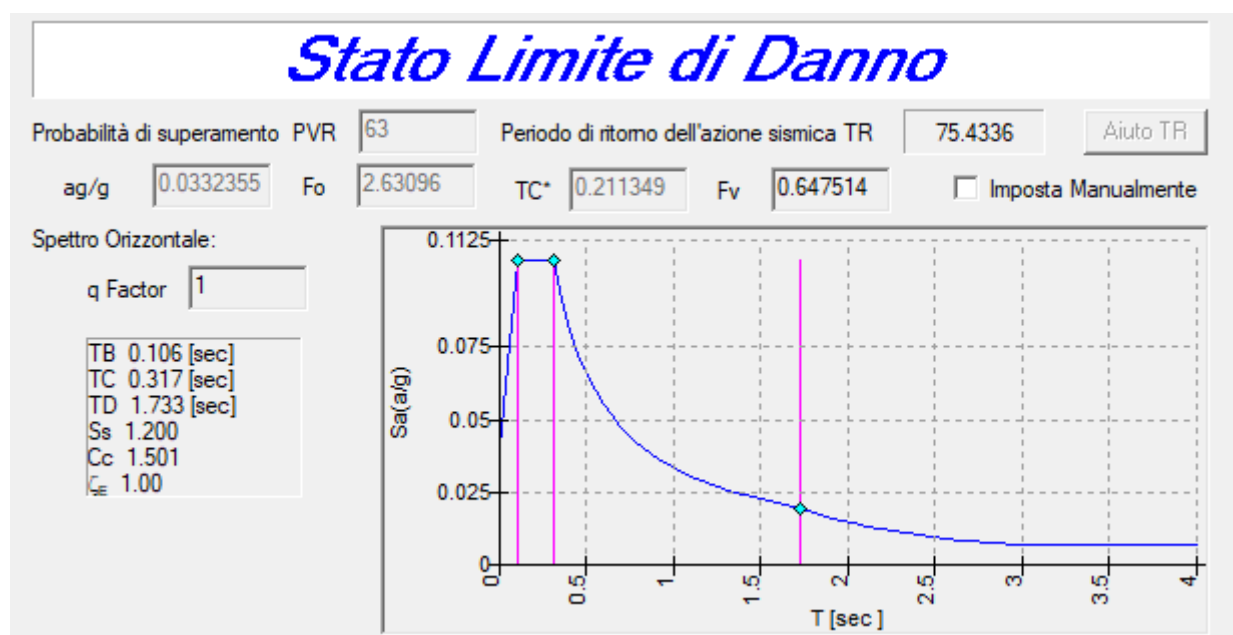
Sisma orizzontale: $q=1.0$

Stato limite di Operatività (SLO)

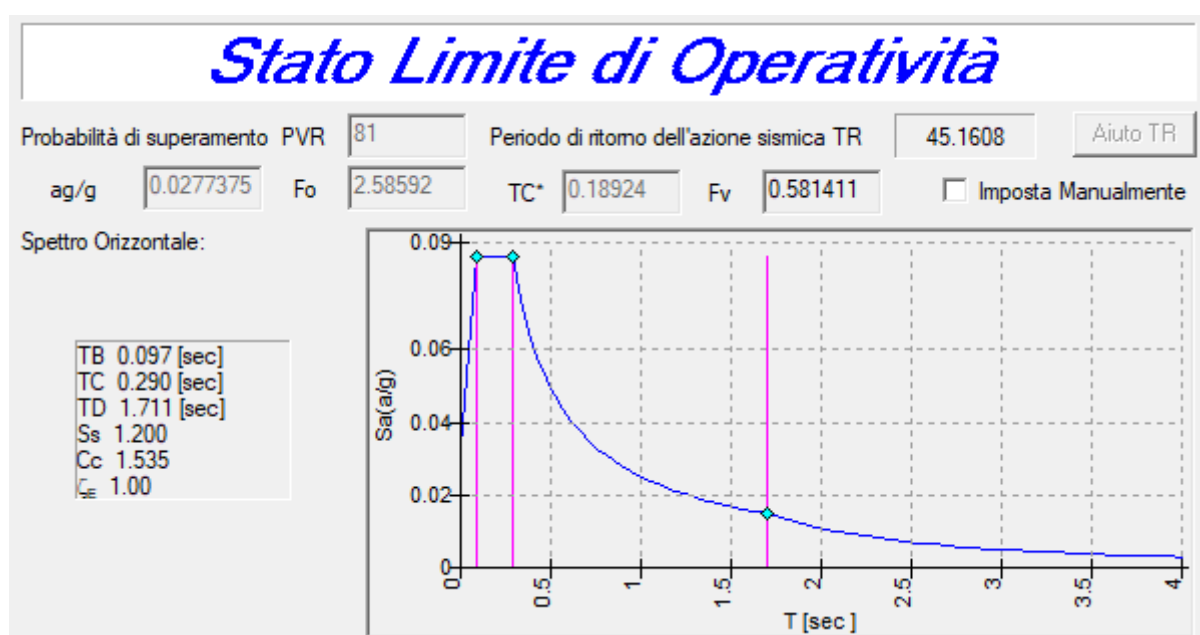
Sisma orizzontale: $q=1.0$



Spettri di progetto SLV orizzontale e verticale



Spettro di progetto orizzontale SLD



Spettro di progetto orizzontale SLO

7.7.6 Determinazione dell'azione sismica orizzontale di progetto per gli elementi costruttivi non strutturali

In accordo con il p. 7.2.3 NTC 2018, per elementi costruttivi non strutturali si intendono quelli che, pur non influenzando la risposta strutturale, sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza/incolumità delle persone.

Nel caso in esame si fa quindi riferimento a:

- a) tamponature esterne;
- b) tamponature interne;
- c) impianti appesi o ancorati a pareti;
- d) controsoffitti;
- e) ogni altro elemento non strutturale dotato di massa non trascurabile.

La domanda sismica su tali elementi e sugli elementi che li collegano alla struttura principale é determinata applicando una forza orizzontale F_a agente nel centro di massa dell'elemento e di intensità pari a:

$$F_a = (S_a W_a) / q_a \quad \text{dove}$$

W_a = peso elemento

S_a = accelerazione massima adimensionalizzata rispetto a g ;

q_a = fattore di comportamento dell'elemento.

Per la determinazione di S_a e q_a si fa riferimento a quanto riportato in NTC 2008 p.to 7.2.3:

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[\frac{3 \cdot (1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0,5 \right] \quad (7.2.2)$$

dove:

α è il rapporto tra l'accelerazione massima del terreno a_g su sottosuolo tipo **A** da considerare nello stato limite in esame (v. § 3.2.1) e l'accelerazione di gravità g ;

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche secondo quanto riportato nel § 3.2.3.2.1;

T_a è il periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale;

T_1 è il periodo fondamentale di vibrazione della costruzione nella direzione considerata;

Z è la quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione (v. § 3.2.2);

H è l'altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione

Per le strutture con isolamento sismico si assume sempre $Z=0$.

Il valore del coefficiente sismico S_a non può essere assunto minore di αS .

Si assume:

$$\alpha \text{ (SLV)} = ag(\text{cat. A}) / g = 0.60976$$

$$S = S_s S_t = 1.5 \times 1.0 = 1.5$$

$$T_a = T_1 \text{ (a favor di sicurezza)}$$

$$Z / H \cong 1.0 \quad \text{(a favor di sicurezza)}$$

da cui

$$S_a = 0.503$$

$$F_a = 0.503 W_a / q_a$$

con q_a desumibile dalla tabella 7.2.I seguente:

Tabella 7.2.I – Valori di q_a per elementi non strutturale

Elemento non strutturale	q_a
Parapetti o decorazioni aggettanti	1,0
Insegne e pannelli pubblicitari	
Ciminiere, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole senza controventi per più di metà della loro altezza	
Pareti interne ed esterne	2,0
Tramezzature e facciate	
Ciminiere, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole non controventate per meno di metà della loro altezza o connesse alla struttura in corrispondenza o al di sopra del loro centro di massa	
Elementi di ancoraggio per armadi e librerie permanenti direttamente poggiati sul pavimento	
Elementi di ancoraggio per controsoffitti e corpi illuminanti	

7.8 Combinazioni di carico

Operando in accordo con il metodo agli stati limite descritto nelle NTC 2018, vengono prese in considerazione le seguenti tipologie di combinazioni di carico:

COMBINAZIONI SLU STATICHE

$$F_d = \gamma_{G1} G_{K1} + \gamma_{G2} G_{K2} + \gamma_{Q1} Q_{K1} + \sum_{i=2} \psi_{0i} \gamma_{Qi} Q_{Ki}$$

In cui:

Coefficienti di sicurezza	Sfavorevoli alla sicurezza	Favorevoli alla sicurezza
γ_{G1}	1.3	0.9
γ_{G2} (se compiutamente definiti)	1.3	0.9
γ_{Qi}	1.5	0.0

Fattori di partecipazione dei carichi variabili:

Azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Variabili sui solai (cat. B)	0.7	0.5	0.3
Variabili sui solai (cat. C)	0.7	0.7	0.6
Neve	0.5	0.2	0.0
Vento	0.6	0.2	0.0
ΔT	0.6	0.5	0.0

COMBINAZIONI SL* SISMICHE

$$F_d = A_{Ed} + G_K + \sum_i \psi_{2i} Q_{Ki}$$

Con masse calcolate come

$$G_K + \sum_i \psi_{2i} Q_{Ki}$$

COMBINAZIONI SLE

Rare

$$F_d = G_{K1} + G_{K2} + Q_{K1} + \sum_{i=2} \psi_{0i} Q_{Ki}$$

Frequenti

$$F_d = G_{K1} + G_{K2} + \psi_{1,1} Q_{K1} + \sum_{i=2} \psi_{2i} Q_{Ki}$$

Quasi permanenti:

$$F_d = G_{K1} + G_{K2} + \sum_{i=1} \psi_{2i} Q_{Ki}$$

COMBINAZIONI ECCEZIONALI (FUOCO)

$$F_d = G_{K1} + G_{K2} + \sum_{i=1} \psi_{2i} Q_{Ki}$$

8 Analisi e verifiche strutturali**8.1 Software di calcolo strutturale**

L'analisi della risposta strutturale all'azione dei carichi di base e delle sue probabili combinazioni, è stata eseguita mediante il metodo dell'equilibrio o degli spostamenti.

La maggiore parte delle analisi è stata eseguita mediante elaborazione assistita da computer con procedure interattive grafiche e software indirizzato all'ingegneria civile redatto e controllato in accordo alle CNR-UNI 10024/86 "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo".

Il programma di analisi strutturale adottato in campo lineare elastico è lo STRAND di Enxsys le cui specifiche generali, librerie di elementi finiti e capacità di modellazione delle azioni, materiali e schematizzazione della struttura e dei vincoli sono illustrate nell'Allegato Z dedicato.

Il programma di analisi dei dettagli è IDEA StatiCa le cui specifiche generali, capacità di modellazione delle azioni, materiali e schematizzazione della struttura e dei vincoli sono illustrate nell'Allegato Z dedicato.

Dove ritenuto necessario è stato eseguito un giudizio motivato di accettabilità dei risultati automatici mediante analisi comparativa eseguita con modelli semplificati.

8.2 Valori di calcolo delle resistenze dei materiali strutturali

I valori di calcolo $X_d (= X_k / \gamma_M)$ dei materiali sono desunti dai corrispondenti valori caratteristici X_k mediante le formulazioni e l'impiego dei coefficienti di sicurezza γ_M prescritti nelle NTC 2018.

8.3 Analisi del comportamento mono-latero dei diagonali di controventamento

Come specificato nel dettaglio negli Allegati dedicati alla descrizione dei modelli matematici delle strutture, alcune tipologie di elementi strutturali (tipicamente gli elementi di controventamento) sono considerati come bielle attive solo a trazione.

La presenza di aste con tale comportamento mono-latero richiederebbe una analisi “non lineare” nel senso di analisi iterativa volta a, per ogni passo di carico di ogni combinazione prevista, ad escludere la presenza degli elementi compressi nell’assemblaggio della matrice di rigidezza del sistema strutturale (o altri artifici con la medesima finalità). Ulteriormente complessa, se non impossibile, risulterebbe l’applicazione dell’analisi dinamica modale con spettro di risposta.

Per far fronte a tali complicazioni e con l’obiettivo di cogliere comunque la sostanza degli effetti di tale assunzione si ricorre ad una strategia di modellazione che consiste nel definire le aste aventi comportamento monolatero nel seguente modo:

- 1) si assegna un materiale con modulo elastico E corrispondente al modulo elastico reale e peso specifico doppio;
- 2) si assegna Area pari al 50% dell’Area reale del profilo;
- 3) si modellano entrambi gli elementi;
- 4) si verificano gli elementi solo per resistenza a sforzo assiale escludendo fenomeni di instabilità.

In virtù del p.to 1) il peso proprio degli elementi è valutato e applicato correttamente.

In virtù dei p.ti 2) e 3) la rigidezza della struttura controventata da tali elementi è rappresentata con sufficiente approssimazione.

L’azione da controventare si ripartisce in parti approssimativamente uguali tra l’elemento teso (attivo) e l’elemento compresso (disattivo) ma in virtù dei punti 2) e 4) l’esito della verifica automatica è corretto.

8.4 Effetti delle imperfezioni e degli spostamenti ($P-\Delta$)

Imperfezioni:

In accordo con quanto specificato nel p.to 4.2.3.5 delle NTC 2018, sono stati considerati gli effetti delle imperfezioni geometriche nelle strutture compresse (colonne, correnti compressi delle travi reticolari) ai fini del dimensionamento delle strutture di controvento.

Per i sistemi di controventatura di falda si è fatto ricorso alla procedura prevista nelle norme e sintetizzata dalla formula C4.2.15 della Circolare NTC 2018

$$q_d = \frac{8(e_0 + \delta_q)N_{Ed}}{L^2} \quad [C4.2.15]$$

dove δ_q è la freccia massima del sistema di controvento dovuta a q_d e ai carichi esterni, da considerarsi nulla se si effettua un’analisi del second’ordine, e N_{Ed} è la forza normale di compressione nel sistema o quella trasmessa dagli elementi controventati (Figura C4.2.5).

Per le colonne perimetrali si considera una imperfezione di verticalità pari a 1/200 della loro altezza.

Effetti degli spostamenti (P- Δ):

Nelle strutture soggette a maggiore deformabilità (impalcato metallico di copertura dei Locali tecnici della Maniche gli effetti P- Δ sono stati considerati mediante analisi del secondo ordine.

8.4.1 Strutture di sostegno di elementi secondari e non strutturali

Per le strutture di sostegno e relativi attacchi agli impalcati de:

- a) i paramenti esterni;
- b) i tamponamenti interni;
- c) i parapetti;
- d) gli elementi appesi agli impalcati;
- e) i grigliati metallici;

il dimensionamento é a carico del Fornitore in accordo con le azioni di progetto:

- 1) verticali (peso proprio, peso portato, eventuale azione variabile);
- 2) orizzontali (spinta sui parapetti, spinta del vento, azione sismica).

8.5 Metodo di analisi degli effetti dell'azione sismica

Il metodo di analisi utilizzato per la valutazione delle sollecitazioni prodotte dal sisma é l'analisi dinamica modale. Il modello della struttura adottato é tridimensionale e rappresenta in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa,

Per i materiali si adottano leggi costitutive elastiche.

Gli orizzontamenti piani sono considerati infinitamente rigidi nel loro piano medio.

La componente verticale del sisma é presa in considerazione per la presenza dei casi elencati nel p. 7.2.2 delle NTC 2018 (pilastri in falso negli impalcati P.2 delle Maniche, travi di copertura della Platea Teatro e della Torre Scenica con luci > 20m).

Si considerano quindi 3 direzioni d'ingresso del sisma:

X (asse longitudinale)

Y (asse trasversale)

Z (asse verticale)

La risposta all'azione sismica è calcolata unitariamente per le due componenti, applicando l'espressione

$$1.00 E_x + 0.30 E_y + 0.30 E_z$$

Gli effetti più gravosi si ricavano dal confronto tra le combinazioni ottenute permutando circolarmente i coefficienti moltiplicativi.

8.6 Rispetto dei requisiti nei confronti degli stati limite sismici

Per tutti gli elementi strutturali primari e secondari, gli elementi non strutturali e gli impianti si deve verificare che il valore di ciascuna domanda di progetto, definito dalla tabella 7.3.III seguente per ciascuno degli stati limite richiesti, sia inferiore al corrispondente valore della capacità di progetto.

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

8.6.1 Modalità di calcolo delle capacità degli elementi con riferimento al loro comportamento sismico sostanzialmente elastico

Avendo adottato l'ipotesi di comportamento non dissipativo, nel calcolo delle capacità degli elementi si assume un comportamento sostanzialmente elastico (vedere NTC 2018 7.3.6.1).

Il comportamento sostanzialmente elastico viene rappresentato, in accordo con quanto specificato nel p.to 4.1 delle NTC 2018, adottando per i materiali cls e acciaio d'armatura i diagrammi costitutivi σ - ε "classici" ma privati del ramo plastico:

per l'acciaio il diagramma σ - ε quindi è limitato al ramo elastico: $-f_{yd} \leq \sigma \leq +f_{yd}$ per ε compreso tra $-\varepsilon_{yd}$ e $+\varepsilon_{yd}$;

per il cls il diagramma σ - ε quindi è limitato al ramo $0 \leq \varepsilon_c \leq 0.2\%$.

8.6.2 Criterio di calcolo delle azioni sismiche trasmesse in fondazione

Avendo adottato l'ipotesi di comportamento non dissipativo, le azioni trasmesse in fondazione sono quelle desunte dal calcolo.

8.7 Giunti strutturali

In corrispondenza del passaggio da Corpo Basso al Corpo Alto della Torre Scenica è previsto un giunto strutturale.

L'ampiezza del giunto è determinata in accordo con il p.to 7.2.1 delle NTC 2018:

Spostamento massimo SLV in direzione longitudinale (X) con sisma 100% da Normativa

Corpo Basso +/- 1.6cm

Corpo Alto (alla quota massima di contatto con il Corpo Basso) +/- 2.0cm

Ampiezza minima del giunto (movimento controfase): dg1 = +/- 3.6cm

Ampiezza minima del giunto $dg_2 = H/100 \cdot 2 \cdot (ag/g) \cdot S$

$$2 \cdot (ag/g) \cdot S = (ag/g) \cdot S_s \cdot S_t = 2 \times 0.060976 \times 1.2 \times 1.0 = 0.146$$

$H = \text{Max altezza Corpo Basso dallo spiccato delle fondazioni di corpi scala E e F} = 13\text{m} + 7\text{m} = 20\text{m}$

$$dg_2 = 29\text{mm}$$

Si assume un giunto di ampiezza 5cm.

9 RELAZIONI SPECIFICHE E ALLEGATI

Nella tabella seguente l'elenco delle Relazioni (e relativi Allegati) dedicate alle varie parti dell'opera

Codice elaborato					Contenuto
22044D02_3_0_E	ST	00	CD	510	Risultati delle indagini sui materiali strutturali
		Allegati	1	510- All1	Report finale delle indagini in situ
22044D02_3_0_E	ST	00	CD	511	Relazione generale delle strutture
		Allegati	1	511- All1	Protezione al fuoco
22044D02_3_0_E	ST	00	CD	512	Relazione di calcolo - Strutture Corpo Basso
a		Allegati	1	512- All1	Impalcato nuovi Maniche
			2	512- All2	Corpi scala Maniche
			3	512- All3	Galleria
			4	512- All4	Impalcato sotto copertura Platea Teatro
			5	512- All5	Lucernaio copertura Platea
			6	512- All6	Rinforzo impalcato copertura Platea Teatro
			7	512- All7	Platea e muro di sostegno fossa orchestra
			8	512- All8	Rinforzo impalcato coperture Atrio e Torre Scenica lato Petrarca
			9	512- All9	Rinforzo muro facciata Atrio e pensilina
22044D02_3_0_E	ST	00	CD	513	Relazione di calcolo - Strutture Corpo Alto
		Allegati	1	513- All1	Torre Scenica - Rinforzo copertura e nuove travi reticolari metalliche e graticcia
			2	513- All2	Nuovi impalcato Torre Scenica Lato BCC e Rinforzo impalcato copertura Torre Scenica Lato Petrarca
			3	513- All3	Pareti e corpi c.a. Torre Scenica
			4	513- All4	Rinforzo solaio Palco
			5	513- All5	Rinforzo pareti della torre scenica
			6	513- All6	Strutture UTA
22044D02_3_0_E	ST	00	CD	514	Relazione di calcolo - Fondazioni
		Allegati	1	514- All1	Fondazioni corpi scala Atrio/Maniche (A, B, C, D, E, F) - Verifiche strutturali
			2	514- All2	Fondazioni corpi scala Atrio/Maniche (A, B, C, D, E, F) - Verifiche geotecniche
			3	514- All3	Fondazioni Galleria
			4	514- All4	Fondazioni nuovi impalcato Atrio/Maniche - Verifiche strutturali
			5	514- All5	Fondazioni nuovi impalcato Atrio/Maniche - Verifiche geotecniche
22044D02_3_0_E	ST	00	CD	515	Relazione di calcolo - Altri interventi
		Allegati	1	515- All1	Cunicolo e vasche interrato

COMUNE di TORINO

PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione generale delle strutture

Allegato 1

Protezione al fuoco

Tabella di revisione

Revisione	Data	Descrizione	Eseguito da	Controllato da	Approvato da
R00	22/05/2025	Emissione Progetto Esecutivo a seguito dei pareri espressi dagli Enti preposti in CdS	S.Pinardi	S.Pinardi	M. Majowiecki
R01	24/07/2025	Aggiornamenti – Protezione al fuoco solai misti	S.Pinardi	S.Pinardi	M. Majowiecki

SOMMARIO

1	Premessa.....	6
2	Domanda	6
3	Scelte progettuali	13
3.1	Previsioni del PFTE.....	13
3.2	Previsioni del PE	14
4	Protezione delle strutture metalliche	15
4.1	Tipi di protettivi - Intonaco isolante leggero	15
4.2	Tipi di protettivi - Pittura intumescente	19
4.3	Protezione dei solai in lamiera grecata collaborante con cls LC 25/28.....	25
4.3.1	Criteri I ed E	25
4.3.2	Criterio R	26
4.3.2.1	Opzione 1: protezione con intonaco leggero	26
4.3.2.2	Opzione 2: soddisfacimento requisito mediante rinforzo con armature intradosso 27	
4.4	Protezione dei profili metallici.....	43
4.4.1	Strutture metalliche Maniche e Sala Prove.....	45
4.4.2	Copertura Atrio - Travi metalliche (2 UPN 350)	46
4.4.3	Copertura bassa Torre Scenica lato Petrarca - Travi metalliche (2 MC 460x86).....	46
4.4.4	Torre scenica.....	47
4.5	Strutture in c.a. esistenti.....	48
4.5.1	Impalcato Atrio	48
4.5.1.1	Solaio latero-cemento	48
4.5.1.2	Travi c.a.....	48
4.5.2	Impalcato copertura Platea.....	49
4.5.2.1	Solaio latero-cemento	49
4.5.2.2	Travi c.a.....	49
4.5.3	Impalcato copertura bassa Torre Scenica lato Petrarca	49
4.5.3.1	Solaio latero-cemento	49
4.5.3.2	Travi c.a.....	49
4.5.4	Solaio copertura Manica servizi posteriore alla Torre Scenica	49
4.5.5	Impalcato Palco P.T.	49

Allegato 1 - Protezione al fuoco

4.5.5.1	Solaio latero-cemento	49
4.5.5.2	Travi c.a.....	49
4.5.6	Colonne e travi	50

1 Premessa

Il presente documento contiene la sintesi delle valutazioni effettuate per determinare le caratteristiche delle protezioni al fuoco necessarie alle strutture dell'opera.

2 Domanda

In accordo con la relazione 22044D02_3_0_E_VF_00_CA_001_0 sono richieste le seguenti protezioni R/EI alle strutture esistenti e di nuova realizzazione:

5.2.1 Resistenza al fuoco delle strutture

Per quanto concerne la misura della resistenza al fuoco delle strutture le varianti non hanno previsto modifiche, pertanto, resta valido quanto già indicato nel progetto approvato in data 31/10/2023 fascicolo n 87344 protocollo n. 8348.

In particolare

“Le strutture portanti e/o separanti hanno in generale un valore di resistenza al fuoco non inferiore a R/REI 60 trattandosi di edificio con altezza antincendio non superiore ai 12 m.

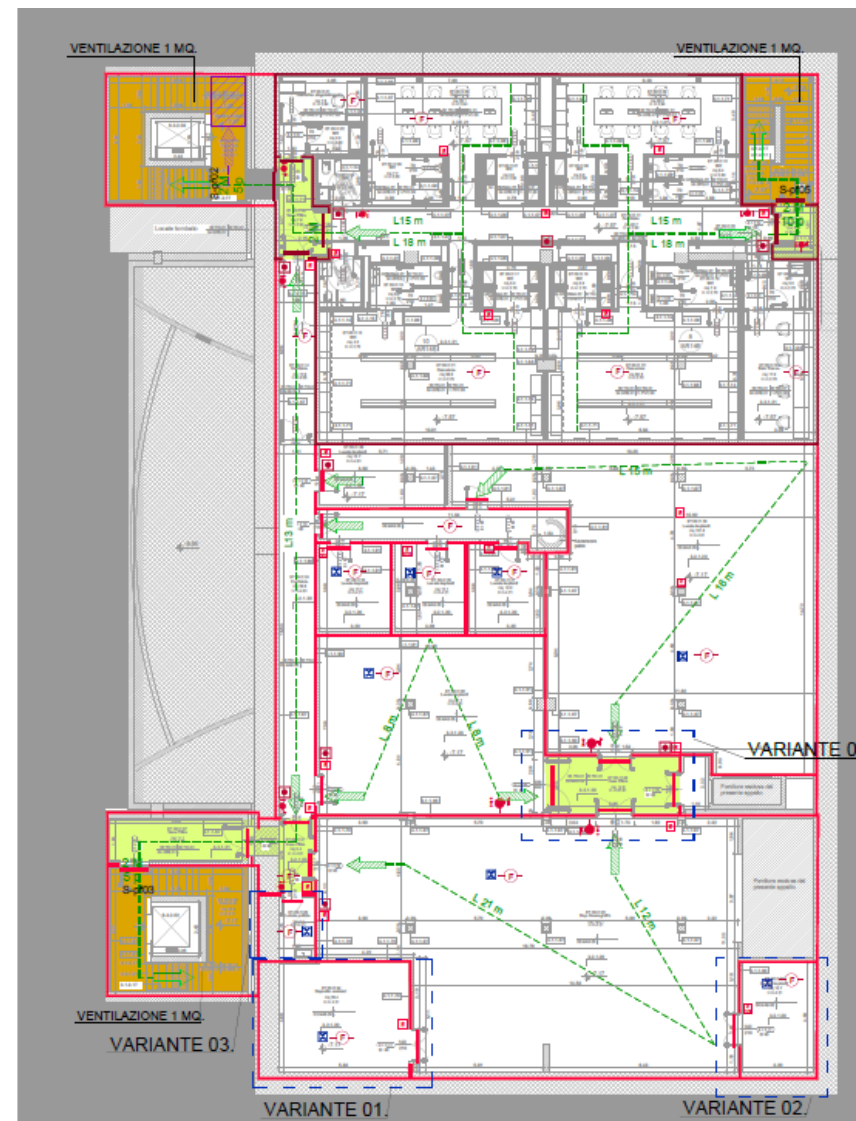
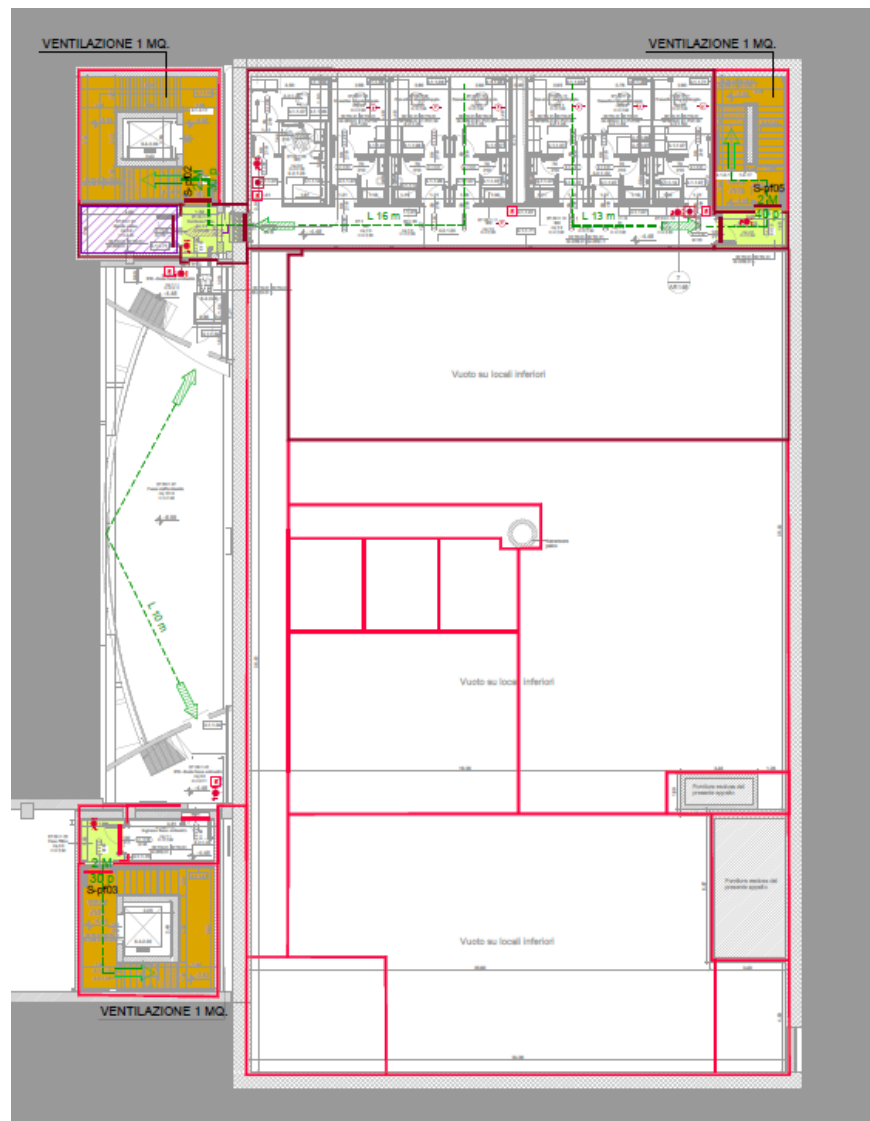
Nella tabella qui di seguito sono riportati, in relazione sia alla configurazione progettuale sia all'altezza antincendio, i valori di resistenza al fuoco previsti per le strutture portanti e/o separanti presenti all'interno del Teatro.”

DESTINAZIONE	LIVELLO	VALORE DI RESISTENZA AL FUOCO GARANTITO	RIFERIMENTI DM 19/08/96 E NOTE
Sala principale	P0-P1	R-REI 90	2.2.2; 2.3.1; 5.1; 5.2.1
Sale secondarie	P1	R-REI 90	2.2.2; 2.3.1
Torre scenica	I2-I1-P0-P1	R-REI 90	2.3.1; 5.1; 5.2.1
Sottopalco	I2-I1	R-REI 90	2.3.1; 5.1
Camerini interrato	I2-I1	R-REI 120	2.3.1; 5.2.6.1
Camerini e uffici – fuori terra	P0-P1	R-REI 90	2.3.1; In continuità ai piani interrati
Vani scala P1 -P0 non adiacenti alle sale secondarie	P0-P1	R-REI 60	2.3.1

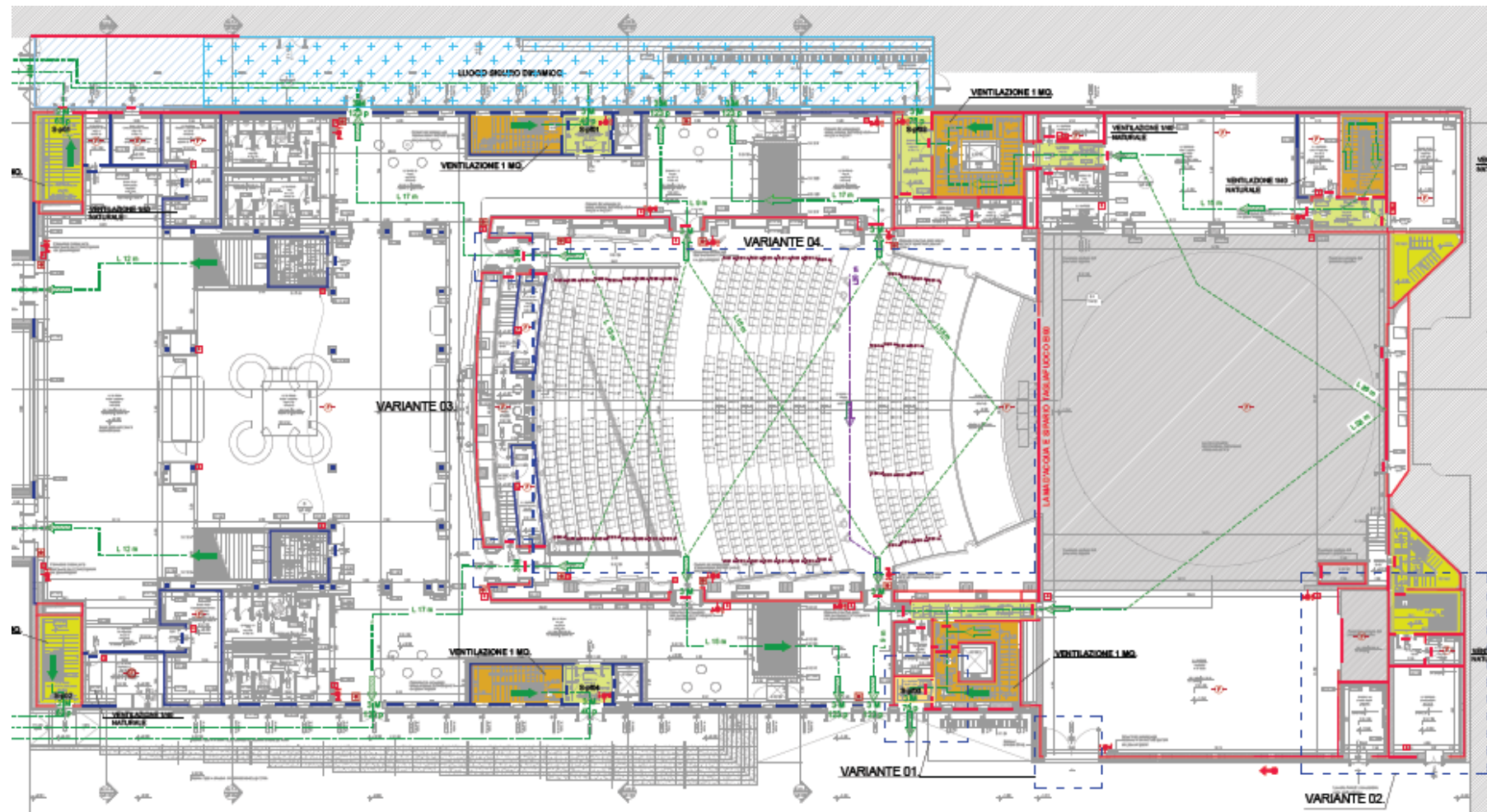
Di seguito sono riportati gli elaborati relativi al progetto antincendio:

	COMPARTIMENTAZIONE O STRUTTURA PORTANTE R / EI / REI 30
	COMPARTIMENTAZIONE O STRUTTURA PORTANTE R / EI / REI 60
	COMPARTIMENTAZIONE O STRUTTURA PORTANTE R / EI / REI 90
	COMPARTIMENTAZIONE O STRUTTURA PORTANTE R / EI / REI 120

Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
 Progetto esecutivo delle strutture – Relazione generale delle strutture
 Allegato 1 - Protezione al fuoco

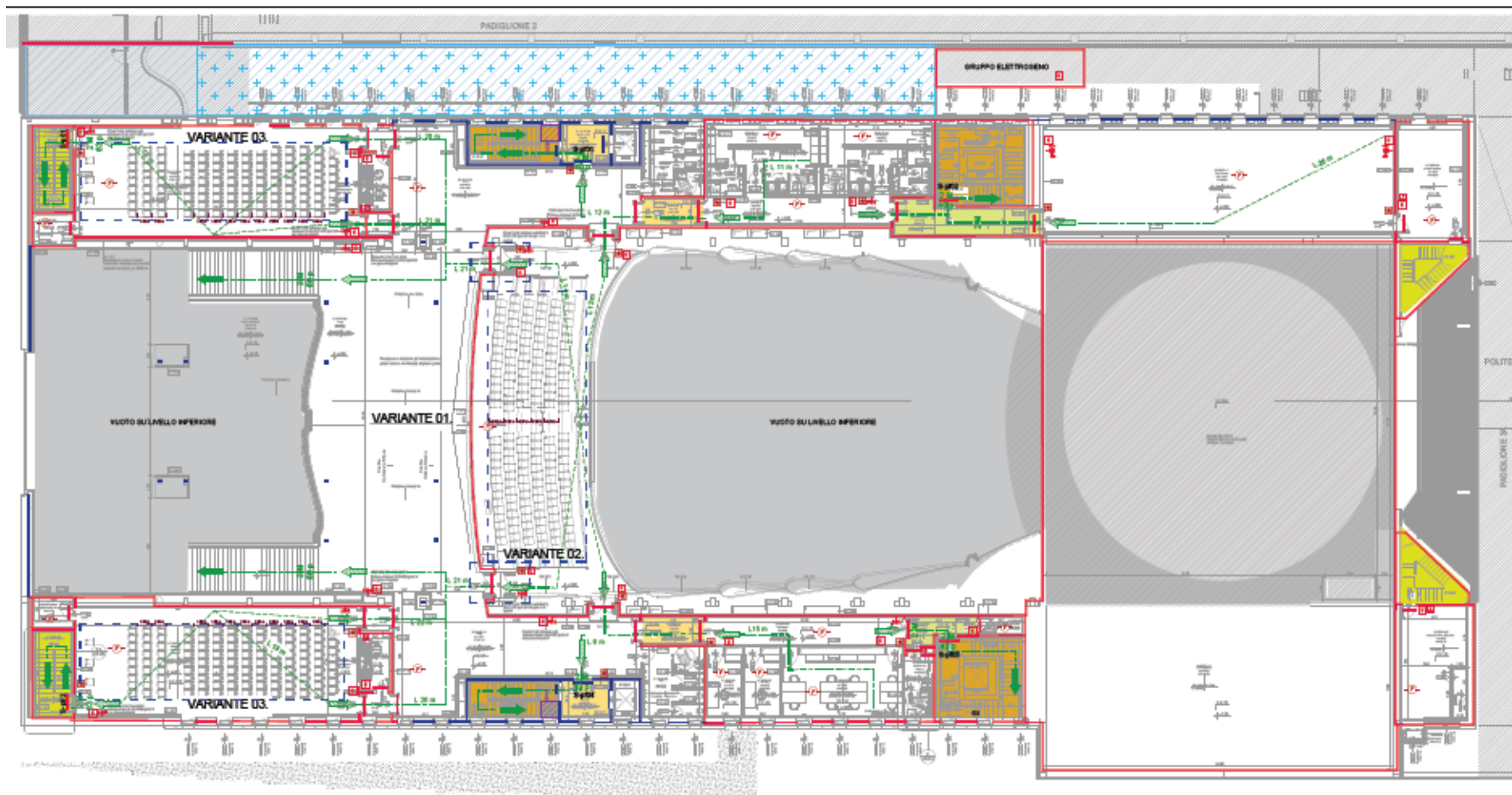


Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
Progetto esecutivo delle strutture – Relazione generale delle strutture
Allegato 1 - Protezione al fuoco



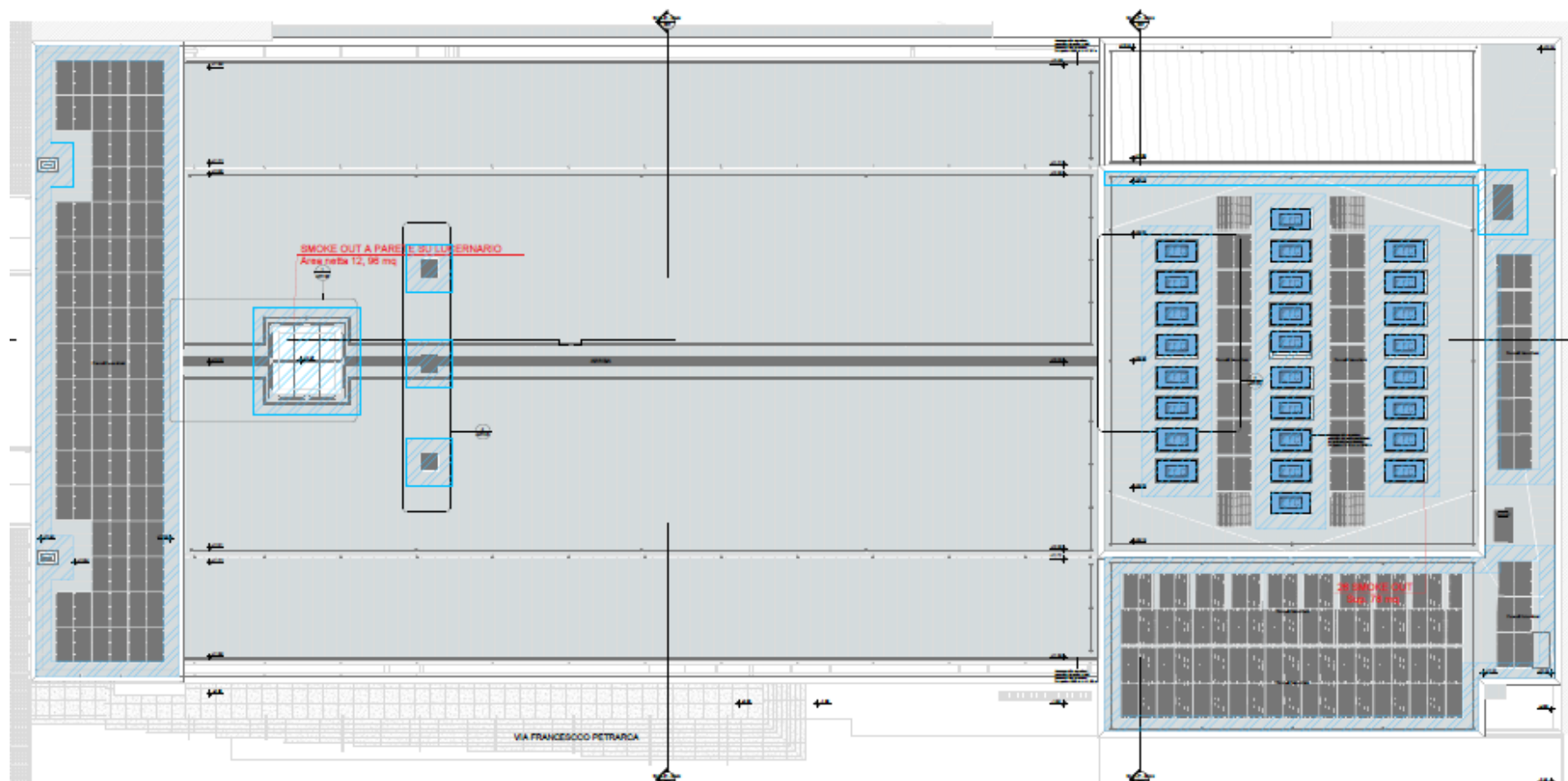
Estratto da TNT_22044D02_3_0_E_VF_00_AE_003_0

Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
Progetto esecutivo delle strutture – Relazione generale delle strutture
Allegato 1 - Protezione al fuoco



Estratto da TNT_22044D02_3_0_E_VF_00_AE_004_0

Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
Progetto esecutivo delle strutture – Relazione generale delle strutture
Allegato 1 - Protezione al fuoco



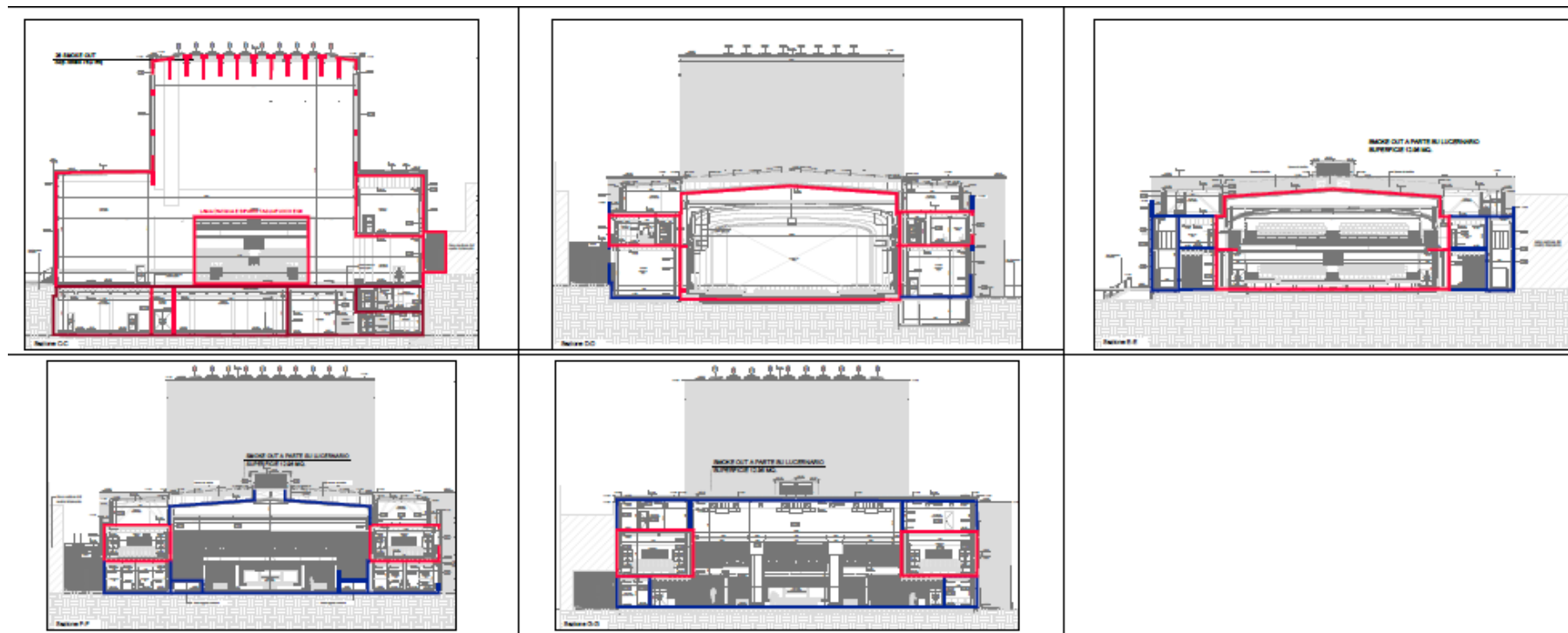
Estratto da TNT_22044D02_3_0_E_VF_00_AE_005_0

Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
Progetto esecutivo delle strutture – Relazione generale delle strutture
Allegato 1 - Protezione al fuoco



Estratto da TNT_22044D02_3_0_E_VF_00_AF_006_1

Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
Progetto esecutivo delle strutture – Relazione generale delle strutture
Allegato 1 - Protezione al fuoco



Estratto da TNT_22044D02_3_0_E_VF_00_AF_007_0

3 Scelte progettuali

3.1 Previsioni del PFTE

Nel progetto PFTE sono stati individuate le seguenti protezioni R/EI 90 o R/EI 120 limitatamente alle sole strutture in acciaio:

Per **solai in lamiera grecata collaborante con cls LC 25/28**

Protezione R/EI 90 di solaio in lamiera grecata di altezza complessiva 110 mm a mezzo di applicazione di intonaco antincendio leggero a base di vermiculite e gesso (tipo Promat PROMSPRAY P300) di spessore 21mm, previa applicazione di circa 100 g/m² di primer di adesione.

Protezione R/EI 120 di solaio in lamiera grecata di altezza complessiva 110 mm a mezzo di applicazione di intonaco antincendio leggero a base di vermiculite e gesso (tipo Promat PROMSPRAY P300) di spessore 26mm, previa applicazione di circa 100 g/m² di primer di adesione.

Per le **travi metalliche** a sostegno dei solai in lamiera grecata collaborante con cls LC 25/28

Protezione R90 delle travi in acciaio di sostegno al solaio in lamiera grecata a mezzo di applicazione di intonaco isolante (tipo PROMAT PROMASPRAY P300) di spessore fino a 30mm previa applicazione di circa 100 gr/mq di primer di adesione.

Protezione R120 delle travi in acciaio di sostegno al solaio in lamiera grecata a mezzo di applicazione di intonaco isolante (tipo PROMAT PROMASPRAY P300) di spessore fino a 38mm previa applicazione di circa 100 gr/mq di primer di adesione.

3.2 Previsioni del PE

La progettazione architettonica prevede in certe posizioni una protezione “edile” di parte delle strutture ottenuta implicitamente mediante carterizzazioni e/o tamponamenti R/EI necessarie anche ai fini di compartimentazione.

Si rimanda agli elaborati architettonici l'individuazione degli elementi strutturali completamente protetti con queste modalità e, per sottrazione, di quelli che necessitano di un intervento ad hoc.

Per questi ultimi:

1. La carpenteria metallica (di nuova realizzazione) non è autonomamente in grado di soddisfare i requisiti di resistenza al fuoco di progetto.

Per essa si conferma il ricorso a protettivi in intonaco antincendio leggero a base di vermiculite e gesso o di pitture intumescenti i cui spessori minimi vengono determinati di seguito in funzione de:

- la resistenza R richiesta;
- il tasso di utilizzo nello scenario d'incendio del profilo metallico;
- la massività della sezione del profilo metallico.

e con l'impiego delle tabelle estratte dal documento pubblicate da PROMAT nel documento “manuale-protezione-strutturale-promat-2022_update-2024.pdf” di cui si riportano nelle pagine successive alcuni estratti presi a riferimento.

2. Per gli elementi strutturali in c.a. di nuova realizzazione (pareti in c.a., struttura della Galleria) la protezione al fuoco è garantita mediante l'adozione di adeguato copriferro in accordo con il metodo tabellare esposto nel D.M. 16-02-2007. Si veda il documento “22044D02_3_0_E_ST_00_CD_511” sugli spessori di copriferro adottati.
3. Per gli elementi strutturali in c.a. esistenti si è integrato il copriferro esistente (in genere modesto) con intonaco antincendio leggero a base di vermiculite e gesso in funzione della resistenza richiesta.

4 Protezione delle strutture metalliche

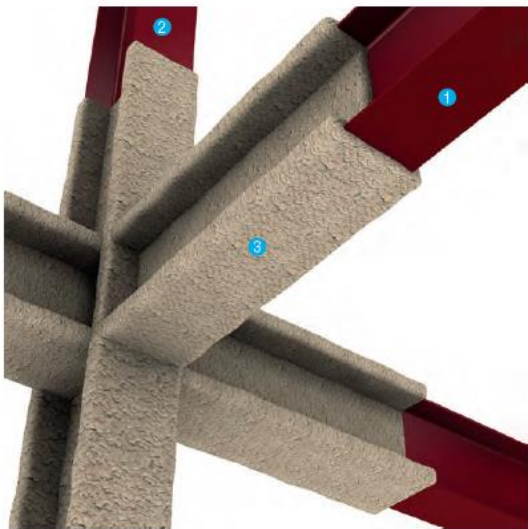
4.1 Tipi di protettivi - Intonaco isolante leggero

Per la protezione delle strutture metalliche si fa riferimento al prodotto "Intonaco isolante PROMASPRAY-P300" della Promat e di cui si riportano di seguito le caratteristiche e le tabelle di dimensionamento degli spessori.

Sono valide soluzioni alternative con prestazioni non inferiori a quelle indicate.

Il Fornitore deve comunque confermare la conformità della soluzione in funzione delle caratteristiche effettive del prodotto applicato.

Promat	Resistenza al fuoco di elementi in acciaio protetti da intonaco isolante PROMASPRAY®-P300	R15-240 PS008.0
---------------	--	----------------------------



Legenda tecnica

- 1 Trave in acciaio
- 2 Pilastro in acciaio
- 3 Intonaco isolante PROMASPRAY®-P300

Rapporto di Valutazione: **EFR 17-004159**
In accordo alla norma **EN 13381-4**

Estratto del campo di diretta applicazione:
EN 13381-4: 2013 "Metodo per la valutazione della resistenza al fuoco degli elementi strutturali"
Parte 4: protezione applicata a elementi di acciaio"

Limiti di applicabilità dei risultati della valutazione:

- Massività compresa tra 66 m⁻¹ e 495 m⁻¹
- Spessore di protezione valutato alle seguenti temperature critiche: 350-400-450-500-550°C
- Applicabilità a travi e pilastri esposti su 3 o 4 lati
- Profili di sezione "I" e "H"

Gli spessori si applicano anche ad altre forme di sezione (es. rettangolari, tubolari cavi...) secondo le maggiorazioni indicate nella norma EN 13381-4 utilizzando le seguenti formule:

spessore maggiorato = $d_p \left(1 + \frac{A_p/V}{1000}\right)$ per A_p/V fino a 250 m⁻¹
spessore maggiorato = 1,25 dp per A_p/V superiori a 250 m⁻¹
dp = spessore ricavato dalle tabelle profili I ed H

 **Fondo anticorrosivo compatibile: alchidico o epossidico**

 **Primer di adesione BONDSEAL / STRONGBOND**

Voce di capitolato

Fornitura e posa in opera di protezione di elementi in acciaio (travi e pilastri) in accordo alla norma EN 13381-4, costituita da intonaco antincendio leggero, a base vermiculite e gesso (tipo PROMASPRAY®-P300 sulla base del Rapporto di Valutazione EFR 17-004159) esente da cariche organiche leggere tipo polistirolo, in classe A1 con peso specifico in opera minore di 360 ± 15 % kg/m³, applicato a spruzzo direttamente sulle superfici da proteggere. Inoltre l'intonaco dovrà essere corredato di classificazione secondo la direttiva 65/548 CEE e successive modifiche come prodotto non pericoloso. Contenuto in sostanze organiche volatili valutato secondo Direttiva AFSETT e ISO 16000. Il rivestimento antincendio dovrà essere marcato CE, attestazione di conformità del sistema LIVELLO 1 - Resistenza al fuoco e corredato di D.o.P., in accordo alla ETAG 018-3, per l'uso consentito di resistenza al fuoco di tipo 4 (strutture portanti in acciaio). Il rivestimento antincendio in Silicato di Calcio dovrà avere una durabilità di non meno di 25 anni, per applicazioni all'interno tipo Z2, in accordo alla ETAG 018-3.

Allegato 1 - Protezione al fuoco

Intonaco isolante leggero - Tabella per il dimensionamento dello spessore protettivo per **R60** su profilo metallico esposto su 4 lati (a favor di sicurezza) estratto dal documento PROMAT “Manuale-protezione-strutturale-promat-2022_update-2024”:

Tabella 4 - Spessore di protettivo R60 per pilastri e travi a sezione aperta protetti su 4 lati

R 60	Spessore di protettivo (mm)								
	Temperatura di progetto (C°)								
Ap/V (m-1)	350	400	450	500	550	600	650	700	750
≤ 66	15	11	10	10	10	10	10	10	10
70	16	12	10	10	10	10	10	10	10
80	18	14	11	10	10	10	10	10	10
90	19	16	13	10	10	10	10	10	10
100	21	17	14	12	10	10	10	10	10
110	22	18	15	13	11	10	10	10	10
120	23	19	17	14	12	10	10	10	10
130	24	20	18	15	13	11	10	10	10
140	25	21	18	16	14	12	10	10	10
150	25	22	19	17	15	13	11	10	10
160	26	23	20	18	15	14	12	10	10
170	27	23	21	18	16	14	13	11	10
180	27	24	21	19	17	15	13	12	10
190	28	24	22	19	17	15	14	12	11
200	28	25	22	20	18	16	14	13	12
210	28	25	23	20	18	17	15	13	12
220	29	26	23	21	19	17	15	14	13
230	29	26	24	21	19	17	16	14	13
240	30	27	24	22	20	18	16	15	13
250	30	27	24	22	20	18	17	15	14
260	30	27	25	22	20	19	17	16	14
270	30	28	25	23	21	19	17	16	15
280	31	28	25	23	21	19	18	16	15
290	31	28	26	23	21	20	18	16	15
300	31	28	26	24	22	20	18	17	15
310	31	29	26	24	22	20	19	17	16
320	31	29	26	24	22	20	19	17	16
330	32	29	26	24	22	21	19	18	16
340	32	29	27	25	23	21	19	18	16
350	32	29	27	25	23	21	19	18	17
360	32	29	27	25	23	21	20	18	17
370	32	30	27	25	23	21	20	18	17
380	32	30	27	25	23	22	20	19	17
390	33	30	28	25	24	22	20	19	18
400	33	30	28	26	24	22	20	19	18
410	33	30	28	26	24	22	21	19	18
420	33	30	28	26	24	22	21	19	18
430	33	30	28	26	24	22	21	20	18
440	33	31	28	26	24	23	21	20	18
450	33	31	28	26	24	23	21	20	19
460	33	31	29	26	25	23	21	20	19
470	34	31	29	27	25	23	22	20	19
480	34	31	29	27	25	23	22	20	19
490	34	31	29	27	25	23	22	20	19
495	34	31	29	27	25	23	22	20	19

Allegato 1 - Protezione al fuoco

Intonaco isolante leggero - Tabella per il dimensionamento dello spessore protettivo per **R90** su profilo metallico esposto su 4 lati (a favor di sicurezza) estratto dal documento PROMAT “Manuale-protezione-strutturale-promat-2022_update-2024”:

Tabella 6 - Spessore di protettivo R90 per pilastri e travi a sezione aperta protetti su 4 lati

R 90	Spessore di protettivo (mm)								
	Temperatura di progetto (C°)								
Ap/V (m-1)	350	400	450	500	550	600	650	700	750
≤ 66	24	19	15	12	10	10	10	10	10
70	25	20	16	13	11	10	10	10	10
80	27	22	19	16	13	11	10	10	10
90	29	24	21	18	15	13	11	10	10
100	31	26	22	19	17	14	12	10	10
110	32	28	24	21	18	16	14	12	10
120	33	29	25	22	20	17	15	13	12
130	34	30	27	23	21	18	16	14	13
140	35	31	28	25	22	20	17	16	14
150	36	32	29	26	23	21	18	17	15
160	37	33	29	26	24	21	19	17	16
170	38	34	30	27	25	22	20	18	17
180	38	34	31	28	25	23	21	19	17
190	39	35	32	29	26	24	22	20	18
200	40	36	32	29	27	24	22	20	19
210	40	36	33	30	27	25	23	21	19
220	41	37	33	30	28	26	23	22	20
230	41	37	34	31	28	26	24	22	20
240	41	38	34	31	29	27	24	23	21
250	42	38	35	32	29	27	25	23	21
260	42	38	35	32	30	27	25	24	22
270	42	39	36	33	30	28	26	24	22
280	43	39	36	33	31	28	26	24	23
290	43	39	36	33	31	29	27	25	23
300	43	40	37	34	31	29	27	25	23
310	44	40	37	34	32	29	27	25	24
320	44	40	37	34	32	30	28	26	24
330	44	40	37	35	32	30	28	26	24
340	44	41	38	35	32	30	28	26	25
350	44	41	38	35	33	30	28	27	25
360	45	41	38	35	33	31	29	27	25
370	45	41	38	36	33	31	29	27	25
380	45	42	38	36	33	31	29	27	26
390	45	42	39	36	34	31	29	28	26
400	45	42	39	36	34	32	30	28	26
410	45	42	39	36	34	32	30	28	26
420	46	42	39	37	34	32	30	28	26

Allegato 1 - Protezione al fuoco

Intonaco isolante leggero - Tabella per il dimensionamento dello spessore protettivo per **R120** su profilo metallico esposto su 4 lati (a favor di sicurezza) estratto dal documento PROMAT “Manuale-protezione-strutturale-promat-2022_update-2024”:

Tabella 7 - Spessore di protettivo R120 per pilastri e travi a sezione aperta protetti su 3 lati

R 120	Spessore di protettivo (mm)								
	Temperatura di progetto (C°)								
ApV (m-1)	350	400	450	500	550	600	650	700	750
≤ 66	32	27	22	19	16	13	11	11	11
70	33	28	24	20	17	14	12	11	11
80	36	31	26	23	19	17	14	12	11
90	39	33	29	25	22	19	17	14	13
100	41	35	31	27	24	21	19	16	14
110	42	37	33	29	26	23	20	18	16
120	44	39	34	30	27	24	22	20	18
130	45	40	36	32	29	26	23	21	19
140	46	41	37	33	30	27	25	22	20
150	47	42	38	34	31	28	26	23	21
160	48	43	39	35	32	29	27	24	22
170	49	44	40	36	33	30	28	25	23
180	50	45	41	37	34	31	29	26	24
190	50	46	42	38	35	32	29	27	25
200	51	46	42	39	36	33	30	28	26
210	52	47	43	39	36	33	31	29	27
220	52	48	44	40	37	34	32	29	27
230	53	48	44	41	38	35	32	30	28
240	53	49	45	41	38	35	33	31	28
250	54	49	45	42	39	36	33	31	29
260	54	50	46	42	39	36	34	32	29
270	54	50	46	43	40	37	34	32	30
280	55	50	47	43	40	37	35	32	30
290	55	51	47	43	40	38	35	33	31
300	55	51	47	44	41	38	36	33	31
310	56	51	48	44	41	38	36	34	32
320	56	52	48	45	42	39	36	34	32
330	56	52	48	45	42	39	37	34	32
340	57	52	49	45	42	39	37	35	33
350	57	53	49	45	42	40	37	35	33
360	57	53	49	46	43	40	38	35	33
370	57	53	49	46	43	40	38	36	34
380	57	53	50	46	43	41	38	36	34
390	58	53	50	46	44	41	38	36	34
400	58	54	50	47	44	41	39	36	34
410	58	54	50	47	44	41	39	37	35
420	58	54	50	47	44	42	39	37	35
430	58	54	51	47	44	42	39	37	35
440	58	54	51	48	45	42	40	37	35
450	59	55	51	48	45	42	40	38	36
460	59	55	51	48	45	42	40	38	36
470	59	55	51	48	45	43	40	38	36
480	59	55	51	48	45	43	40	38	36
490	59	55	52	48	46	43	40	38	36
495	59	55	52	48	46	43	41	38	36

4.2 Tipi di protettivi - Pittura intumescente

In alternativa all'intonaco per la protezione delle strutture metalliche si può fare riferimento alla pittura intumescente PROMAPAIN[®] SC3 della Promat e di cui si riportano di seguito le caratteristiche e le tabelle di dimensionamento degli spessori.

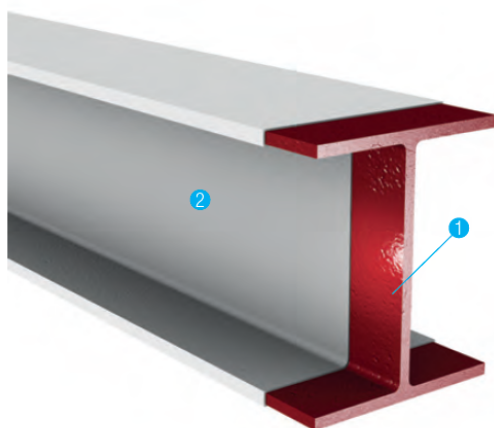
Sono valide soluzioni alternative con prestazioni non inferiori a quelle indicate.

Il Fornitore deve comunque confermare la conformità della soluzione in funzione delle caratteristiche effettive del prodotto applicato.

Promat

Resistenza al fuoco di elementi in acciaio protetti
da pittura intumescente PROMAPAIN[®] SC3

R30/180
PS003.0



Legenda tecnica

- ① Elemento in acciaio
- ② Pittura intumescente PROMAPAIN[®]-SC3

Rapporto di valutazione: WARRINGTONFIRE 327033 – 344794 – 357541
in accordo alla norma EN 13381-8

Estratto del campo di diretta applicazione:

EN 13381-8 "Metodo per la valutazione della resistenza al fuoco degli elementi strutturali. Parte 8: protettivi reattivi applicati ad elementi di acciaio":

Limiti di applicabilità dei risultati della valutazione:

- Massività compresa tra 66 m-1 e 342 m-1
- Spessore minimo 1845 µm - Spessore massimo 6854 µm
- Spessore di protezione valutato alle seguenti temperature critiche: 350-400-450-500-550-600-650-700-750°C
- Applicabilità a travi e pilastri esposti su 3 o 4 lati
- Profili di sezione "I" - "H" e sezioni cave



Fondi compatibili: epossipoliamidici al fosfato di zinco/epossivinilici/alchidici/alchidici modificati con resine fenoliche

Voce di capitolato

Fornitura e posa in opera di protezione di elementi in acciaio (travi e pilastri) in accordo alla norma EN 13381-8, costituita da pittura intumescente in emulsione acquosa (tipo PROMAPAIN[®]-SC3 sulla base dei Rapporti di valutazione Warringtonfire 327033 - 344794 - 357541), di colore bianco, esente da solventi clorurati e cloro paraffine, di consistenza tixotropica, applicata a spruzzo direttamente sulle superfici da proteggere. Inoltre la pittura intumescente dovrà essere corredata di classificazione secondo la direttiva 65/548 CEE e successive modifiche come prodotto non pericoloso e contenuto in sostanze organiche volatili in classe 1.i.WB. Contenuto in sostanze organiche volatili valutato secondo Direttiva 42/2004/EC, ISO 11890-2, ASTM D6886-12, LEED 2009 EQ c4.2 e ASTM D2369-10. La pittura intumescente dovrà essere marcata CE attestazione di conformità del sistema LIVELLO 1 - Resistenza al fuoco e corredata di D.o.P. a garanzia dell'uso previsto di resistenza al fuoco: protezione di elementi portanti in acciaio, oltre alla conformità applicativa di tipo Y (uso semi-esposto in esterno) e tipo Z1 (uso interno con presenza di umidità) in accordo alla ETAG 018-2. I requisiti di durabilità del materiale antincendio dovranno essere garantiti sulla base della marcatura CE.

Allegato 1 - Protezione al fuoco

Pittura intumescente - Tabella per il dimensionamento dello spessore protettivo per **R60** su **TRAVI** metalliche esposte su 4 lati (a favor di sicurezza) estratto dal documento PROMAT “Manuale-protezione-strutturale-promat-2022_update-2024”:



Tabella 3 - Spessore di protettivo R60 per travi a sezione aperta

R 60	Spessore di protettivo (mm)								
	Temperatura di progetto (C°)								
A _p /V [m ⁻¹]	350	400	450	500	550	600	650	700	750
66	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
70	1,904	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
75	1,977	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
80	2,046	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
85	2,111	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
90	2,175	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
95	2,235	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
100	2,293	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
105	2,349	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
110	2,402	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
115	2,454	1,849	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
120	2,503	1,890	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
125	2,551	1,930	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
130	2,596	1,968	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
135	2,641	2,005	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
140	2,683	2,041	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
145	2,724	2,076	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
150	2,764	2,109	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
155	2,803	2,142	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
160	2,840	2,173	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
165	2,876	2,204	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
170	2,910	2,233	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
175	2,944	2,262	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
180	2,977	2,290	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
185	3,009	2,317	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
190	3,039	2,343	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
195	3,069	2,369	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
200	3,098	2,394	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
205	3,126	2,418	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
210	3,153	2,441	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
215	3,180	2,464	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
220	3,206	2,487	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
225	3,231	2,508	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
230	3,255	2,530	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
235	3,279	2,550	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
240	3,302	2,570	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
245	3,325	2,590	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
250	3,347	2,609	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
255	3,368	2,628	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
260	3,389	2,646	1,858	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
265	3,410	2,664	1,872	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
270	3,430	2,682	1,886	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
275	3,449	2,699	1,900	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
280	3,468	2,715	1,913	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
285	3,486	2,731	1,926	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
290	3,505	2,747	1,939	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
295	3,522	2,763	1,951	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
300	3,540	2,778	1,963	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
305	3,556	2,793	1,975	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
310	3,573	2,808	1,987	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
315	3,589	2,822	1,998	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
320	3,605	2,836	2,010	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
325	3,620	2,850	2,021	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
330	3,636	2,863	2,031	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
335	3,650	2,876	2,042	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
340	3,665	2,889	2,052	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
342	3,670	2,894	2,056	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845

Allegato 1 - Protezione al fuoco

Pittura intumescente - Tabella per il dimensionamento dello spessore protettivo per **R90** su **TRAVI** metalliche esposte su 4 lati (a favor di sicurezza) estratto dal documento PROMAT “Manuale-protezione-strutturale-promat-2022_update-2024”:

Tabella 4 - Spessore di protettivo R90 per travi a sezione aperta

R 90	Spessore di protettivo (mm)								
	Temperatura di progetto (C°)								
$A_p/V [m^{-1}]$	350	400	450	500	550	600	650	700	750
66	2,987	2,456	1,937	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
70	3,095	2,552	2,020	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
75	3,223	2,666	2,120	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
80	3,345	2,776	2,215	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
85	3,462	2,882	2,307	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
90	3,574	2,983	2,396	1,874	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
95	3,681	3,081	2,481	1,948	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
100	3,784	3,174	2,564	2,020	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
105	3,883	3,264	2,643	2,090	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
110	3,977	3,351	2,720	2,157	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
115	4,068	3,435	2,795	2,222	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
120	4,156	3,516	2,867	2,285	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
125	4,240	3,594	2,936	2,347	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
130	4,322	3,669	3,004	2,406	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
135	4,400	3,742	3,069	2,464	1,891	1,845	1,845	1,845	1,845
140	4,475	3,812	3,133	2,520	1,939	1,845	1,845	1,845	1,845
145	4,548	3,880	3,194	2,575	1,986	1,845	1,845	1,845	1,845
150	4,619	3,946	3,254	2,628	2,032	1,845	1,845	1,845	1,845
155	4,687	4,010	3,311	2,680	2,077	1,845	1,845	1,845	1,845
160	4,753	4,072	3,368	2,730	2,120	1,845	1,845	1,845	1,845
165	4,817	4,132	3,422	2,779	2,163	1,845	1,845	1,845	1,845
170	4,878	4,190	3,475	2,827	2,205	1,845	1,845	1,845	1,845
175	4,938	4,247	3,527	2,873	2,245	1,845	1,845	1,845	1,845
180	4,996	4,301	3,577	2,918	2,285	1,845	1,845	1,845	1,845
185	5,052	4,355	3,626	2,962	2,323	1,845	1,845	1,845	1,845
190	5,106	4,406	3,673	3,005	2,361	1,845	1,845	1,845	1,845
195	5,159	4,457	3,719	3,047	2,398	1,845	1,845	1,845	1,845
200	5,211	4,505	3,764	3,088	2,434	1,845	1,845	1,845	1,845
205	5,260	4,553	3,808	3,128	2,470	1,845	1,845	1,845	1,845
210	5,309	4,599	3,851	3,167	2,504	1,873	1,845	1,845	1,845
215	5,356	4,644	3,893	3,205	2,538	1,902	1,845	1,845	1,845
220	5,402	4,688	3,933	3,242	2,571	1,930	1,845	1,845	1,845
225	5,446	4,731	3,973	3,279	2,603	1,958	1,845	1,845	1,845
230	5,489	4,773	4,012	3,314	2,635	1,985	1,845	1,845	1,845
235	5,532	4,813	4,050	3,349	2,666	2,012	1,845	1,845	1,845
240	5,573	4,853	4,087	3,383	2,696	2,038	1,845	1,845	1,845
245	5,613	4,892	4,123	3,416	2,726	2,063	1,845	1,845	1,845
250	5,652	4,929	4,158	3,449	2,755	2,088	1,845	1,845	1,845
255	5,690	4,966	4,192	3,480	2,783	2,113	1,845	1,845	1,845
260	5,727	5,002	4,226	3,512	2,811	2,137	1,845	1,845	1,845
265	5,763	5,037	4,259	3,542	2,839	2,161	1,845	1,845	1,845
270	5,798	5,071	4,291	3,572	2,866	2,185	1,845	1,845	1,845
275	5,833	5,105	4,323	3,601	2,892	2,207	1,845	1,845	1,845
280	5,866	5,138	4,353	3,630	2,918	2,230	1,845	1,845	1,845
285	5,899	5,170	4,384	3,658	2,943	2,252	1,845	1,845	1,845
290	5,931	5,201	4,413	3,685	2,968	2,274	1,845	1,845	1,845
295	5,963	5,231	4,442	3,712	2,992	2,295	1,845	1,845	1,845
300	5,993	5,261	4,470	3,739	3,016	2,316	1,845	1,845	1,845
305	6,023	5,291	4,498	3,765	3,040	2,337	1,845	1,845	1,845
310	6,053	5,319	4,525	3,790	3,063	2,357	1,845	1,845	1,845
315	6,081	5,347	4,552	3,815	3,086	2,377	1,845	1,845	1,845
320	6,109	5,375	4,578	3,840	3,108	2,397	1,845	1,845	1,845
325	6,137	5,402	4,604	3,864	3,130	2,416	1,845	1,845	1,845
330	6,164	5,428	4,629	3,887	3,151	2,435	1,845	1,845	1,845
335	6,190	5,454	4,653	3,910	3,173	2,454	1,845	1,845	1,845
340	6,216	5,480	4,677	3,933	3,193	2,472	1,845	1,845	1,845
342	6,225	5,488	4,686	3,941	3,201	2,478	1,845	1,845	1,845

Allegato 1 - Protezione al fuoco

Pittura intumescente - Tabella per il dimensionamento dello spessore protettivo per **R60** su **PILASTRI** metallici esposti su 4 lati (a favor di sicurezza) estratto dal documento PROMAT “Manuale-protezione-strutturale-promat-2022_update-2024”:

Tabella 8 - Spessore di protettivo R60 per pilastri a sezione aperta

R 60	Spessore di protettivo (mm)								
	Temperatura di progetto (°C)								
$A_p/V [m^{-1}]$	350	400	450	500	550	600	650	700	750
71	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
75	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
80	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
85	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
90	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
95	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
100	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
105	1,990	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
110	2,088	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
115	2,180	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
120	2,266	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
125	2,348	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
130	2,426	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
135	2,499	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
140	2,569	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
145	2,635	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
150	2,698	1,955	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
155	2,757	2,014	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
160	2,814	2,070	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
165	2,869	2,124	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
170	2,921	2,175	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
175	2,970	2,224	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
180	3,018	2,271	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
185	3,063	2,317	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
190	3,107	2,360	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
195	3,149	2,402	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
200	3,189	2,443	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
205	3,228	2,482	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
210	3,265	2,519	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
215	3,301	2,555	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
220	3,335	2,590	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
225	3,369	2,624	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
230	3,401	2,657	1,958	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
235	3,432	2,688	1,989	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
240	3,462	2,719	2,019	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
245	3,491	2,748	2,049	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
250	3,519	2,777	2,077	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
255	3,546	2,804	2,104	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
260	3,572	2,831	2,131	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
265	3,597	2,857	2,157	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
270	3,622	2,883	2,182	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
275	3,646	2,907	2,206	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
280	3,669	2,931	2,230	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
285	3,691	2,954	2,253	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
290	3,713	2,976	2,276	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
295	3,734	2,998	2,298	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
300	3,755	3,020	2,319	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
305	3,775	3,040	2,340	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
310	3,794	3,060	2,360	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
315	3,813	3,080	2,380	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
320	3,832	3,099	2,399	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
325	3,850	3,118	2,418	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
330	3,867	3,136	2,436	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
335	3,884	3,154	2,454	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
340	3,901	3,171	2,471	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
345	3,917	3,188	2,488	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
346	3,921	3,192	2,493	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951

Allegato 1 - Protezione al fuoco

Pittura intumescente - Tabella per il dimensionamento dello spessore protettivo per **R90** su **PILASTRI** metallici esposti su 4 lati (a favor di sicurezza) estratto dal documento PROMAT “Manuale-protezione-strutturale-promat-2022_update-2024”:

Tabella 9 - Spessore di protettivo R90 per pilastri a sezione aperta

R 90	Spessore di protettivo (mm)								
	Temperatura di progetto (C°)								
A _p /V [m ²]	350	400	450	500	550	600	650	700	750
71	2,757	2,003	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
75	2,938	2,174	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
80	3,131	2,358	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
85	3,310	2,529	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
90	3,477	2,690	2,016	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
95	3,633	2,841	2,160	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
100	3,778	2,983	2,295	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
105	3,914	3,116	2,424	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
110	4,042	3,242	2,545	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
115	4,162	3,361	2,661	1,998	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
120	4,275	3,474	2,771	2,103	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
125	4,382	3,581	2,875	2,202	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
130	4,484	3,682	2,975	2,297	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
135	4,579	3,779	3,070	2,389	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
140	4,670	3,870	3,160	2,476	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
145	4,756	3,958	3,247	2,560	1,951	1,951	1,951	1,951	1,951
150	4,838	4,041	3,330	2,640	1,996	1,951	1,951	1,951	1,951
155	4,916	4,121	3,410	2,718	2,070	1,951	1,951	1,951	1,951
160	4,991	4,197	3,486	2,792	2,141	1,951	1,951	1,951	1,951
165	5,062	4,270	3,559	2,863	2,209	1,951	1,951	1,951	1,951
170	5,130	4,340	3,629	2,932	2,275	1,951	1,951	1,951	1,951
175	5,194	4,407	3,697	2,998	2,339	1,951	1,951	1,951	1,951
180	5,257	4,471	3,762	3,062	2,400	1,951	1,951	1,951	1,951
185	5,316	4,533	3,824	3,124	2,460	1,951	1,951	1,951	1,951
190	5,373	4,592	3,884	3,183	2,517	1,951	1,951	1,951	1,951
195	5,428	4,649	3,942	3,241	2,573	1,951	1,951	1,951	1,951
200	5,480	4,704	3,998	3,296	2,627	1,983	1,951	1,951	1,951
205	5,531	4,757	4,052	3,350	2,679	2,033	1,951	1,951	1,951
210	5,579	4,808	4,104	3,402	2,730	2,081	1,951	1,951	1,951
215	5,626	4,857	4,155	3,452	2,779	2,128	1,951	1,951	1,951
220	5,671	4,904	4,204	3,501	2,827	2,174	1,951	1,951	1,951
225	5,715	4,950	4,251	3,548	2,873	2,218	1,951	1,951	1,951
230	5,757	4,994	4,296	3,594	2,918	2,261	1,951	1,951	1,951
235	5,797	5,037	4,341	3,639	2,962	2,303	1,951	1,951	1,951
240	5,836	5,078	4,383	3,682	3,004	2,344	1,951	1,951	1,951
245	5,874	5,118	4,425	3,724	3,046	2,384	1,951	1,951	1,951
250	5,911	5,157	4,465	3,764	3,086	2,423	1,951	1,951	1,951
255	5,946	5,195	4,504	3,804	3,125	2,461	1,951	1,951	1,951
260	5,980	5,231	4,542	3,842	3,163	2,498	1,951	1,951	1,951
265	6,013	5,267	4,579	3,880	3,200	2,534	1,951	1,951	1,951
270	6,045	5,301	4,615	3,916	3,236	2,569	1,951	1,951	1,951
275	6,077	5,334	4,650	3,951	3,271	2,603	1,951	1,951	1,951
280	6,107	5,367	4,684	3,986	3,306	2,636	1,951	1,951	1,951
285	6,136	5,398	4,716	4,019	3,339	2,669	1,955	1,951	1,951
290	6,165	5,429	4,748	4,052	3,372	2,701	1,985	1,951	1,951
295	6,192	5,458	4,780	4,084	3,403	2,732	2,014	1,951	1,951
300	6,219	5,487	4,810	4,115	3,435	2,762	2,043	1,951	1,951
305	6,245	5,515	4,840	4,145	3,465	2,792	2,071	1,951	1,951
310	6,271	5,543	4,868	4,175	3,494	2,821	2,098	1,951	1,951
315	6,295	5,570	4,897	4,203	3,523	2,849	2,125	1,951	1,951
320	6,319	5,595	4,924	4,232	3,552	2,877	2,152	1,951	1,951
325	6,343	5,621	4,951	4,259	3,579	2,904	2,177	1,951	1,951
330	6,366	5,645	4,977	4,286	3,606	2,931	2,203	1,951	1,951
335	6,388	5,670	5,002	4,312	3,633	2,957	2,227	1,951	1,951
340	6,410	5,693	5,027	4,338	3,658	2,982	2,252	1,951	1,951
345	6,431	5,716	5,051	4,363	3,684	3,007	2,275	1,951	1,951
346	6,436	5,722	5,058	4,370	3,691	3,014	2,282	1,951	1,951

Allegato 1 - Protezione al fuoco

Pittura intumescente - Tabella per il dimensionamento dello spessore protettivo per **R120** su **TRAVI** metalliche esposte su 4 lati (a favor di sicurezza) estratto dal documento PROMAT “Manuale-protezione-strutturale-promat-2022_update-2024”:

Tabella 5 - Spessore di protettivo R120 per travi a sezione aperta

R 120	Spessore di protettivo (mm)								
	Temperatura di progetto (C°)								
A _p /V [m ⁻¹]	350	400	450	500	550	600	650	700	750
66	4,131	3,560	3,002	2,521	2,085	1,845	1,845	1,845	1,845
70	4,285	3,704	3,132	2,639	2,192	1,845	1,845	1,845	1,845
75	4,469	3,875	3,288	2,782	2,320	1,909	1,845	1,845	1,845
80	4,645	4,039	3,438	2,919	2,445	2,022	1,845	1,845	1,845
85	4,812	4,196	3,582	3,052	2,566	2,132	1,845	1,845	1,845
90	4,973	4,347	3,721	3,180	2,684	2,239	1,845	1,845	1,845
95	5,127	4,492	3,856	3,304	2,798	2,343	1,857	1,845	1,845
100	5,275	4,632	3,985	3,424	2,908	2,444	1,946	1,845	1,845
105	5,416	4,766	4,110	3,541	3,016	2,543	2,033	1,845	1,845
110	5,552	4,896	4,231	3,653	3,120	2,639	2,119	1,845	1,845
115	5,683	5,021	4,348	3,763	3,221	2,732	2,202	1,845	1,845
120	5,809	5,141	4,461	3,869	3,320	2,824	2,283	1,845	1,845
125	5,930	5,258	4,570	3,971	3,416	2,913	2,363	1,845	1,845
130	6,047	5,370	4,676	4,071	3,509	3,000	2,441	1,845	1,845
135	6,159	5,479	4,778	4,168	3,600	3,085	2,517	1,888	1,845
140	6,268	5,583	4,878	4,262	3,689	3,168	2,592	1,951	1,845
145	-	5,685	4,974	4,354	3,775	3,249	2,665	2,013	1,845
150	-	5,783	5,068	4,443	3,859	3,328	2,736	2,074	1,845
155	-	5,879	5,158	4,530	3,941	3,405	2,806	2,134	1,845
160	-	5,971	5,247	4,614	4,021	3,480	2,875	2,192	1,845
165	-	6,060	5,332	4,696	4,099	3,554	2,942	2,250	1,845
170	-	6,147	5,415	4,776	4,175	3,626	3,008	2,306	1,845
175	-	6,231	5,496	4,854	4,249	3,697	3,072	2,362	1,845
180	-	6,313	5,575	4,929	4,322	3,766	3,135	2,416	1,845
185	-	-	5,652	5,003	4,393	3,833	3,197	2,470	1,845
190	-	-	5,726	5,075	4,462	3,899	3,258	2,523	1,845
195	-	-	5,799	5,146	4,529	3,964	3,317	2,574	1,845
200	-	-	5,869	5,214	4,595	4,027	3,376	2,625	1,862
205	-	-	5,938	5,281	4,660	4,089	3,433	2,675	1,904
210	-	-	6,005	5,347	4,723	4,150	3,490	2,724	1,944
215	-	-	6,071	5,410	4,785	4,210	3,545	2,773	1,984
220	-	-	6,135	5,473	4,845	4,268	3,599	2,820	2,023
225	-	-	6,197	5,534	4,904	4,325	3,652	2,867	2,062
230	-	-	6,258	5,593	4,962	4,381	3,704	2,913	2,100
235	-	-	6,317	5,651	5,019	4,436	3,756	2,958	2,138
240	-	-	-	5,708	5,075	4,490	3,806	3,002	2,175
245	-	-	-	5,764	5,129	4,543	3,856	3,046	2,211
250	-	-	-	5,819	5,182	4,595	3,904	3,089	2,247
255	-	-	-	5,872	5,234	4,646	3,952	3,132	2,283
260	-	-	-	5,924	5,286	4,696	3,999	3,173	2,318
265	-	-	-	5,975	5,336	4,745	4,046	3,214	2,352
270	-	-	-	6,025	5,385	4,793	4,091	3,255	2,386
275	-	-	-	6,074	5,433	4,840	4,136	3,295	2,420
280	-	-	-	6,122	5,480	4,887	4,180	3,334	2,453
285	-	-	-	6,169	5,527	4,932	4,223	3,373	2,486
290	-	-	-	6,215	5,572	4,977	4,265	3,411	2,518
295	-	-	-	6,260	5,617	5,021	4,307	3,448	2,550
300	-	-	-	6,305	5,661	5,065	4,348	3,485	2,581
305	-	-	-	6,348	5,704	5,107	4,389	3,522	2,612
310	-	-	-	-	5,746	5,149	4,429	3,558	2,642
315	-	-	-	-	5,788	5,190	4,468	3,593	2,673
320	-	-	-	-	5,829	5,231	4,507	3,628	2,702
325	-	-	-	-	5,869	5,270	4,545	3,662	2,732
330	-	-	-	-	5,908	5,309	4,582	3,696	2,761
335	-	-	-	-	5,947	5,348	4,619	3,730	2,789
340	-	-	-	-	5,985	5,386	4,656	3,763	2,818
342	-	-	-	-	5,998	5,399	4,668	3,774	2,828

4.3 Protezione dei solai in lamiera grecata collaborante con cls LC 25/28

4.3.1 Criteri I ed E

Con riferimento al p. 4.3.1 di EN1994-1-2:

(5) For a design complying with EN 1994-1-1, the fire resistance of composite concrete slabs with profiled steel sheets, with or without additional reinforcement, is at least 30 minutes, when assessed under the load bearing criterion "R" according to (1)P of 2.1.2. For means to verify whether the thermal insulation criterion "I" is fulfilled, see hereafter.

(6) For composite slabs the integrity criterion "E" is assumed to be satisfied.

- il criterio "E" è sempre soddisfatto.

Con riferimento all'Annesso D di EN1994-1-2 ("Model for the calculation of the fire resistance of unprotected composite slabs to fire beneath the slab according to the standard temperature-time curve"), per la soletta mista in oggetto i seguenti requisiti "I" sono soddisfatti alle condizioni elencate di seguito:

Requisito I	Spessore minimo di massetto edile
I 60	0mm
I 90	17mm
I 120	37mm

Facendo quindi riferimento ai pacchetti edili presenti nelle varie zone se ne deduce la protezione "I" raggiungibile senza protezioni aggiuntive:

Maniche – P.-1. (adiacente alla Torre Scenica)

Zona	Codice pacchetto solaio	Sp. massetto previsto	Protezione "I"
	3.2.1.23	60 mm	I 120

Maniche – P.-T (adiacente alla Torre Scenica)

Zona	Codice pacchetto solaio	Sp. massetto previsto	Protezione "I"
	3.2.1.25	20 mm	I 90
	3.2.1.23	60 mm	I 120

Maniche – P.1

Zona	Codice pacchetto solaio	Sp. massetto previsto	Protezione "I"
Palco "Ridotti"	3.2.1.27	0 mm	I 60
Tribune "Ridotti"	3.2.1.18	40 mm	I 120
Sala regia	3.2.1.26	0 mm	I 60
Zona Foyer	3.2.1.07	40 mm	I 120
Bagni	3.2.1.17	40 mm	I 120
Zona Uffici	3.2.1.23	40mm	I 120
Sala Prove	3.2.1.28	60mm	I 120

Maniche – P.2

Zona	Codice pacchetto solaio	Sp. massetto previsto	Protezione "I"
Soffitto "Ridotti"	2.4.1.09	50 mm	I 120
Impalcato impianti	2.4.1.09	50 mm	I 120

4.3.2 Criterio R

Con riferimento al p. 4.3.1 di EN1994-1-2 il criterio “R30” è sempre soddisfatto.

4.3.2.1 Opzione 1: protezione con intonaco leggero

Si fa riferimento alla seguente tabella estratta dal Documento Promat (con riferimento al rapporto di classificazione Efectis 09-F-303):

Spessore totale soletta (h ₁ + h ₂) in cm	Spessore minimo di prodotto PROMASPRAY®P300 da applicare (in mm)			
	Classificazione REI			
	REI 30	REI 60	REI 120	REI 180
10	13	16	26	40
11	13	16	26	36
12	13	16	26	36
13	13	16	26	36
14	13	16	26	36
15	13	16	26	36
16	13	16	26	36
17	13	16	26	36
18	13	16	26	36
19	13	16	26	36
20 ecc...	13	16	26	36

e si confermano gli spessori previsti nel PFTE:

R60: spessore 16mm

R90: spessore 21mm

R120: spessore 26mm

Allegato 1 - Protezione al fuoco

4.3.2.2 Opzione 2: soddisfacimento requisito mediante rinforzo con armature intradosso

Volendo omettere la protezione al fuoco all'intradosso delle lamiere grecate dei solai misti è necessario verificare la soletta composta sotto l'azione dell'incendio e, nello specifico, se considerare la lamiera grecata negli scenari d'incendio come elemento a perdere e integrare/sostituire la sua funzione di elemento teso con armatura integrativa all'intradosso.

La verifica tabellare secondo DM 16-2-2007 richiede

D.5.1 La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) dello spessore totale H di solette e solai, della distanza a dall'asse delle armature alla superficie esposta sufficienti a garantire il requisito R per le classi indicate.

Classe	30	60	90	120	180	240
Solette piene con armatura monodirezionale	H = 80/ a = 10	120/20	120/30	160/40	200/55	240/65
Solai misti di lamiera di acciaio con riempimento di calcestruzzo (1)	H = 80/a = 10	120/20	120/30	160/40	200/55	240/65
Solai a travetti con alleggerimento (2)	H = 160/a = 15	200/30	240/35	240/45	300/60	300/75
Solai a lastra con alleggerimento (3)	H = 160/a = 15	200/30	240/35	240/45	300/60	300/75

I valori di a devono essere non inferiori ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di a di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di H e a ne devono tenere conto nella seguente maniera: 10 mm di intonaco normale (definizione in D.4.1) equivale ad 10 mm di calcestruzzo; 10 mm di intonaco protettivo antincendio (definizione in D.4.1) equivale a 20 mm di calcestruzzo. Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

(1) In caso di lamiera grecata H rappresenta lo spessore medio della soletta. Il valore di a non comprende lo spessore della lamiera. La lamiera ha unicamente funzione di cassero. In caso contrario la lamiera va protetta secondo quanto indicato in D.7.1

(2) Deve essere sempre presente uno strato di intonaco normale di spessore non inferiore a 20 mm ovvero uno strato di intonaco isolante di spessore non inferiore a 10 mm.

(3) In caso di alleggerimento in polistirene o materiali affini prevedere opportuni sfoghi delle sovrappressioni

Caso R90:

- uno spessore medio della soletta di 120mm;
- una distanza minima dell'armatura di 20mm dal lato esposto al fuoco.

Il primo requisito non è soddisfatto (spessore medio 55mm + 55mm / 2 = 83mm)

Il secondo richiede (analisi di massima):

Analisi dei carichi (Sala prove)

Peso proprio: $G_{k1} = 1.76 \text{ kN/m}^2$

Permanenti portati: $G_{k2} = 2.55 \text{ kN/m}^2$

Variabili: $\psi_0 Q_k = 0.6 \times 5.00 = 3.00 \text{ kN/m}^2$

Totale: 7.31 kN/m^2

Schema statico: trave continua su più appoggi e luci di 1.25m

$V_{sd} = \frac{1}{2} q_{sd} L^2 = 4.6 \text{ kN/ml}$

$M_{sd}(-) = \frac{1}{12} q_{sd} L^2 = 0.95 \text{ kNm/ml}$

Allegato 1 - Protezione al fuoco

$$Msd(+) = 1/24 qsd L^2 = 0.48 \text{ kNm/ml}$$

Verifica a momento flettente negativo:

$$d = 110 - 55/2 = 82\text{mm}$$

$$As(-) = Msd(-) / 0.9 / d / (f_{yk} / \gamma_M) = 0.95 \times 1000 \times 1000 / 0.9 / 82 / (450 / 1.0) = 29 \text{ mm}^2/\text{ml}$$

Armatura presente: 1 ϕ 8/150mm $\rightarrow$ 333 mm²/ml $\rightarrow$ Verifica soddisfatta

Verifica a momento flettente positivo:

$$d = 110 - 55/2 = 82\text{mm}$$

$$As(+) = Msd(+) / 0.9 / d / (f_{yk} / \gamma_M) = 0.48 \times 1000 \times 1000 / 0.9 / 82 / (450 / 1.0) = 14.5 \text{ mm}^2/\text{ml}$$

È sufficiente disporre 1 ϕ 8 ogni 4 greche $\rightarrow$ 83 mm²/ml $\rightarrow$ Verifica soddisfatta

Caso R120:

- uno spessore medio della soletta di 160mm;
- una distanza minima dell'armatura di 40mm dal lato esposto al fuoco.

Il primo requisito non è soddisfatto (spessore medio 55mm + 55mm / 2 = 83mm)

Il secondo non è soddisfatto nell'ipotesi di porre l'armatura aggiuntiva a circa metà altezza della greca.

Al fine di superare le condizioni tabellari non soddisfatte occorre condurre quindi la verifica analitica della sezione nelle condizioni d'incendio.

La **verifica analitica** viene condotta determinando:

- Lato Domanda: la sollecitazione flettente in mezzeria e agli appoggi per i differenti campi di solaio sotto la combinazione di carico in caso di incendio;
- Lato Capacità: il momento resistente di progetto in mezzeria e agli appoggi sotto la distribuzione di temperatura associata agli scenari R60, R90, R120.

La combinazione di carico in caso di incendio è la seguente:

$$q = G_k + \psi_2 Q_k \quad \text{dove}$$

G_k = valore caratteristico dei carichi permanenti agenti sul solaio

Q_k = carico variabile agente sul solaio (dovuto ad azioni antropiche, neve e vento non considerati)

ψ_2 = coefficiente di partecipazione = 0.6 (solai cat. C)

Il momento flettente sollecitante è calcolato con riferimento allo schema di trave continua su più appoggi:

$$\text{Momento flettente all'appoggio:} \quad msd(-) = -q L^2 / 12$$

$$\text{Momento flettente in mezzeria:} \quad msd(+) = +q L^2 / 12 \text{ (a favor di sicurezza)}$$

Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
Progetto esecutivo delle strutture – Relazione generale delle strutture

Allegato 1 - Protezione al fuoco

La tabella successiva riporta per ogni zona d'impalcato:

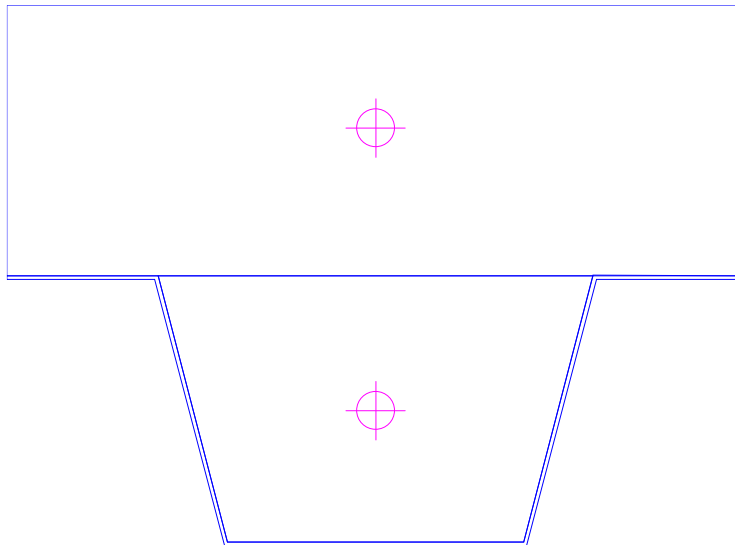
- l'analisi dei carichi Gk e Qk;
- il carico di progetto q nello scenario d'incendio
- il valore tipico e massimo della luce del solaio;
- i valori del momento flettente all'appoggio e in mezzera
- i valori del taglio all'appoggio

Zona		P.1 Palcoscenico	P.1 Platea	P.1 Zona 1	P.1 Zona 2	P.1 Sala Prove	P.2 Tipica	Cop. Sala prove	Solaio Atrio Copertura "Ridotti"	P. -1.40m Manica BCC lato Torre Scenica	P. Int. -4.50m Manica BCC lato Torre Scenica
Permanenti Gk senza travi		3.11	4.11	4.01	4.41	4.31	3.31	3.76	3.11	2.76	3.31
Variable Qk		5.00	4.00	4.00	4.00	5.00	3.00	0.00	5.00	2.00	2.00
q = Gk + 0.6 Qk		6.11	6.51	6.41	6.81	7.31	5.11	3.76	6.11	3.96	5.11
Luce tipica [m]		1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Luce max BCC [m]		1.25	1.58	1.42	1.50	1.43	1.58	1.34	1.25	1.25	1.25
Luce max PET [m]		1.55	1.58	1.53	1.92	1.25	1.92	1.25	1.25	1.25	1.25
	Msd = $q L^2 / k$										
Msd(-) [kNm/m] - Ltip	-12	-0.796	-0.848	-0.835	-0.887	-0.952	-0.665	-0.490	-0.796	-0.516	-0.665
Msd(+) [kNm/m] - Ltip	12	0.796	0.848	0.835	0.887	0.952	0.665	0.490	0.796	0.516	0.665
Msd(-) [kNm/m] - Lmax BCC	-12	-0.796	-1.354	-1.077	-1.277	-1.246	-1.063	-0.563	-0.796	-0.516	-0.665
Msd(+) [kNm/m] - Lmax BCC	12	0.796	1.354	1.077	1.277	1.246	1.063	0.563	0.796	0.516	0.665
Msd(-) [kNm/m] - Lmax PET	-12	-1.223	-1.354	-1.250	-2.092	-0.952	-1.570		-0.796		
Msd(+) [kNm/m] - Lmax PET	12	1.223	1.354	1.250	2.092	0.952	1.570		0.796		
interasse greca [m]	0.15										
Msd(-) [kNm/greca] - Ltip		-0.119	-0.127	-0.125	-0.133	-0.143	-0.100	-0.073	-0.119	-0.077	-0.100
Msd(+) [kNm/greca] - Ltip		0.119	0.127	0.125	0.133	0.143	0.100	0.073	0.119	0.077	0.100
Msd(-) [kNm/greca] - Lmax BCC		-0.119	-0.203	-0.162	-0.192	-0.187	-0.159	-0.084	-0.119	-0.077	-0.100
Msd(+) [kNm/greca] - Lmax BCC		0.119	0.203	0.162	0.192	0.187	0.159	0.084	0.119	0.077	0.100
Msd(-) [kNm/greca] - Lmax PET		-0.183	-0.203	-0.188	-0.314	-0.143	-0.235		-0.119		
Msd(+) [kNm/greca] - Lmax PET		0.183	0.203	0.188	0.314	0.143	0.235		0.119		
Msd(-) [kNm/greca]	MIN	-0.314									
Msd(+) [kNm/greca]	MAX	0.314									
Vsd [kN/m] - Ltip		3.82	4.07	4.01	4.26	4.57	3.19	2.35	3.82	2.48	3.19
Vsd [kN/m] - Lmax BCC		3.82	5.14	4.55	5.11	5.23	4.04	2.52	3.82	2.48	3.19
Vsd [kN/m] - Lmax PET		4.74	5.14	4.90	6.54		4.91		3.82		
Vsd [kN/greca] - Ltip		0.573	0.610	0.601	0.638	0.685	0.479	0.353	0.573	0.371	0.479
Vsd [kN/greca] - Lmax BCC		0.573	0.771	0.683	0.766	0.784	0.606	0.378	0.573	0.371	0.479
Vsd [kN/greca] - Lmax PET		0.710	0.771	0.736	0.981		0.736		0.573		
Vsd [kN/greca]	MAX	0.98									

Allegato 1 - Protezione al fuoco

Analisi termica della sezione – Dati di input e parametri di calcolo

Si determina la distribuzione delle temperature nella sezione tipica del solaio avente larghezza 150mm (passo tipico della greca)



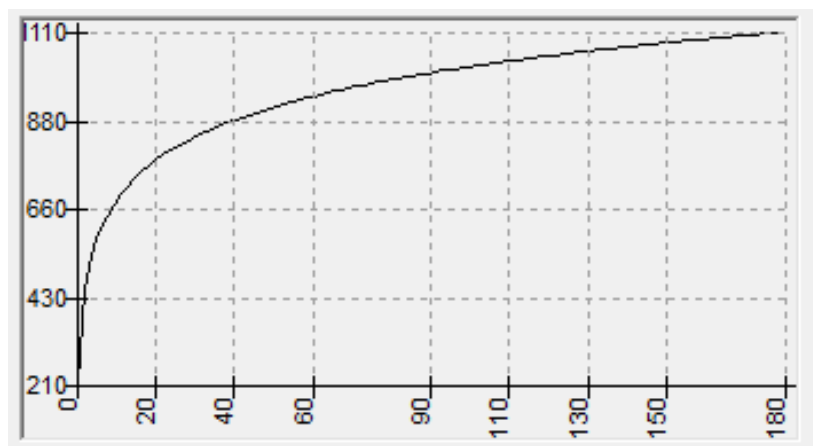
La sezione è formata da

- la lamiera grecata in acciaio S280GD, altezza $h = 55\text{mm}$ e spessore $t = 0.8\text{mm}$
- il cls LC 25/28 per una altezza complessiva di 110mm
- la barra $\phi 8$ B450C all'estradosso posta a metà altezza del ricoprimento di cls di 55mm di spessore
- la barra $\phi 8$ B450C all'intradosso posta a metà altezza della lamiera grecata

Le proprietà meccaniche di partenza dei materiali sono le seguenti:

Cls LC25/28	Acciaio per armatura B 450 C	Acciaio per lamiera grecata S280GD (EN1993-1-3)
$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$	$f_{a_{yk}} = 450 \text{ N/mm}^2$	$f_{s_{yk}} = 280 \text{ N/mm}^2$
$\alpha_{cT} = 1.00$	$\gamma_{aT} = 1.00$	$\gamma_{sT} = 1.00$
$\gamma_{cT} = 1.00$		

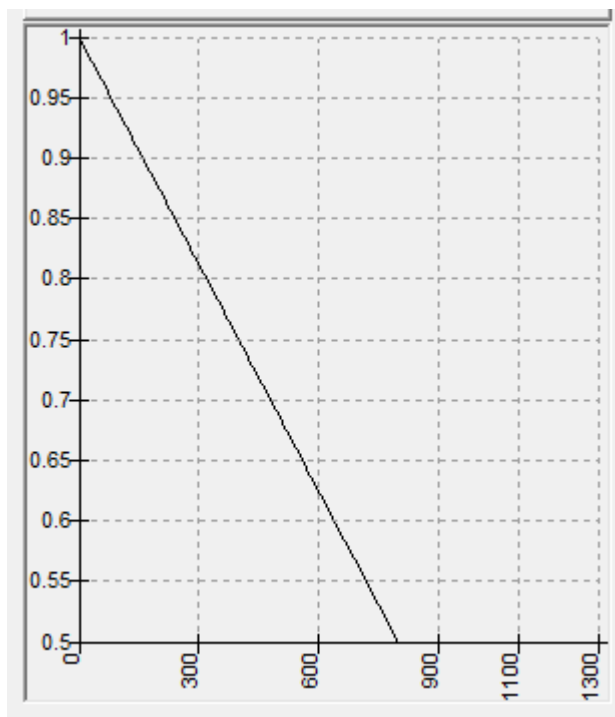
La curva d'incendio è la Standard ISO 834. Di seguito il diagramma Temperatura [°C] - tempo [sec]



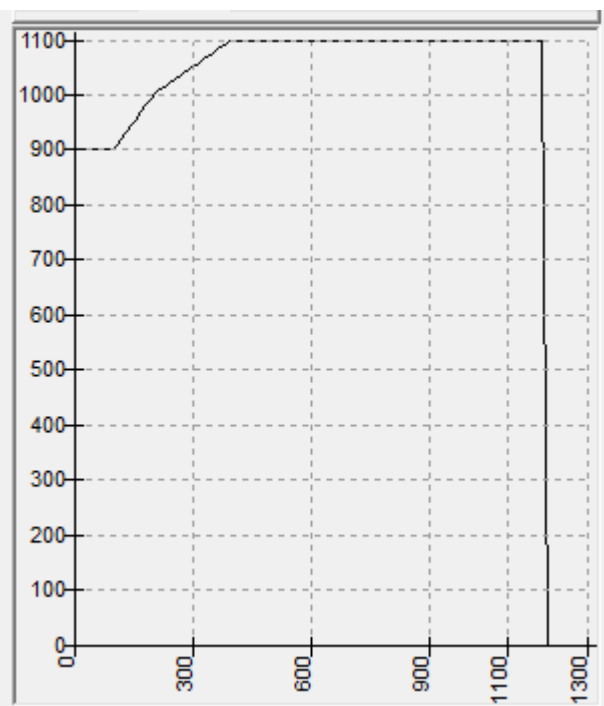
Allegato 1 - Protezione al fuoco

Le caratteristiche termiche dei materiali sono le seguenti:

Cls LC 25/28. $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$

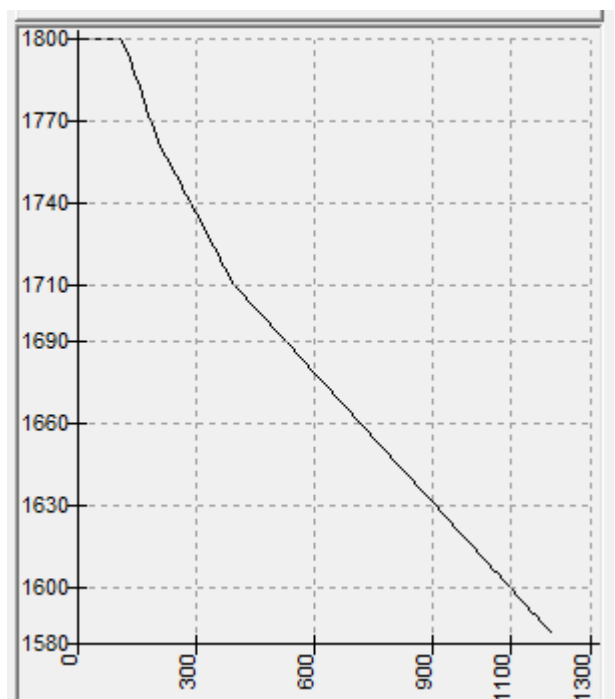


Conduttività termica $\lambda_c(T)$ [W/m/K]



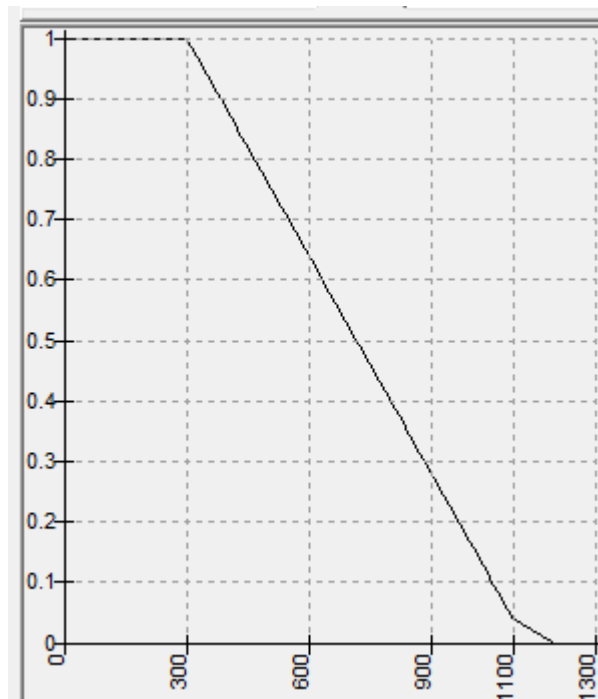
Calore specifico $C_p(T)$ [J/kg/K]

(EN 1994-1-2 p. A.3)



Densità $\rho(T)$ [kg/m³]

(EN 1992-1-2)

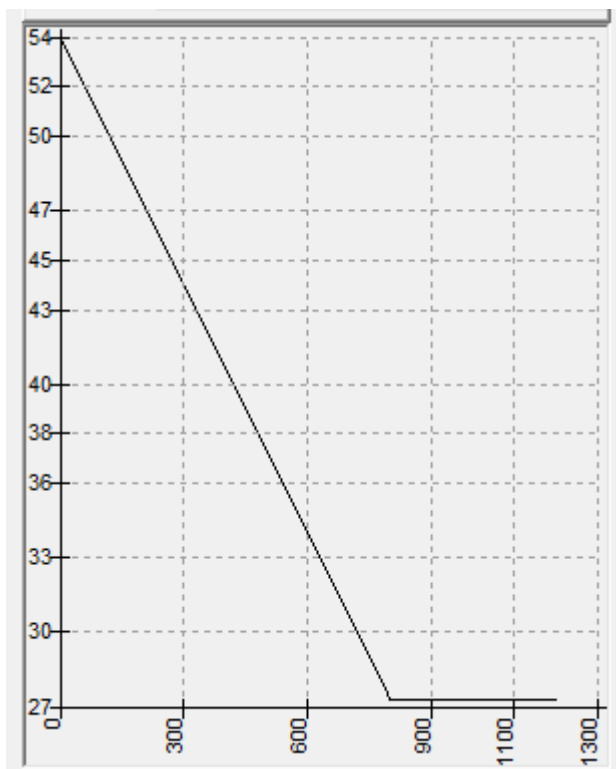


Resistenza $K_c(T) = f_{ck}(T) / f_{ck}$

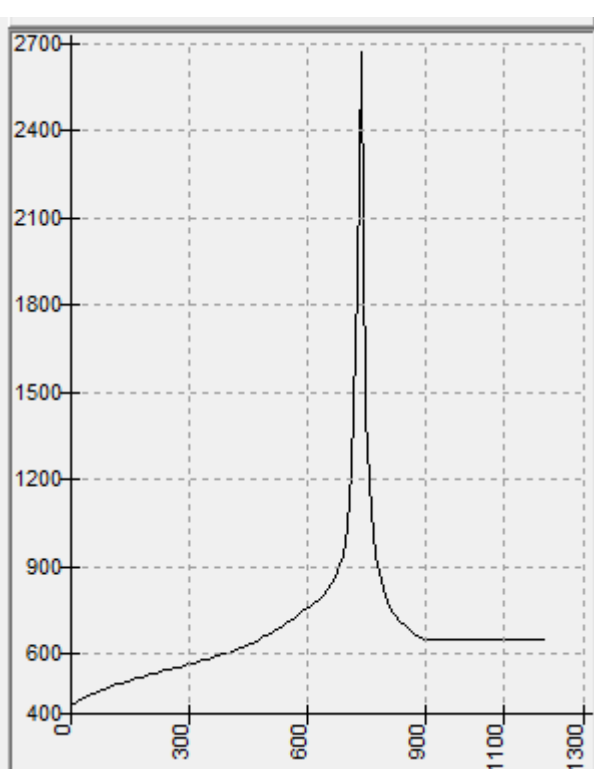
(EN 1994-1-2:2005)

Allegato 1 - Protezione al fuoco

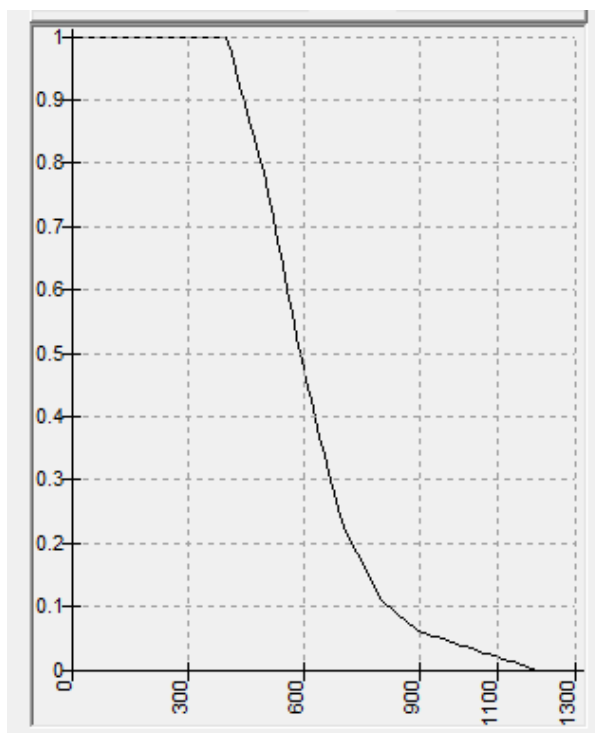
Acciaio per barre d'armatura e lamiera grecata (EN 1994-1-2)



Conduttività termica $\lambda_a(T)$



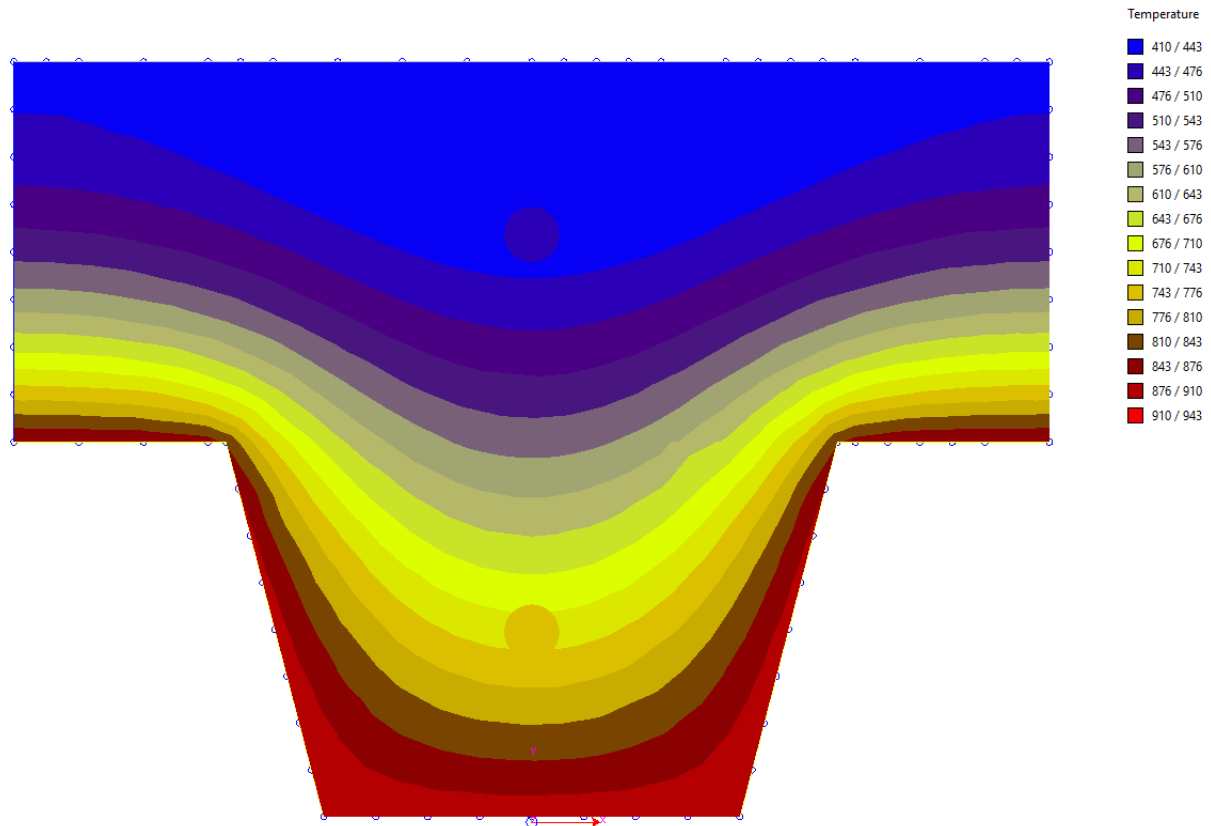
Calore specifico $C_p(T)$



Resistenza $K_c(T) = f_{yk}(T) / f_{yk}$

Analisi termica della sezione – Risultati

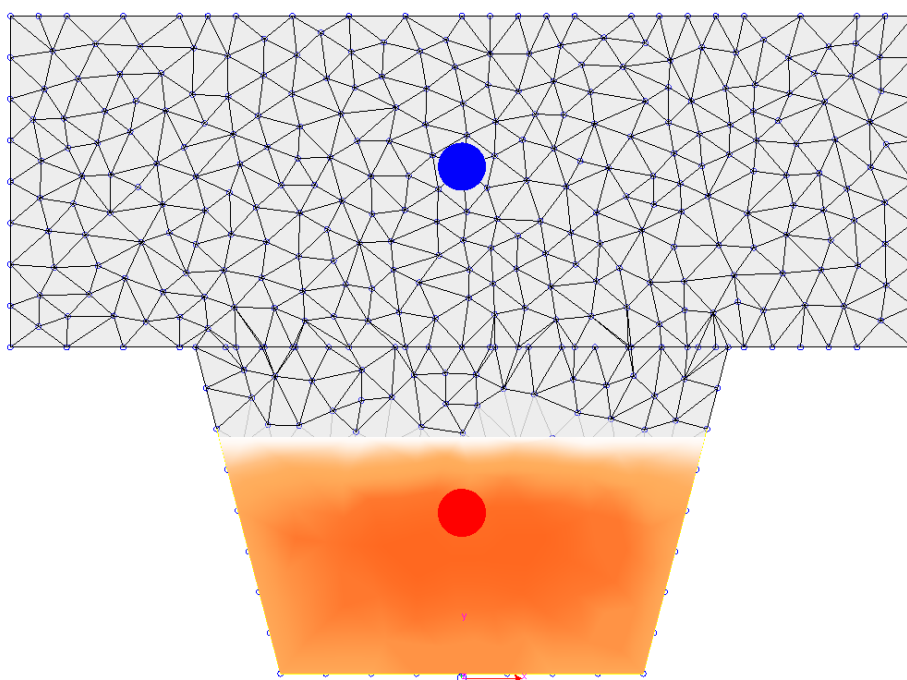
Nota: si trascura la presenza della lamiera grecata



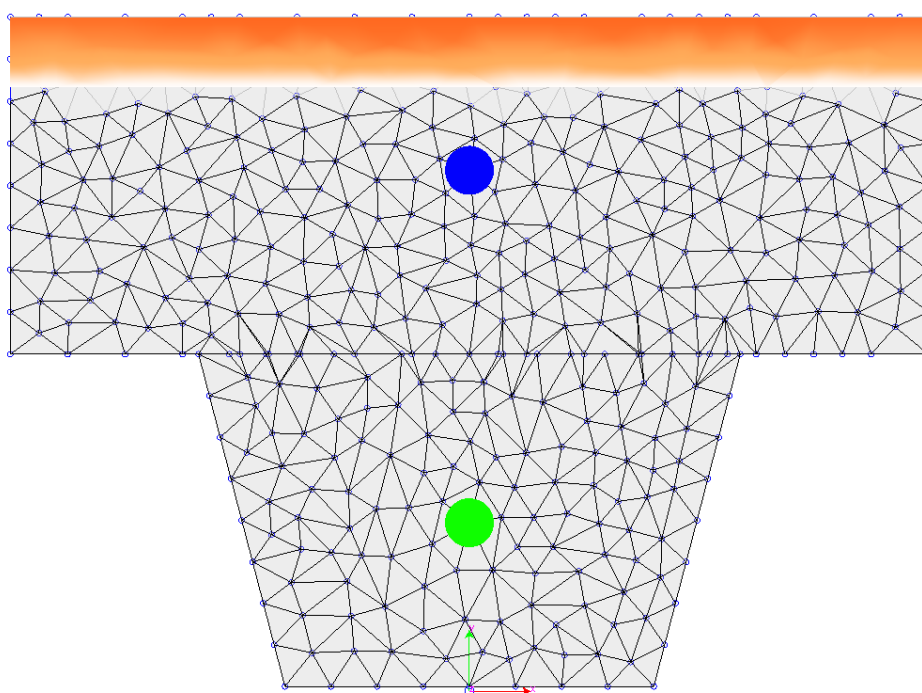
Mappa delle temperature nella sezione, $t = 60$ minuti

Valori della temperatura T , delle deformazioni ε e della tensione σ associata nei p.ti notevoli per $M(-)$ e $M(+)$

Cls alleggerito UNI EN 1994-1-2 Rbk 301 1.5 umidità $\rho_{0,20}=1200$			B450C ($g_M = 1.15$) EC2 1992-1-2 Classe N a caldo					
$T [^{\circ}C]$	$\varepsilon \times 1000$	$\sigma [MPa]$	$T [^{\circ}C]$	$\varepsilon \times 1000$	$\sigma [MPa]$	$T [^{\circ}C]$	$\varepsilon \times 1000$	$\sigma^+ [MPa]$
943	-3.5	-5.71	760	-1.12	-36.58	452	4	398.18
468	-1.61	-19.21				760	10	71.26

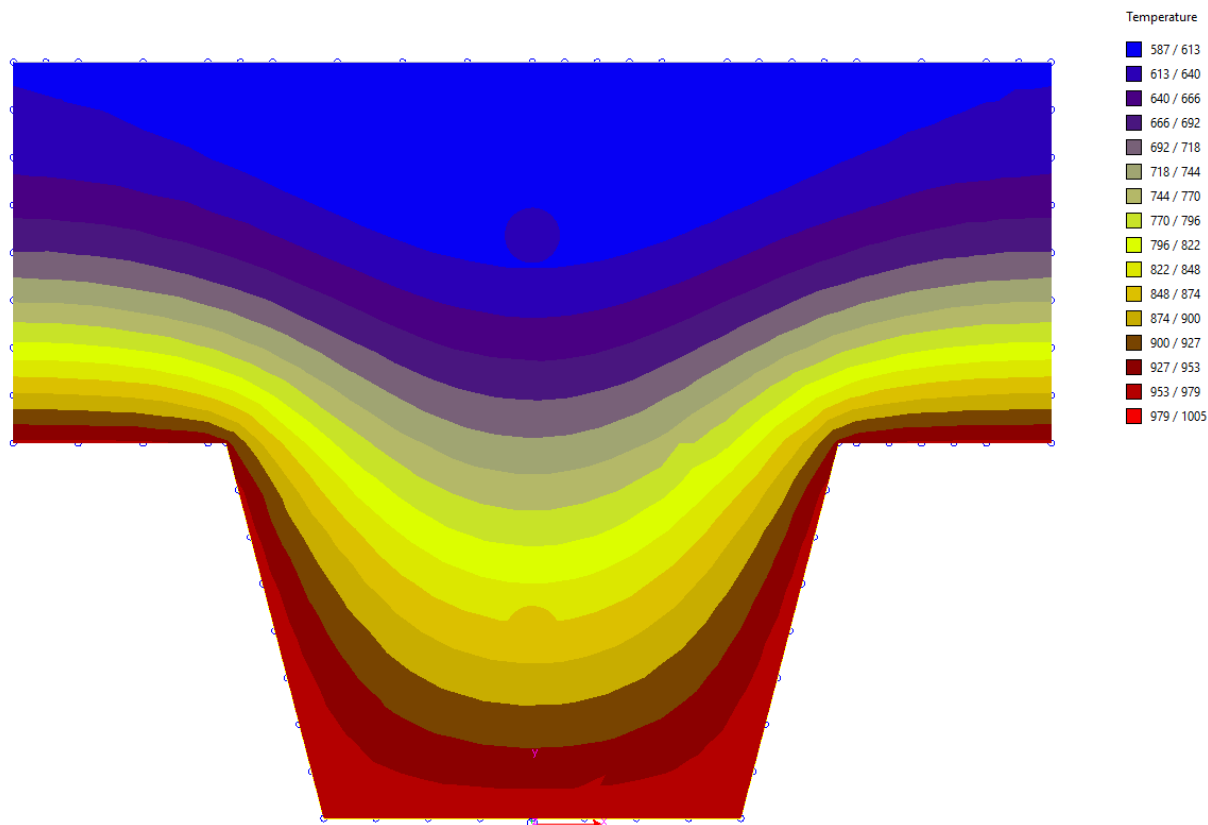


Verifica a $M(-)$ – Parti tese e compresse



Verifica a $M(+)$ – Parti tese e compresse

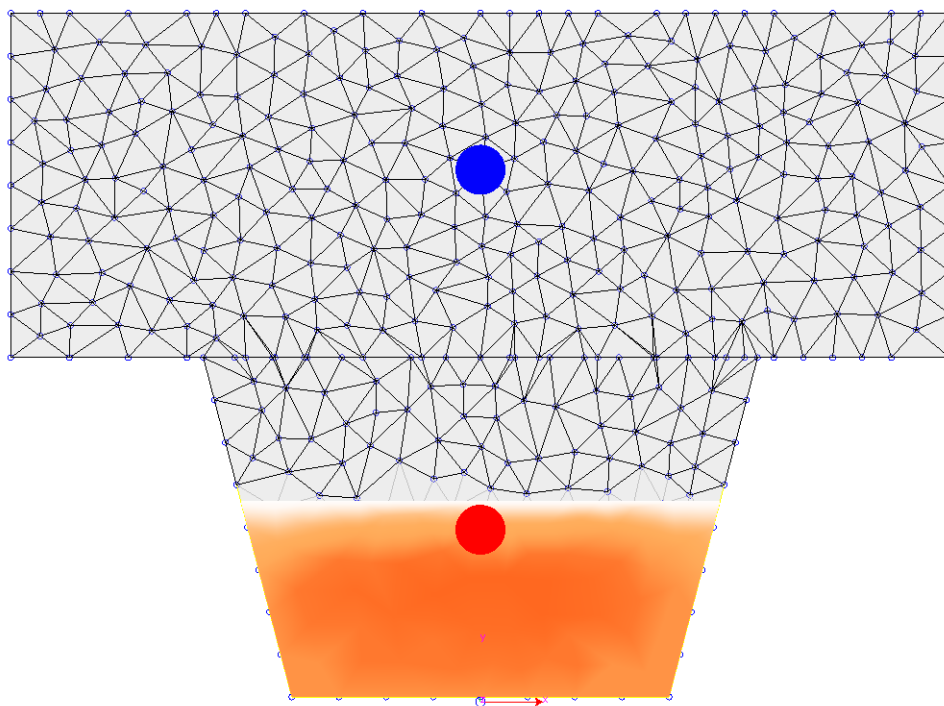
Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
 Progetto esecutivo delle strutture – Relazione generale delle strutture
 Allegato 1 - Protezione al fuoco



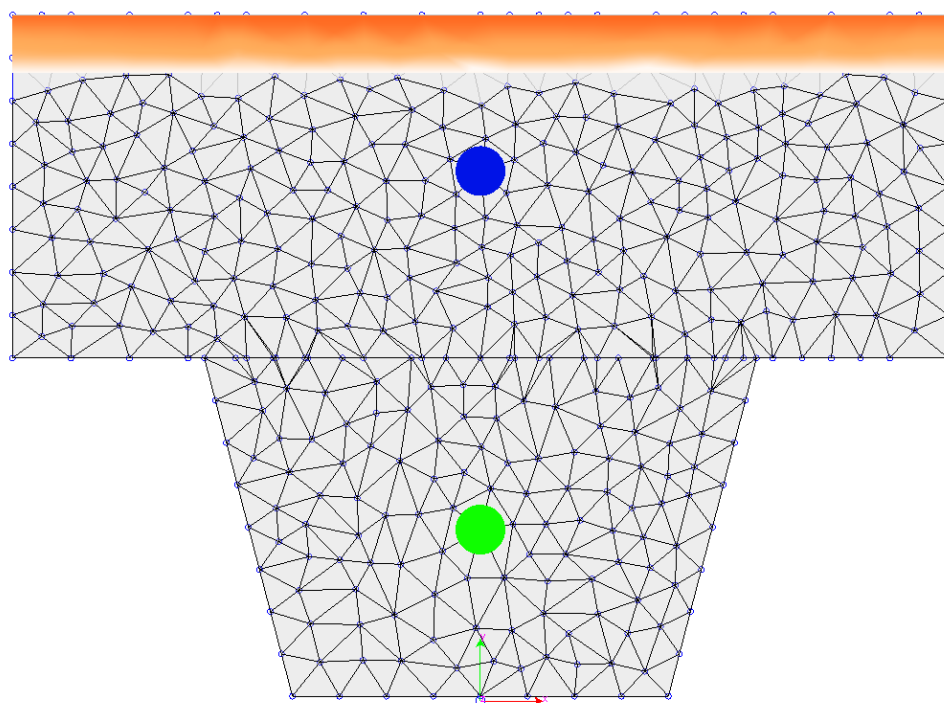
Mappa delle temperature nella sezione, t = 90 minuti

Valori della temperatura T, delle deformazioni ε e della tensione σ associata nei p.ti notevoli per M(-) e M(+)

Cls alleggerito UNI EN 1994-1-2 Rbk 301 1.5 umidita' ro=1200			B450C (gM = 1.15) EC2 1992-1-2 Classe N a caldo					
T [°C]	$\varepsilon \times 1000$	σ [MPa]	T [°C]	$\varepsilon \times 1000$	σ^- [MPa]	T [°C]	$\varepsilon^+ \times 1000$	σ^+ [MPa]
1005	-3.50	-3.85	881	-0.52	-7.41	624	5.90	185.25
637	-1.26	-12.86				881	10.00	31.22

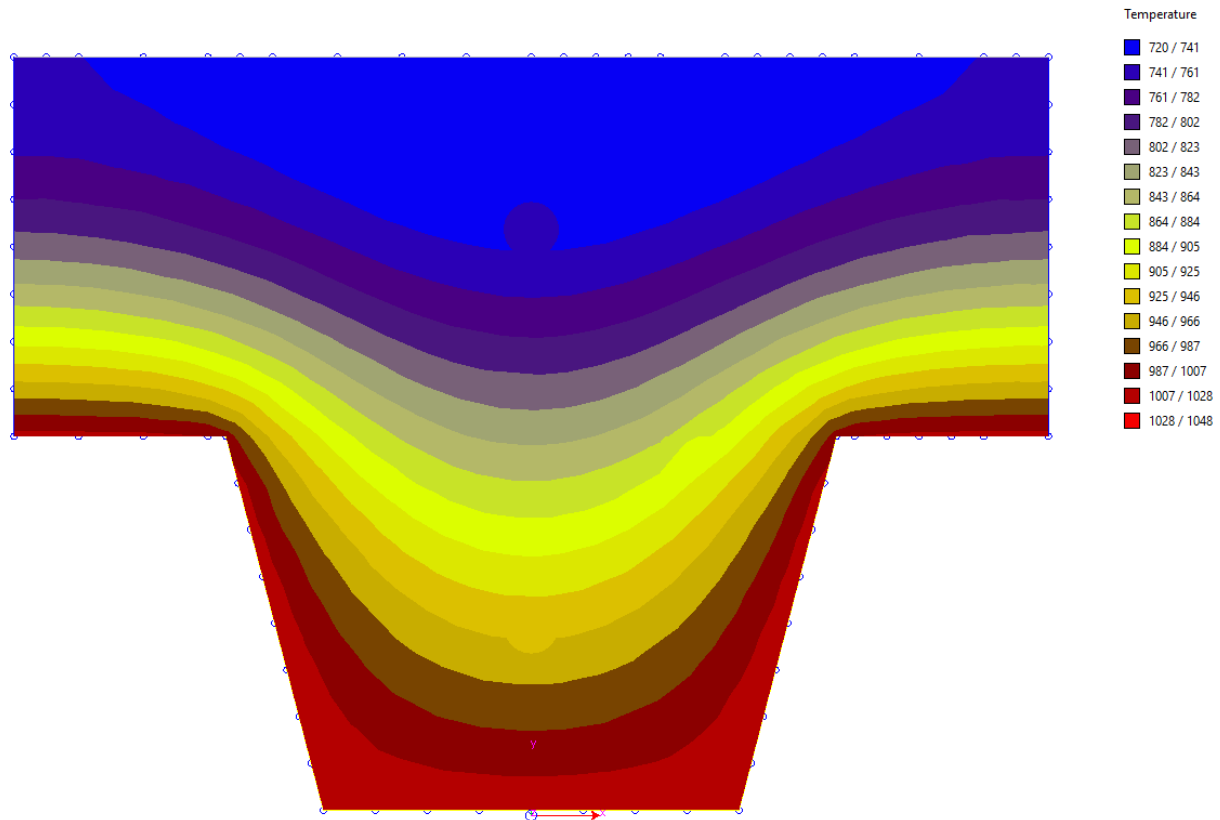


Verifica a $M(-)$ – Parti tese e compresse



Verifica a $M(+)$ – Parti tese e compresse

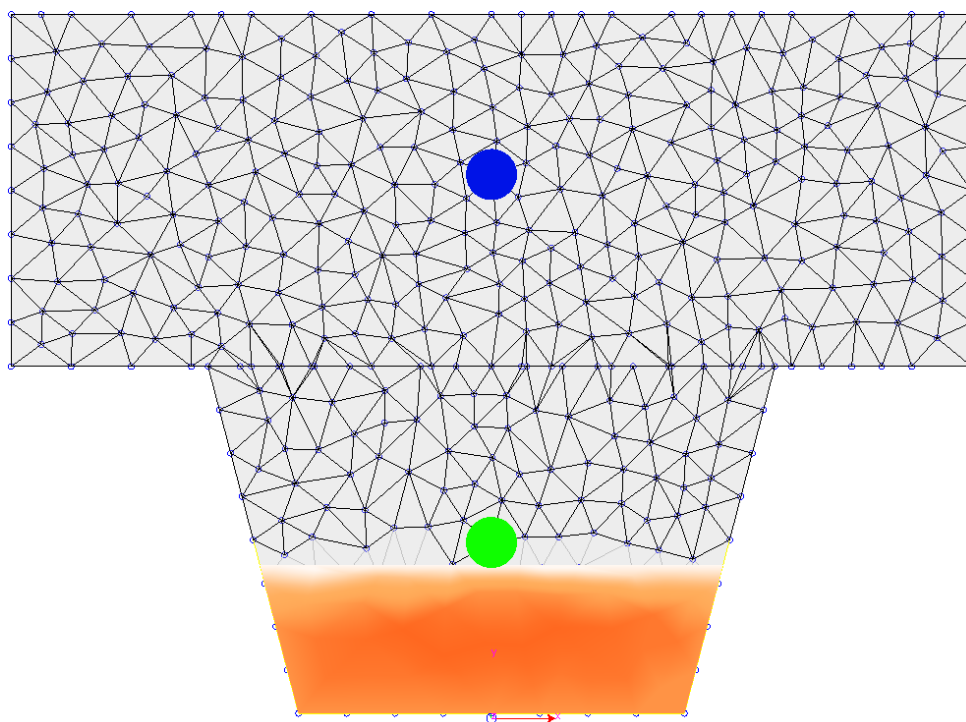
Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
 Progetto esecutivo delle strutture – Relazione generale delle strutture
 Allegato 1 - Protezione al fuoco



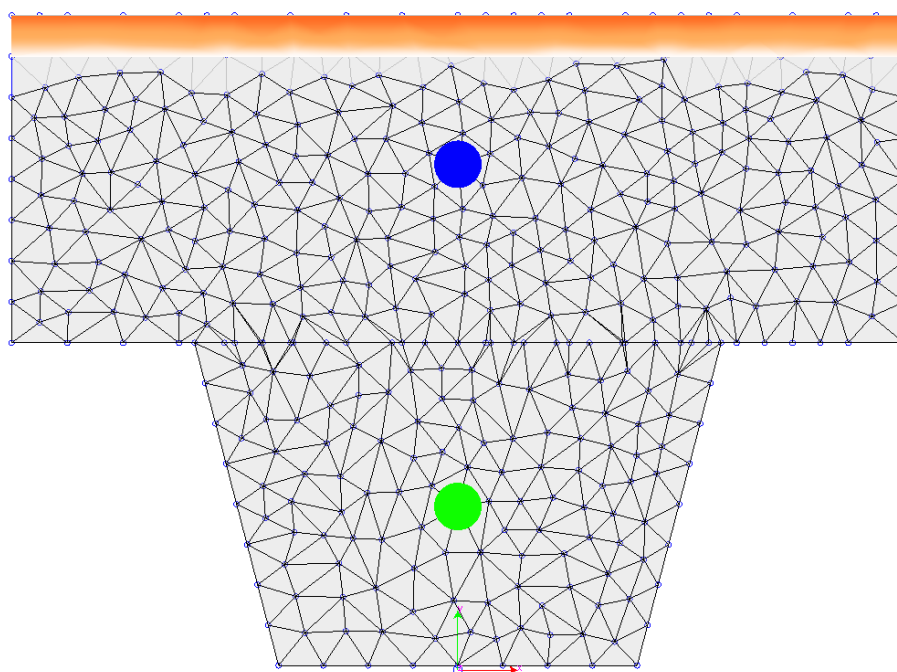
Mapa delle temperature nella sezione, t = 120 minuti

Valori della temperatura T, delle deformazioni ε e della tensione σ associata nei p.ti notevoli per M(-) e M(+)

Cls alleggerito UNI EN 1994-1-2 Rbk 301 1.5 umidita' ro=1200			B450C (gM = 1.15) EC2 1992-1-2 Classe N a caldo					
T [°C]	$\varepsilon \times 1000$	σ [MPa]	T [°C]	$\varepsilon \times 1000$	σ^- [MPa]	T [°C]	$\varepsilon^+ \times 1000$	σ^+ [MPa]
1048	-3.50	-2.55				752	9.24	75.16
763	-0.93	-7.95				960	10.00	21.61



Verifica a $M(-)$ – Parti tese e compresse



Verifica a $M(+)$ – Parti tese e compresse

Allegato 1 - Protezione al fuoco

Esito delle verifiche flessionali

Si riporta l'esito delle verifiche (ratio S/R) per i vari casi ordinati con valore decrescente del momento flettente (nota: secondo la convenzione del software il momento "negativo" che tende le fibre di estradosso ha segno positivo)

Info	Mx [kNm]	S/R t = 60'	S/R t = 90'	S/R t = 120'
P.2 Zona 2 -M(-) PET Lmax	0.314	0.24	0.49	1.11
P.2 Tipica -M(-) PET Lmax	0.235	0.18	0.37	0.83
P.1 Platea -M(-) BCC Lmax	0.203	0.16	0.32	0.72
P.1 Platea -M(-) PET Lmax	0.203	0.16	0.32	0.72
P.2 Zona 2 -M(-) BCC Lmax	0.192	0.15	0.3	0.68
P.1 Zona 1 -M(-) PET Lmax	0.188	0.14	0.29	0.67
P.1 Sala Prove -M(-) BCC Lmax	0.187	0.14	0.29	0.66
P.1 Palcosc. -M(-) PET Lmax	0.183	0.14	0.28	0.65
P.1 Zona 1 -M(-) BCC Lmax	0.162	0.12	0.25	0.57
P.2 Tipica -M(-) BCC Lmax	0.159	0.12	0.25	0.56
P.1 Sala Prove -M(-) PET Lmax	0.143	0.11	0.22	0.51
P.1 Sala Prove -M(-) Tip.	0.143	0.11	0.22	0.51
P.2 Zona 2 -M(-) Tip.	0.133	0.1	0.21	0.47
P.1 Platea -M(-) Tip.	0.127	0.1	0.2	0.45
P.1 Zona 1 -M(-) Tip.	0.125	0.1	0.19	0.44
Cop Ridotti -M(-) BCC Lmax	0.119	0.09	0.18	0.42
Cop Ridotti -M(-) PET Lmax	0.119	0.09	0.18	0.42
Cop Ridotti -M(-) Tip.	0.119	0.09	0.18	0.42
P.1 Palcosc. -M(-) BCC Lmax	0.119	0.09	0.18	0.42
P.1 Palcosc. -M(-) Tip.	0.119	0.09	0.18	0.42
P-4.50 -M(-) BCC Lmax	0.100	0.08	0.16	0.35
P-4.50 -M(-) Tip.	0.100	0.08	0.16	0.35
P.2 Tipica -M(-) Tip.	0.100	0.08	0.16	0.35
Cop Sala Prove -M(-) BCC Lmax	0.084	0.06	0.13	0.3
P.-1.40 -M(-) BCC Lmax	0.077	0.06	0.12	0.27
P.-1.40 -M(-) Tip.	0.077	0.06	0.12	0.27
Cop Sala Prove -M(-) Tip.	0.073	0.06	0.11	0.26
Cop Sala Prove -M(+) Tip.	-0.073	0.11	0.23	0.42
P.-1.40 -M(+) Tip.	-0.077	0.12	0.24	0.45
P.-1.40 -M(+) BCC Lmax	-0.077	0.12	0.24	0.45
Cop Sala Prove -M(+) BCC Lmax	-0.084	0.13	0.26	0.49
P.2 Tipica -M(+) Tip.	-0.100	0.16	0.31	0.58
P-4.50 -M(+) Tip.	-0.100	0.16	0.31	0.58
P-4.50 -M(+) BCC Lmax	-0.100	0.16	0.31	0.58
Cop Ridotti -M(+) BCC Lmax	-0.119	0.18	0.37	0.69
Cop Ridotti -M(+) PET Lmax	-0.119	0.18	0.37	0.69
Cop Ridotti -M(+) Tip.	-0.119	0.18	0.37	0.69

Allegato 1 - Protezione al fuoco

P.1 Palcosc. -M(+) BCC Lmax	-0.119	0.18	0.37	0.69
P.1 Palcosc. -M(+) Tip.	-0.119	0.18	0.37	0.69
P.1 Zona 1 -M(+) Tip.	-0.125	0.19	0.39	0.73
P.1 Platea -M(+) Tip.	-0.127	0.2	0.39	0.74
P.2 Zona 2 -M(+) Tip.	-0.133	0.21	0.41	0.77
P.1 Sala Prove -M(+) Tip.	-0.143	0.22	0.44	0.83
P.1 Sala Prove -M(+) PET Lmax	-0.143	0.22	0.44	0.83
P.2 Tipica -M(+) BCC Lmax	-0.159	0.25	0.49	0.92
P.1 Zona 1 -M(+) BCC Lmax	-0.162	0.25	0.5	0.94
P.1 Palcosc. -M(+) PET Lmax	-0.183	0.28	0.57	1.06
P.1 Sala Prove -M(+) BCC Lmax	-0.187	0.29	0.58	1.09
P.1 Zona 1 -M(+) PET Lmax	-0.188	0.29	0.58	1.09
P.2 Zona 2 -M(+) BCC Lmax	-0.192	0.3	0.59	1.12
P.1 Platea -M(+) BCC Lmax	-0.203	0.32	0.63	1.18
P.1 Platea -M(+) PET Lmax	-0.203	0.32	0.63	1.18
P.2 Tipica -M(+) PET Lmax	-0.235	0.36	0.73	1.36
P.2 Zona 2 -M(+) PET Lmax	-0.314	0.49	0.97	1.82

Conclusioni: le verifiche secondo il criterio R sono soddisfatte ($S/R \leq 1.0$). I casi con $S/R > 1$ (con R120) sono riferiti a casi per i quali R120 non è richiesta.

Controllo di massima

$M_{sd} = M(+)\max = 0.162 \text{ kNm/greca}$ (Caso "P.1 Zona 1 -M(+) BCC Lmax")

Assumendo le temperature ricavate per $t = 120'$ si ricava M_{rd}

$T(\text{barra superiore}) = 752 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow f_{ay}(T)_e = 75.4 \text{ N/mm}^2$

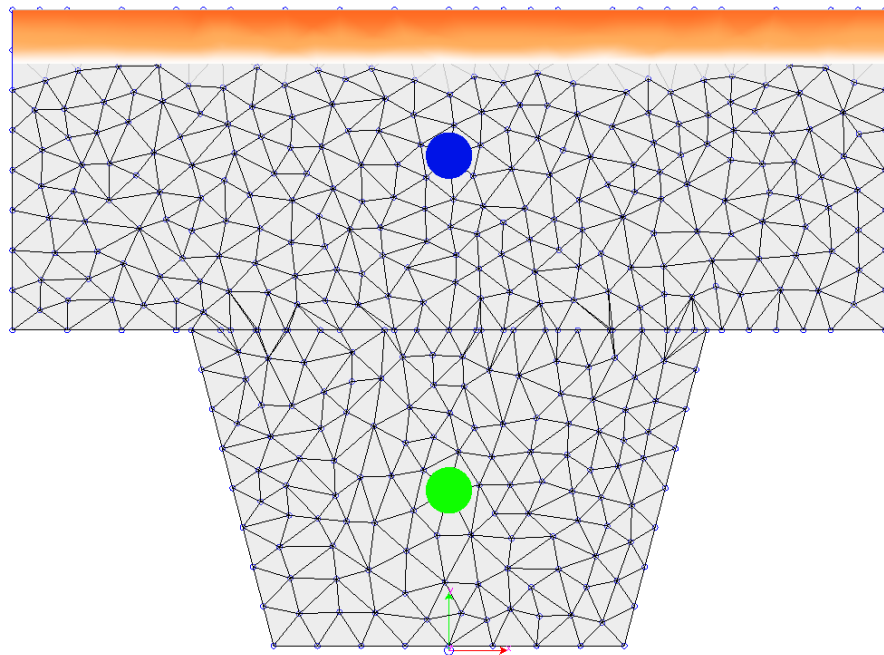
$T(\text{barra inferiore}) = 960 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow f_{ay}(T)_i = 21.6 \text{ N/mm}^2$

Braccio dell'azione interna:

distanza della barra superiore dall'estradosso soletta: $d_{ae} = 55/2 = 27.5 \text{ mm}$

distanza della barra inferiore dall'estradosso soletta: $d_{ai} = 110 - 55/2 = 82.5 \text{ mm}$

distanza asse neutro dall'estradosso soletta: $x = 7.2 \text{ mm}$



Area barra $\phi 8$ $A_a = 50 \text{ mm}^2/\text{greca}$

$$\begin{aligned} M_{rd}(T) &= A_a [f_{ay}(T)_e (d_{a_e} - x/2) + f_{ay}(T)_i (d_{a_i} - x/2)] = \\ &= 50 \times [75.4 \times (27.5 - 7.2/2) + 21.6 \times (82.5 - 7.2/2)] = 0.175 \text{ kNm/greca} \end{aligned}$$

$$S/R = M_{sd} / M_{rd}(T) = 0.92$$

Esito controllo positivo

Verifica a taglio

Si trascura il contributo della lamiera.

Da EN1992-1-2:

7.3.5 Shear and torsion

7.3.5.1 General

(1) The shear, punching shear and torsion capacity of reinforced and prestressed concrete members without or with transverse reinforcement may be calculated according to the methods given in EN 1992-1-1 using reduced material properties and reduced prestress for each part of the cross-section.

$$V_{sd} = V_{sd \text{ max}} = 0.98 \text{ kN/greca}$$

$$\text{Temperatura media nel cls (t=120'): } T = 0.5 (T_{\text{max}} + T_{\text{min}}) = 0.5 \times (1045 + 565) \text{ } ^\circ\text{C} = 805 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$K_c(T=805 \text{ } ^\circ\text{C}) = 0.15$$

$$f_{ck}(T=805 \text{ } ^\circ\text{C}) = 0.15 \times 25 \text{ N/mm}^2 = 3.75 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Temperatura barra } T_{\text{barra}} = 607 \text{ } ^\circ\text{C} \rightarrow f_{ay}(T) = 204 \text{ N/mm}^2$$

Allegato 1 - Protezione al fuoco

Area equivalente: $A_{s_eq}(T) = A_s f_{yk}(T) / f_{yk} = 50 \text{ mm}^2 / 204 / 450 = 22.7 \text{ mm}^2 \rightarrow \phi_{eq}(T) = 5.4 \text{ mm}$

In accordo con “NTC 2018 p. 4.1.2.3.5.1 - Resistenza al taglio - Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio”

Si considera la porzione continua della soletta posta sopra la lamiera grecata

CLS - Resistenza caratteristica a compressione	f_{ck} [MPa]	3.75
Coefficiente di sicurezza	γ_c	1
	α_{cc}	1.00
	f_{cd} [MPa]	3.75
Altezza utile	d [mm]	27.5
Larghezza nervatura	b_w [mm]	150
Rapporto geometrico armatura tesa estesa per $(l_{bd}+d)$	δ (max 2%)	0.555%
Tensione media di compressione	σ_{cp} [N/mm ²]	0
$k = 1 + (200 / d)^{0.5} \leq 2$	k	2.00
$v_{min} = 0.035 k^{(3/2)} f_{ck}^{0.5}$	v_{min} [N/mm ²]	0.192
	k_1	0.150
	$C_{rd,c}$	0.180
$\tau_{Rd} = 1/\gamma_c C_{rd,c} k (100 \rho f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}$	τ_{Rd} [N/mm ²]	0.460
Tensione tangenziale resistente	τ_{Rd} [N/mm ²]	0.460
Taglio resistente	V_{Rd} [kN]	1.90

$S/R = V_{sd} / V_{rd} = 0.98 / 1.90 = 0.52 \rightarrow$ Verifica soddisfatta $\rightarrow R120$

4.4 Protezione dei profili metallici

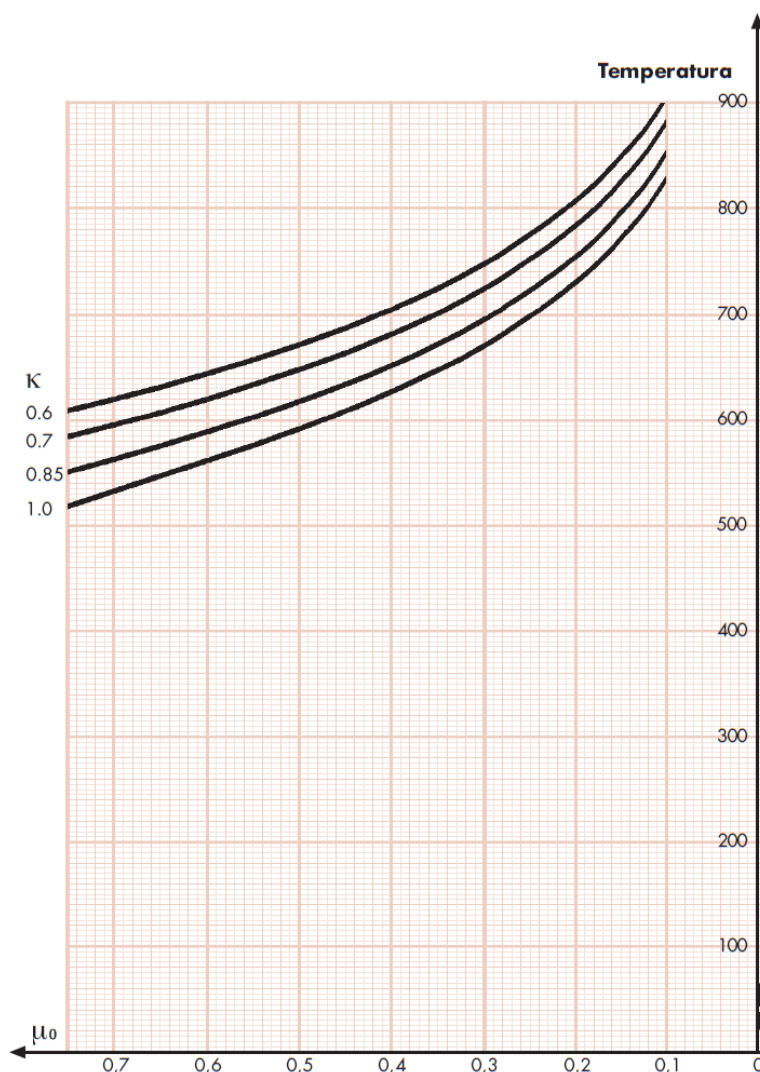
Lo spessore protettivo di intonaco isolante viene determinato nel seguente modo:

- 1) si determina il tasso di utilizzo $\mu_0 = S_d/S_r$ dell'asta più sollecitata di ogni famiglia di profili nello scenario "Fuoco":

$$E_d = G_k + \psi_2 Q_k$$

Nota: a favor di sicurezza il tasso di utilizzo viene determinato considerando $\gamma_{M0} = 1.05$ (si potrebbe considerare $\gamma_{M0} = 1.0$);

- 2) si determina la temperatura critica T_{cr} associata al tasso di lavoro μ_0 secondo il diagramma riportato nella pagina seguente in accordo con il Nomogramma ⁽¹⁾;



Nota: a favor di sicurezza si considera la curva associata al valore $K = 1$

⁽¹⁾ Nomogramma: metodo di grafico di valutazione delle resistenze al fuoco in acciaio (basato su EN 1993-1-2)

Allegato 1 - Protezione al fuoco

- 3) dalle tabelle della Promat, si ricava lo spessore protettivo necessario in funzione di R richiesto, della temperatura T_{cr} e del fattore di sezione (A/V) del profilo metallico.

Nel caso di elementi snelli compressi la temperatura critica T_{cr} viene determinata non secondo quanto descritto nel p.to 2) precedente ma secondo le seguenti modalità:

- 2') si determina la temperatura critica T_{cr} in funzione della tensione normale di lavoro $f_{d\theta}$ e della snellezza adimensionale $\bar{\lambda}$ secondo la tabella seguente estratta dal Nomogramma (valida per S355):

Temperatura critica θ_a - S355						
	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C
$\bar{\lambda}_{(20^\circ\text{C})}$	$f'_{y,\theta,\bar{\lambda}} \cdot [\text{N/mm}^2]$					
0,0	355	277	167	82	39	21
0,1	334	261	157	76	37	20
0,2	313	246	147	71	35	19
0,3	293	231	137	66	33	18
0,4	272	215	126	60	31	17
0,5	250	199	116	54	28	16
0,6	227	182	105	49	26	15
0,7	204	165	94	43	24	14
0,8	182	148	83	38	21	13
0,9	161	132	73	33	19	12
1,0	143	118	65	29	17	11
1,1	126	105	57	25	15	10
1,2	112	93	51	22	14	9
1,3	100	83	45	19	12	8
1,4	89	75	40	17	11	8
1,5	80	67	36	15	10	7
1,6	72	61	32	14	9	6
1,7	65	55	29	13	8	6
1,8	59	50	26	11	7	5
1,9	54	46	24	10	7	5
2,0	49	42	22	9	6	4

4.4.1 Strutture metalliche Maniche e Sala Prove

			Fattore di sezione [1/m]									Intumescente PROMOPAINT SC3			Intonaco isolante PROMOSPRAY-P300		
			4 lati	3 lati		Sd/Sr	Nsd [kN]	A [cm2]	fd0 [N/mm2]	λ'	Tcrit [°C]	R60 [mm]	R90 [mm]	R120 [mm]	R60 [mm]	R90 [mm]	R120 [mm]
Maniche																	
Piano tecnico	IPE 160	Colonna	310	269		0.30	34.7	20.12	17.2	1.77	600	1.951	2.821		20	29	
	CHS 177.8x6.0	Controvento trasv.	167									1.845 (*)	1.845 (*)		16 (*)	24 (*)	
	CHS 139.7x4.0	Controvento long.	250									1.845 (*)	1.845 (*)		16 (*)	24 (*)	
	2x100x15	Controvento di falda	153									1.845 (*)	1.845 (*)		16 (*)	24 (*)	
	IPE 160	Arcareccio	310	269		0.26					690	1.845	1.845		19	27	
	HEAA 200	Arcareccio	242	200		0.30					660	1.845	1.845		16	24	
	2IPEA 270	Trave	166			0.28					690	1.845	1.845		12	19	
Manica	HEA 120	Colonna P.1	267	220		0.56	356.8	26.39	135.2	0.66	540	1.951	3.236		22	31	
Pilastri	HEA 120	Colonna P.2	267	220		0.41	102.6	26.39	38.9	1.57	580	1.951	2.569		20	29	
	HEAA 220	Colonna P.1	242	200		0.57	424.7	51.58	82.3	1.22	500	1.951	3.682		22	31	
	HEAA 220	Colonna P.2	242	200		0.18	188.5	51.58	36.5	0.88	680	1.951	1.951		16	24	
	HEA 200	Colonna P.1 (Atrio)	211	174		0.29	126.5	53.95	23.4	0.82	800	1.951	1.951		12	19	
Maniche	IPE 220	Travi	254	221		0.48					600	1.845	2.113		19	27	
Impalcato P.1	IPE 240	Travi	236	205		0.42					620	1.845	2.012		18	26	
	IPE 270	Travi	227	197		0.40					620	1.845	1.985		17	26	
	UPN 320	Travi	120	116		0.51					590	1.845	1.845		11	18	
	UPN 400	Travi	129	117		0.58					560	1.845	1.845		12	19	
Maniche	IPE 240	Travi	236	205		0.45					610	1.845	2.012		18	27	
Impalcato P.2	IPE 270	Travi	227	197		0.62					560	1.845	2.603		19	28	
	UPN 320	Travi	120	116		0.33					660	1.845	1.845		10	15	
	UPN 400	Travi	129	117		0.46					600	1.845	1.845		11	18	
Sala prove	HEAA 220	Pilastri sala prove	242	200		0.5	285	51.58	55.3	1.47	500	1.951	3.416		22	32	
	HEAA 220	Pilastri sala prove	242	200		0.24	100	51.58	19.4	1.80	600						
	HEA 220	Pilastri sala prove - Muro	195	161		0.32	232	64.46	36.0	1.45	600	1.951	1.845		16	24	
	HEA 220	Pilastri sala prove - Muro	195	161		0.19	100	64.46	15.5	1.76	600						
	HEB 200	Pilastri sala prove - Muro 2	147	122		0.42	328	78.2	41.9	1.58	550						
	HEB 200	Pilastri sala prove - Muro 2	147	122		0.21	565	78.2	72.3	1.61	400	1.955	3.946		22	32	
	HEB 200	Pilastri sala prove - Muro 2	147	122		0.05	142	78.2	18.2	1.92	600						
	IPE 220	Travi impalcato P.T. e P.-1	254	221		0.42					620			4.646			36
	UPN 380	Travi impalcato P.T. e P.-1	138	125		0.42					620			3.168			27
	UPN 320	Travi impalcato P.T. e P.-1	120	116		0.35					640			2.824			23

(*) protezione uniformata a quella degli arcarecci

4.4.2 Copertura Atrio - Travi metalliche (2 UPN 350)

Nello scenario “fuoco” la trave viene analizzata con schema di trave su due appoggi e soggetta ad un carico uniformemente distribuito:

Luce $L = 8.96\text{m}$, interasse $i = 2.75\text{m}$

Carico distribuito: $q_{sd} = 2.75\text{m} \times 6.03 \text{ kN/m}^2 = 16.6 \text{ kN/ml}$

Sollecitazioni di progetto $M_{sd} = q_{sd} L^2 / 8 = 166.4 \text{ kNm}$

Tasso di Lavoro $\mu_0 = M_{sd} / M_{rd} = 166.4 / (2 \times 197.7) = 0.42$

Temperatura critica $T_{cr} = 620 \text{ }^\circ\text{C}$

PROMOPAINT SC3		PROMOSPRAY-P300	
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
R60	R90	R60 [mm]	R90
[mm]	[mm]		[mm]
1.845	1.845	12	19

4.4.3 Copertura bassa Torre Scenica lato Petrarca - Travi metalliche (2 MC 460x86)

Nello scenario “fuoco” la trave viene analizzata con schema di trave su due appoggi e soggetta ad un carico uniformemente distribuito:

Luce $L = 11.80\text{m}$, interasse $i = 3.95\text{m}$

Carico distribuito: $q_{sd} = 3.95\text{m} \times 4.25 \text{ kN/m}^2 = 16.8 \text{ kN/ml}$

Sollecitazioni di progetto $M_{sd} = q_{sd} L^2 / 8 = 292.2 \text{ kNm}$

Tasso di Lavoro $\mu_0 = M_{sd} / M_{rd} = 292.2 / (2 \times 337.5) = 0.43$

Temperatura critica $T_{cr} = 620 \text{ }^\circ\text{C}$

PROMOPAINT SC3		PROMOSPRAY-P300	
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
R60	R90	R60 [mm]	R90
[mm]	[mm]		[mm]
1.845	1.845	12	19

Comune di Torino – Progetto di riqualificazione del Teatro Nuovo
Progetto esecutivo delle strutture – Relazione generale delle strutture
Allegato 1 - Protezione al fuoco

4.4.4 Torre scenica

Nella tabella seguente sono riportati i dati e lo spessore protettivo necessario per:

- le travi reticolari principali della copertura alta della Torre Scenica;
- l'arcarecciatura e controventi di falda;
- la trave a supporto dei paranchi;
- i profili metallici del livello della "graticcia";
- passerelle tecniche;
- la trave del boccascena.

												Intumescente		Intonaco isolante	
			Fattore di sezione [1/m]									PROMOPAINT SC3		PROMOSPRAY-P300	
												[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
			4 lati	3 lati		Sd/Sr	Nsd [kN]	A [cm2]	fd6 [N/mm2]	λ'	Tcrit [°C]	R60 [mm]	R90 [mm]	R60 [mm]	R90 [mm]
Torre scenica															
Reticolari principali	2IPE 2x240	Corrente superiore	144			0.37	821	78.35	104.8	0.408	630	1.951	1.951	12	20
	I saldate BoFiera Pad 37 240x240x10x10	Corrente inferiore	203			0.33					650	1.845	1.845	14	22
	IPE 240	Diagonali	236	205		0.26					690	1.845	1.845	16	24
	IPE 240	Montanti	236	205		0.35	246	39.2	62.8	1.123	600	1.951	2.303	18	27
	UPN di schiena 100/12	Diagonali pareti	279	236		0.15	73	26.92	27.1	1.428	600	1.951	2.636	19	28
	Tubi Pieni 27	Controventi falda	148			0.10					820	1.845	1.845	10	15
Arcarecci	HEA 120	Arcarecci	267	220		0.25	32	25.39	12.6	0.904	900	1.951	1.951	15	22
	HEA 120	Arcarecci sopra travi ca	267	220		0.01					900	1.845	1.845	15	22
Trave a supporto dei paranchi	I saldate BoFiera Pad 37 240x240x10x10	Trave a supporto dei paranchi	203			0.25					700	1.845	1.845	13	20
Graticcia	2IPE 2x200	Graticcia principale	270	235		0.51					690	1.845	1.845	17	24
	HEA 160	Graticcia secondaria	234	192		0.38					620	1.845	1.845	16	26
Passerelle tecniche	IPE 200	Sostegno piano servizio	270	235		0.31					660	1.845	1.845	17	26
	IPE 160	Sostegno passerelle	310	269		0.05					820	1.845	1.845	15	24
Appensione passerelle	Tubi Pieni 36	Pendini	111			0.36					640	1.845	1.845	10	15
Trave boccascena	Profilo a C H1200, B400,tw30,tf40		60	42		0.70					530	1.845	1.845	10	12

4.5 Strutture in c.a. esistenti

Per la protezione delle strutture in c.a. esistenti "Intonaco protettivo antincendio leggero Gyproc IGNIVER" della Saint Gobian e di cui si riportano le tabelle di dimensionamento degli spessori.

Sono valide soluzioni alternative con prestazioni non inferiori a quelle indicate.

Il Fornitore deve comunque confermare la conformità della soluzione in funzione delle caratteristiche effettive del prodotto applicato.

Pilastri in C.A.

Spessore di intonaco Gyproc IGNIVER in funzione della resistenza al fuoco richiesta in conformità alla tabella 5.2a della norma UNI EN 1992-1-2, considerando un fattore di utilizzazione μ_{fi} = 0,7, esposizione al fuoco su più lati.

Per l'altezza massima del pilastro fare riferimento a quanto descritto nel paragrafo 5 della norma UNI EN 1992-1-2 (lunghezza efficace pilastro in situazione di incendio).

Spessore minimo protettivo con intonaco ignifugo Gyproc IGNIVER in funzione della Resistenza richiesta [mm]																															
Lato minore [mm]	Dimensione copriforo [mm]	R 30					R 60					R 90					R 120					R 180					R 240				
		0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
	200	10	10	10	10	10	16	14	13	11	10	24	21	17	16	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	250	10	10	10	10	10	13	11	10	10	10	24	21	17	16	15	24	22	19	17	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	300	10	10	10	10	10	13	11	10	10	10	17	16	15	13	12	24	22	19	17	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	350	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	15	13	12	10	10	17	16	15	14	14	17	17	16	15	15	32	30	29	28	27
	400	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	15	13	12	10	10	17	16	15	14	14	17	17	16	15	15	32	30	29	28	27
450	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	11	10	10	10	10	16	15	14	14	13	20	18	17	16	16	35	34	32	31	30	

Travi in C.A. fuori spessore di solaio a larghezza costante semplicemente appoggiate

Spessore di intonaco Gyproc IGNIVER in funzione della resistenza al fuoco richiesta in conformità alla tabella 5.2a della norma

UNI EN 1992-1-2, considerando un fattore di utilizzazione $\mu_n = 0,7$, esposizione al fuoco su 2-3 lati (si tiene conto della maggiorazione del copriferro per le barre d'angolo).

Spessore minimo protettivo con intonaco ignifugo Gyproc IGNIVER in funzione della Resistenza richiesta [mm]																															
Larghezza trave [mm]	Dimensione copriferro [mm]	R 30					R 60					R 90					R 120					R 180					R 240				
		0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
	80	10	10	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	100	10	10	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	120	10	10	10	10	10	14	12	12	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	140	10	10	10	10	10	14	12	11	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	150	10	10	10	10	10	14	12	11	10	10	19	17	15	14	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	160	10	10	10	10	10	12	11	10	10	10	19	17	15	14	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	180	10	10	10	10	10	12	11	10	10	10	19	17	15	14	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	200	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	15	14	12	11	10	23	21	18	17	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	220	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	15	14	12	11	10	23	21	18	17	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	240	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	15	14	12	11	10	21	18	17	16	16	28	26	24	22	20	-	-	-	-	-
250	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	15	14	12	11	10	21	18	17	16	16	28	26	24	22	20	-	-	-	-	-	
300	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	14	12	11	10	10	18	17	16	16	15	24	22	20	18	17	41	39	38	37	36	
350	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	14	12	11	10	10	18	17	16	16	15	24	22	20	18	17	38	37	36	35	34	
400	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	18	17	16	16	15	22	20	18	17	16	38	37	36	35	34	
500	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	15	14	13	13	22	20	18	17	16	37	36	35	34	32	
600	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	15	14	13	13	17	16	16	15	14	37	36	35	34	32	
700	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	15	14	13	13	17	16	16	15	14	34	32	31	30	28	

4.5.1 Impalcato Atrio

4.5.1.1 Solaio latero-cemento

R60 → Spessore protettivo: 10mm

4.5.1.2 Travi c.a.

Con riferimento alla tabella, assumendo:

Copriferro esistente = 10mm

Larghezza trave = 180mm

Occorre il seguente spessore protettivo:

R60 = 10mm

4.5.2 Impalcato copertura Platea

4.5.2.1 Solaio latero-cemento

R90 → Spessore protettivo: 15mm

4.5.2.2 Travi c.a.

Con riferimento alla tabella, assumendo:

Copriferro esistente = 10mm

Larghezza trave = 220mm

Occorre il seguente spessore protettivo:

R90 → Spessore protettivo: 12mm

4.5.3 Impalcato copertura bassa Torre Scenica lato Petrarca

4.5.3.1 Solaio latero-cemento

R60 → Spessore protettivo: 10mm

4.5.3.2 Travi c.a.

Con riferimento alla tabella, assumendo:

Copriferro esistente = 15mm

Larghezza trave = 220mm

Occorre il seguente spessore protettivo:

R60 → Spessore protettivo: 10mm

4.5.4 Solaio copertura Manica servizi posteriore alla Torre Scenica

R60 → Spessore protettivo: 10mm

4.5.5 Impalcato Palco P.T.

4.5.5.1 Solaio latero-cemento

R90 → Spessore protettivo: 15mm

4.5.5.2 Travi c.a.

Con riferimento alla tabella, assumendo:

Copriferro esistente = 10mm

Larghezza trave = 210mm

Occorre il seguente spessore protettivo:

R90 → Spessore protettivo: 12mm

4.5.6 Colonne e travi

Considerando che

- sono stati riscontrati mediamente copriferri di spessore non superiore a 10mm;
- che è necessario un copriferro secondo la colonna 2 della tabella successiva;

si ricava per differenza il copriferro integrativo in cls (colonna 3)

e, in funzione del prospetto seguente, lo spessore necessario di intonaco IGNIVER (colonna 4).

Spessore equivalente calcestruzzo - intonaco Gyproc IGNIVER

Tipo di struttura in calcestruzzo	Spessore IGNIVER (mm)	Tipo di agente disarmante	Spessore equivalente di calcestruzzo (mm)					
			Durata di esposizione secondo UNI EN 1363-1 (min)					
			30	60	90	120	180	240
Travi / pilastri	8	**	7	15	13	*	*	*
	17	**	49	62	63	64	64	*
	55	**	24	68	74	99	119	138

Elemento	Copriferro necessario	Copriferro integrativo	Spessore IGNIVER
Pilastri R 90 (esposti su un lato)	35mm	25mm	10mm
Pilastri R 120 (esposti su un lato)	35mm	25mm	17mm
Pilastri R 90 (esposti su più lati)	51mm	41mm	13mm
Pilastri R 120 (esposti su più lati)	61mm	51mm	17mm
Travi R 60, Bmin = 300mm	25mm	15mm	10mm
Travi R 90, Bmin = 400mm	35mm	25mm	10mm
Travi R 120, Bmin = 300mm	55mm	45mm	17mm
Travi R 120, Bmin = 500mm	50mm	40mm	17mm