



REALIZZAZIONE SCUOLA PRIMARIA CON 15 CLASSI

AGOSTO
2020

RESPONSABILE PROCEDIMENTO: Arch. Anna Casalone

PROGETTISTI

SETTANTA7 STUDIO ASSOCIATO

Arch. D. Rangone

Arch. E. Rionda

CURCIO E REMONDA STUDIO ASSOCIATO

Ing. A. Remonda



Arch. Laura Lova



PROGETTO DEFINITIVO
SVILUPPATO A LIVELLO ESECUTIVO

REV_02

RESISTENZA AL FUOCO - BLOCCO 1



INDICE

1.	PREMESSA	6
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3.	CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI	9
4.	MODELLAZIONE DELLE SEZIONI	11
5.	MODELLAZIONE DELLE AZIONI	15
6.	SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO	17
7.	DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI	18
8.	VERIFICHE DI RESISTENZA AL FUOCO	21
9.	CONCLUSIONI	29

COMUNE DI GASSINO (TO)

REALIZZAZIONE SCUOLA PRIMARIA CON 15 CLASSI

SETTANTA7 STUDIO ASSOCIATO, CURCIO E REMONDA STUDIO ASSOCIATO, ARCH. LAURA LOVA





1. PREMESSA

La presente relazione, in conformità al §10.1 del DM 17/01/18, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM stesso per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.

Nella presente parte sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo riguardante le strutture, in relazione agli strumenti urbanistici, al progetto architettonico, al progetto delle componenti tecnologiche in generale ed alle prestazioni attese dalla struttura.

In particolar modo la presente relazione riguarda la resistenza al fuoco degli elementi costituenti il fabbricato adibito a scuola. Per quanto non riportato in questa relazione, si rimanda alla relazione di calcolo.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
- D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
- D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
- D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
- D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.
- Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
- D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
- Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".



- D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
- UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.
- UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.
- UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
- UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
- UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.
- UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.
- UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
- UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.



- UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.
- UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici.
- UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.
- UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.
- UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.
- UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.
- UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

NOTA sul capitolo "normativa di riferimento": riporta l'elenco delle normative implementate nel software. Le norme utilizzate per la struttura oggetto della presente relazione sono indicate nel precedente capitolo "RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE" "ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO". Laddove nei capitoli successivi vengano richiamate norme antecedenti al DM 17.01.08 è dovuto o a progettazione simulata di edificio esistente.

In attesa della pubblicazione della circolare di istruzione per l'applicazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 17 gennaio 2018 viene utilizzata la CIRCOLARE esplicativa n. 617 del 2 febbraio 2009, "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008". I riferimenti alla succitata circolare sono riportati con carattere di colore rosso.



3. CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

Il programma consente l'uso di materiali diversi. Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

1	materiale tipo cemento armato
2	materiale tipo acciaio
3	materiale tipo muratura
4	materiale tipo legno
5	materiale tipo generico

I materiali utilizzati nella modellazione sono individuati da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni materiale vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Young	modulo di elasticità normale
Poisson	coefficiente di contrazione trasversale
G	modulo di elasticità tangenziale
Gamma	peso specifico
Alfa	coefficiente di dilatazione termica

I dati soprariportati vengono utilizzati per la modellazione dello schema statico e per la determinazione dei carichi inerziali e termici. In relazione al tipo di materiale vengono riportati inoltre:

1	cemento armato	Rck Fctm	resistenza caratteristica cubica resistenza media a trazione semplice
2	acciaio	Ft Fy Fd Fdt Sadm Sadmt	tensione di rottura a trazione tensione di snervamento resistenza di calcolo resistenza di calcolo per spess. t>40 mm tensione ammissibile tensione ammissibile per spess. t>40 mm
3	muratura	Resist. Fk Resist. Fvko	resistenza caratteristica a compressione resistenza caratteristica a taglio
4	legno	Resist. fc0k Resist. ft0k Resist. fmk Resist. fvk Modulo EO,05 Lamellare	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per compressione Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per trazione Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per flessione Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per taglio Modulo elastico parallelo caratteristico lamellare o massiccio

Vengono inoltre riportate le tabelle contenenti il riassunto delle informazioni assegnate nei criteri di progetto in uso.

Id	Tipo / Note	V. ca- ratt.	V. medio daN/cm2	Young daN/cm2	Poisson	G daN/cm2	Gamma daN/cm3	Alfa	Altri
5	Calcestruzzo Classe C32/40			3.360e+05	0.20	1.400e+05	2.50e-03	1.00e-05	
	Resistenza Rc	400.0							
	Resistenza fctm		31.0						
	Rapporto Rfessurata								1.00
	Coefficiente ksb								0.85
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
13	Acciaio Fe510 - S355			2.100e+06	0.30	8.077e+05	7.80e-03	1.20e-05	
	Tensione ft	5100.0							
	Resistenza fd	3550.0							
	Resistenza fd (>40)	3150.0							



Id	Tipo / Note	v. ca-ratt.	v. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
	Tensione ammissibile	2400.0							
	Tensione ammissibile (>40)	2100.0							
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
161	Calcestruzzo Classe C32/40 all H36-			2.910e+05	0.20	1.212e+05	1.88e-03	1.00e-05	
	Calcestruzzo Classe C32/40								
	Resistenza Rc	400.0							
	Resistenza fctm		31.0						
	Rapporto Rfessurata								1.00
	Coefficiente ksb								0.85
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
162	Calcestruzzo Classe C32/40 all H34-			2.825e+05	0.20	1.177e+05	1.84e-03	1.00e-05	
	Calcestruzzo Classe C32/40								
	Resistenza Rc	400.0							
	Resistenza fctm		31.0						
	Rapporto Rfessurata								1.00
	Coefficiente ksb								0.85
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05



4. MODELLAZIONE DELLE SEZIONI

Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

- sezione di tipo generico;
- profilati semplici;
- profilati accoppiati e speciali.

Le sezioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Area	area della sezione
A V2	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
A V3	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
Jt	fattore torsionale di rigidità
J2-2	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
J3-3	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3
W2-2	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
W3-3	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
Wp2-2	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
Wp3-3	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

I dati sopra riportati vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidità degli elementi strutturali; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata. La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento.

 rettangolare	 a T	 a T rovescia	 a T di colmo	 a L	 a L specchiata
 a L specchiata rovescia	 a L rovescia	 a L di colmo	 a doppio T	 a quattro specchiata	 a quattro
 a U	 a C	 a croce	 circolare	 rettangolare cava	 circolare cava

Per quanto concerne i profilati semplici ed accoppiati l'asse 2 del riferimento coincide con l'asse x riportato nei più diffusi profilati.

Per quanto concerne le sezioni di tipo generico (tipo 1.):

- i valori dimensionali con prefisso B sono riferiti all'asse 2;



- i valori dimensionali con prefisso H sono riferiti all'asse 3.

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	Rettangolare: b=50 h=50	2500.00	2083.33	2083.33	8.785e+05	5.208e+05	5.208e+05	2.083e+04	2.083e+04	3.125e+04	3.125e+04
2	Circolare: r=25	1963.50	1656.68	1656.68	6.136e+05	3.068e+05	3.068e+05	1.227e+04	1.227e+04	2.083e+04	2.083e+04
3	HEB 300	149.10	0.0	0.0	185.00	8563.00	2.517e+04	570.90	1677.70	870.10	1868.70
4	Rettangolare: b=40 h=100	4000.00	3333.33	3333.33	1.596e+06	5.333e+05	3.333e+06	2.667e+04	6.667e+04	4.000e+04	1.000e+05
6	Circolare: r=20	1256.64	1060.27	1060.27	2.513e+05	1.257e+05	1.257e+05	6283.19	6283.19	1.067e+04	1.067e+04
7	Circolare: r=30	2827.43	2385.62	2385.62	1.272e+06	6.362e+05	6.362e+05	2.121e+04	2.121e+04	3.600e+04	3.600e+04
8	HEB 220	91.00	0.0	0.0	76.60	2843.00	8091.00	258.50	735.50	393.90	827.00
9	HEB 300	149.10	0.0	0.0	185.00	8563.00	2.517e+04	570.90	1677.70	870.10	1868.70
11	Rettangolare: b=30 h=110	3300.00	2750.00	2750.00	8.199e+05	2.475e+05	3.327e+06	1.650e+04	6.050e+04	2.475e+04	9.075e+04
12	Rettangolare: b=60 h=60	3600.00	3000.00	3000.00	1.822e+06	1.080e+06	1.080e+06	3.600e+04	3.600e+04	5.400e+04	5.400e+04
13	Rettangolare: b=35 h=35	1225.00	1020.83	1020.83	2.109e+05	1.251e+05	1.251e+05	7145.83	7145.83	1.072e+04	1.072e+04
14	Rettangolare: b=40 h=40	1600.00	1333.33	1333.33	3.599e+05	2.133e+05	2.133e+05	1.067e+04	1.067e+04	1.600e+04	1.600e+04



5. MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE

Il programma utilizza per la modellazione elementi a due nodi denominati in generale travi.

Ogni elemento trave è individuato dal nodo iniziale e dal nodo finale.

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.

--	--

In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

Elem.	numero dell'elemento
Note	codice di comportamento: trave, trave di fondazione, pilastro, asta, asta tesa, asta compressa,
Nodo I (J)	numero del nodo iniziale (finale)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento
Sez.	codice della sezione assegnata all'elemento
Rotaz.	valore della rotazione dell'elemento, attorno al proprio asse, nel caso in cui l'orientamento di default non sia adottabile; l'orientamento di default prevede per gli elementi non verticali l'asse 2 contenuto nel piano verticale e l'asse 3 orizzontale, per gli elementi verticali l'asse 2 diretto secondo X negativo e l'asse 3 diretto secondo Y negativo
Svincolo I (J)	codici di svincolo per le azioni interne; i primi sei codici si riferiscono al nodo iniziale, i restanti sei al nodo finale (il valore 1 indica che la relativa azione interna non è attiva)
Wink V	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione della trave su suolo elastico
Wink O	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

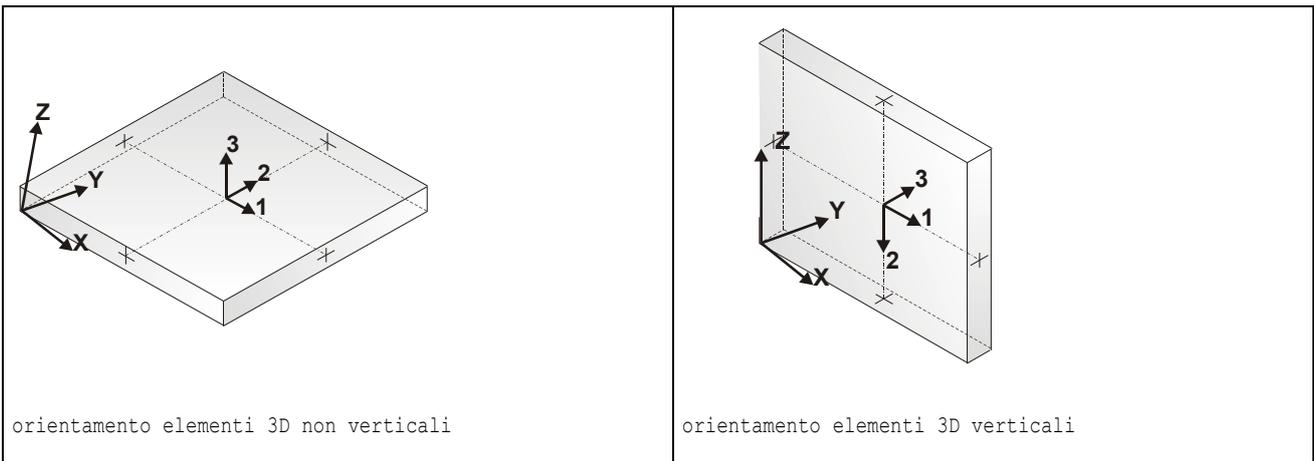


6. MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI SHELL

Il programma utilizza per la modellazione elementi a tre o quattro nodi denominati in generale shell.

Ogni elemento shell è individuato dai nodi I, J, K, L (L=I per gli elementi a tre nodi).

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

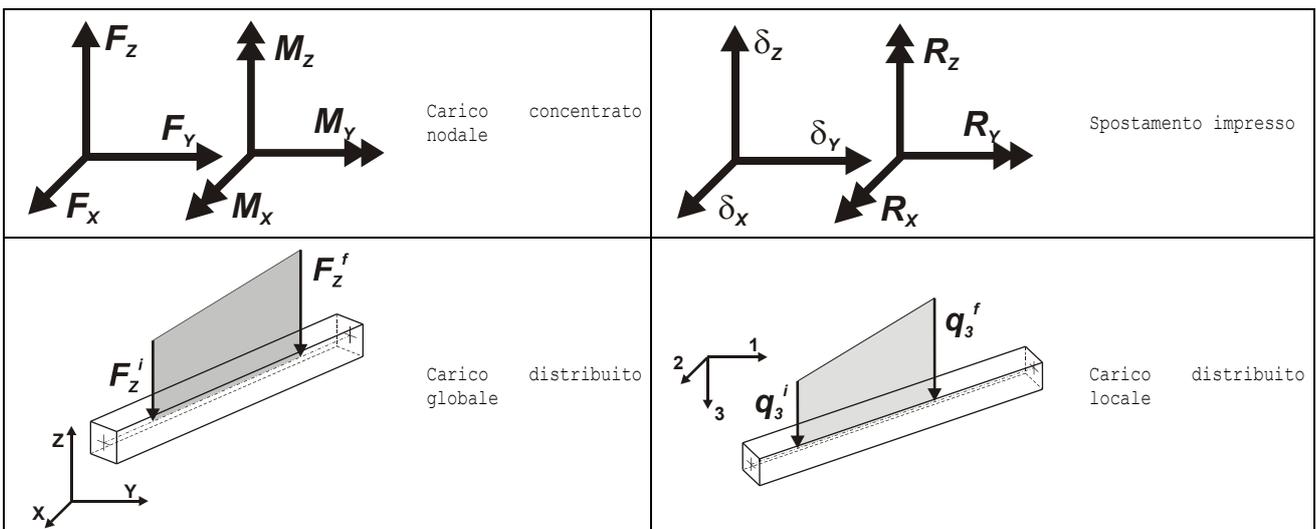
Elem.	numero dell'elemento
Note	codice di comportamento: Guscio (elemento guscio in elevazione non verticale) Guscio fond. (elemento guscio su suolo elastico) Setto (elemento guscio in elevazione verticale) Membrana (elemento guscio con comportamento membranale)
Nodo I (J, K, L)	numero del nodo I (J, K, L)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento
Spessore	spessore dell'elemento (costante)
Wink V	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico verticale
Wink O	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale



7. MODELLAZIONE DELLE AZIONI

Il programma consente l'uso di diverse tipologie di carico (azioni). Le azioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni azione applicata alla struttura viene di riportato il codice, il tipo e la sigla identificativa. Le tabelle successive dettagliano i valori caratteristici di ogni azione in relazione al tipo. Le tabelle riportano infatti i seguenti dati in relazione al tipo:

1	carico concentrato nodale 6 dati (forza F_x , F_y , F_z , momento M_x , M_y , M_z)
2	spostamento nodale impresso 6 dati (spostamento T_x, T_y, T_z , rotazione R_x, R_y, R_z)
3	carico distribuito globale su elemento tipo trave 7 dati ($f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z$, ascissa di inizio carico) 7 dati ($f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z$, ascissa di fine carico)
4	carico distribuito locale su elemento tipo trave 7 dati ($f_1, f_2, f_3, m_1, m_2, m_3$, ascissa di inizio carico) 7 dati ($f_1, f_2, f_3, m_1, m_2, m_3$, ascissa di fine carico)
5	carico concentrato globale su elemento tipo trave 7 dati ($F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$, ascissa di carico)
6	carico concentrato locale su elemento tipo trave 7 dati ($F_1, F_2, F_3, M_1, M_2, M_3$, ascissa di carico)
7	variazione termica applicata ad elemento tipo trave 7 dati (variazioni termiche: uniforme, media e differenza in altezza e larghezza al nodo iniziale e finale)
8	carico di pressione uniforme su elemento tipo piastra 1 dato (pressione)
9	carico di pressione variabile su elemento tipo piastra 4 dati (pressione, quota, pressione, quota)
10	variazione termica applicata ad elemento tipo piastra 2 dati (variazioni termiche: media e differenza nello spessore)
11	carico variabile generale su elementi tipo trave e piastra 1 dato descrizione della tipologia 4 dati per segmento (posizione, valore, posizione, valore) la tipologia precisa l'ascissa di definizione, la direzione del carico, la modalità di carico e la larghezza d'influenza per gli elementi tipo trave
12	gruppo di carichi con impronta su piastra 9 dati (numero di ripetizioni in direzione X e Y, valore di ciascun carico, posizione centrale del primo, dimensioni dell'impronta, interasse tra i carichi)





<p>Carico globale concentrato</p>	<p>Carico locale concentrato</p>
<p>Carico termico 2D</p>	<p>Carico termico 3D</p>
<p>Carico uniforme pressione</p>	<p>Carico pressione variabile</p>

Tipo	carico variabile generale
------	---------------------------

Id	Tipo	ascissa	valore	ascissa	valore
		cm	daN/cm ²	cm	daN/cm ²
1	Permanente solaio controterra 395 kg/mq-QV:unif - Qz - Area Unif. Qz Area L2=0.0		-0.04		
2	Permanente solaio pl - p2 250 kg/mq-QV:unif - Qz - Area Unif. Qz Area L2=0.0		-0.03		
3	Permanente solaio copertura 165 kg/mq-QV:unif - Qz - Area Unif. Qz Area L2=0.0		-0.02		
4	Permanente terrazzo 190 kg/mq-QV:unif - Qz - Area Unif. Qz Area L2=0.0		-0.02		
5	Variabile 300 kg/mq-QV:unif - Qz - Area Unif. Qz Area L2=0.0		-0.03		
6	Variabile affollamento 400 kg/mq-QV:unif - Qz - Area Unif. Qz Area L2=0.0		-0.03		
7	Permanente tramezzi 80 kg/mq-QV:unif - Qz - Area Unif. Qz Area L2=0.0		-8.00e-03		
8	Permanente gradini scala 200 kg/mq-QV:unif - Qz - Area Unif. Qz Area L2=0.0		-0.02		
9	Neve accumulol1 460 kg/mq-QV:var y - Qz - Area Y - Y Qz Area L2=0.0	1247.62	-0.05	2098.58	-0.02
10	Neve 122 kg/mq-QV:unif - Qz - Area Unif. Qz Area L2=0.0		-0.01		
11	Neve accumulol2 460 kg/mq-QV:var y - Qz - Area Y - Y Qz Area L2=0.0	1265.09	-0.05	3196.38	-0.02
12	Permanente solaio copertura impianti 445 kg/mq-QV:unif - Qz - Area Unif. Qz Area L2=0.0		-0.04		



8. SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	Sigla	Tipo	Descrizione
1	Ggk	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	NA	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

- 7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;
- 9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.



9. DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: Numero, Tipo, Sigla identificativa. Una seconda tabella riporta il peso nella combinazione assunto per ogni caso di carico.

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

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G1G1 + \gamma G2G2 + \gamma PP + \gamma Q1Qk1 + \gamma Q2\psi02Qk2 + \gamma Q3\psi03Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi02Qk2 + \psi03Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1 + G2 + P + \psi11Qk1 + \psi22Qk2 + \psi23Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1 + G2 + P + \psi21Qk1 + \psi22Qk2 + \psi23Qk3 + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G1 + G2 + P + \psi21Qk1 + \psi22Qk2 + \dots$$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$$G1 + G2 + P + \psi21Qk1 + \psi22Qk2 + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	$\psi0$	$\psi1$	$\psi2$
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30 kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30 kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota ≤ 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la



resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	Comb. SLU A1 1
2	SLU	Comb. SLU A1 2
3	SLU	Comb. SLU A1 3
4	SLU	Comb. SLU A1 4
5	SLU	Comb. SLU A1 5
6	SLU	Comb. SLU A1 6
7	SLU	Comb. SLU A1 7
8	SLU	Comb. SLU A1 8
9	SLU	Comb. SLU A1 9
10	SLU	Comb. SLU A1 10
11	SLU	Comb. SLU A1 11
12	SLU	Comb. SLU A1 12
13	SLU	Comb. SLU A1 13
14	SLU	Comb. SLU A1 14
15	SLU	Comb. SLU A1 15
16	SLU	Comb. SLU A1 16
17	SLU	Comb. SLU A1 17
18	SLU	Comb. SLU A1 18
19	SLU	Comb. SLU A1 19
20	SLU	Comb. SLU A1 20
21	SLU	Comb. SLU A1 21
22	SLU	Comb. SLU A1 22
23	SLU	Comb. SLU A1 23
24	SLU	Comb. SLU A1 24
25	SLU	Comb. SLU A1 25
26	SLU	Comb. SLU A1 26
27	SLU	Comb. SLU A1 27
28	SLU	Comb. SLU A1 28
29	SLU	Comb. SLU A1 29
30	SLU	Comb. SLU A1 30
31	SLU	Comb. SLU A1 31
32	SLU	Comb. SLU A1 32
33	SLU	Comb. SLU A1 33
34	SLU	Comb. SLU A1 34
35	SLU	Comb. SLU A1 35
36	SLU	Comb. SLU A1 36
37	SLU	Comb. SLU A1 37
38	SLU	Comb. SLU A1 38
39	SLU	Comb. SLU A1 39
40	SLU	Comb. SLU A1 40
41	SLU	Comb. SLU A1 41
42	SLU	Comb. SLU A1 42
43	SLU	Comb. SLU A1 43
44	SLU	Comb. SLU A1 44
45	SLU(acc.)	Comb. SLU (Accid.) 45
46	SLU(acc.)	Comb. SLU (Accid.) 46

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.30	1.50	1.30	1.50	1.50	0.0	0.0	-0.90						
2	1.30	1.50	1.30	1.50	1.50	0.0	0.0	0.90						
3	1.00	0.80	1.00	0.80	1.50	0.0	0.0	-0.90						
4	1.00	0.80	1.00	0.80	1.50	0.0	0.0	0.90						
5	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	0.0	0.0	-0.90						
6	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	0.0	0.0	0.90						



Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
7	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	0.0	0.0	-0.90						
8	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	0.0	0.0	0.90						
9	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	0.0	0.0	-1.50						
10	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	0.0	0.0	1.50						
11	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	0.0	0.0	-1.50						
12	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	0.0	0.0	1.50						
13	1.30	1.50	1.30	1.50	1.50	1.05	0.0	-0.90						
14	1.30	1.50	1.30	1.50	1.50	1.05	0.0	0.90						
15	1.00	0.80	1.00	0.80	1.50	1.05	0.0	-0.90						
16	1.00	0.80	1.00	0.80	1.50	1.05	0.0	0.90						
17	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	1.50	0.0	-0.90						
18	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	1.50	0.0	0.90						
19	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	1.50	0.0	-0.90						
20	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	1.50	0.0	0.90						
21	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	1.05	0.0	-0.90						
22	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	1.05	0.0	0.90						
23	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	1.05	0.0	-0.90						
24	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	1.05	0.0	0.90						
25	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	1.05	0.0	-1.50						
26	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	1.05	0.0	1.50						
27	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	1.05	0.0	-1.50						
28	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	1.05	0.0	1.50						
29	1.30	1.50	1.30	1.50	1.50	0.0	0.75	-0.90						
30	1.30	1.50	1.30	1.50	1.50	0.0	0.75	0.90						
31	1.00	0.80	1.00	0.80	1.50	0.0	0.75	-0.90						
32	1.00	0.80	1.00	0.80	1.50	0.0	0.75	0.90						
33	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	0.0	0.75	-0.90						
34	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	0.0	0.75	0.90						
35	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	0.0	0.75	-0.90						
36	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	0.0	0.75	0.90						
37	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	0.0	1.50	-0.90						
38	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	0.0	1.50	0.90						
39	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	0.0	1.50	-0.90						
40	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	0.0	1.50	0.90						
41	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	0.0	0.75	-1.50						
42	1.30	1.50	1.30	1.50	1.05	0.0	0.75	1.50						
43	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	0.0	0.75	-1.50						
44	1.00	0.80	1.00	0.80	1.05	0.0	0.75	1.50						
45	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0						
46	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.0	0.0						



10. VERIFICHE DI RESISTENZA AL FUOCO

10.1 VERIFICHE RESISTENZA AL FUOCO PER ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO

Le verifiche di resistenza al fuoco sono condotte in ottemperanza alla UNI EN 1992-1-2:2005 come previsto dal DM Infrastrutture 17 gennaio 2018.

Si precisa che:

- con riferimento alla figura 1. di UNI EN 1992-1-2:2005 "Procedure di progettazione" si è seguito il ramo "progettazione" > "regole prescrittive" > "analisi delle membrature" > calcolo delle azioni" > "modelli di calcolo semplificati" e "modelli di calcolo avanzati";
- l'incendio di progetto, assieme alle regole per l'analisi della temperatura, è previsto come nella sezione 3 di UNI EN-1991-1-2:2005;
- i materiali sono definiti come nella sezione 3 di UNI EN 1992-1-2:2005 per quanto concerne proprietà meccaniche e fisiche in funzione della temperatura;
- parametri di riduzione della resistenza per i modelli di calcolo semplificati sono tratti dalla sezione 4 di UNI EN 1992-1-2:2005.

La verifica dello stato limite per sollecitazioni N,M2,M3 è condotta sia per i modelli semplificati che per i modelli avanzati con le usuali ipotesi di conservazione delle sezioni piane ed aderenza acciaio-cls. La verifica dello stato limite per la sollecitazione di taglio V si esplica nel controllo della minor sicurezza lato acciaio (taglio portato dall' armatura trasversale) e lato cls (verifica della biella compressa).

I modelli semplificati adottano:

- diagrammi tensioni deformazioni utilizzati a freddo opportunamente ridotti;
- UNI EN 1992-1-1:2005 per il calcestruzzo prevede al punto 3.1.7. il diagramma parabola rettangolo o bilineare;
- UNI EN 1992-1-1:2005 per l'acciaio prevede al punto 3.2.7 e 3.3.6 diagrammi di tipo elastico perfettamente plastico senza limiti di deformazione o elastico incrudito con limite di deformazione;
- fattori di riduzione funzione della temperatura per i calcestruzzi silicei o calcarei;
- fattori di riduzione per gli acciai funzione del tipo e del comportamento limite della sezione (acciaio compresso e teso con deformazione inferiore al 2% e acciaio teso con deformazione superiore al 2%).

La modalità di verifica secondo il modello semplificato richiede pertanto gli usuali parametri e algoritmi in uso nelle verifiche a freddo.

I modelli avanzati utilizzano diagrammi tensioni deformazioni come da sezione 3 di UNI EN-1991-1-2:2005:



- per il calcestruzzo si adotta un diagramma definito dai tre parametri funzione della temperatura resistenza massima, deformazione corrispondente alla resistenza massima, deformazione corrispondente alla tensione nulla (esiste pertanto un ramo discendente);
- per l'acciaio si adotta un diagramma definito dai seguenti parametri tutti funzione della temperatura:

$E(t)$	modulo elastico
$f_p(t)$	tensione al limite proporzionale
$f_y(t)$	tensione massima
$e_p(t)$	deformazione per f_p
$e_y(t)$	deformazione iniziale per f_y (inizio tratto orizzontale)
$e_t(t)$	deformazione finale per f_y (fine tratto orizzontale)
$e_u(t)$	deformazione per tensione nulla (esiste pertanto un ramo discendente)

La modalità di verifica con il modello avanzato necessita di alcune precisazioni:

- il calcestruzzo al crescere della temperatura diminuisce la resistenza;
- il calcestruzzo al crescere della temperatura diventa più duttile ossia aumenta la deformazione per cui attinge la massima resistenza e la deformazione in cui si annulla la resistenza;
- si ammette pertanto che alcune fibre siano deformate in modo da cadere nel ramo discendente;
- l'acciaio al crescere della temperatura diminuisce il modulo elastico, presenta una fascia non lineare (tra la proporzionale e la plastica) crescente, e in particolare nel precompresso varia $e_t(t)$ e $e_u(t)$.

La resistenza limite della sezione si ottiene pertanto iterando sulla curvatura ossia variando la deformazione massima del calcestruzzo e limitando quella dell'acciaio alla $e_t(t)$.

La modalità di analisi termica della sezione è identica nei due modelli. Per determinare la mappa termica si è effettuata una analisi del transitorio con elementi finiti bidimensionali utilizzando il codice "FIRES-T3: A Computer Program for the Fire Response of Structure-Thermal (Three-Dimensional Version)" di Iding, R.; Bresler, B.; Nizamuddin, Z. disponibile presso il "Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899". Il software, opportunamente adattato per operare in ambiente grafico-interattivo assicura risultati coerenti con le mappe termiche della norma UNI EN 1992-1-2:2005. Poiché l'analisi termica della sezione è effettuata indipendentemente dalla disposizione delle armature può essere adottata per tutte le verifiche allo stato limite ultimo.

Le tabelle sottoriportate, relative ad elementi trave e pilastro, guscio e setto riportano le verifiche condotte ed in particolare:

Trave / Pilast	Numero dell'elemento
Stato	Codice di verifica dell'elemento



	ok: verificato NV: non verificato
Note	Indice della sezione dell'elemento e valore del tempo di esposizione (in minuti)
%Res C	Indicatore della capacità residua per compressione (in percentuale).
%Res T	Indicatore della capacità residua per trazione (in percentuale).
Temp. s	Massima temperatura dell'armatura longitudinale (valutata per un D16 a titolo esemplificativo)
Temp. w	Massima temperatura delle staffe
Pos.	Posizione della sezione lungo l'elemento
Verif. N/M	Rapporto azioni di calcolo e azioni ultime N,M2,M3
Verif. V	Rapporto azioni di calcolo e azioni ultime T,V2,V3 (verifica della biella compressa)
Verif. V(w)	Rapporto azioni di calcolo e azioni ultime T,V2,V3 (verifica dell'armatura trasversale)
Rif. cmb	Combinazioni in cui si sono rispettivamente attinti i massimi dei tre precedenti rapporti.

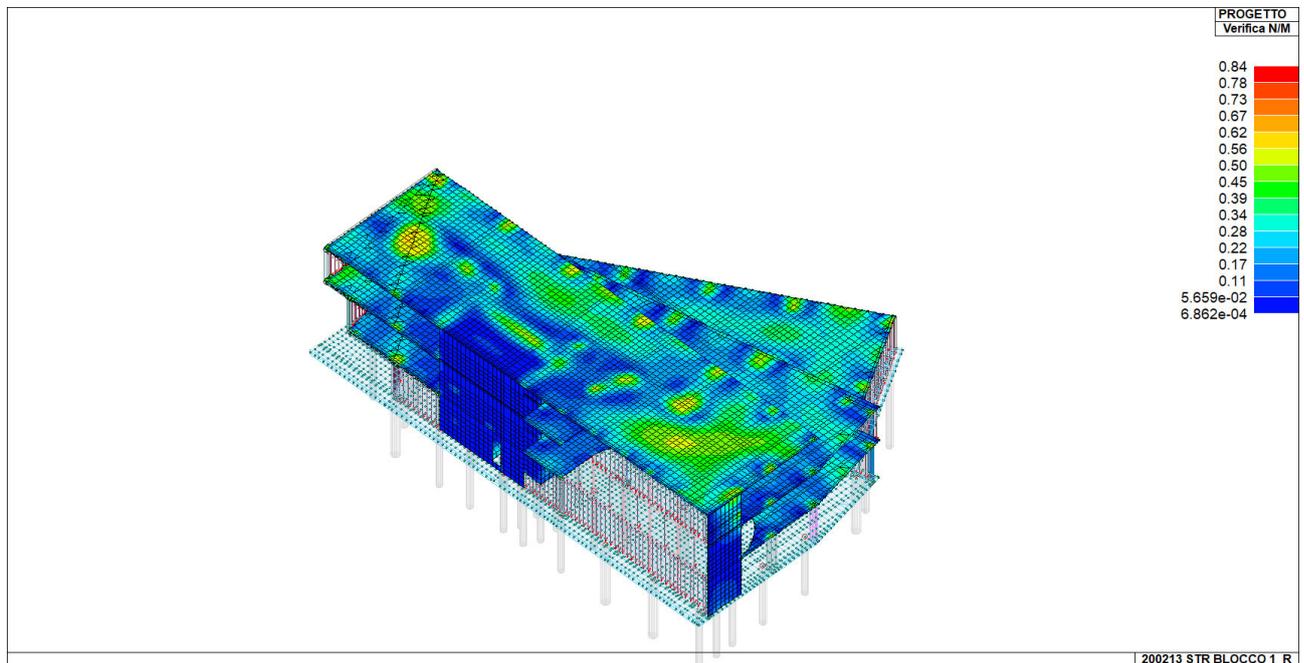
Guscio /Setto	Numero dell'elemento
Stato	Codice di verifica dell'elemento ok: verificato NV: non verificato
Note	Modalità di esposizione all' incendio: lato - (intradosso) e/o lato + (estradosso) e valore del tempo di esposizione (in minuti)
%Res C	Indicatore della capacità residua per compressione (in percentuale).
%Res T	Indicatore della capacità residua per trazione (in percentuale).
Temp. L-	Temperatura dell'armatura longitudinale valutata al centro del ferro più esterno (lato -)
Temp. L+	Temperatura dell'armatura longitudinale valutata al centro del ferro più esterno (lato +)
Nodo	Numero del nodo verificato
Verif. N/M	Rapporto azioni di calcolo e azioni ultime N,M (azioni di membrana e flessione)
Verif. V	Rapporto azioni di calcolo e azioni ultime V (azione di taglio ortogonale al piano): verifica della biella compressa
Verif. V(t)	Rapporto azioni di calcolo e azioni ultime V (azione di taglio ortogonale al piano): verifica della capacità in assenza di armatura per taglio
Rif. cmb	Combinazioni in cui si sono rispettivamente attinti i massimi dei tre precedenti rapporti.

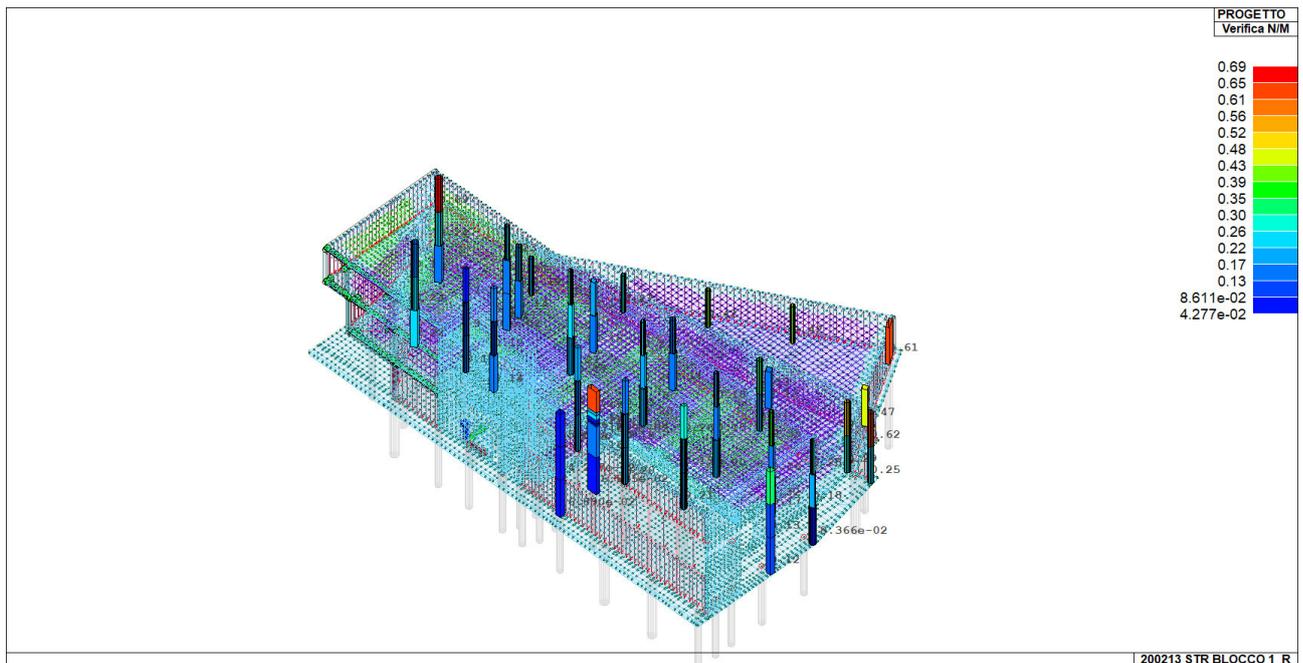
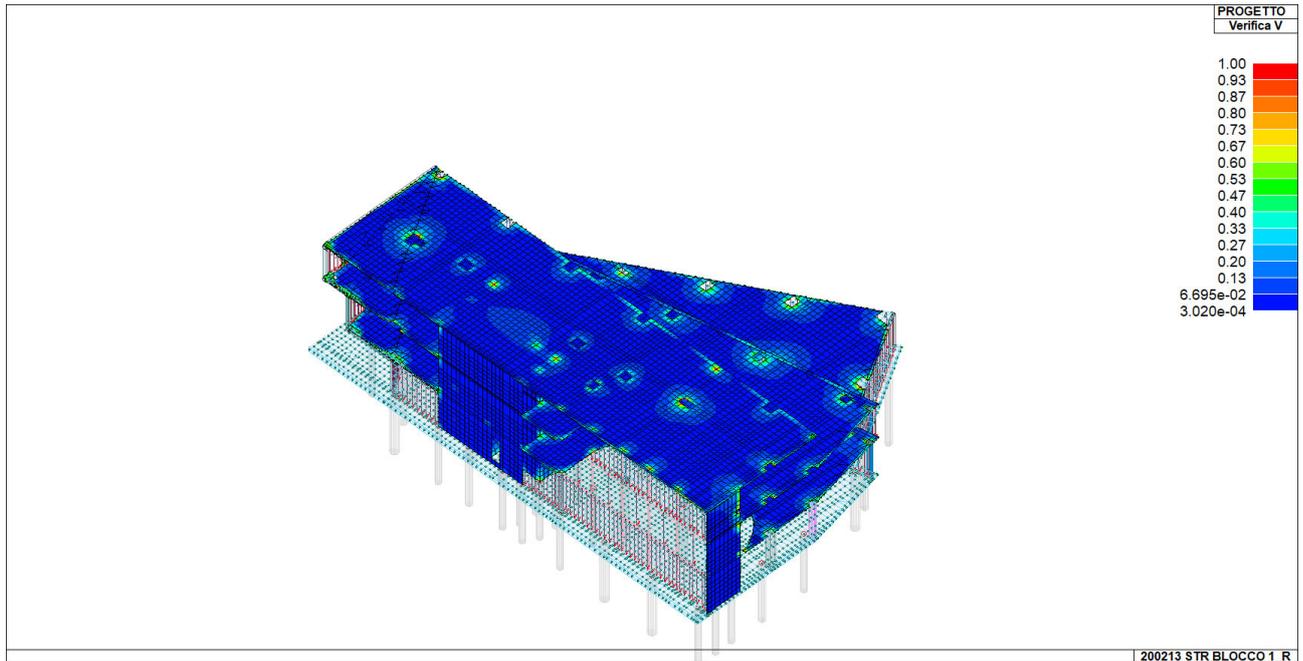
Pilas.	Stato	Note	% Res. C	% Res. T	Temp. s	Temp. w	Pos. cm	Verif. N-M	Verif. V	Verif. V(w)	Rif. cmb
4	ok	s=1,t=60	81.2	67.3	420.5	529.4	0.0	0.1	2.39e-02	0.1	45,45,45
							378.0	0.1	2.40e-02	0.1	45,45,45
6	ok	s=1,t=60	81.2	67.3	420.5	529.4	0.0	0.1	3.61e-02	0.1	45,46,46
							377.0	0.3	3.62e-02	0.1	46,46,46
7	ok	s=1,t=60	81.2	67.3	420.5	529.4	0.0	0.1	1.54e-02	4.71e-02	46,46,46
							420.0	0.1	1.55e-02	4.71e-02	46,46,46
8	ok	s=12,t=60	84.4	72.5	420.5	529.4	0.0	0.1	2.96e-02	0.1	46,46,45
							420.0	0.2	2.97e-02	0.1	46,46,45
...											
245	ok	s=4,t=60	83.6	70.9	415.3	539.0	20.6	7.62e-02	1.94e-02	9.20e-02	45,45,45
Pilas.								Verif. N-M 0.69	Verif. V 0.18	Verif. V(w) 0.86	

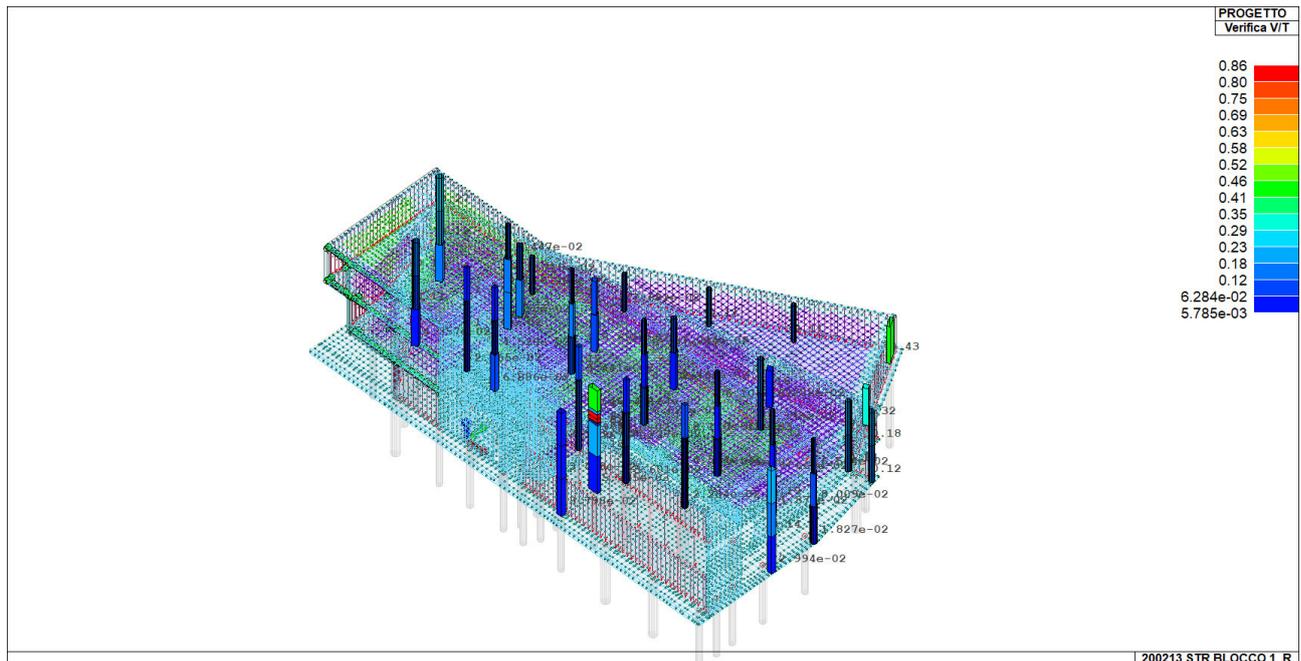
Guscio	Stato	Note	% Res. C	% Res. T	Temp. L-	Temp L+	Nodo	Verif. N-M	Verif. V	Verif. V(t)	Rif. cmb
295	ok	e=L-,t=60	372.9	349.8	206.6	20.2	379	0.2	2.31e-03	4.55e-02	45,45,45
							606	0.2	3.34e-03	6.58e-02	45,45,45
							616	0.3	2.35e-03	4.62e-02	45,45,45
							419	0.3	2.05e-03	4.03e-02	45,45,45
296	ok	e=L-,t=60	372.9	349.8	206.6	20.2	615	0.3	1.65e-03	3.25e-02	45,45,45
							686	0.3	1.34e-03	2.64e-02	45,45,45
							696	0.3	1.62e-03	3.18e-02	45,45,45
							702	0.3	1.50e-03	2.96e-02	45,45,45
297	ok	e=L-,t=60	372.9	349.8	206.6	20.2	616	0.3	1.69e-03	3.32e-02	45,45,45
...											
17041	ok	e=L-,t=60	374.4	352.8	195.0	20.1	17102	0.1	6.02e-03	0.1	46,45,45
Guscio								Verif. N-M 0.64	Verif. V 0.66	Verif. V(t) 13.22	



Setto	Stato	Note	% Res. C	% Res. T	Temp. L-	Temp L+	Nodo	Verif. N-M	Verif. V	Verif. V(t)	Rif. cmb
5177	ok	e=L-/+,t=60	338.4	285.8	224.6	224.6	5294	1.13e-02	1.12e-04	1.99e-03	46,46,46
							5289	1.19e-02	4.93e-04	8.79e-03	45,45,45
							5368	7.36e-03	2.70e-04	4.82e-03	46,45,45
							5293	6.36e-03	1.21e-04	2.16e-03	46,45,45
5180	ok	e=L-/+,t=60	338.4	285.8	224.6	224.6	5376	1.70e-02	2.43e-04	4.33e-03	45,45,45
							5375	6.85e-02	5.07e-03	9.05e-02	46,46,46
							9139	0.1	9.58e-03	0.2	46,46,46
							9142	4.47e-02	2.85e-03	5.09e-02	46,46,46
5183	ok	e=L-/+,t=60	338.4	285.8	224.6	224.6	5377	1.07e-02	2.62e-03	4.67e-02	45,46,46
...											
17262	ok	e=L-/+,t=60	338.4	285.8	224.6	224.6	17497	8.92e-02	1.26e-02	0.2	46,45,45
Setto								Verif. N-M	Verif. V	Verif. V(t)	
								0.95	0.15	2.69	







10.2

VERIFICHE RESISTENZA AL FUOCO PER ELEMENTI IN ACCIAIO

Le verifiche per elementi monodimensionali in acciaio sono condotte in ottemperanza alla norma tecnica UNI EN 1993-1-2:2005 "Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio".

In particolare con riferimento al capitolo 4 Structural fire design si considerano i seguenti paragrafi:

- 4.2 Simple calculation models
- 4.2.1 General

Le verifiche saranno riportate in conformità alla formula (4.1) " $E_{fi,d} < R_{fi,d,t}$ " normalizzata a 1 ossia " $E_{fi,d} / R_{fi,d,t} < 1$ "; valori maggiori di 1 indicheranno la non verifica.

Il programma segue il paragrafo (4.2) e pertanto determina le resistenze $R_{fi,d,t}$ in conformità alla UNI EN 1993-1-1 nell'ipotesi di temperatura uniforme della sezione e modificando le proprietà meccaniche dell'acciaio per alte temperature. Viene lasciata all'utente la possibilità di considerare una distribuzione di temperatura non uniforme nella sezione per mezzo del fattore di adattamento k_1 . Non è considerata la variazione di temperatura nello sviluppo dell'elemento in quanto questo può essere modellato suddividendo lo stesso.

- 4.2.2 Classification of cross-sections
- 4.2.3 Resistance

Per effettuare le verifiche di resistenza e di stabilità flessionale e torsionale deve considerarsi sia la riduzione in funzione della temperatura sia della resistenza che del modulo elastico come da "Table 3.1: Reduction factors for stress-strain relationship of carbon steel at elevated temperatures".

Si considera un fattore di imperfezione α specifico e snellezze adimensionali corrette dalla radice del rap-



porto tra riduzione di resistenza e riduzione di modulo come da formula (4.7) e (4.15); nella formula (4.15) si considera a favore di sicurezza Teta,a.

• 4.2.5 Steel temperature development

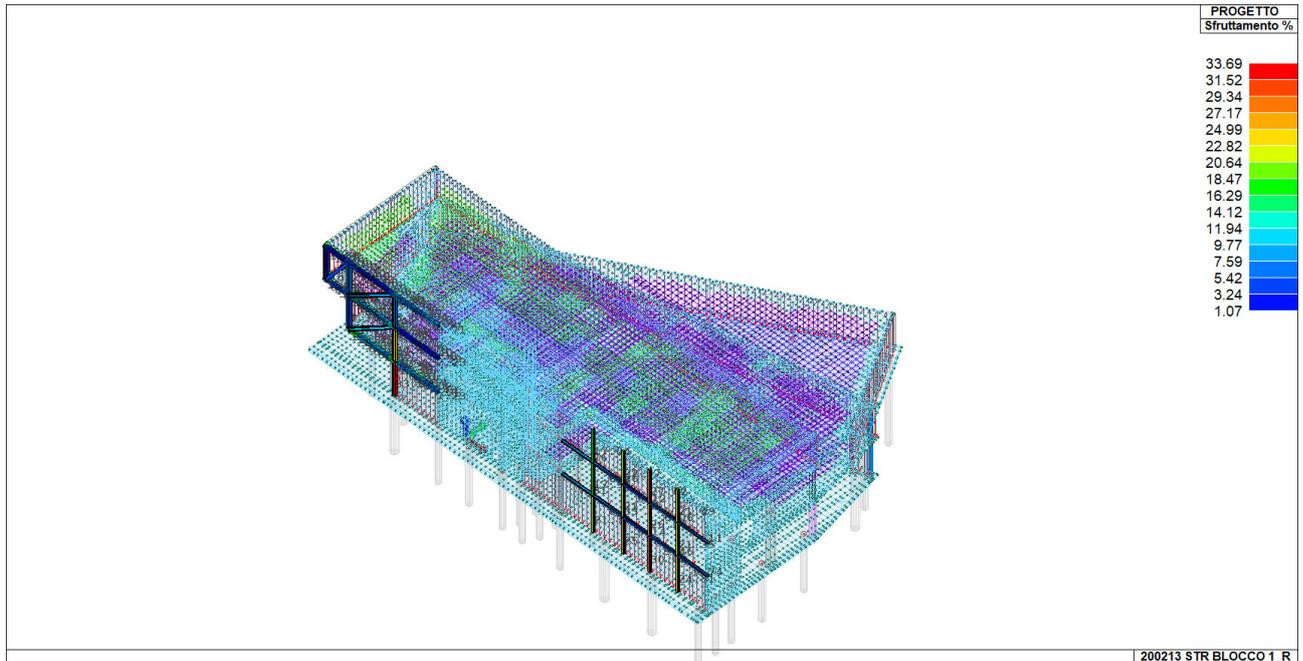
L'analisi termica della sezione è condotta con riferimento al paragrafo 4.2.5; per i profili senza protezione si opera come da par. "4.2.5.1 Unprotected internal steelwork"; laddove previsto il programma consente di considerare l'effetto di rivestimenti di protezione e pertanto verrà applicato il par. "4.2.5.2 Internal steelwork insulated by fire protection material".

Le verifiche sono riassunte in tabella con la seguente modalità:

Elem.	Numero dell'elemento
	Codice di verifica dell'elemento
Stato	ok: verificato
	NV: non verificato
Note	Sezione e materiale
Min.	Tempo di esposizione per il quale si sono condotte le verifiche (minuti)
Prot.	Indicatore della protezione (si/no)
Temp.	Temperatura raggiunta al tempo di esposizione
Rid. fy	Fattore di riduzione della tensione di snervamento fy come da Table 3.1: Reduction factors for stress-strain relationship of carbon steel at elevated temperatures
Rid. E	Fattore di riduzione del modulo elastico E come da Table 3.1: Reduction factors for stress-strain relationship of carbon steel at elevated temperatures
Cl.	Classe massima adottata nelle verifiche di interesse
V V/T	verifica di resistenza come da par. 4.2.3 per azioni taglio-torsione
V N/M	verifica di resistenza come da par. 4.2.3 per azioni composte con riduzione per taglio ove richiesto
V stab	verifica come da par. 4.2.3.5 (membrature inflesse e compresse senza/con presenza di instabilità flessotorsionale)
V flst	verifica di stabilità flessotorsionale come da par. 4.2.3.3
Rif. cmb	combinazioni in cui si sono rispettivamente attinti i valori di verifica più elevati

Le verifiche degli elementi trave in acciaio, relative ad eventi accidentali, quali propagazione fiamme da incendio, sono state effettuate considerando nell'analisi uno strato di protezione passiva costituito da vernice intumescente tipo: "Amotherm STEEL" di spessore pari a 800 µm. Tale spessore dovrà essere valutato in sede di approvazione dei materiali, in funzione delle caratteristiche di conducibilità termica degli stessi.

Elem.	Stato	Note	Min.	Prot.	Temp.	Rid. fy	Rid. E	Cl.	V V/T	V N/M	V stab	V flst	Rif. cmb
1	ok	s=9,m=13	60	Si	466.7	0.85	0.63	3	3.64e-03	0.08		0.01	46,45,0,45
2	ok	s=8,m=13	60	Si	512.9	0.74	0.56	3	5.84e-03	0.07		0.02	45,46,0,45
3	ok	s=8,m=13	60	Si	512.9	0.74	0.56	3	5.40e-03	0.06		9.21e-03	45,45,0,45
5	ok	s=8,m=13	60	Si	512.9	0.74	0.56	3	5.10e-03	0.05		9.13e-03	46,46,0,45
26	ok	s=9,m=13	60	Si	466.7	0.85	0.63	3	3.64e-03	0.10		0.01	46,45,0,45
27	ok	s=3,m=13	60	Si	466.7	0.85	0.63	3	3.61e-03	0.23	0.34	0.01	45,45,45,45
32	ok	s=9,m=13	60	Si	466.7	0.85	0.63	3	1.82e-03	0.05		3.81e-03	46,45,0,45
33	ok	s=3,m=13	60	Si	466.7	0.85	0.63	3	2.62e-03	0.17	0.25	0.25	45,45,45,45
...													
226	ok	s=8,m=13	60	Si	512.9	0.74	0.56	3	6.21e-03	0.07	0.22	0.01	45,45,0,45
Elem.					Temp.	Rid. fy	Rid. E		V V/T	V N/M	V stab	V flst	
					512.91	0.74	0.56		0.20	0.23	0.34	0.25	





11. CONCLUSIONI

In considerazione dei risultati delle analisi e delle verifiche effettuate, è possibile affermare che le strutture che compongono l'edificio in oggetto sono classificabili come R60.

Le verifiche degli elementi in acciaio sono state effettuate considerando nell'analisi uno strato di protezione passiva di 2.25 mm (2250 μm) costituito da vernice intumescente avente le seguenti caratteristiche prestazionali: (Calore Specifico: 1000 [J/kg°C], Massa Specifica 47 [kg/m³]); l'applicazione di 550 μm secchi corrispondono a 1Kg/m² di prodotto ovvero circa 4 kg/m² per raggiungere lo spessore richiesto.