

# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale  
In Ingegneria civile

Tesi di Laurea Magistrale

## **Analisi delle deformazioni elastiche, viscosse e di ritiro in edifici di grande altezza**

Caso di studio: la Torre del complesso residenziale Cascina  
Merlata



**Relatore**

Prof. Ing. Bernardino Chiaia

.....

**Candidato**

Federica Canobbio

.....

Dicembre 2018

# Indice

Introduzione .....	1
Capitolo 1 Comportamento del calcestruzzo nel tempo.....	4
1.1 Deformazioni nel calcestruzzo.....	4
1.2 Deformazione elastica .....	6
1.3 Deformazione viscosa .....	7
1.4 Deformazione di ritiro.....	8
1.5 Modelli reologici .....	9
1.5.1 Modello di Kelvin-Voigt .....	9
1.5.2 Modello di Maxwell .....	13
1.5.3 Modello di Burgers .....	15
1.6 Viscosità e Ritiro secondo la normativa EN1992-1-1 .....	16
1.6.1 Viscosità .....	16
1.6.2 Ritiro .....	21
1.7 Metodo Age Adjusted Effective Modulus .....	23
Capitolo 2 Edifici di grande altezza .....	25
2.1 Caratteristiche generali .....	25
2.2 Tipologie di edifici di grande altezza .....	28
2.2.1 Tipologia 1 – Frame system.....	28
2.2.2 Tipologia 2 – Shear-wall system .....	29

2.2.3 Tipologia 3 – Shear-wall and frame system.....	30
2.2.4 Tipologia 4 – Framed-tube system .....	31
2.2.5 Tipologia 5 – Tube-in-tube system .....	32
2.2.6 Tipologia 6 – Bundled-tube system o modular-tube system.....	33
2.2.7 Tipologia 7 – Braced-tube system.....	33
2.2.8 Tipologia 8 – Outrigger-braced system .....	34
2.3 Deformazioni assiali degli elementi verticali.....	35
Capitolo 3 Caso di studio: La Torre 1 di Cascina Merlata .....	37
3.1 Descrizione della struttura .....	37
3.2 Carichi di progetto.....	42
3.2.1 Carichi permanenti .....	42
3.2.2 Variabili solai.....	43
3.3 Staged construction .....	44
Capitolo 4 Calcolo delle deformazioni .....	47
4.1 Determinazione dell’umidità relativa.....	48
4.2 Metodologia Staged Construction.....	49
4.2.1 Nucleo.....	49
4.2.2 Colonne .....	64
4.3 Analisi delle deformazioni svolta in fase di progettazione .....	75
4.3.1 Nucleo.....	76
4.3.2 Colonne .....	80
4.4 Confronto tra i metodi di analisi .....	85
4.4.1 Nucleo.....	85
4.4.2 Colonne .....	87
Conclusioni .....	89

Allegato A.....	91
Allegato B.....	168
Bibliografia.....	176
Ringraziamenti.....	179

# Indice delle figure

Figura 1.1 Deformazione totale del calcestruzzo sotto carico monoassiale costante.....	5
Figura 1.2 Modello di Kelvin-Voigt .....	10
Figura 1.3 curva di recupero del modello di Kelvin-Voigt.....	12
Figura 1.4 Modello di Maxwell.....	13
Figura 1.5 Modello di Burgers .....	15
Figura 2.1 Home insurance building .....	27
Figura 2.2 Woolworth building .....	27
Figura 2.3 Empire State Building.....	28
Figura 2.4 Frame system .....	29
Figura 2.5 Shear-wall system .....	30
Figura 2.6 Shear-wall and frame system .....	30
Figura 2.7 Comportamento del shear-wall and frame system.....	31
Figura 2.8 Framed-tube system.....	32
Figura 2.9 Tube-in-tube system .....	32
Figura 2.10 Bundled-tube system .....	33
Figura 2.11 Bracing-tube system.....	34
Figura 2.12 Outrigger-braced system.....	35
Figura 2.13 Effetti dell'inclinazione del solaio.....	36
Figura 3.1 Mappa posizione quartiere Cascina Merlata .....	37
Figura 3.2 Render Torre 1 .....	38
Figura 3.3 Edifici unità R2 .....	39
Figura 3.4 Modello della struttura e solaio tipo .....	40
Figura 3.5 Configurazione del solaio tipo .....	41
Figura 3.6 Carichi permanenti solaio tipo.....	42

Figura 3.7 Carichi variabili piani fuori terra .....	43
Figura 3.8 Puntellamento Solaio 3, L0.....	45
Figura 3.9 Realizzazione SOL5.....	45
Figura 3.10 Andamento dei carichi PIL110 .....	46
Figura 3.11 Evoluzione tensioni nel nucleo .....	46
Figura 4.1 Temperature e umidità relative medie di Milano Linate .....	48
Figura 4.2 Area di carico del nucleo.....	49
Figura 4.3 Punti calcolo tensioni.....	51
Figura 4.4 Andamento delle tensioni nel nucleo Punto1 .....	52
Figura 4.5 Andamento delle tensioni nel nucleo Punto 2.....	52
Figura 4.6 Andamento delle tensioni nel nucleo Punto 3 .....	53
Figura 4.7 Andamento delle tensioni nel nucleo Punto4 .....	53
Figura 4.8 Andamento delle deformazioni .....	54
Figura 4.9 Andamento dell'abbassamento del nucleo a 10'000 giorni .....	55
Figura 4.10 Ritiro nucleo spessore 50 cm.....	58
Figura 4.11 Ritiro nucleo spessore 40 cm.....	59
Figura 4.12 Ritiro nucleo spessore 40 cm.....	59
Figura 4.13 Ritiro nucleo spessore 30 cm.....	60
Figura 4.14 Ritiro nucleo spessore 30 cm.....	60
Figura 4.15 Axial shortening punto 1.....	62
Figura 4.16 Axial shortening punto 2.....	63
Figura 4.17 Axial shortening punto 3.....	63
Figura 4.18 Axial shortening punto 4.....	64
Figura 4.19 Aree di carico PIL110 e PIL115.....	65
Figura 4.20 Andamento deformazioni elastiche e viscoso PIL 110.....	66
Figura 4.21 Andamento abbassamenti della colonna PIL110.....	66

Figura 4.22 Andamento deformazioni elastiche e viscosse PIL 115.....	67
Figura 4.23 Andamento abbassamenti della colonna PIL115.....	67
Figura 4.24 Abbassamento a 10'000 giorni PIL110.....	69
Figura 4.25 Abbassamento a 10'000 giorni – PIL115.....	70
Figura 4.26 Componenti ritiro PIL110, livelli L-2 e L-1 .....	71
Figura 4.27 Componenti ritiro PIL110, dal livello L19 al livello L23.....	71
Figura 4.28 Componenti ritiro PIL115, livelli L-2 e L-1 .....	72
Figura 4.29 Componenti ritiro PIL115, livelli da L19 a L20 .....	72
Figura 4.30 Axial shortenings PIL110 .....	74
Figura 4.31 Axial shortenings PIL115 .....	74
Figura 4.32 Andamento delle deformazioni .....	76
Figura 4.33 Andamento dell'abbassamento del nucleo a 10'000 giorni .....	77
Figura 4.34 Andamento deformazioni elastiche e viscosse PIL 110.....	80
Figura 4.35 Andamento abbassamenti della colonna PIL 110.....	81
Figura 4.36 Andamento deformazioni elastiche e viscosse PIL 115.....	81
Figura 4.37 Andamento abbassamenti della colonna PIL115.....	82
Figura 4.38 Abbassamento a 10'000 giorni PIL110.....	84
Figura 4.39 Abbassamento a 10'000 giorni – PIL115.....	84
Figura 4.40 Confronto tra i metodi – Punto 1 .....	85
Figura 4.41 Confronto tra i metodi – Punto 2 .....	86
Figura 4.42 Confronto tra i metodi – Punto 3 .....	86
Figura 4.43 Confronto tra i metodi – Punto 4 .....	87
Figura 4.44 Confronto tra i metodi – PIL110.....	88
Figura 4.45 Confronto tra i metodi – PIL115.....	88

## Indice delle tabelle

Tabella 1.1 valori di $k_h$ .....	21
Tabella 3.1 Proprietà geometriche della struttura.....	41
Tabella 3.2 Classi di resistenza.....	41
Tabella 3.3 Cronoprogramma costruzione.....	44
Tabella 4.1 Valori dell'accorciamento del nucleo nei punti 1 e 2.....	56
Tabella 4.2 Valori dell'accorciamento del nucleo nei punti 3 e 4.....	57
Tabella 4.3 Accorciamenti dovuti al ritiro a 10'000 gg.....	61
Tabella 4.4 Accorciamenti elastici e viscosi PIL102 e PIL120 .....	68
Tabella 4.5 Deformazioni ed accorciamenti a 10'000 gg, PIL102 e PIL120....	73
Tabella 4.6.a Valori dell'accorciamento del nucleo nei punti 1 e 2.....	78
Tabella 4.7.b Valori dell'accorciamento del nucleo nei punti 3 e 4.....	79
Tabella 4.8 Accorciamenti elastici e viscosi PIL102 e PIL120 .....	83

## INTRODUZIONE

Il fenomeno dell'accorciamento assiale differenziale degli elementi verticali è inevitabile in qualsiasi struttura in cemento armato o miste acciaio-cemento. Man mano che l'edificio cresce in altezza, gli elementi verticali sono soggetti a maggiori spostamenti assiali, poiché sono cumulativi con l'altezza della struttura.

Con il rapido sviluppo degli edifici alti negli ultimi decenni, il problema dell'accorciamento assiale è divenuto uno degli aspetti strutturali più importanti a cui prestare attenzione durante un progetto.

Generalmente, la capacità di carico e l'integrità della struttura non è influenzata dalle deformazioni assiali; tuttavia si generano numerosi problemi di manutenzione nella struttura, ad esempio: inclinazione dei piani, fessure nelle travi e nei solai dei piani alti, svergolamento delle guide degli ascensori e dei tubi, danneggiamenti alle pareti divisorie ed ai materiali utilizzati nella facciata degli edifici. Pertanto, è necessario uno studio dettagliato al fine di evitare complicazioni nel corso degli anni.

La deformazione assiale degli elementi verticali dipende da tre contributi: effetti elastici, effetti viscosi e di ritiro. Durante la costruzione di edifici di grande altezza, gli elementi verticali sono soggetti ad un numero di incrementi di carico che provocano un accorciamento elastico delle colonne e dei setti e porta inoltre ad accorciamenti dovuti alla viscosità a lungo termine di tali elementi strutturali. Negli elementi verticali adiacenti, in conseguenza al cambiamento dell'altezza

differenziale, si genera una distorsione della geometria della struttura che rappresenta il cosiddetto fenomeno dell'accorciamento assiale differenziale.

Questo comportamento si verifica anche in piccoli edifici, anche se le sollecitazioni applicate sono decisamente minori e gli accorciamenti accumulati dal piano base sono trascurabili a causa della piccola altezza. D'altra parte, più l'altezza aumenta, più gli effetti dovuti al carico gravitazionale possono incrementare i movimenti elastici e viscosi, mentre le deformazioni da ritiro non dipendono dal carico e si sviluppano solo nel corso degli anni per via della loro natura reologica.

Il calcolo deve essere basato su una procedura che tenga conto dell'influenza della sequenza di costruzione, della cronologia di carico e della variazione della rigidità, in relazione alle proprietà del materiale dipendenti dal tempo, dunque, il modo migliore per comprendere il fenomeno è quello di condurre un'analisi "floor by floor", o in altre parole un'analisi di tipo "staged construction".

Nell'elaborato si pone l'attenzione sul confronto tra i risultati ottenuti, in termini di deformazioni, applicando due metodi di analisi differenti: nel primo metodo la sequenza di applicazione dei carichi segue gli step di costruzione della struttura, mentre con il secondo metodo si ipotizza di applicare tutto il carico a 28 giorni dal getto dell'elemento analizzato.

Nel Capitolo 1 si descrivono i fenomeni deformativi del calcestruzzo a breve e a lungo termine, ovvero le deformazioni elastiche, viscosi e di ritiro. Si espongono i modelli reologici utilizzati nella letteratura per poter dare una rappresentazione del comportamento elasto-viscoso del materiale, come il modello di Kelvin-Voigt, il modello di Maxwell ed in definitiva il modello di Burgers. In seguito, si riporta la formulazione della viscosità e del ritiro secondo

la Normativa EN1992-1-1 ed il metodo A.A.E.M. utilizzato nel calcolo delle deformazioni viscosi nel seguente elaborato.

Il Capitolo 2 espone le caratteristiche degli edifici di grande altezza, con una breve descrizione delle tipologie principali. In conclusione del capitolo si riporta brevemente la problematica degli accorciamenti assiali differenziali, mettendo in evidenza gli effetti negativi sulla struttura dovuti a questo fenomeno.

L'elaborato prosegue con il caso di studio preso in esame, descritto nel Capitolo 3. Viene fornita una descrizione dettagliata dell'edificio in questione e della sua posizione geografica, vengono riportati i materiali utilizzati con le loro proprietà e un'attenta analisi dei carichi a cui è sottoposta la struttura.

L'attenzione poi si rivolge all'analisi delle deformazioni sia per il nucleo centrale dell'edificio che delle colonne perimetrali, riportata nel Capitolo 4, nucleo centrale dell'elaborato. L'analisi viene effettuata con due metodi differenti, uno che segue gli step realizzativi della costruzione e il secondo che applica tutto il carico a 28 giorni dal getto dell'elemento. Il capitolo si conclude con un confronto dei risultati ottenuti con le due metodologie appena elencate.

# Capitolo 1

## COMPORTAMENTO DEL CALCESTRUZZO NEL TEMPO

Le colonne e il nucleo degli edifici di grande altezza vengono costruite nella maggioranza dei casi in calcestruzzo, al quale vengono aggiunte barre di acciaio e/o profili metallici in base alla tipologia strutturale adottata. Questi materiali, a loro volta, durante la costruzione e nella vita utile della struttura sono soggetti agli accorciamenti assiali elastici, viscosi e di ritiro, i quali aumentano all'aumentare dell'altezza dell'edificio.

Si vedranno dunque in questo capitolo quali sono le cause e gli effetti degli accorciamenti elastici ed inelastici, fornendo una panoramica di tutti gli strumenti necessari per la valutazione dei Differential Axial Shortening (DAS) negli elementi in calcestruzzo.

### 1.1 Deformazioni nel calcestruzzo

Il comportamento differito nel tempo del calcestruzzo viene individuato sotto l'aspetto duale della viscosità e del rilassamento, evidenziando, in particolare, i fenomeni della *elasticità ritardata* e della *deformazione irreversibile* che rappresenta la parte puramente plastica della deformazione viscosa.

Le caratteristiche reologiche del calcestruzzo vengono descritte attraverso i fenomeni fisici della viscosità (*basic creep*, *drying creep*) e del ritiro (*shrinkage*) ponendo attenzione ai meccanismi che si verificano nella sua struttura.

# Capitolo 1

## Comportamento del calcestruzzo nel tempo

---

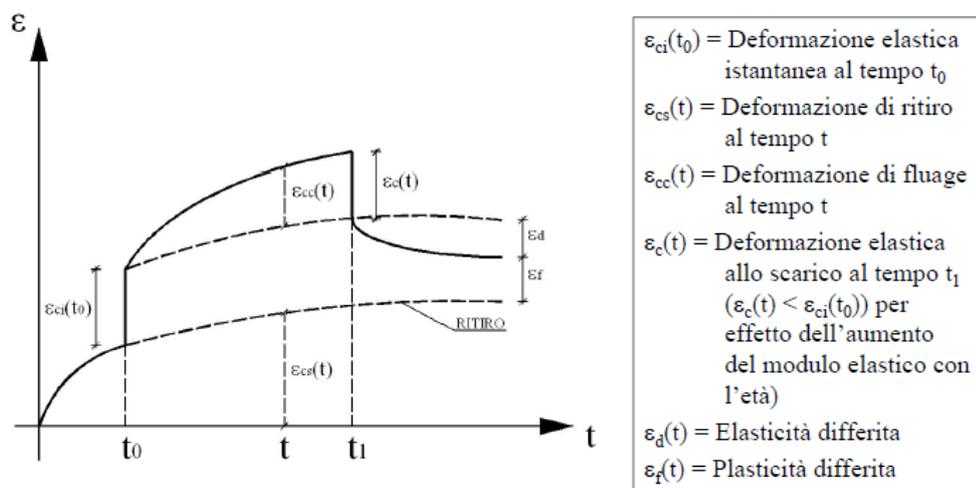
L'analisi dei fenomeni reologici consente, inoltre, di caratterizzare il legame costitutivo esistente tra gli sforzi e le deformazioni in regime di viscosità lineare.

La deformazione complessiva di un calcestruzzo sotto carico costante e in condizioni ambientali uniformi è data dalla somma di tre contributi:

- Deformazione elastica  $\varepsilon_e$
- Deformazione per creep  $\varepsilon_c$
- Deformazione per shrinkage  $\varepsilon_{sh}$

$$\varepsilon_{TOT} = \varepsilon_e + \varepsilon_c + \varepsilon_{sh} \quad (1.1)$$

In **Figura 1.1** è rappresentato il fenomeno come rilevabile sperimentalmente su un provino in calcestruzzo sollecitato al tempo  $t_0$  da una tensione monoassiale costante.



*Figura 1.1 Deformazione totale del calcestruzzo sotto carico monoassiale costante*

Nella **Figura 1.1** è possibile osservare che la deformazione dovuta al ritiro comincia al tempo iniziale e dunque non dipende dal carico applicato. D'altra parte, al tempo  $t_0$  di applicazione del carico, si osserva una deformazione

istantanea elastica ed una deformazione di fluage che si evolve nel tempo. Le deformazioni dovute alla viscosità e al ritiro sono le cosiddette deformazioni differite del calcestruzzo, ovvero deformazioni che evolvono e crescono nel tempo.

L'andamento di queste deformazioni assume valori maggiori nei primi stadi di carico, quando il materiale è più giovane, mentre successivamente allo sviluppo di rigidità del calcestruzzo, dovuto alla maturazione del materiale, presenta una crescita inferiore fino a stabilizzarsi ad un valore finale.

Per lo studio di questi fenomeni bisogna definire le funzioni di viscosità e rilassamento la cui determinazione dipende dal tempo  $t_0$  di messa in carico e cioè dal grado di maturazione del calcestruzzo, da parametri ambientali e da quelli dimensionali e di forma dell'elemento primitivo.

Le esperienze, inoltre, indicano che sulla base delle funzioni di viscosità e rilassamento si può applicare il principio di sovrapposizione degli effetti anche per cicli di carico applicati in tempi diversi.

## 1.2 Deformazione elastica

La deformazione elastica avviene in concomitanza all'applicazione del carico e dipende dall'età del calcestruzzo alla messa in carico oltre che dal valore di tensione applicato. Le proprietà elastiche del calcestruzzo dipendono dalla sua età poiché il modulo elastico di Young  $E_c(t)$  varia nel tempo.

Il modulo di Young indica la tendenza di un calcestruzzo a deformarsi elasticamente ed è definito come la pendenza della curva tensioni-deformazioni entro il limite elastico del materiale stesso.

### 1.3 Deformazione viscosa

L'origine della deformazione viscosa è riconducibile alla microstruttura della pasta di cemento che lega gli inerti di varie dimensioni. Questo legante contiene acqua chimicamente legata, acqua colloidale nei pori del gel e acqua libera nei capillari e nei macropori del materiale. Se il calcestruzzo viene sottoposto ad una tensione a lungo termine, l'acqua, non legata chimicamente, viene estrusa dai micropori del gel nei capillari, dai quali evapora. Mentre l'estrusione dell'acqua è determinata dallo stato di tensione del calcestruzzo, l'evaporazione dipende dalle condizioni igrometriche dell'ambiente. Per lo studio di questi fenomeni bisogna definire le funzioni di viscosità e rilassamento la cui determinazione dipende dal tempo  $t_0$  di messa in carico e cioè dal grado di maturazione del calcestruzzo, da parametri ambientali e da quelli dimensionali e di forma dell'elemento primitivo.

Il creep può essere suddiviso in due tipologie: basic e drying:

- Il *basic-creep* avviene in condizioni di equilibrio igrometrico, ovvero quando non vi sono passaggi di vapore dal o verso l'ambiente;
- Il *drying-creep* avviene per via dello scambio di umidità tra l'elemento e l'ambiente circostante.

In ogni caso, nella pratica, questa distinzione non viene considerata e si tende a far riferimento ad un solo coefficiente di creep, considerando questo fenomeno solo come una deformazione tempo-dipendente sotto l'effetto del carico.

Il fluage dipende da molteplici fattori, tra cui il più importante è il tempo; inoltre dipende fortemente anche dalla sequenza e dal tempo totale di carico. Altri fattori di influenza sono la resistenza del cemento, l'esposizione ambientale, la dimensione fittizia, anche se molto meno importante rispetto al caso del ritiro,

e lo sviluppo nel tempo che presenta un andamento molto simile al caso di shrinkage.

## 1.4 Deformazione di ritiro

La deformazione di ritiro non è dipendente dal carico applicato e si sviluppa fin dai primi stadi di vita dell'elemento per via della perdita d'acqua per disidratazione ed evaporazione. Questa contrazione di volume dovuta ad ambienti non saturi di vapore risulta pericolosa per l'elemento strutturale in quanto può generare la nascita di stati tensionali di trazione molto pericolosi in fase d'esercizio dell'opera e indurre in fessurazioni il calcestruzzo.

È possibile definire diverse componenti del ritiro. Quando non venga diversamente designato, il ritiro assume il significato di *drying shrinkage* che rappresenta la deformazione associata alla perdita di umidità del calcestruzzo per effetto dell'essiccamento. Il *drying shrinkage* è solo parzialmente reversibile. Quando il calcestruzzo è risaturato si verifica un rigonfiamento, ma questo è insufficiente a ricompensare completamente il ritiro per essiccamento a meno che non venga utilizzato un cemento espansivo a ritiro compensato.

È dunque possibile distinguere tra componenti reversibili e irreversibili, ma non è possibile introdurre un'unica definizione per il ritiro; infatti sono stati identificati altri tipi di deformazione che riguardano questo fenomeno: il *ritiro per carbonatazione* che si verifica quando il calcestruzzo è sottoposto a condizioni ambientali aventi bassa umidità relativa; il *ritiro per idratazione* che avviene quando il contenuto di acqua viene rimosso, all'interno del calcestruzzo, da combinazioni chimiche durante l'idratazione in condizioni di umidità sigillata.

Il *ritiro per capillarità* avviene, infine, quando si hanno dispersioni del contenuto di acqua nel cemento allo stato plastico.

In conclusione, il valore finale di shrinkage dipende da una molteplicità di fattori riguardo

le condizioni ambientali, geometriche e temporali. Tra questi vi sono il fattore relativo alla dimensione dell'elemento, all'umidità e allo sviluppo nel tempo.

Per quanto concerne la dimensione dell'elemento, si nota come il ritiro abbia una elevata dipendenza dalla geometria dell'elemento, in modo molto più netto rispetto a quanto accade nel creep. Questo comportamento è dovuto al fatto che l'evaporazione interessa la superficie dell'elemento a contatto con l'atmosfera.

Maggiore è il rapporto volume superficie (o lo spessore fittizio), minore sarà il ritiro totale.

Si osserva anche un generico progresso nel tempo per il ritiro. L'aspetto è molto simile a quello relativo al creep in quanto entrambi sono fenomeni reologici; tuttavia al contrario del creep, che presenterà una curva unica di progresso nel tempo, il ritiro possiede curve diverse per spessori fittizi diversi. A spessore fittizi elevati corrispondono curve sempre più piatte e che tendono a sviluppare sempre più verso infinito il loro intero importo di ritiro.

Vi è infine la dipendenza dalla umidità percentuale. A maggiori valori di umidità corrispondono minori valori di ritiro.

## **1.5 Modelli reologici**

### *1.5.1 Modello di Kelvin-Voigt*

In questo modello le proprietà viscoelastiche del materiale vengono descritte rappresentando la parte elastica con una molla e la parte viscosa con un ammortizzatore (Figura 1.2).

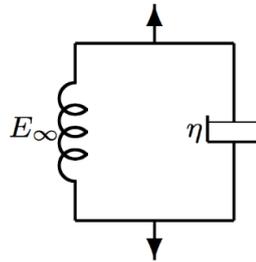


Figura 1.2 Modello di Kelvin-Voigt

Dato che i due elementi sono disposti in parallelo, la deformazione  $\varepsilon$  della molla e dell'ammortizzatore sono identiche; in tal modo, la tensione  $\sigma$  si decompone in due parti: la prima,  $\sigma_1$ , relativa alla molla, la seconda,  $\sigma_2$ , corrispondente all'ammortizzatore.

Il legame sforzi-deformazioni della molla è descritto dalla legge di Hooke:

$$\sigma_1 = E \cdot \varepsilon \quad (1.2)$$

Il legame costitutivo dell'ammortizzatore, invece, segue la legge di Newton:

$$\sigma_2 = \eta \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (1.3)$$

dove  $\eta$  è la viscosità.

Combinando questi due modelli, si ottiene il legame costitutivo del sistema, applicando i criteri di equilibrio e congruenza.

Sinteticamente, le equazioni:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_1 + \sigma_2 \\ \varepsilon_1 &= \varepsilon_2 = \varepsilon \\ \sigma_1 &= E \cdot \varepsilon \\ \sigma_2 &= \eta \frac{d\varepsilon}{dt} \end{aligned} \quad (1.4)$$

descrivono l'equazione differenziale del modello:

$$\sigma(t) = E \cdot \varepsilon(t) + \eta \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \quad (1.5)$$

nella quale la tensione si scompone in due parti, una proporzionale alla deformazione, l'altra alla sua derivata rispetto al tempo.

Se viene applicato al modello di Kelvin-Voigt un carico  $\sigma_0$ , la molla vorrà allungarsi, ma viene trattenuta dall'ammortizzatore, che non può deformarsi immediatamente. Fino a quando la molla non cambia la sua lunghezza, la tensione è inizialmente presa tutta dall'ammortizzatore. La curva di creep parte con una pendenza iniziale pari a  $\sigma_0/\eta$ .

Successivamente avvengono delle deformazioni e dunque, parte del carico viene trasferito dall'ammortizzatore alla molla. La pendenza della curva diventa pari a  $\sigma_2/\eta$ , dove  $\sigma_2$  è la tensione nell'ammortizzatore, con  $\sigma_2$  decrescente. Quando la tensione nell'ammortizzatore diventa nulla,  $\sigma_2 = 0$ , la molla prende tutta la tensione e così si raggiunge la massima deformazione pari a  $\sigma_0/E$ .

Risolvendo l'equazione differenziale (1.5) con la condizione iniziale  $\varepsilon(0) = 0$  si ottiene:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{E} \left( 1 - e^{-\left(\frac{E}{\eta}\right)t} \right) \quad (1.6)$$

Se si pone  $\varepsilon(t) = \sigma_0 \cdot J(t)$ , la funzione di viscosità vale:

$$J(t) = \frac{1}{E} \left( 1 - e^{-\left(\frac{E}{\eta}\right)t} \right), t_R = \frac{\eta}{E} \quad (1.7)$$

Il parametro  $t_R$  prende il nome di *tempo di rilassamento* ed è la misura della rapidità della crescita della deformazione viscosa; minore è il valore del tempo di rilassamento, più rapida è la deformazione viscosa.

Quando il modello di Kelvin-Voigt viene scaricato, la molla vorrebbe contrarsi, ma è nuovamente trattenuta dall'ammortizzatore. Tuttavia, la molla, ad un tempo determinato, riporterà l'ammortizzatore fino alla sua posizione iniziale ottenendo un recupero totale.

Supponendo di scaricare il modello al tempo  $t = \tau$ , il legame costitutivo, con tensioni nulle, si riduce a  $0 = E\varepsilon + \eta d\varepsilon/dt$ . Risolvendo si ottiene:

$$\varepsilon(t) = C e^{-\left(\frac{E}{\eta}\right)t} \quad (1.8)$$

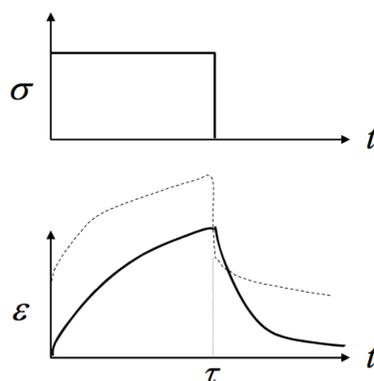
dove C è una costante di integrazione. Il tempo  $t$  viene misurato dall'istante in cui viene rimosso il carico. Dall'equazione (1.6), la deformazione a  $t = \tau$  vale

$$\varepsilon(\tau) = \left(\frac{\sigma_0}{E}\right) \left(1 - e^{-\left(\frac{E}{\eta}\right)\tau}\right).$$

Imponendo le condizioni iniziali, si ricava che:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{E} e^{-\left(\frac{E}{\eta}\right)t} \left( e^{\left(\frac{E}{\eta}\right)\tau} - 1 \right), t > \tau \quad (1.9)$$

La curva di recupero del modello Kelvin-Voigt è riportata in **Figura 1.3**



*Figura 1.3 curva di recupero del modello di Kelvin-Voigt*

La funzione di rilassamento, invece, si ottiene imponendo una deformazione costante pari a  $\varepsilon_0$ . L'equazione costitutiva (1.5) si riduce a  $\sigma = E\varepsilon_0$ . In questo caso tutta la tensione è presa dalla molla ed è costante, quindi non c'è nessun rilassamento delle tensioni nel tempo. Realmente, per far sì che il modello di Kelvin-Voigt subisca una deformazione istantanea  $\varepsilon_0$ , bisognerebbe applicare una tensione di valore infinito, poiché l'ammortizzatore non risponde in modo

istantaneo ad una tensione finita. Questo modello descrive il comportamento di materiali viscoelastici solidi.

### 1.5.2 Modello di Maxwell

Il modello di Maxwell si differenzia da quello di Kelvin per la posizione della molla e dell'ammortizzatore che risultano connessi in serie (Figura 1.4).

Tale semplice modello rappresenta solo parzialmente le proprietà di un corpo reale, tuttavia può diventare parte di un modello molto più complesso che approssima bene le proprietà reologiche dei materiali viscosi.

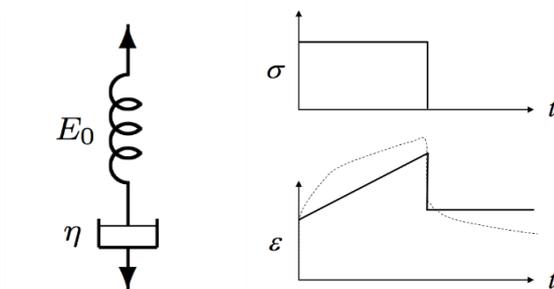


Figura 1.4 Modello di Maxwell

Poiché i due elementi sono disposti in serie la deformazione totale si compone di due parti  $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$ , dove  $\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$  sono le deformazioni relative rispettivamente alla molla ed all'ammortizzatore. La tensione della molla, invece, è identica a quella dell'ammortizzatore,  $\sigma = \sigma_1 = \sigma_2$ .

Sinteticamente le equazioni:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \sigma_2 = \sigma \\ \varepsilon_1 + \varepsilon_2 &= \varepsilon \\ \sigma &= E \cdot \varepsilon_1 \\ \sigma &= \eta \frac{d\varepsilon_2}{dt}\end{aligned}\tag{1.10}$$

descrivono l'equazione differenziale del modello:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta} \quad (1.11)$$

Quando il modello di Maxwell è soggetto ad una tensione  $\sigma_0$ , la molla si deformerà allungandosi immediatamente, mentre l'ammortizzatore ha bisogno di tempo per deformarsi a causa della viscosità. Perciò, la deformazione iniziale sarà pari a quella della molla  $\varepsilon(0) = \sigma_0/E$ . Usando questa equazione come condizione iniziale, integrando l'equazione (1.11) si ottiene:

$$\begin{aligned} \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sigma_0}{\eta} &\rightarrow \varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{\eta} t + C \\ &\rightarrow \varepsilon(t) = \sigma_0 \left( \frac{1}{\eta} t + \frac{1}{E} \right) \end{aligned} \quad (1.12)$$

La deformazione viscosa può essere espressa attraverso la funzione di viscosità:

$$\varepsilon(t) = \sigma_0 J(t) \rightarrow J(t) = \frac{t}{\eta} + \frac{1}{E} \quad (1.13)$$

Quando viene rimosso il carico, la molla reagisce nuovamente nell'immediato, ma l'ammortizzatore non ha nessuna inclinazione a recuperare la deformazione. Dunque, si ha un immediato recupero della deformazione elastica  $\sigma_0/E$ , mentre rimane la deformazione viscosa dovuta all'ammortizzatore. La risposta di questo modello è rappresentata in **Figura 1.4**.

In conclusione, il modello di Maxwell rappresenta il creep, ma non quello legato alla decrescente velocità di deformazione. Non c'è nessun recupero di deformazione anelastica, ma rappresenta una risposta elastica ed una deformazione permanente.

La funzione di rilassamento, invece, si può ottenere imponendo una deformazione costante  $\varepsilon_0$  al tempo  $t = 0$ .

Dunque, si ottiene:

$$\sigma(t) = \varepsilon_0 E(t) \text{ dove } E(t) = E e^{-\frac{t}{t_R}}; t_R = \eta/E \quad (1.14)$$

Analogamente alla funzione di viscosità per il creep test,  $E(t)$  prende il nome di *funzione di rilassamento*. Mentre il parametro  $t_R$  viene denominato *tempo di rilassamento* del materiale.

Questo modello rappresenta bene i materiali viscoelastici che si comportano in modo elastico su intervalli di tempo brevi e in modo viscoso su intervalli di tempo lunghi. Generalmente viene utilizzato per descrivere il comportamento di materiali viscoelastici liquidi.

### 1.5.3 Modello di Burgers

Per comprendere il comportamento dei materiali visco-elastici, è utile andare ad osservare il Modello di Burgers:

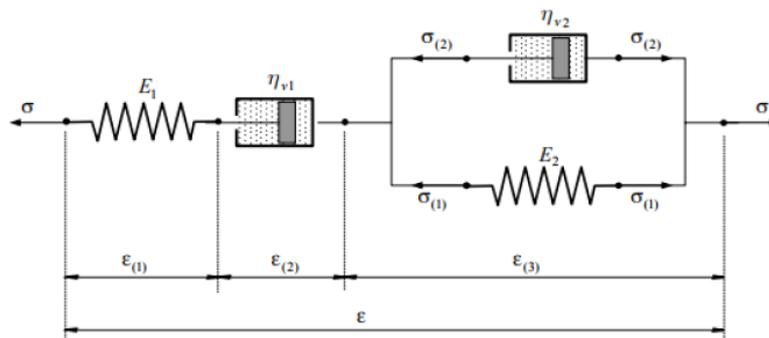


Figura 1.5 Modello di Burgers

Questo modello, detto anche dei 4 elementi, è formato dal modello di Maxwell e dal modello di Kelvin posti in serie. È capace di includere tre modelli di risposta viscoelastica: una istantanea dovuta alla molla  $E_1$ , una viscosa dovuta allo smorzatore  $\eta_1$  ed infine una risposta elastica ritardata dovuta al modello di Kelvin.

Nel dettaglio, all'applicazione del carico sull'elemento di calcestruzzo, questo subisce una deformazione istantanea che cresce poi nel tempo. Tale

incremento è proprio il creep. La parte elastica di questa deformazione viscosa viene recuperata alla rimozione del carico, mentre il creep plastico permane in modo irreversibile.

## 1.6 Viscosità e Ritiro secondo la normativa EN1992-1-1

Nel calcestruzzo, gli effetti dipendenti dal tempo sono la *viscosità* e il *ritiro*. Per il calcolo di essi sono state fatte alcune ipotesi:

- viscosità e ritiro sono indipendenti;
- rapporto lineare tra viscosità e tensione che ne è causa;
- effetti del gradiente termico o dell'umidità trascurati;
- principio di sovrapposizione degli effetti si applica ad azioni che intervengono in tempi diversi.

La viscosità e il ritiro dipendono dall'umidità dell'ambiente, dalle dimensioni dell'elemento e dalla composizione del calcestruzzo. Inoltre, la viscosità è funzione anche del grado di maturazione del calcestruzzo al momento della prima applicazione del carico, nonché dall'entità e dalla durata di applicazione di questo.

### 1.6.1 Viscosità

#### Funzione di viscosità

$$J(t, t_0) = \frac{1}{E_c(t_0)} + \frac{\phi(t, t_0)}{E_{c28}} \quad (1.15)$$

# Capitolo 1

## Comportamento del calcestruzzo nel tempo

---

con:

- $t_0$  età del calcestruzzo alla messa in carico iniziale;
- $t$  età considerata;
- $J(t, t_0)$  funzione di viscosità al tempo  $t$ ;
- $E_c(t_0)$  modulo di elasticità tangente al tempo  $t_0$ ;
- $E_{c28}$  modulo di elasticità tangente a 28 giorni;
- $\Phi(t, t_0)$  coefficiente di viscosità riferito alla deformazione elastica a 28 giorni;

La deformazione totale del calcestruzzo soggetto a carico iniziale all'età  $t_0$  con relativa tensione  $\sigma(t_0)$  e successive variazioni di tensioni  $\Delta\sigma(t_i)$  alle età  $t_i$ :

$$\varepsilon_{tot}(t, t_0) = \varepsilon_n(t) + \sigma(t_0)J(t, t_0) + \sum J(t, t_i)\Delta\sigma(t_i) \quad (1.16)$$

$\varepsilon_n(t)$  deformazioni imposta indipendente dalle tensioni, ad esempio il ritiro o gli effetti della temperatura.

Variazione del modulo di elasticità nel tempo:

$$E_{cm}(t) = \left(\frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}}\right)^{0,3} E_{cm} \quad (1.17)$$

$$E_{cm} = 22 \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0,3} \quad (1.18)$$

- $f_{cm}$  valore medio della resistenza a compressione cilindrica del calcestruzzo a 28 giorni

Anche il valore medio della resistenza a compressione cilindrica varia nel tempo:

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc} \cdot f_{cm} \quad (1.19)$$

$$\beta_{cc} = e^s \left[ 1 - \left(\frac{28}{t}\right)^{\frac{1}{2}} \right] \quad (1.20)$$

Capitolo 1  
Comportamento del calcestruzzo nel tempo

---

dove:  $s$       coefficiente in funzione del tipo di cemento

0.20	classe R
0.25	classe N
0.28	classe S

**Coefficiente di viscosità**

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) \quad (1.21)$$

dove:  $\phi_0$     è il coefficiente nominale di viscosità dell'eq. (1.22);  
 $\beta_c$         è il coefficiente atto a descrivere l'evoluzione della viscosità nel tempo dopo il carico (equazione 1.13);  
 $t$           è l'età del calcestruzzo in giorni al momento considerato;  
 $t_0$         è l'età del calcestruzzo in giorni al momento del carico.

Il coefficiente nominale di viscosità può essere calcolato con:

$$\phi_0 = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad (1.22)$$

essendo:

$$\phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0,10 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \quad \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \quad (1.23a)$$

$$\phi_{RH} = \left[ 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0,10 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 \quad \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \quad (1.23b)$$

$$\beta(f_{cm}) = 16,8/\sqrt{f_{cm}} \quad (1.24)$$

$$\beta(t_0) = 1/(0,1 + t_0^{0,20}) \quad (1.25)$$

$$h_0 = 2A_c/u \quad (1.26)$$

dove:  $f_{cm}$       è la resistenza media a compressione del calcestruzzo a 28 giorni;

Capitolo 1  
Comportamento del calcestruzzo nel tempo

---

- $RH$**  è l'umidità relativa, in percento;
- $h_0$**  è la dimensione fittizia dell'elemento, in millimetri, essendo  $A_c$  la sezione e  $u$  il perimetro dell'elemento a contatto con l'atmosfera;
- $\Phi_{RH}$**  è il fattore che tiene conto dell'effetto dell'umidità relativa sul coefficiente nominale di viscosità;
- $\beta(f_{cm})$**  è il fattore che tiene conto dell'effetto dell'età del calcestruzzo sul coefficiente nominale di viscosità;
- $\beta(t_0)$**  è il fattore che tiene conto dell'effetto dell'età del calcestruzzo al momento del carico sul coefficiente nominale di viscosità;

Il coefficiente per lo sviluppo della viscosità nel tempo può essere calcolato con:

$$\beta_c(t - t_0) = \left[ \frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right]^{0.3} \quad (1.27)$$

dove:  **$t - t_0$**  è la durata, non corretta, del carico in giorni;

**$\beta_H$**  è un coefficiente funzione dell'umidità relativa  $RH$  (in percento) e della dimensione fittizia dell'elemento  $h_0$  in millimetri;

$\beta_H$  può essere calcolato con:

$$\beta_H = 1,51 + (0,012RH)^{18}]h_0 + 250 \leq 1500 \quad \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ Mpa} \quad (1.28a)$$

$$\beta_H = 1,51 + (0,012RH)^{18}]h_0 + 250\alpha_3 \leq 1500\alpha_3 \quad \text{per } f_{cm} > 35 \text{ Mpa} \quad (1.29b)$$

dove:  **$t - t_0$**  è la durata, non corretta, del carico in giorni;

**$\beta_H$**  è un coefficiente funzione dell'umidità relativa  $RH$  (in percento) e della dimensione fittizia dell'elemento  $h_0$  in millimetri;

# Capitolo 1

## Comportamento del calcestruzzo nel tempo

---

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  sono dei coefficienti che tengono conto dell'influenza della resistenza del calcestruzzo:

$$\alpha_1 = \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.7} \quad \alpha_2 = \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.2} \quad \alpha_3 = \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.5} \quad (1.29)$$

L'effetto del tipo di cemento sul coefficiente di viscosità del calcestruzzo può essere tenuto in conto andando a modificare l'età di primo carico  $t_0$  nell'espressione (1.25) con la seguente espressione:

$$t_0 = t_{0,T} \cdot \left( \frac{9}{2 + t_{0,T}^{1.2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0,5 \quad (1.30)$$

dove:  $t_{0,T}$  è l'età del calcestruzzo corretta in base alla temperatura in accordo con l'equazione (1.31);

$\alpha$  è un esponente che dipende dal tipo di calcestruzzo:  
 = -1 per calcestruzzo di Classe S  
 = 0 per calcestruzzo di Classe N  
 = 1 per calcestruzzo di Classe R

L'effetto di temperature maggiori o inferiori nell'intervallo 0 – 80°C nella maturazione del calcestruzzo può essere preso in conto correggendo l'età del calcestruzzo con la seguente espressione:

$$t_T = \sum_{i=1}^n e^{-(4000/[273+T(\Delta t_i)]-13,65)} \cdot \Delta t_i \quad (1.31)$$

dove:

$t_T$  è l'età del calcestruzzo, corretta in funzione della temperatura, che sostituisce  $t$  nelle corrispondenti equazioni;

$T(\Delta t_i)$  è la temperatura, in gradi Celsius, durante il periodo di tempo  $\Delta t_i$ ;

$\Delta t_i$  è il numero di giorni in cui predomina la temperatura T.

### 1.6.2 Ritiro

Il ritiro è dato dalla somma di due contributi:

- Ritiro autogeno
- Ritiro da essiccamento

$$\varepsilon_{sh}(t, t_s) = \varepsilon_{ca} + \varepsilon_{cd} \quad (1.32)$$

dove:

- $\varepsilon_{sh}$  è la deformazione totale dovuta al ritiro;
- $\varepsilon_{ca}$  è la deformazione dovuta al ritiro autogeno;
- $\varepsilon_{cd}$  è la deformazione dovuta al ritiro da essiccamento.

Il ritiro autogeno viene calcolato con la seguente espressione:

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t)\varepsilon_{ca}(\infty) \quad (1.33)$$

dove:

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5(f_{ck} - 10)10^{-6} \quad (1.34)$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - e^{-0,2t^{0,5}} \quad (1.35)$$

dove  $t$  è espresso in giorni.

La deformazione dovuta al ritiro per essiccamento viene espressa dall'equazione:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t)k_h\varepsilon_{cd,0} \quad (1.36)$$

dove:

$k_h$  è un coefficiente legato alla dimensione fittizia dell'elemento  $h_0$

(Tabella 1.1)

$h_0$	$k_h$
100	1.0
200	0.85
300	0.75
$\geq 500$	0.70

*Tabella 1.1 valori di  $k_h$*

Capitolo 1  
Comportamento del calcestruzzo nel tempo

---

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{t - t_s}{(t - t_s) + 0,04\sqrt{h_0^3}} \quad (1.37)$$

dove:

**$t$**  è l'età in giorni del calcestruzzo al momento considerato;

**$t_s$**  è l'età del calcestruzzo, in giorni, all'inizio del fenomeno di ritiro;

**$h_0$**  è la dimensione fittizia dell'elemento in mm

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \left[ (220 + 110 \cdot \alpha_{ds,1}) e^{-\alpha_{ds,2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}} \right] 10^{-6} \beta_{RH} \quad (1.38)$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \left[ 1 - \left( \frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] \quad (1.39)$$

dove:

**$f_{cm}$**  è la resistenza a compressione (MPa)

**$f_{cm0}$**  = 10 MPa

**$\alpha_{ds1}$**  è un coefficiente che dipende dal tipo di calcestruzzo

=3 per calcestruzzi di Classe S

=4 per calcestruzzi di Classe N

=6 per calcestruzzi di Classe R

**$\alpha_{ds2}$**  è un coefficiente che dipende dal tipo di calcestruzzo

=0,13 per calcestruzzi di Classe S

=0,12 per calcestruzzi di Classe N

=0,11 per calcestruzzi di Classe R

**$RH$**  È l'umidità relativa dell'ambiente (%)

**$RH_0$**  = 100%

## 1.7 Metodo Age Adjusted Effective Modulus

Applicando il principio di sovrapposizione degli effetti e l'ipotesi di linearità, si può rappresentare nella seguente forma la legge di evoluzione della deformazione totale, data dalla somma della deformazione dovuta alla tensione e ad una eventuale deformazione impressa  $\varepsilon_{cn}(t)$ :

$$\varepsilon_c(t) = \varepsilon_{cn}(t) + \int_0^t J(t, \tau) \frac{\partial \sigma_c(t)}{\partial \tau} + \varepsilon_{cn}(t) \quad (1.40)$$

Per risolvere questo integrale per storie di deformazione note in forma chiusa occorre usare metodi numerici di cui il più noto è il metodo AAEM (Age Adjusted Effective Modulus). Questo metodo si basa sulla conversione delle equazioni integrali in equazioni algebriche.

Il metodo AAEM (Age-Adjusted Effective Modulus) è stato per la prima volta proposto da Trost e successivamente perfezionato da Bažant. Secondo questo metodo si assume che la tensione dopo l'iniziale salto elastico vari in modo monotono continuo. È possibile, dunque, scrivere l'integrale di sovrapposizione dell'equazione (1.40) nella seguente forma:

$$\begin{aligned} \varepsilon_c(t) - \varepsilon_n(t) &= \sigma_c(t_0)J(t, t_0) + [\sigma_c(t) - \sigma_c(t_0)] \left[ \frac{1}{E_c(t_0)} + \chi(t, t_0) \frac{\phi(t, t_0)}{E_{c28}} \right] \\ &= \frac{\sigma_c(t_0)}{E_{c,ef}(t, t_0)} + \frac{\sigma_c(t) - \sigma_c(t_0)}{E_{c,adj}(t, t_0)} \end{aligned} \quad (1.41)$$

dove il coefficiente  $\chi(t, t_0)$ , denominato *coefficiente di invecchiamento*, assume l'espressione:

$$\chi(t, t_0) = \frac{E_c(t_0)}{E_c(t_0) - R(t, t_0)} - \frac{E_{c28}}{E_c(t_0)\phi(t, t_0)} \quad (1.42)$$

ma in via approssimata si può anche determinare come:

$$\chi(t, t_0) = 0,8; \quad \chi(t, t_0) = \frac{t_0^{0.5}}{1 + t_0^{0.5}} \quad (1.43)$$

Capitolo 1  
Comportamento del calcestruzzo nel tempo

---

Il modulo effettivo:

$$E_{c,ef}(t, t_0) = \frac{1}{J(t, t_0)} = \frac{E_c(t_0)}{1 + \left[ \frac{E_c(t_0)}{E_c} \right] \phi(t, t_0)} \quad (1.44)$$

ed il *age-adjusted effective modulus*:

$$E_{c,adj}(t, t_0) = \frac{E_c(t_0)}{1 + \chi(t, t_0) \left[ \frac{E_c(t_0)}{E_c} \right] \phi(t, t_0)} \quad (1.45)$$

## Capitolo 2

# EDIFICI DI GRANDE ALTEZZA

### 2.1 Caratteristiche generali

È difficile distinguere le caratteristiche di un edificio che lo definiscono “alto”. Dopo tutto, la definizione di altezza per una costruzione è una questione relativa. Dunque, un edificio alto non può essere classificato in termini specifici relativi all’altezza e al numero di piani.

Tuttavia, in gran parte dei testi analizzati relativi all’argomento, per edificio alto si intende un edificio multipiano in cui gli occupanti sfruttano in modo predominante gli elevatori per raggiungere la loro destinazione.

Gli edifici di grande altezza sono “monumenti di potere e prestigio, supremi traguardi nel campo dell’ingegneria e della progettazione, confortanti punti di riferimento, testimonianze dello spirito umano, e pubbliche relazioni al livello più alto” (Bungale S. Taranath, *Reinforced Concrete of Design of Tall Buildings*).

La possibilità di realizzare questa tipologia di edifici è sempre dipesa dai materiali da costruzione a disposizione e dallo sviluppo della tecnologia di trasporto verticale necessaria per lo spostamento delle persone all’interno dell’edificio.

La conseguente crescita che si è verificata nel tempo può essere ricondotta a due importanti innovazioni tecniche avvenute a metà del XIX secolo: lo sviluppo del ferro battuto e successivamente dell’acciaio, e l’introduzione degli ascensori negli edifici di grande altezza. La nascita degli ascensori rese i piani superiori

## Capitolo 2

### Edifici di grande altezza

---

degli edifici tanto attraenti da affittare quanto quelli inferiori e, di conseguenza, trasformò gli edifici più alti in un successo finanziario.

Negli ultimi 120 anni, sono state impiegate tre principali tipologie di strutture per la realizzazione degli edifici alti. La prima tipologia fu utilizzata negli edifici in ghisa degli anni 1850 agli anni 1910, nei quali i carichi gravitazionali erano per la gran parte portati dalle pareti esterne. La seconda generazione di edifici di grande altezza, che inizia con l' *Home Insurance Building* del 1883 a Chicago (**Figura 2.1**), e include anche il *Woolworth Building* del 1913 (**Figura 2.2**) e l'*Empire State Building* del 1931 (**Figura 2.3**), sono strutture a telaio, nelle quali corre all'interno uno scheletro di colonne e travi in acciaio saldato o bullonato e l'esterno è realizzato da pareti non portanti. La maggior parte di edifici di grande altezza eretti dal 1960 utilizza una terza tipologia di progettazione, nella quale la struttura perimetrale è realizzata con elementi simili a tubi costituiti da colonne ravvicinate o da megacolonne molto distanziate con sistemi di controvento diagonali. All'interno della struttura perimetrale, è presente il nucleo della struttura che può essere realizzato esclusivamente in cemento, in acciaio e da una combinazione dei due materiali, che contiene la maggior parte dei servizi, come ascensori, scale, equipaggiamenti meccanici.

## Capitolo 2

### Edifici di grande altezza

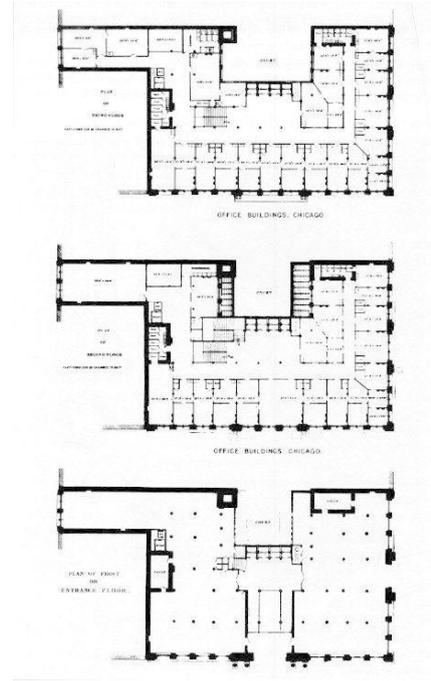


Figura 2.1 Home insurance building

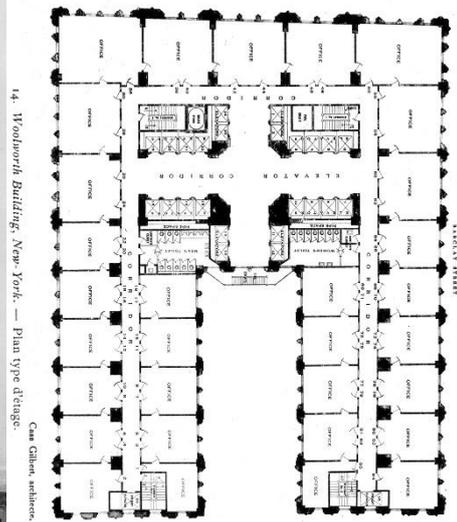


Figura 2.2 Woolworth building

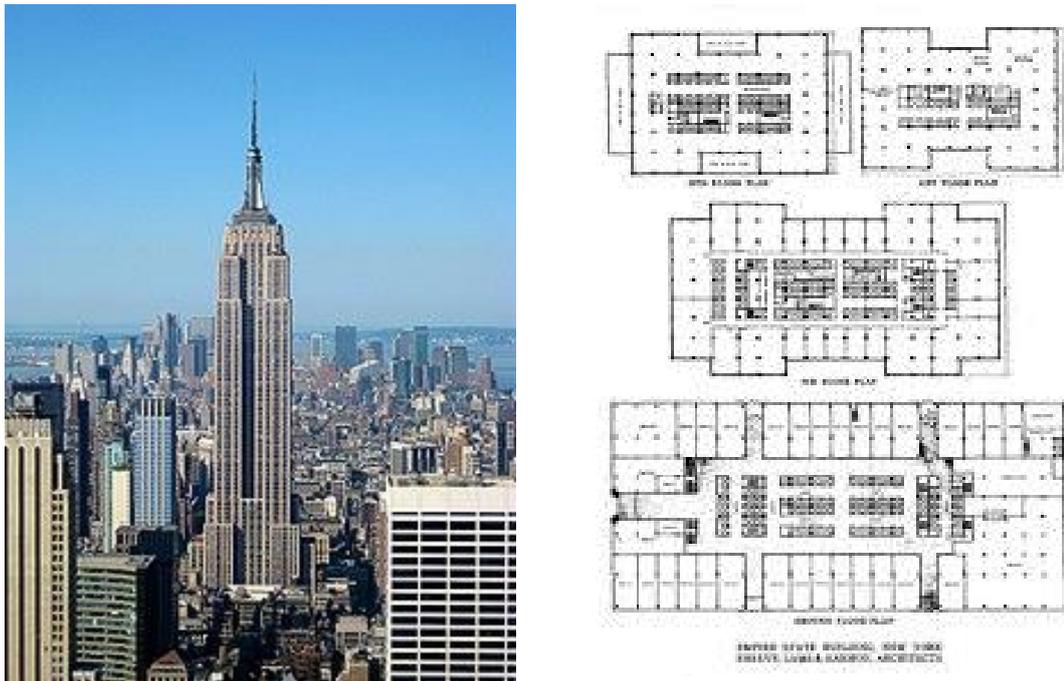


Figura 2.3 Empire State Building

## 2.2 Tipologie di edifici di grande altezza

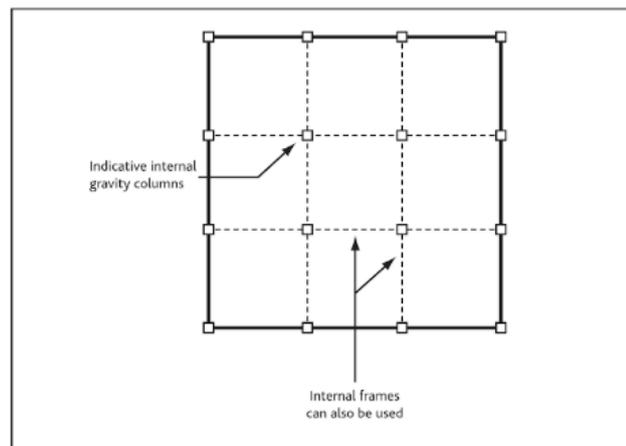
Gli schemi strutturali descritti nel paragrafo seguente possono essere classificati in tre categorie. La prima comprende schemi con controventi diagonali, la seconda realizzata con *framed tubes* con colonne ravvicinate, e la terza comprende un assortimento di schemi che vanno da tipologie che utilizzano i telai *shear-wall* a schemi da 14 colonne connesse da travature di Vierendeel.

### 2.2.1 Tipologia 1 – Frame system

Si tratta di un sistema strutturale relativamente semplice, nel quale travi e colonne sono rigidamente connesse a formare sistemi momento-resistenti nelle due direzioni ortogonali dando così resistenza ai carichi gravitazionali laterali (Figura 2.4).

Ogni telaio resiste ad una percentuale del carico laterale, determinata in base al rapporto della sua rigidezza con la somma delle rigidezze di tutti i telai.

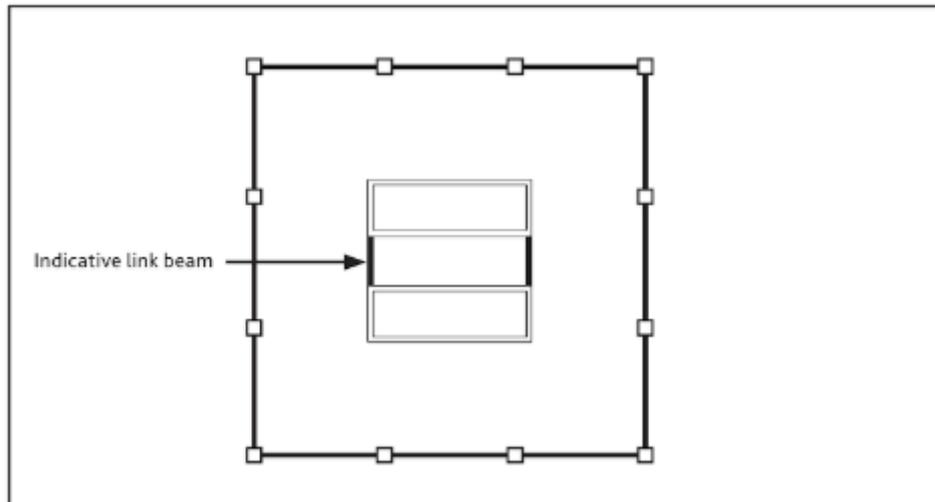
Questa tipologia strutturale è possibile utilizzata per edifici fino ad una altezza di 75 m circa.



*Figura 2.4* Frame system

### 2.2.2 Tipologia 2 – Shear-wall system

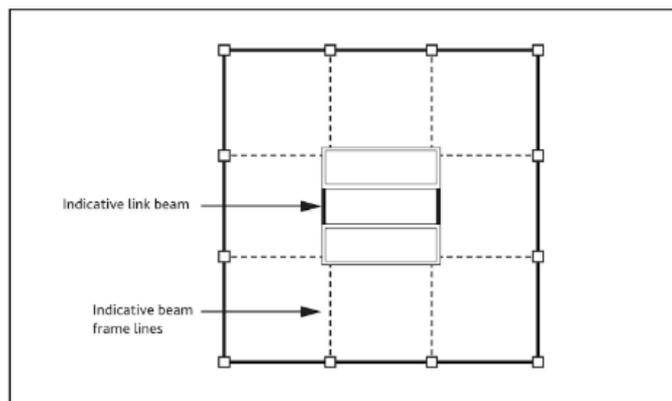
Questo sistema utilizza muri a taglio resistenti alle forze laterali nelle due direzioni ortogonali. Nella **Figura 2.5** viene mostrata una tipica soluzione, nella quale gli shear walls sono disposti in prossimità del centro della struttura, così si produce un rigido scheletro interno capace a resistere ai carichi orizzontali nelle due direzioni. Questa tipologia è generalmente sufficiente per edifici fino a 120 m di altezza. Sebbene, realizzare muri di taglio più spessi e alti permette di raggiungere altezze maggiori.



*Figura 2.5 Shear-wall system*

### 2.2.3 Tipologia 3 – Shear-wall and frame system

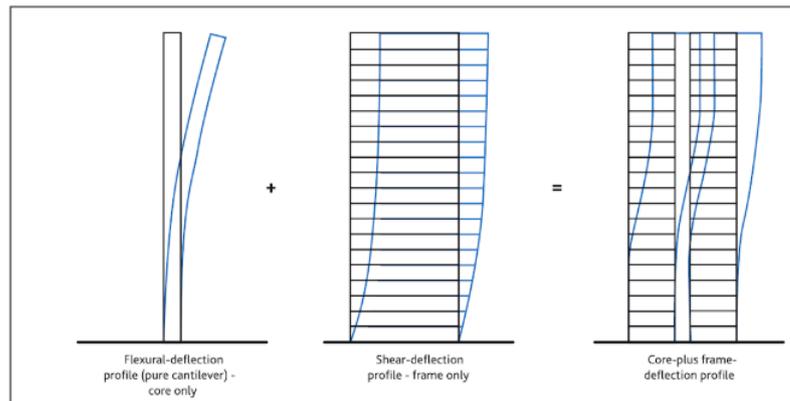
Questa tipologia è data dalla combinazione delle due tipologie precedenti. La combinazione della rigidità laterale del sistema intelaiato e di quella fornita dal sistema di muri a taglio permette di raggiungere altezze di 160 m.



*Figura 2.6 Shear-wall and frame system*

In questa tipologia vi è un'interazione molto importante tra shear walls e frames. Alla sommità dell'edificio, il nucleo realizzato con gli shear walls è vincolato dall'azione del telaio, viceversa più in basso sono i frames ad essere

vincolati tramite uno shear wall. Ne nasce così un ottimo sistema capace di contenere in un range accettabile le complessive deformazioni laterali e di raggiungere una grande capacità resistente laterale. Il comportamento si nota nella **Figura 2.7**:

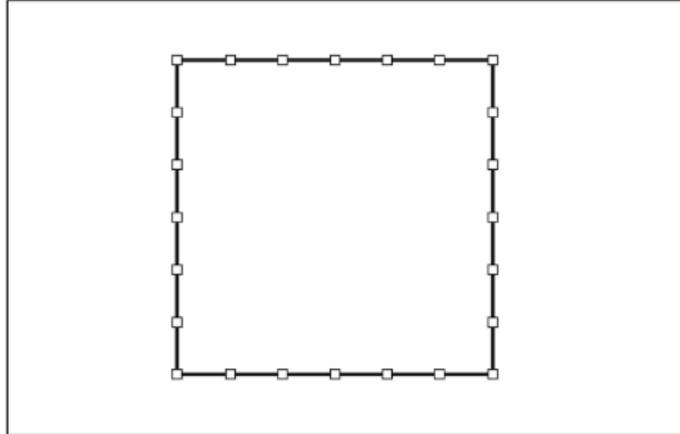


*Figura 2.7* Comportamento del shear-wall and frame system

#### 2.2.4 Tipologia 4 – Framed-tube system

Esso è formato da uno schema vuoto internamente con una grande distanza tra gli elementi tesi e compressi in entrambe le direzioni in modo da aumentare le capacità resistenti alle azioni laterali.

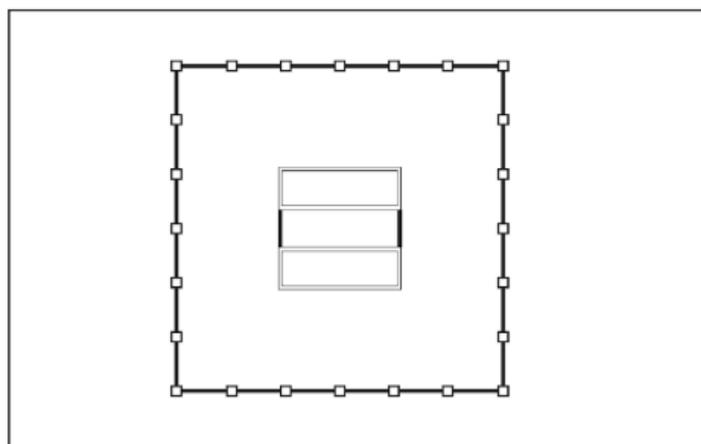
Le colonne perimetrali sono poco distanziate tra di loro, circa 2/4 metri, e sono connesse alle travi creando così un telaio perimetrale di elevata rigidezza. Si ottiene pertanto un sistema risultante che agisce come una mensola verticale vuota e che permette di raggiungere altezze di 170 m.



*Figura 2.8 Framed-tube system*

### 2.2.5 Tipologia 5 – Tube-in-tube system

Si tratta di una tipologia che combina il quarto sistema con dei muri a taglio interni in c.a. che hanno funzione di irrigidimento. È un sistema molto simile al terzo, tuttavia essendo molto più pesante e robusto fornisce una maggiore resistenza laterale. Con esso si raggiungono quote di progetto di circa 200 metri.

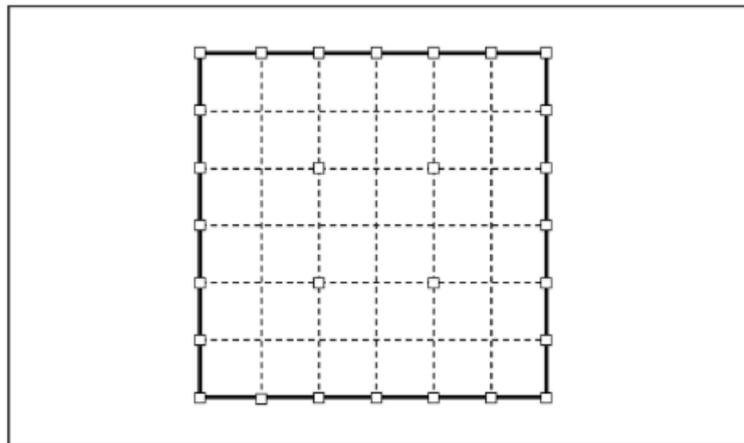


*Figura 2.9 Tube-in-tube system*

### 2.2.6 Tipologia 6 – Bundled-tube system o modular-tube system

Per poter aumentare le altezze, arrivando a circa 225 m, è necessario passare al 'bundled tube system', considerata già una buona soluzione se si vuole pensare a edifici molto alti, oltre i 70 piani. In questa struttura viene aumentato il numero dei telai introducendo un'anima interna oppure aggiungendo degli elementi intelaiati interni che dividono l'intera costruzione in una serie di sottomoduli.

Tuttavia, tutti questi sistemi strutturali non permettono di raggiungere un record in termine di altezza.

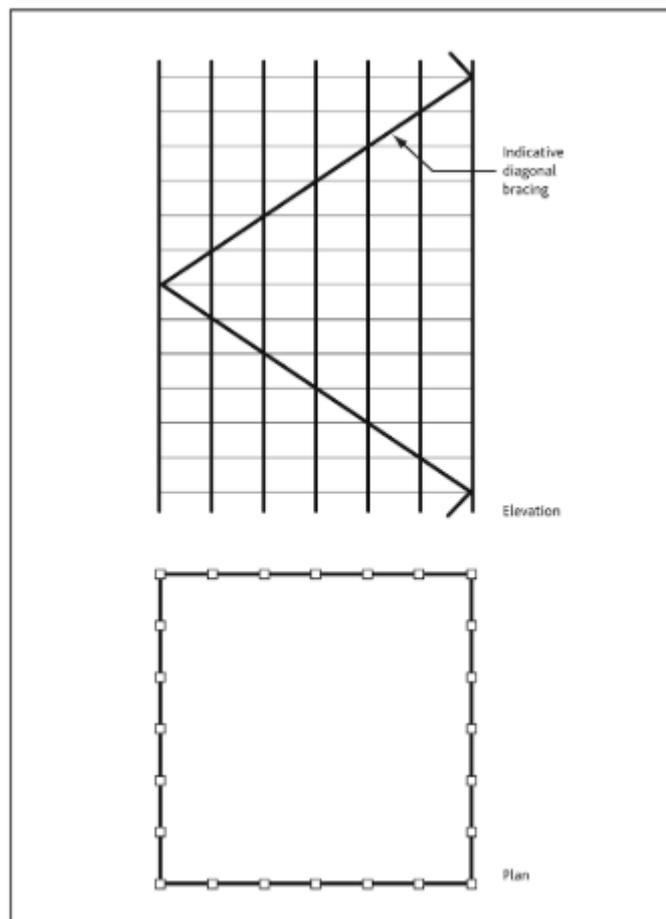


*Figura 2.10 Bundled-tube system*

### 2.2.7 Tipologia 7 – Braced-tube system

È una tipologia molto simile a quella precedentemente illustrata che utilizza, in aggiunta ai telai perimetrali, dei sistemi di controventamento diagonali, per incrementare la rigidezza laterale e per raggiungere altezze maggiori. Questa tipologia permette di avere campate maggiori tra le colonne perimetrali e quindi avere più spazio libero per le vetrate nella facciata.

Gli elementi esterni agiscono come cornici di rinforzo trasferendo i carichi laterali alle fondazioni attraverso le linee diagonali di tensione e compressione, ed inoltre redistribuiscono i carichi gravitazionali dalle colonne più caricate a quelle meno caricate.

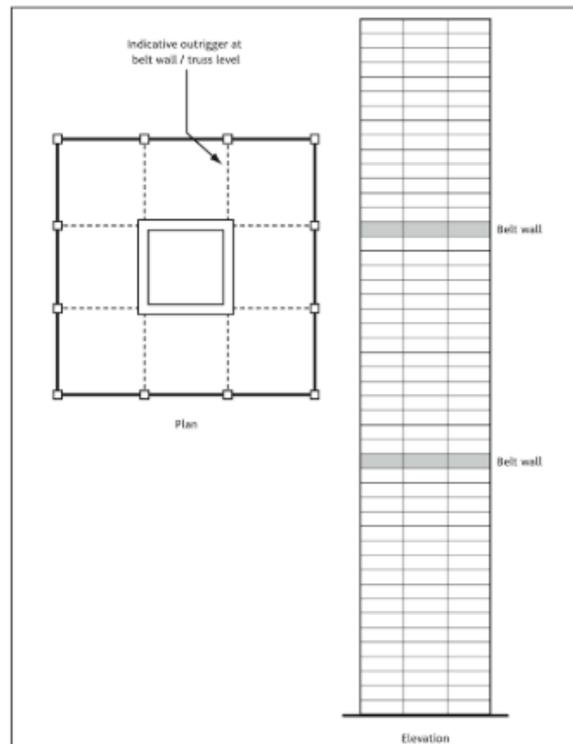


*Figura 2.11 Bracing-tube system*

### 2.2.8 Tipologia 8 – Outrigger-braced system

Questo sistema strutturale viene utilizzato soprattutto per edifici di altezza fino a 350 m. Oltre alle normali colonne perimetrali, vengono aggiunti dei pesanti diaframmi orizzontali ad intervalli di altezze regolari, profondi circa 1 o 2 piani che

collegano il nucleo interno con le colonne esterne. Questo sistema, non solo migliora la rigidezza totale della struttura alle azioni orizzontali, ma è capace di limitare al minimo anche il problema degli accorciamenti differenziali tra nucleo e colonne.



*Figura 2.12 Outrigger-braced system*

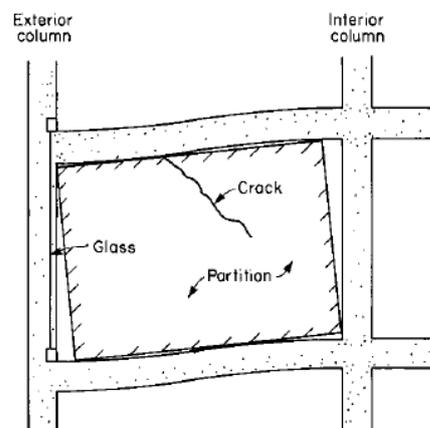
### 2.3 Deformazioni assiali degli elementi verticali

I *DAS (Differential Axial Shortenings)* sono uno dei principali problemi nella vita di servizio delle strutture di grande altezza, e sono causati da effetti a breve e lungo termine, da deformazioni elastiche ed inelastiche come creep e shrinkage. Va detto che non si tratta di un problema solo delle strutture di grande altezza, ma riguarda anche edifici di piccola altezza, dove, ovviamente, le tensioni sono inferiori e dunque, le deformazioni assiali accumulate piano per piano risultano trascurabili per via dell'altezza. D'altra parte, più l'altezza aumenta e più gli accorciamenti assiali aumentano.

Le deformazioni dovute al fluage si sviluppano gradualmente nel tempo, nel periodo immediatamente dopo l'applicazione del carico, il creep si sviluppa rapidamente, ma la velocità di crescita rallenta con il tempo. Mentre il fenomeno del ritiro si sviluppa sempre nel tempo, ma non è legato agli incrementi di carico.

Negli edifici alti che presentano elementi verticali in calcestruzzo, creep e shrinkage generano ad ogni piano una variazione dell'accorciamento assiale. Il problema si manifesta sia in fase di costruzione dell'opera sia nella vita della struttura, in altre parole sia nel breve che nel lungo termine.

Uno degli effetti dovuto all'accorciamento assiale degli elementi verticali, causa l'inclinazione dei solai generando momenti flettenti secondari e sollecitazioni taglienti nelle travi di collegamento. Si nota non solo il crack e la deflessione del pannello, ma anche effetti comuni di danneggiamento sugli elementi strutturali (Figura 2.13).



*Figura 2.13 Effetti dell'inclinazione del solaio*

Il differente accorciamento differenziale che vi è tra colonne e nucleo genera una deformazione dell'impalcato con successivi problemi negli impianti collegati ad ogni piano e il pericolo di un possibile aumento delle sollecitazioni nelle stesse strutture connesse. Da tutto ciò pertanto emerge come sia necessario compensare gli shortenings ai diversi impalcati già in fase costruttiva.

# Capitolo 3

## CASO DI STUDIO: LA TORRE 1 DI CASCINA MERLATA

### 3.1 Descrizione della struttura

Il quartiere di Cascina Merlata si trova a Nord-Ovest di Milano, vicino all'insediamento di MIND, l'area ex Expo 2015 ed al polo fieristico di Rho-Pero (Figura 3.1). L'intervento, a carattere prevalentemente residenziale, è contraddistinto da un habitat metropolitano innovativo, progettato secondo avanzati principi di sostenibilità ambientale e che si estende su una superficie di circa 900.000 mq.



Figura 3.1 Mappa posizione quartiere Cascina Merlata

Capitolo 3  
Caso di studio: La Torre 1 di Cascina Merlata

---

La Torre 1 si trova all'interno dell'unità di intervento R2, che comprende altre due torri, Torre 4 e Torre 5 di 13 piani fuori terra e altri due edifici, Linea 2 e Linea 3, di 10 piani fuori terra (**Figura 3.3**).

La Torre 1 ha un'altezza di circa 90 m, composta da 25 piani fuori terra e da due piani interrati.



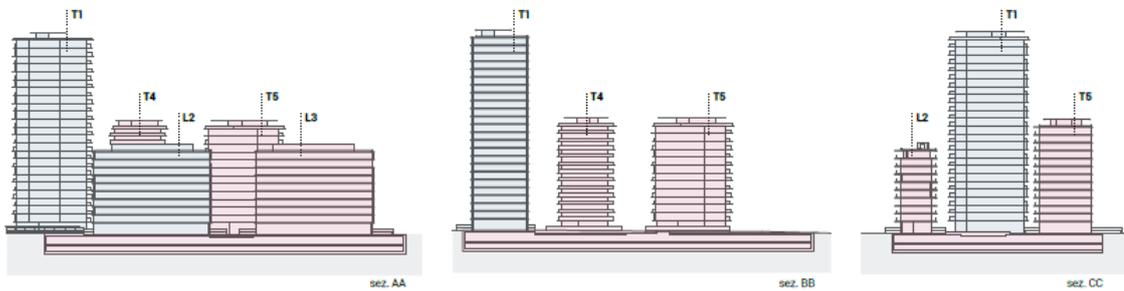
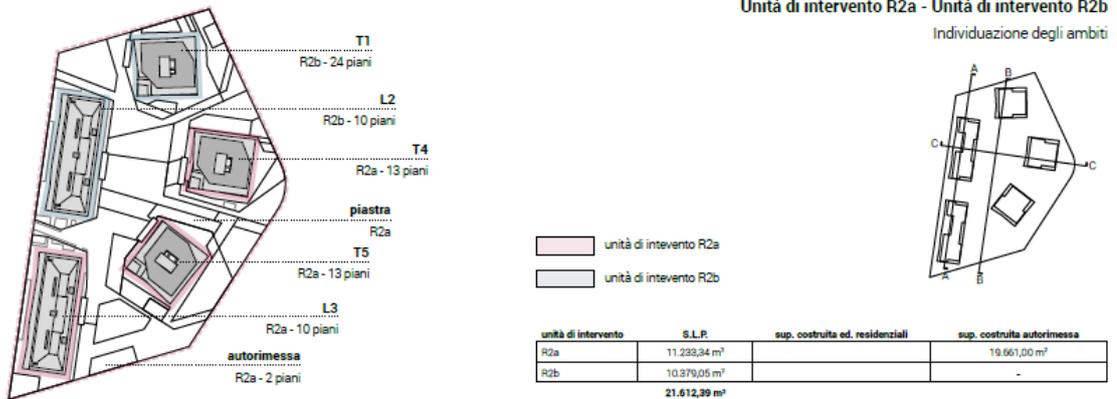
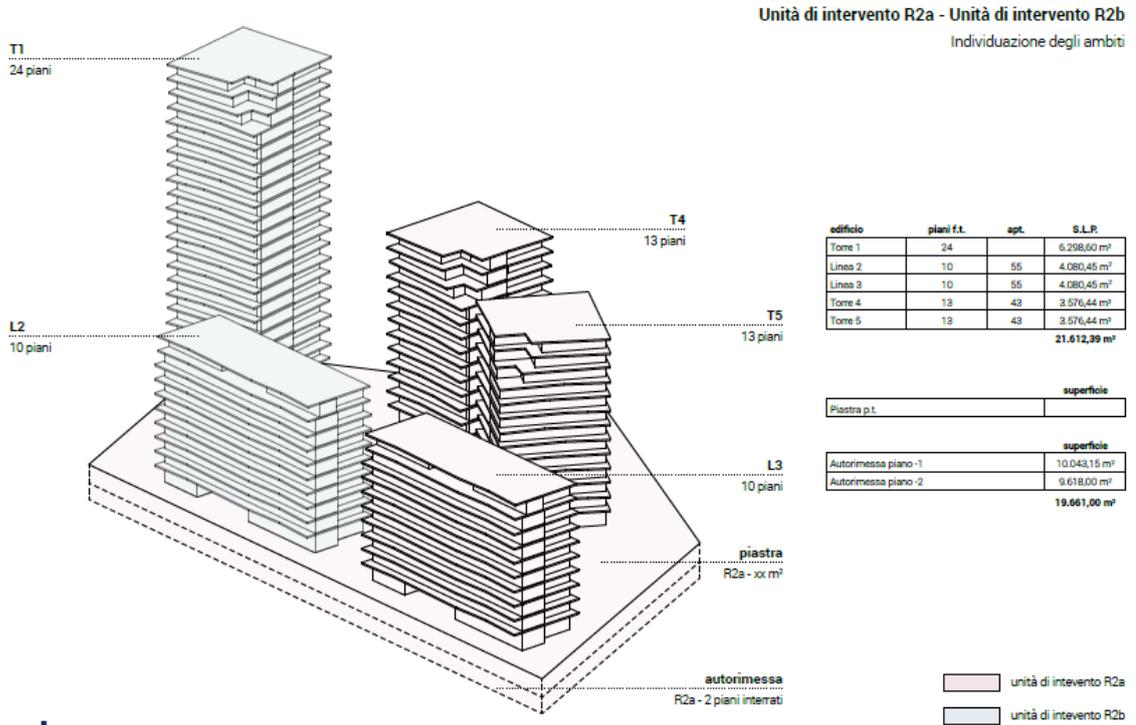
*Figura 3.2 Render Torre 1*

La torre presenta una pianta regolare inscritta in un rettangolo di 23x25 m circa ed è sorretta da una platea di fondazione di spessore 2 m.

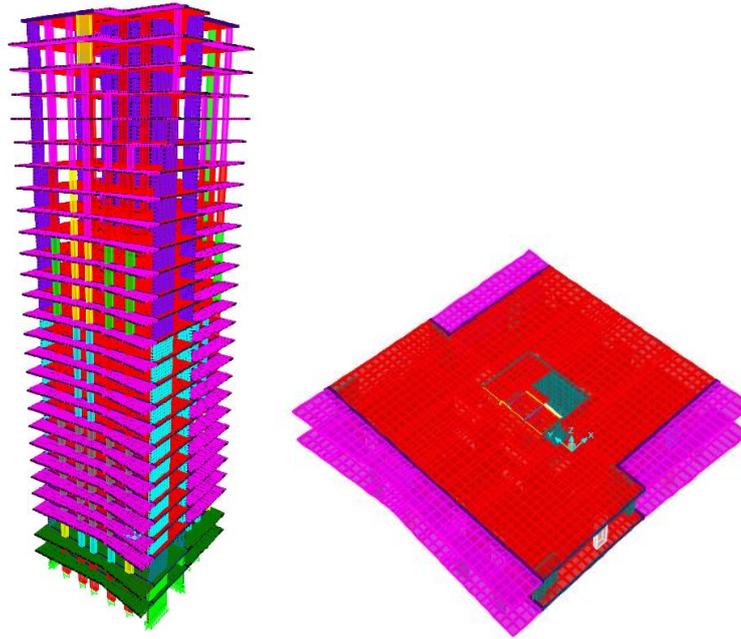
La struttura è formata da un nucleo interno e da setti perimetrali, progettati per resistere sia ai carichi verticali che ai carichi orizzontali, e da pilastri di sezione variabile in cemento armato, progettati per sopportare i carichi verticali.

# Capitolo 3

## Caso di studio: La Torre 1 di Cascina Merlata

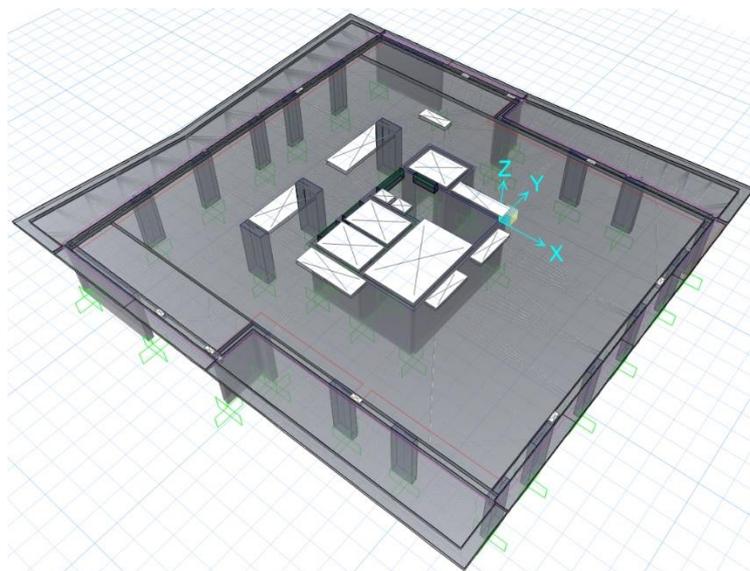


*Figura 3.3 Edifici unità R2*



*Figura 3.4 Modello della struttura e solaio tipo*

I solai sono costituiti da solette piene gettate in opera dello spessore di 22 cm per la parte in elevazione, e 25 cm per i piani interrati e 40 cm per il piano terra. I balconi sono anch'essi costituiti da solette piene gettate in opera con spessore di 20 cm (**Figura 3.5**). Sia i setti perimetrali, che i setti ascensore e i pilastri sono realizzati in cemento armato.



Capitolo 3  
Caso di studio: La Torre 1 di Cascina Merlata

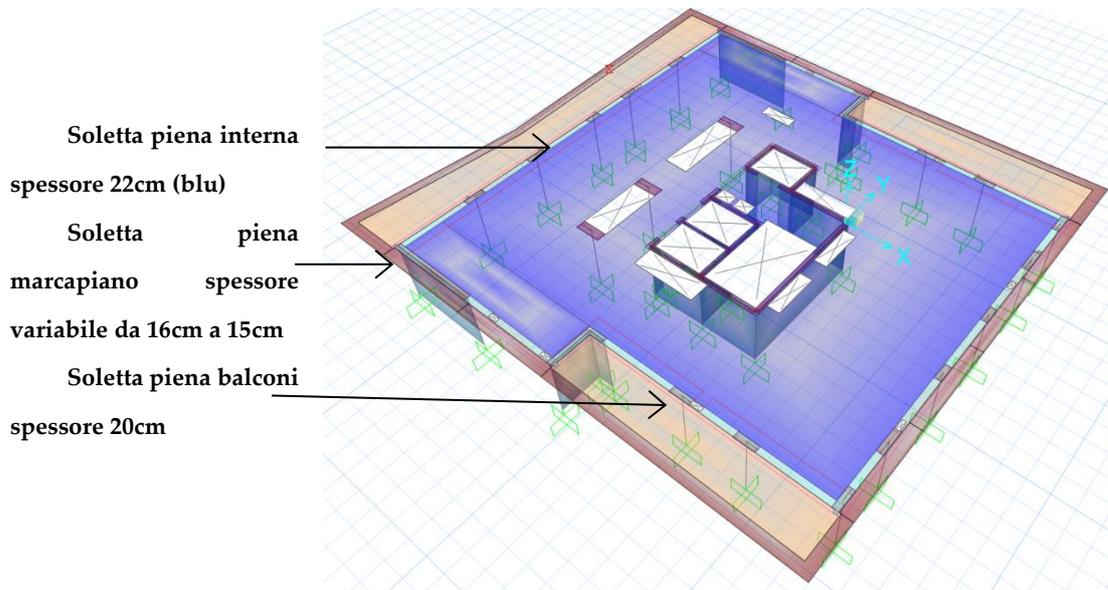


Figura 3.5 Configurazione del solaio tipo

La **Tabella 3.1** mostra i dati geometrici principali della struttura.

Altezza massima (Livello L24)	83 m dal livello del terreno
Dimensioni planimetriche	23x25 m
Altezza piano interrato L-2	2.90 m
Altezza piano interrato L-1	3.90 m
Altezza piano L0	5.09 m
Altezza piani da L1 a L24	3.2 m

Tabella 3.1 Proprietà geometriche della struttura

Nella **Tabella 3.2** sono riportate le classi di resistenza del calcestruzzo scelte per ogni piano per i vari elementi della struttura.

Piano	Pilastrati	Setti	Nucleo
L-2 – L15	C40/50	C40/50	C40/50
L16 – L24	C28/35	C28/35	C28/35

Tabella 3.2 Classi di resistenza

## 3.2 Carichi di progetto

L'analisi prende in considerazione i carichi verticali dovuti al peso proprio delle colonne, dei setti e del nucleo, il peso proprio e i carichi permanenti relativi a ciascun solaio.

Il peso proprio degli elementi è stato calcolato sulla base delle effettive dimensioni degli elementi resistenti, considerando le seguenti densità:

- Elementi in calcestruzzo armato:  $25 \text{ kN/m}^3$
- Elementi in acciaio:  $78.5 \text{ kN/m}^3$

### 3.2.1 Carichi permanenti

#### Piani fuori terra

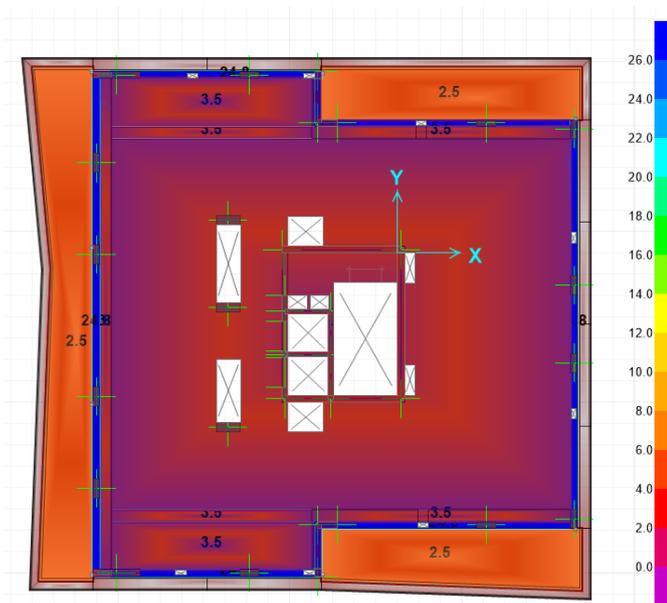


Figura 3.6 Carichi permanenti solaio tipo

Balconi:  $2.5 \text{ kN/m}^2$     Interno alloggi:  $3.5 \text{ kN/m}^2$     Muri perimetrali:  $2.49 \text{ kN/m}^2$   
in altezza  
( $24.8 \text{ kN/m}^2$  in pianta sulla striscia perimetrale  
rialzata di 30cm di larghezza)

### 3.2.2 Variabili solai

#### Piani fuori terra

Variabile alloggi cat.A:  $2 \text{ kN/m}^2$

Variabile balconi cat.A:  $4 \text{ kN/m}^2$

Variabile scale cat.C2:  $4 \text{ kN/m}^2$

Variabile neve:  $1.2 \text{ kN/m}^2$

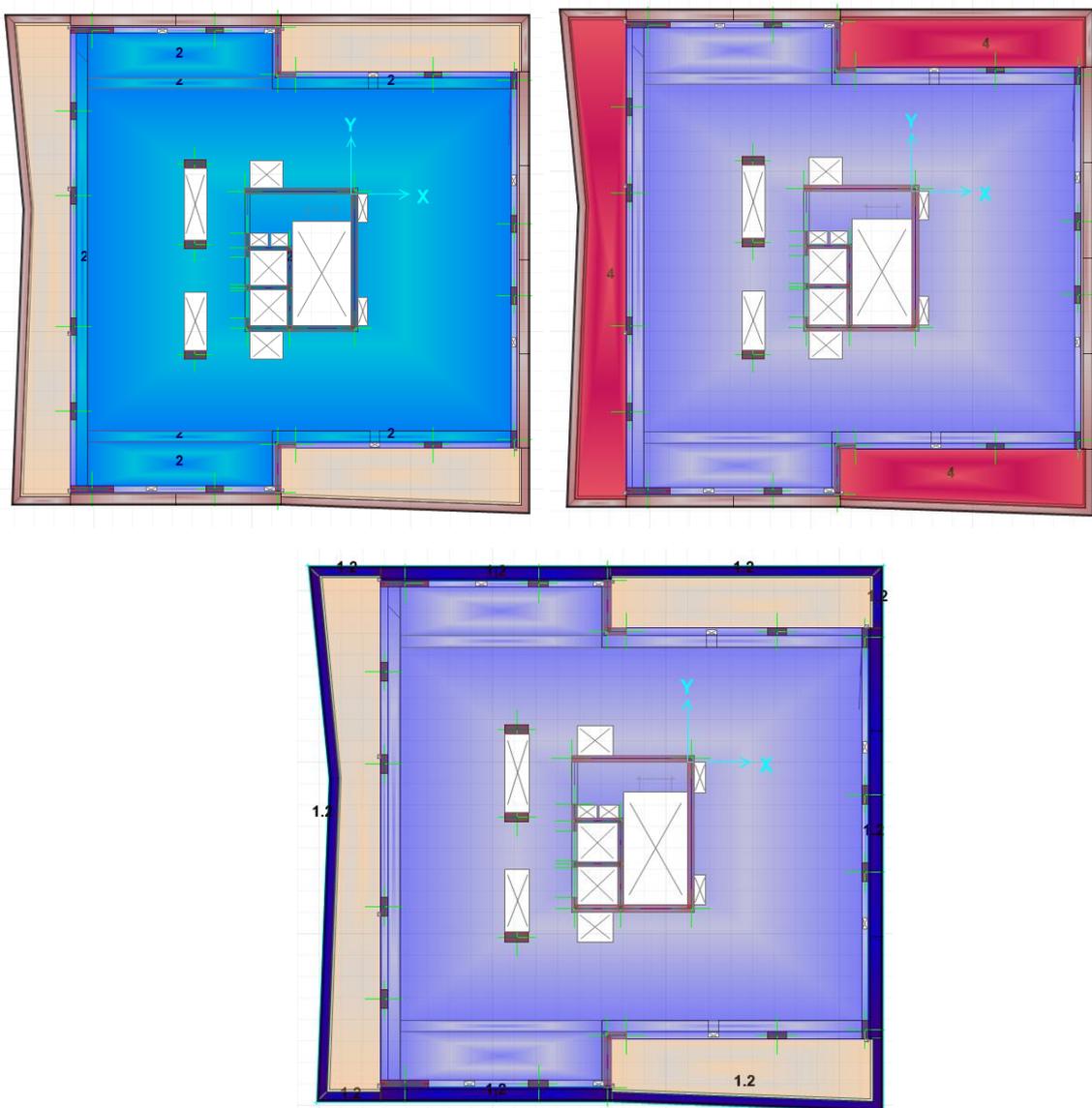


Figura 3.7 Carichi variabili piani fuori terra

**Piani interrati e piano terra**

Variabile piano terra cat.C: 4 kN/m<sup>2</sup>

Variabile piani interrati cat.F: 2.5 kN/m<sup>2</sup>

**3.3 Staged construction**

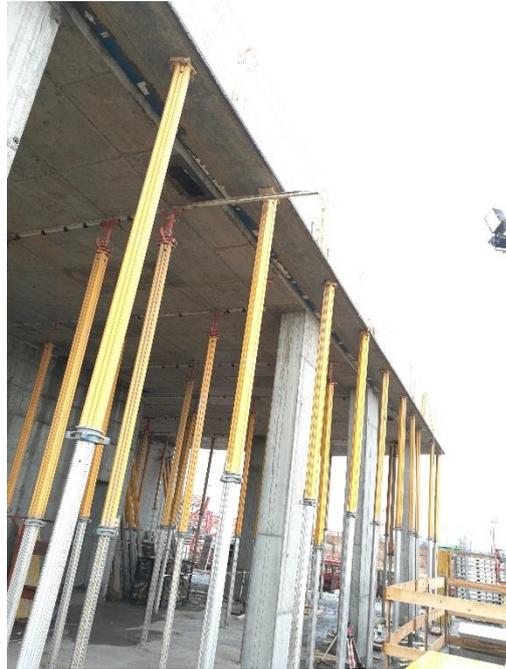
Per tenere conto della reale storia dei carichi degli elementi strutturali, è stata studiata e adottata una precisa sequenza di costruzione. I solai sono gettati in opera con un intervallo di 7 giorni per piano, al termine della realizzazione dei solai vengono posate le pavimentazioni 90 giorni dopo. Ogni solaio viene puntellato in modo tale che non porti carico, i puntelli vengono rimossi 14 giorni dopo il getto (**Figura 3.8, Figura 3.9**). Nella **Tabella 3.3** vengono riportati i tempi di getto e di carico, in giorni, dei vari piani e solai dell'edificio. In allegato viene riportato un cronoprogramma semplificato della costruzione dell'edificio.

		t (getto)	t(carico)			t (getto)	t(carico)
piano		[giorni]	[giorni]	piano		[giorni]	[giorni]
Fondazioni		14	28	11	SOL 14	112	126
-2	SOL 1	21	35	12	SOL 15	119	133
-1	SOL 2	28	42	13	SOL 16	126	140
0	SOL 3	35	49	14	SOL 17	133	147
1	SOL 4	42	56	15	SOL 18	140	154
2	SOL 5	49	63	16	SOL 19	147	161
3	SOL 6	56	70	17	SOL 20	154	168
4	SOL 7	63	77	18	SOL 21	161	175
5	SOL 8	70	84	19	SOL 22	168	182
6	SOL 9	77	91	20	SOL 23	175	189
7	SOL 10	84	98	21	SOL 24	182	196
8	SOL 11	91	105	22	SOL 25	189	203
9	SOL 12	98	112	23	SOL 26	196	210
10	SOL 13	105	119	24	SOL 27	203	217

*Tabella 3.3 Cronoprogramma costruzione*

Capitolo 3  
Caso di studio: La Torre 1 di Cascina Merlata

---



*Figura 3.8 Puntellamento Solaio 3, L0*



*Figura 3.9 Realizzazione SOL5*

La **Figura 3.10** e la **Figura 3.11** mostrano l'evoluzione nel tempo del carico assiale della colonna 102 e le tensioni nel nucleo al livello L-2. Gli incrementi di carico sono pressoché uniformi nel tempo.

Capitolo 3  
Caso di studio: La Torre 1 di Cascina Merlata

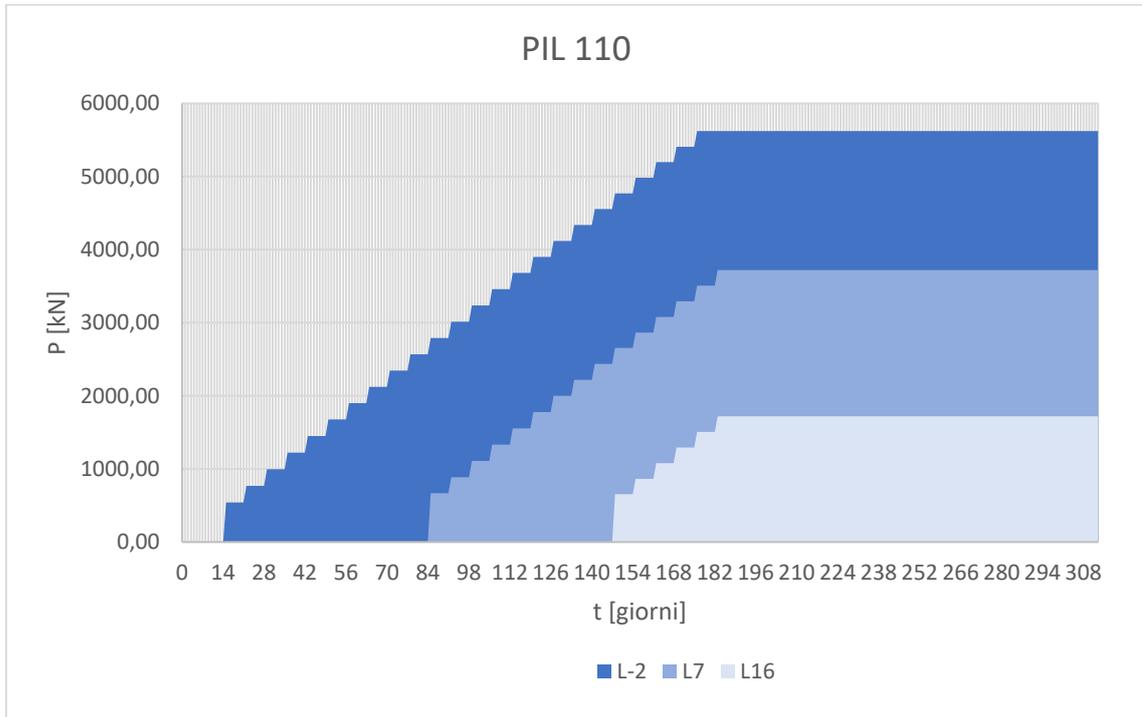


Figura 3.10 Andamento dei carichi PIL110

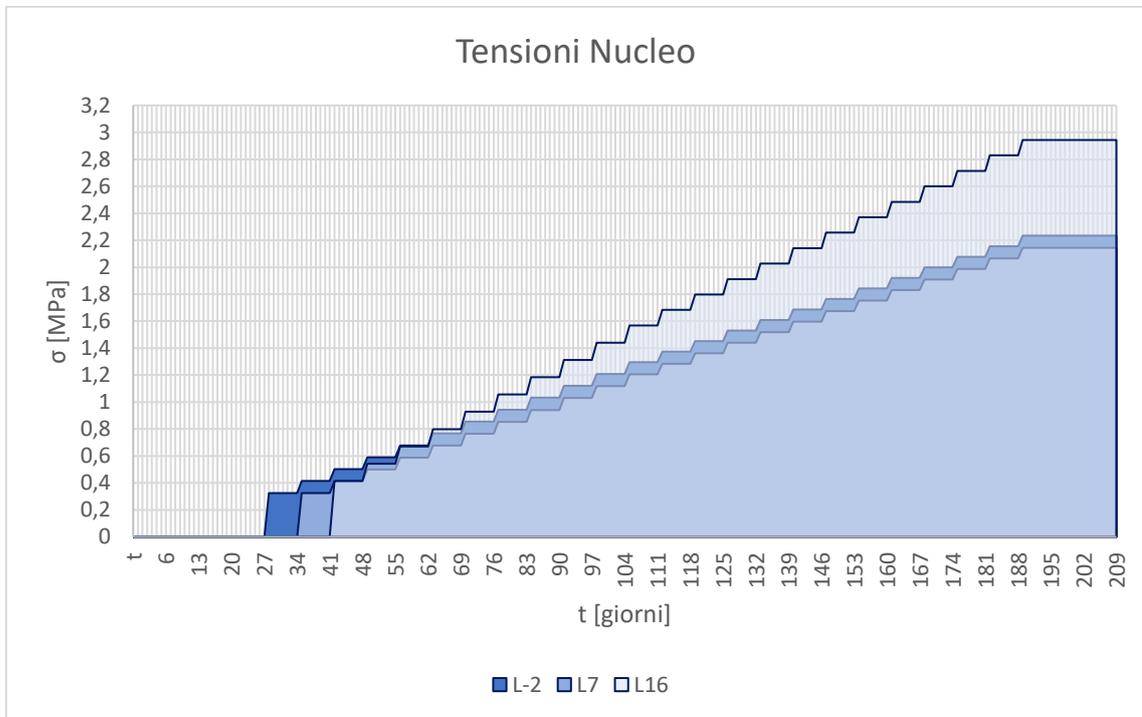


Figura 3.11 Evoluzione tensioni nel nucleo

## Capitolo 4

### CALCOLO DELLE DEFORMAZIONI

Nel seguente capitolo si espone l'analisi effettuata per il calcolo delle deformazioni elastiche, viscosi e di ritiro delle colonne e del nucleo dell'edificio.

In accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, per il calcolo delle deformazioni elastiche e viscosi i carichi sono stati calcolati in combinazione quasi permanente (Eq.(4.1)).

$$G_1 + G_2 + \psi_{21}Q_{k1} + \dots + \psi_{2j}Q_{kj} \quad (4.1)$$

Adottando questa combinazione di carico, l'applicazione dei carichi permanenti e variabili avviene in concomitanza con l'applicazione dei pesi propri, fatto che nella realtà non avverrebbe, ma resta comunque un procedimento a favore di sicurezza, poiché si applicano sin da subito dei carichi maggiori rispetto alla realtà portando ad avere, così, delle deformazioni elastiche istantanee di valori più elevati ed un maggiore sviluppo delle deformazioni viscosi.

Inoltre, nel calcolo degli accorciamenti degli elementi resistenti della struttura, bisognerebbe tenere conto delle deformazioni che avvengono nella platea di fondazione. Detto ciò, sono stati realizzati due modelli di calcolo con il programma SAP2000 dell'edificio; il primo comprende anche la platea di fondazione, il secondo invece, rappresenta i pilastri del piano interrato L-2 con un incastro alla base e dunque non si tiene conto dell'effetto delle deformazioni della platea. Prima di effettuare i calcoli degli accorciamenti, si è dovuto

## Capitolo 4

### Calcolo delle deformazioni

comprendere quale dei due modelli di calcolo era necessario applicare. Si è in seguito confrontato le sollecitazioni di sforzo normale nei pilastri e nel nucleo dei due modelli, arrivando alla conclusione che la differenza calcolata è del 3% circa. Dato che le differenze sono minime, si è deciso di utilizzare il modello senza platea, non tenendo conto della sua influenza.

### 4.1 Determinazione dell'umidità relativa

MILANO LINATE (1971-2000)	Mesi												Stagioni				Anno
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giù	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Inv	Pri	Est	Aut	
T. max. media (°C)	5,9	9,0	14,3	17,4	22,3	26,2	29,2	28,5	24,4	17,8	10,7	6,4	7,1	18,0	28,0	17,6	17,7
T. min. media (°C)	-0,9	0,3	3,8	7,0	11,6	15,4	18,0	17,6	14,0	9,0	3,7	0,1	-0,2	7,5	17,0	8,9	8,3
T. max. assoluta (°C)	21,7 (2000)	23,8 (1990)	27,3 (1997)	26,8 (1997)	32,0 (1997)	35,4 (1990)	37,2 (1983)	37,1 (1988)	33,0 (1983)	30,4 (1997)	21,4 (1998)	18,1 (1991)	23,8	32,0	37,2	33,0	37,2
T. min. assoluta (°C)	-14,4 (1985)	-12,8 (1991)	-7,4 (1971)	-2,4 (1973)	1,2 (1991)	8,0 (1991)	10,1 (1974)	8,4 (1972)	3,0 (1972)	-2,3 (1973)	-6,0 (1983)	-9,9 (1981)	-14,4	-7,4	8,0	-6,0	-14,4
Giorni di calura ( $T_{max} \geq 30$ °C)	0	0	0	0	0	4	14	12	1	0	0	0	0	0	30	1	31
Giorni di gelo ( $T_{min} \leq 0$ °C)	18	13	4	1	0	0	0	0	0	0	5	16	47	5	0	5	57
Precipitazioni (mm)	58,7	49,2	65,0	75,5	95,5	66,7	66,8	88,8	93,1	122,4	76,7	61,7	169,6	236,0	222,3	292,2	920,1
Giorni di pioggia	7	5	7	8	9	8	5	7	6	8	6	6	18	24	20	20	82
Giorni di nebbia	21	12	5	2	1	1	1	1	4	12	16	17	50	8	3	32	93
Umidità relativa media (%)	83	75	70	72	72	71	70	72	74	80	83	84	80,7	71,3	71	79	75,5

*Figura 4.1 Temperature e umidità relative medie di Milano Linate*

Per la determinazione delle deformazioni dovute alla viscosità e al ritiro, essendo queste dipendenti dalle condizioni ambientali, è stato necessario determinare l'umidità relativa dell'ambiente. Per fare ciò, sono stati presi in considerazione i valori medi mensili dell'umidità relativa di Milano Linate e se ne è calcolato un valore medio. In definitiva si ottiene un valore di umidità relativa pari al 75%.

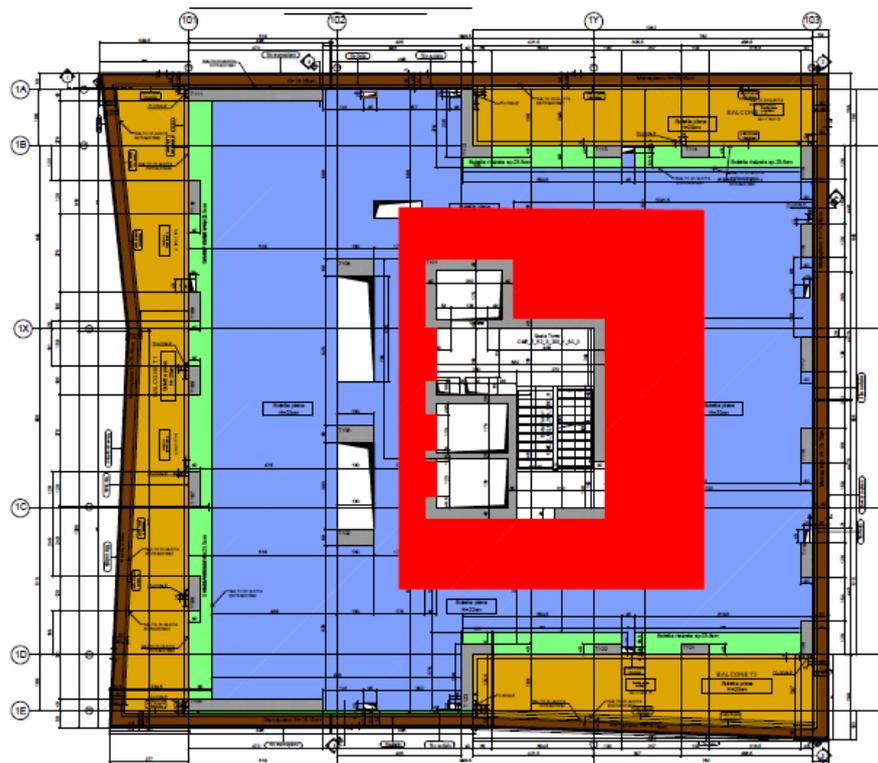
## 4.2 Metodologia Staged Construction

### 4.2.1 Nucleo

#### Calcolo delle tensioni

Il primo passo per poter calcolare le tensioni agenti sul nucleo, consiste nell'individuazione delle aree di carico, evidenziate in rosso nella **Figura 4.2**.

I solai scaricano il loro peso metà sulle colonne e metà sul nucleo, e dunque agiscono come sforzi normali eccentrici. Anche la scala viene interpretata come carico eccentrico, mentre le eventuali solette interne ed il peso proprio sono dei carichi baricentrici.



*Figura 4.2 Area di carico del nucleo*

Essendo degli sforzi normali eccentrici, sono scomponibili in un carico baricentrico  $N$  e nei due momenti flettenti nelle due direzioni ortogonali  $M_x$  e  $M_y$ .

Per calcolare le tensioni agenti, si applica la formula della presso-flessione:

$$\Delta\sigma_z = \frac{\Delta N}{A} - \frac{\Delta M_x}{I_x} y + \frac{\Delta M_y}{I_y} x \quad (4.2)$$

Dove:

$\Delta N = \sum P_i > 0$  se di compressione;

$\Delta M_x > 0$  se comprime le  $y$  negative;

$$\Delta M_x = \sum P_i [y(P_i) - y_G]$$

$\Delta M_y > 0$  se comprime le  $x$  positive;

$$\Delta M_y = \sum P_i [x(P_i) - x_G]$$

$I_x, I_y$  sono i momenti di inerzia del nucleo;

$y, x$  sono le coordinate del punto del nucleo in cui si calcolano le tensioni;

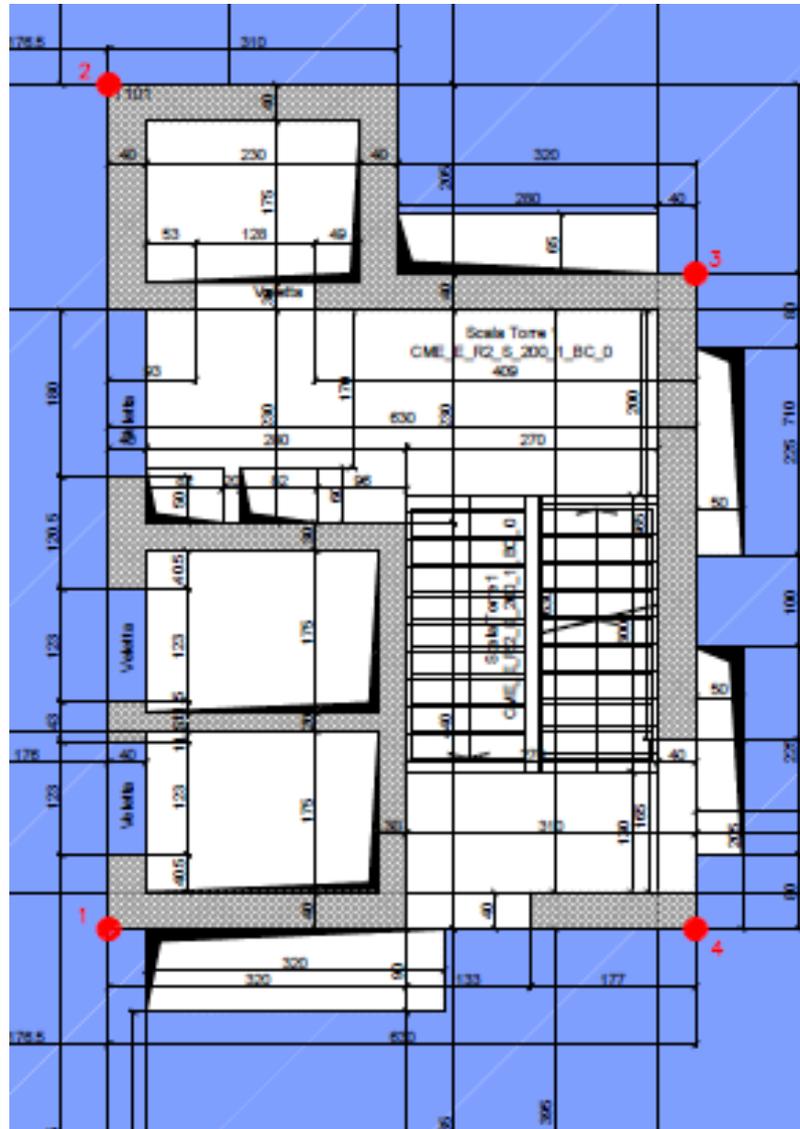
$x_G, y_G$  sono le coordinate del baricentro del nucleo.

Nella **Figura 4.3** sono stati individuati i quattro vertici del nucleo in cui sono state calcolate le tensioni e le deformazioni.

In seguito, si riportano i grafici rappresentanti l'andamento delle tensioni ad alcuni piani significativi nel nucleo e per i quattro punti precedentemente indicati. Le tabelle riportanti i valori delle tensioni sono riportate nell'**Allegato A**.

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

---



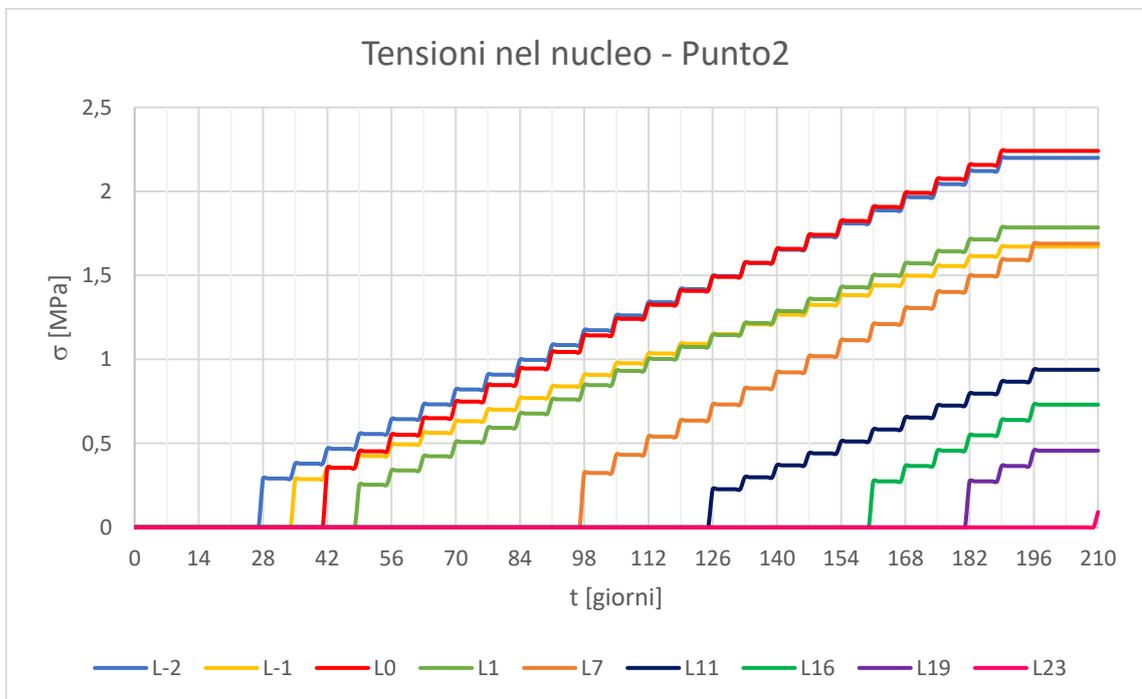
*Figura 4.3 Punti calcolo tensioni*

## Capitolo 4

### Calcolo delle deformazioni



*Figura 4.4* Andamento delle tensioni nel nucleo Punto1



*Figura 4.5* Andamento delle tensioni nel nucleo Punto 2

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

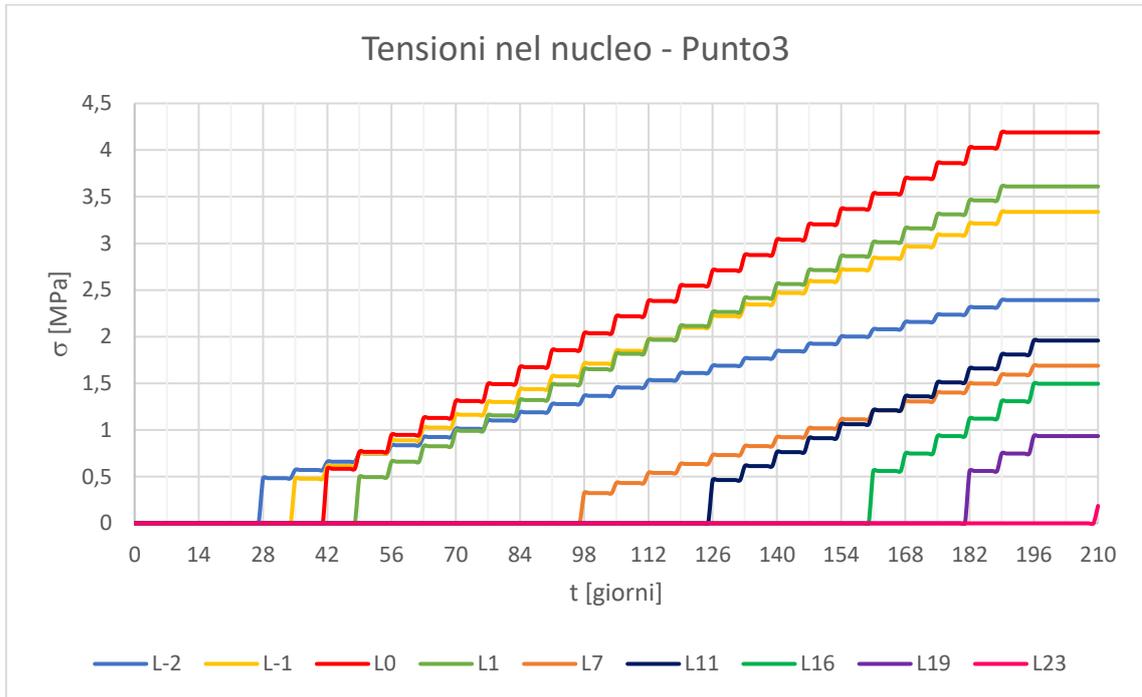


Figura 4.6 Andamento delle tensioni nel nucleo Punto 3

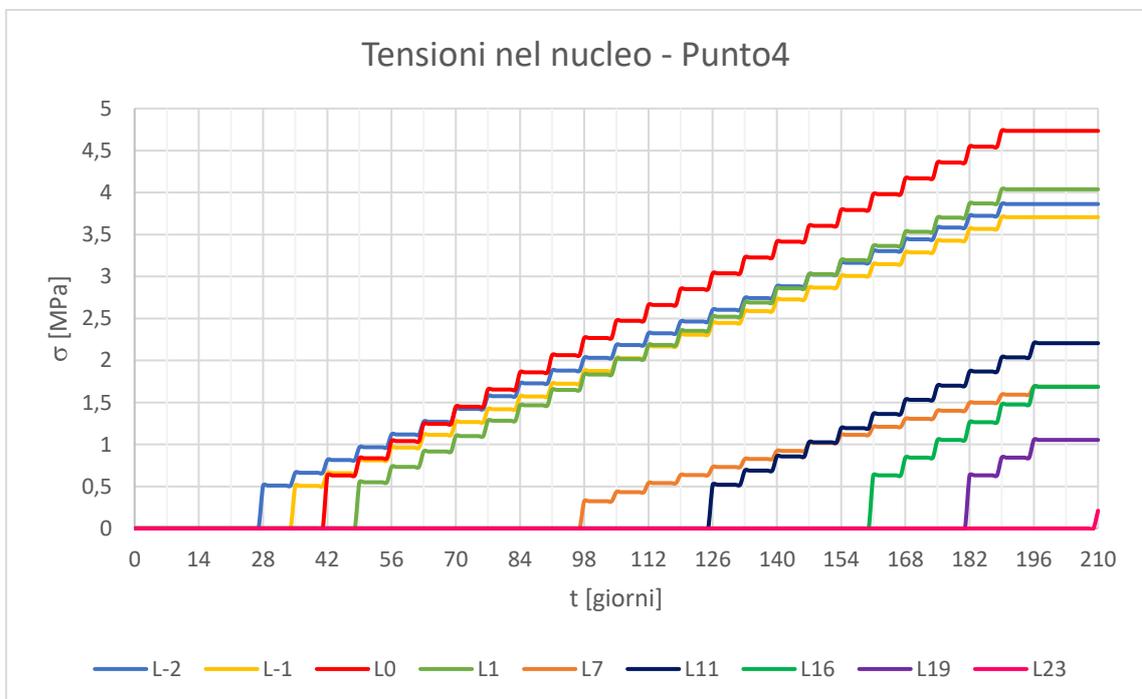


Figura 4.7 Andamento delle tensioni nel nucleo Punto4

### Calcolo delle deformazioni elastiche e viscosi

Le tensioni precedentemente ricavate, sono già calcolate in combinazione quasi permanente. Le deformazioni elastiche e viscosi sono state ricavate tramite l'equazione (1.6) riportata nelle EN1992-1-1:

$$\varepsilon_{tot}(t, t_0) = \sigma(t_0)J(t, t_0) + \sum J(t, t_i)\Delta\sigma(t_i)$$

Nel grafico seguente è possibile osservare l'andamento delle deformazioni ai vari piani.

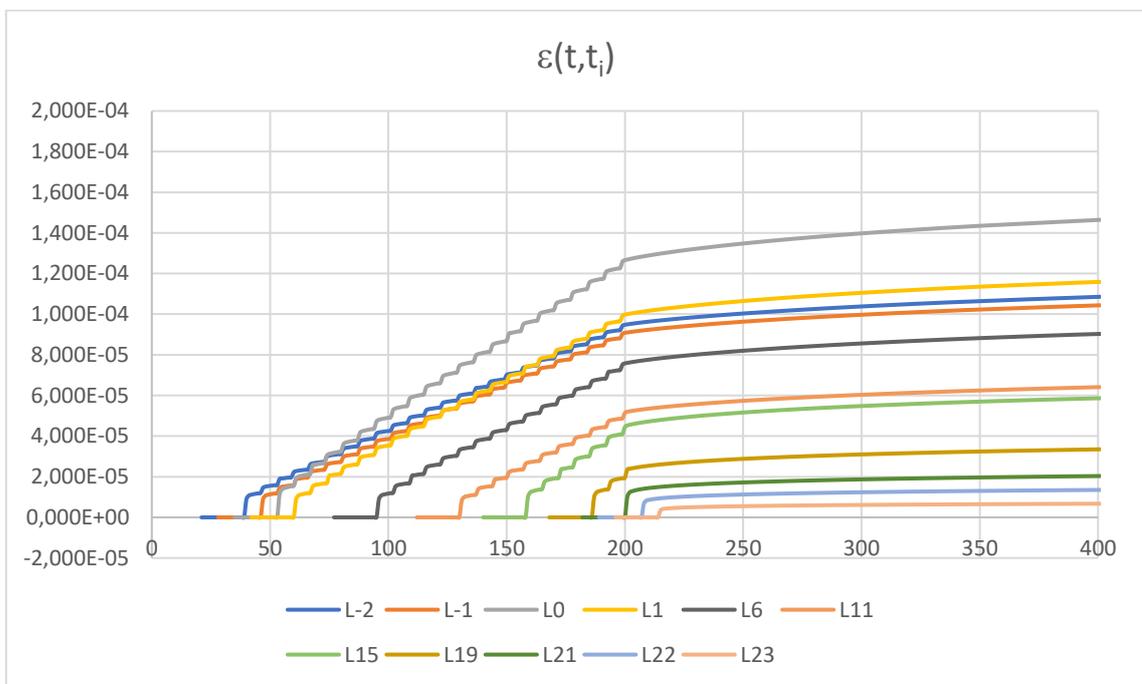


Figura 4.8 Andamento delle deformazioni

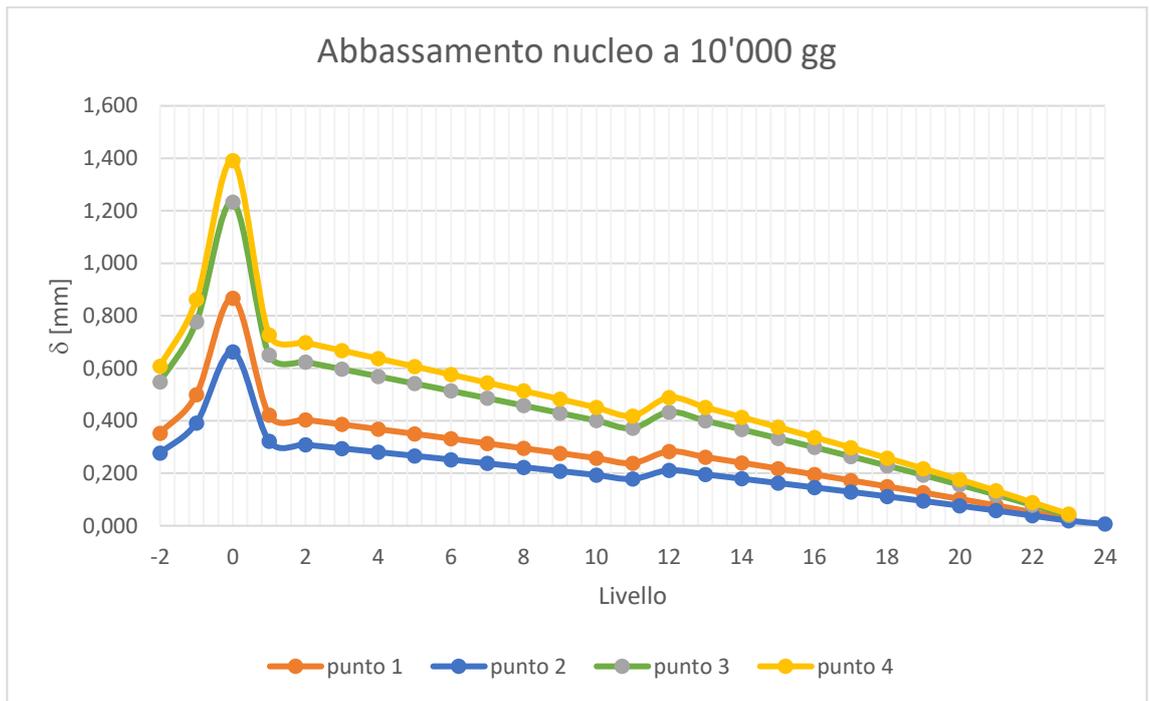
L'accorciamento del nucleo è stato calcolato a tempo infinito (per i calcoli è stato ipotizzato pari a 10000 giorni), e si ricava moltiplicando il valore di  $\varepsilon(\infty, t_i)$  per l'altezza di piano.

È possibile notare che l'aumento di altezza al piano L0 porta ad avere un abbassamento del nucleo maggiore rispetto agli altri piani. Per i piani successivi,

## Capitolo 4

### Calcolo delle deformazioni

essendo l'altezza di piano costante, le deformazioni sono quasi linearmente decrescenti, si ha un aumento al livello L12, poiché lo spessore del nucleo diminuisce passando da 40 cm a 30 cm.



*Figura 4.9 Andamento dell'abbassamento del nucleo a 10'000 giorni*

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

PUNTO 1				PUNTO 2			
Piano	Altezza piano	Spessore	$\delta(t,t_i)$	Piano	Altezza piano	Spessore	$\delta(t,t_i)$
	[m]	[cm]	[cm]		[m]	[cm]	[cm]
-2	2,65	50	0,035	-2	2,65	50	0,028
-1	3,9	50	0,050	-1	3,9	50	0,039
0	4,87	40	0,087	0	4,87	40	0,066
1	2,98	40	0,042	1	2,98	40	0,032
2	2,98	40	0,040	2	2,98	40	0,031
3	2,98	40	0,039	3	2,98	40	0,029
4	2,98	40	0,037	4	2,98	40	0,028
5	2,98	40	0,035	5	2,98	40	0,027
6	2,98	40	0,033	6	2,98	40	0,025
7	2,98	40	0,031	7	2,98	40	0,024
8	2,98	40	0,030	8	2,98	40	0,022
9	2,98	40	0,028	9	2,98	40	0,021
10	2,98	40	0,026	10	2,98	40	0,019
11	2,98	40	0,024	11	2,98	40	0,018
12	2,98	30	0,028	12	2,98	30	0,021
13	2,98	30	0,026	13	2,98	30	0,020
14	2,98	30	0,024	14	2,98	30	0,018
15	2,98	30	0,022	15	2,98	30	0,016
16	2,98	30	0,020	16	2,98	30	0,015
17	2,98	30	0,017	17	2,98	30	0,013
18	2,98	30	0,015	18	2,98	30	0,011
19	2,98	30	0,013	19	2,98	30	0,009
20	2,98	30	0,010	20	2,98	30	0,008
21	2,98	30	0,008	21	2,98	30	0,006
22	2,98	30	0,005	22	2,98	30	0,004
23	2,98	30	0,003	23	2,98	30	0,002

*Tabella 4.1 Valori dell'accorciamento del nucleo nei punti 1 e 2*

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

---

PUNTO 3				PUNTO 4			
Piano	Altezza piano	Spessore	$\delta(t,t_i)$	Piano	Altezza piano	Spessore	$\delta(t,t_i)$
	[m]				[cm]		
-2	2,65	50	0,055	-2	2,65	50	0,061
-1	3,9	50	0,078	-1	3,9	50	0,086
0	4,87	40	0,123	0	4,87	40	0,139
1	2,98	40	0,065	1	2,98	40	0,073
2	2,98	40	0,062	2	2,98	40	0,070
3	2,98	40	0,060	3	2,98	40	0,067
4	2,98	40	0,057	4	2,98	40	0,064
5	2,98	40	0,054	5	2,98	40	0,061
6	2,98	40	0,051	6	2,98	40	0,058
7	2,98	40	0,049	7	2,98	40	0,055
8	2,98	40	0,046	8	2,98	40	0,051
9	2,98	40	0,043	9	2,98	40	0,048
10	2,98	40	0,040	10	2,98	40	0,045
11	2,98	40	0,037	11	2,98	40	0,042
12	2,98	30	0,043	12	2,98	30	0,049
13	2,98	30	0,040	13	2,98	30	0,045
14	2,98	30	0,037	14	2,98	30	0,041
15	2,98	30	0,033	15	2,98	30	0,038
16	2,98	30	0,030	16	2,98	30	0,034
17	2,98	30	0,026	17	2,98	30	0,030
18	2,98	30	0,023	18	2,98	30	0,026
19	2,98	30	0,019	19	2,98	30	0,022
20	2,98	30	0,016	20	2,98	30	0,018
21	2,98	30	0,012	21	2,98	30	0,013
22	2,98	30	0,008	22	2,98	30	0,009
23	2,98	30	0,004	23	2,98	30	0,004

*Tabella 4.2 Valori dell'accorciamento del nucleo nei punti 3 e 4*

### Calcolo delle deformazioni di ritiro

Le deformazioni dovute al ritiro sono state calcolate seguendo il procedimento espresso nel **paragrafo 1.6.2**. Come per le deformazioni viscoso ed elastiche, anche quelle dovute al ritiro sono state calcolate a 10'000 giorni. Non essendo dipendente dal carico, il ritiro ha gli stessi valori nei quattro punti scelti per il calcolo delle deformazioni.

Nei grafici successivi vengono riportate le due componenti del ritiro, ovvero il ritiro autogeno ( $\varepsilon_{ca}$ ) ed il ritiro per essiccamento ( $\varepsilon_{cd}$ ), ed il valore totale del ritiro ( $\varepsilon_{cs}$ ) dato dalla somma delle due componenti. Variando lo spessore del nucleo, varia di conseguenze sia l'area che il perimetro esposto, dunque cambiano i valori di ritiro.

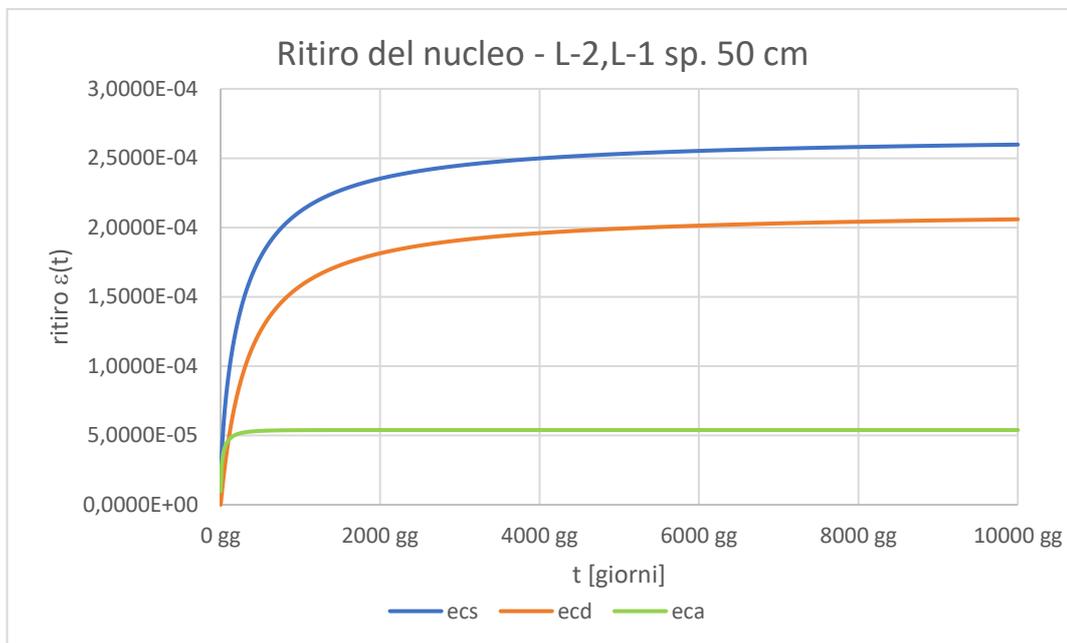


Figura 4.10 Ritiro nucleo spessore 50 cm

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

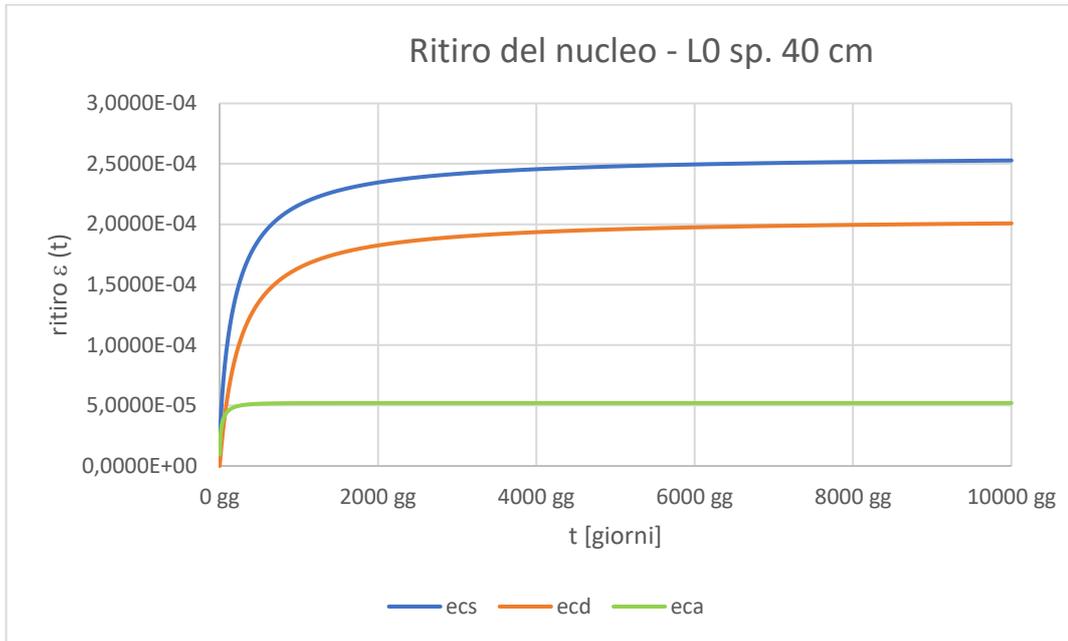


Figura 4.11 Ritiro nucleo spessore 40 cm

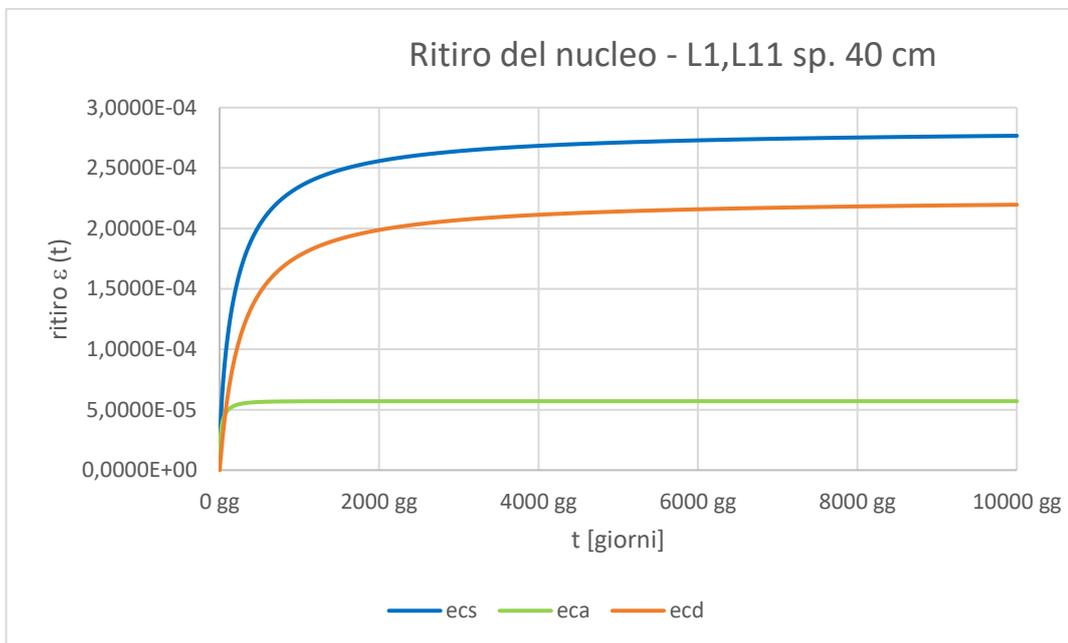


Figura 4.12 Ritiro nucleo spessore 40 cm

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

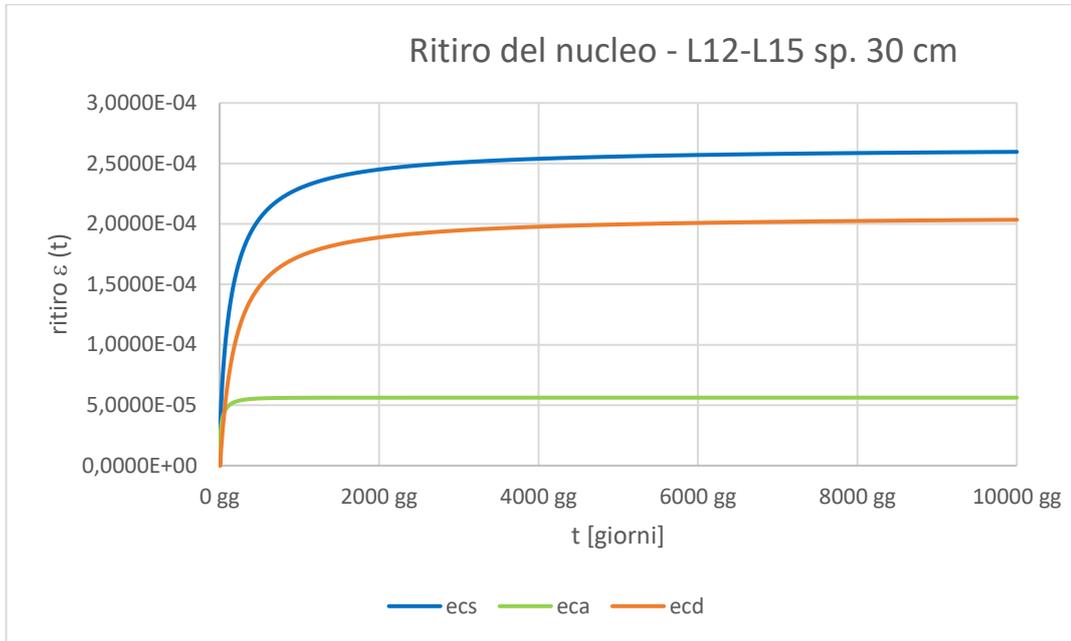


Figura 4.13 Ritiro nucleo spessore 30 cm

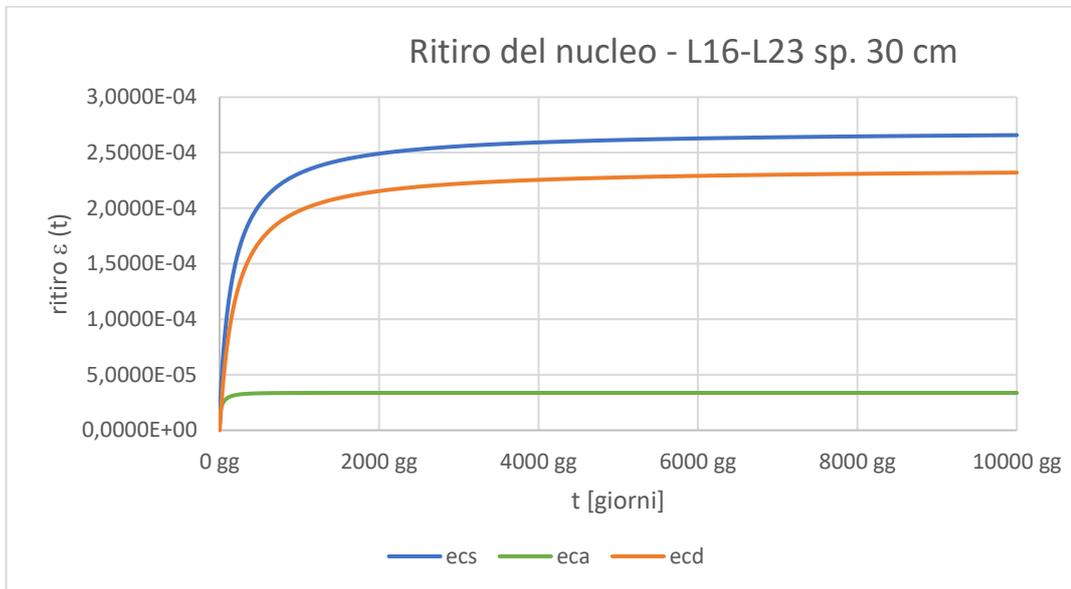


Figura 4.14 Ritiro nucleo spessore 30 cm

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

---

Moltiplicando la deformazione a 10'000 giorni per le altezze dei piani si ottengono i valori di accorciamento assiale del nucleo (**Tabella 4.3**).

PIANO	$h_{\text{piano}}$	$\delta_c(t, t_0)$
[-]	[m]	[mm]
-2	2,65	0,69
-1	3,90	1,01
0	4,87	1,23
1	2,98	0,82
2	2,98	0,82
3	2,98	0,82
4	2,98	0,82
5	2,98	0,82
6	2,98	0,82
7	2,98	0,82
8	2,98	0,82
9	2,98	0,82
10	2,98	0,82
11	2,98	0,82
12	2,98	0,77
13	2,98	0,77
14	2,98	0,77
15	2,98	0,77
16	2,98	0,79
17	2,98	0,79
18	2,98	0,79
19	2,98	0,79
20	2,98	0,79
21	2,98	0,79
22	2,98	0,79
23	2,98	0,79

**Tabella 4.3** Accorciamenti dovuti al ritiro a 10'000 gg

### Axial shortenings del nucleo

Sommando i tre contributi degli accorciamenti, ovvero quelli dovuti alle deformazioni elastiche, alla viscosità e al ritiro, si ottengono gli abbassamenti totali ad ogni piano a 10'000 giorni che avvengono nel nucleo nei quattro punti designati.

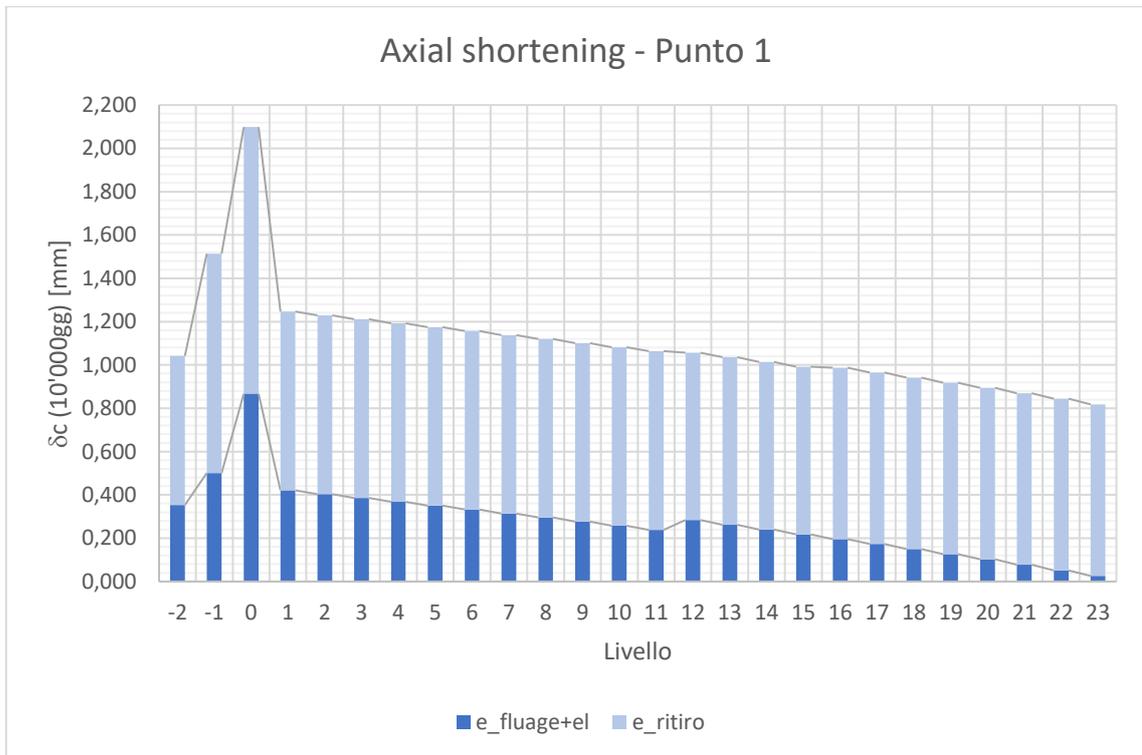
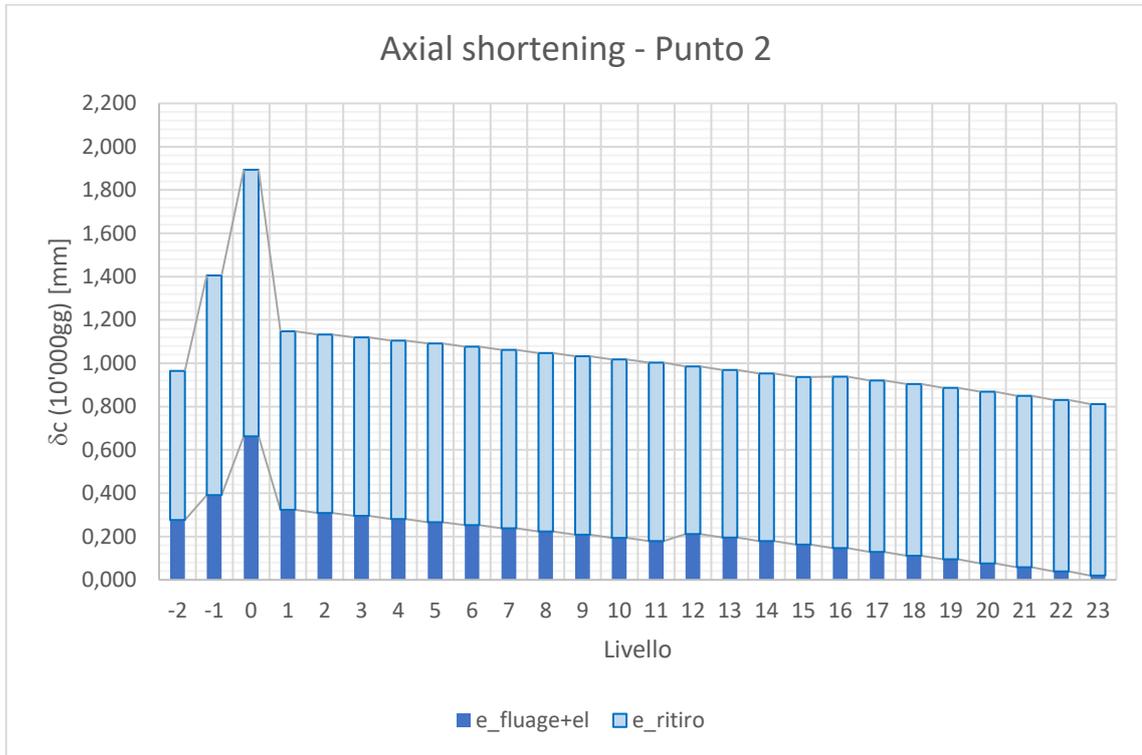
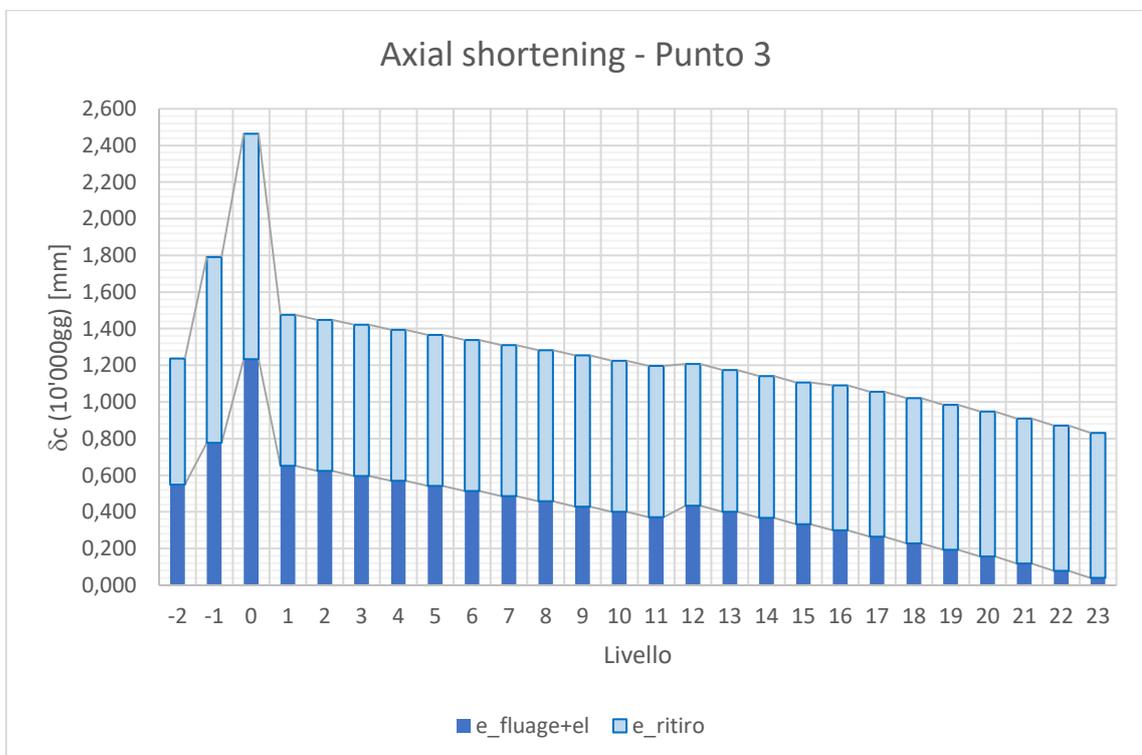


Figura 4.15 Axial shortening punto 1

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni



*Figura 4.16 Axial shortening punto 2*



*Figura 4.17 Axial shortening punto 3*

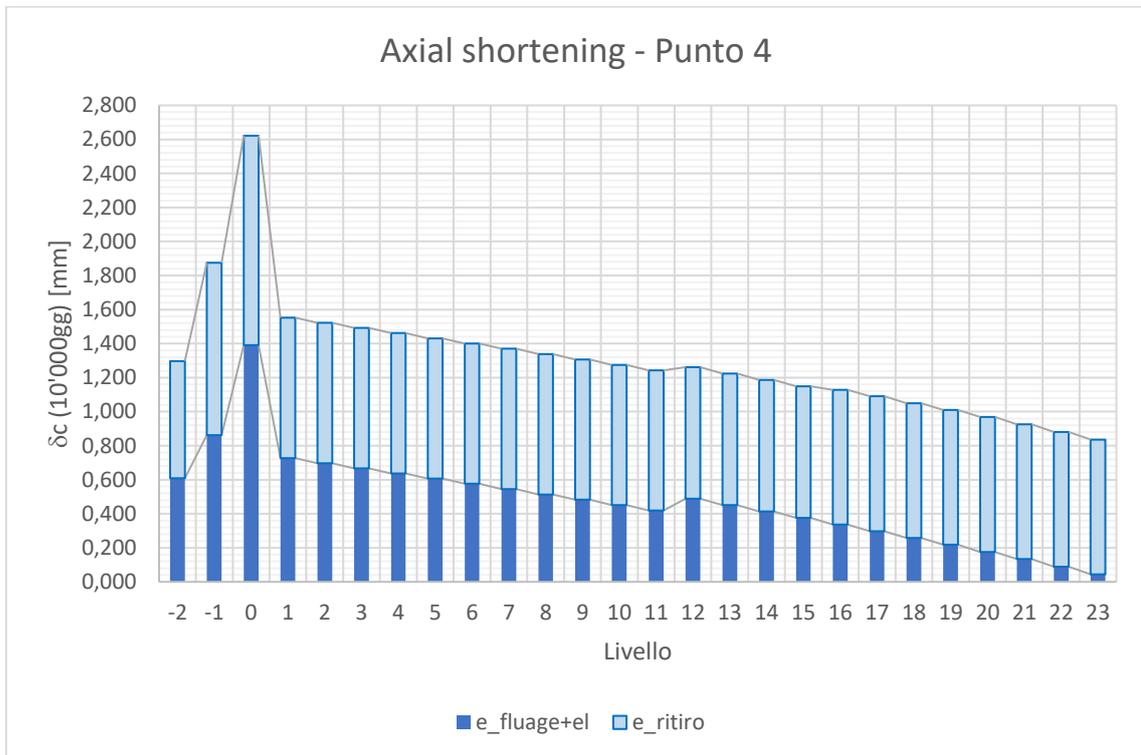


Figura 4.18 Axial shortening punto 4

Dalla rappresentazione grafica degli abbassamenti, è possibile notare come al piano L0 si hanno le deformazioni maggiori a causa dell'elevata altezza di piano. L'aumento di deformazione al livello 12 è dovuto alla diminuzione dello spessore del nucleo. Inoltre, i punti 3 e 4 del nucleo risultano quelli più sollecitati e dunque quelli che presentano deformazioni maggiori.

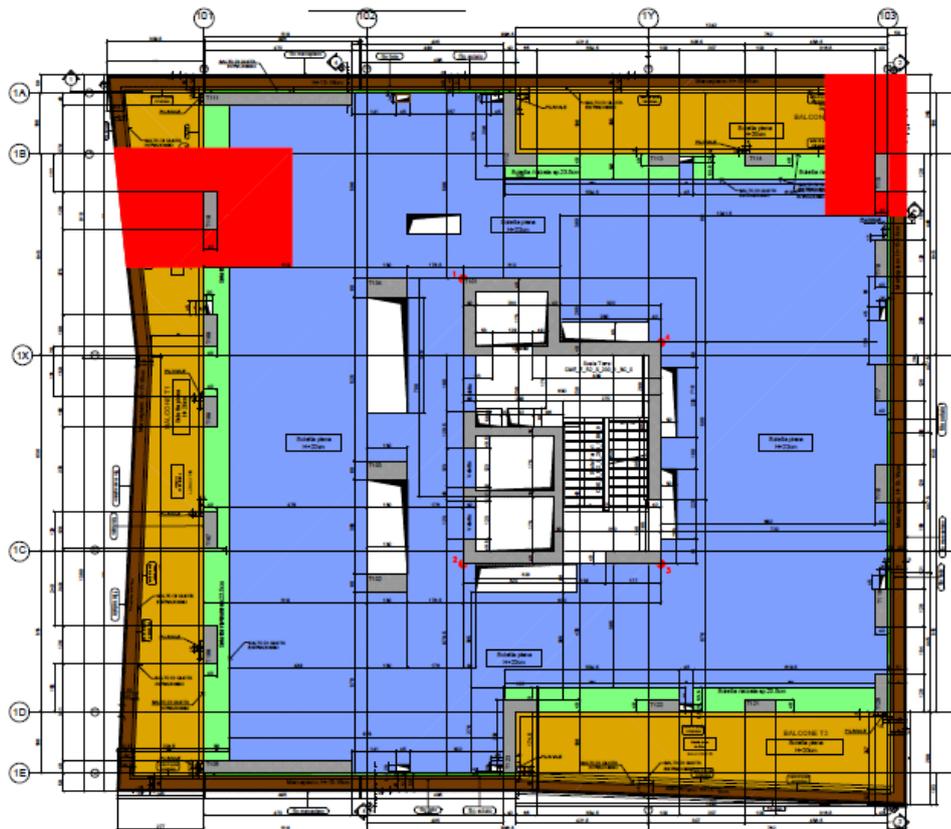
## 4.2.2 Colonne

### Calcolo dei carichi

La prima operazione che è stata eseguita consiste nella determinazione delle aree di carico delle colonne. Il procedimento è stato eseguito per tutte le colonne dell'edificio, ma, per semplicità, in questo paragrafo saranno riportati i valori delle deformazioni di due colonne, denominante PIL110 e PIL115, che sono

rispettivamente la colonna con le massime deformazioni e la colonna con le deformazioni minime. Nell' Allegato A verranno riportati i valori di deformazione di tutti i pilastri.

Le aree di carico delle colonne sono state identificate prendendo la mezzzeria delle campate tra le colonne (**Figura 4.19**).



*Figura 4.19* Aree di carico PIL110 e PIL115

### **Calcolo delle deformazioni elastiche e viscosi**

Per determinare le deformazioni elastiche e viscosi delle colonne si è applicato il metodo A.A.E.M presentato nel **paragrafo 1.7**, che permette di tenere conto dell'effetto dell'armatura.

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

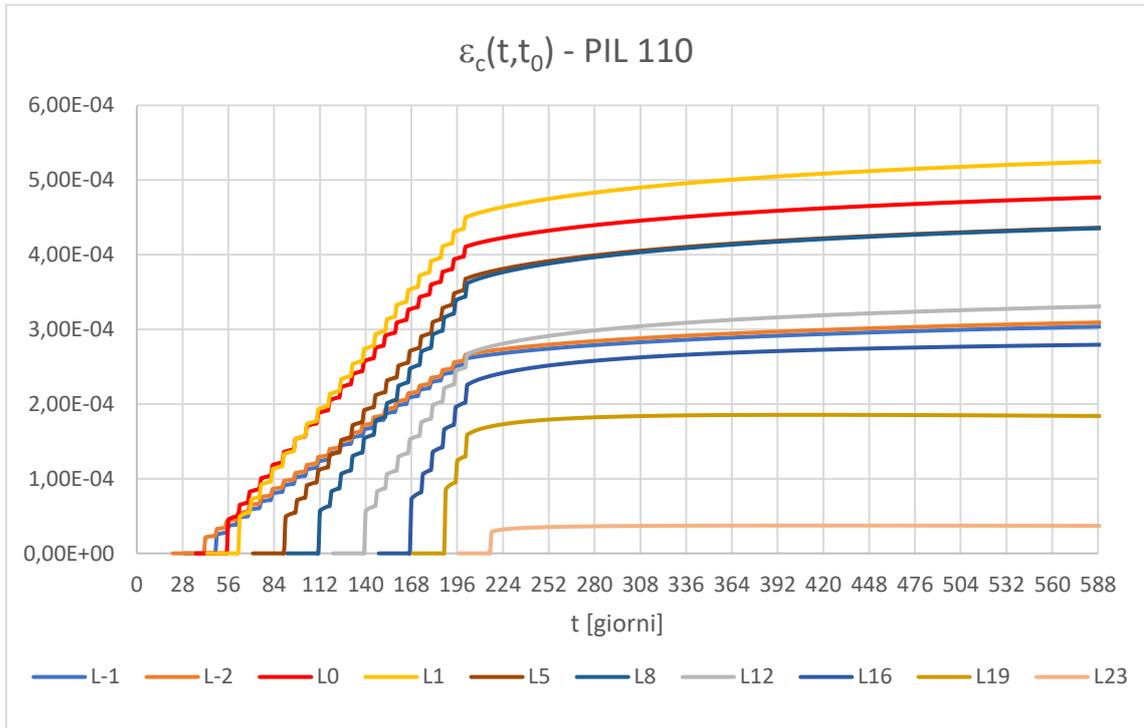


Figura 4.20 Andamento deformazioni elastiche e viscosi PIL 110

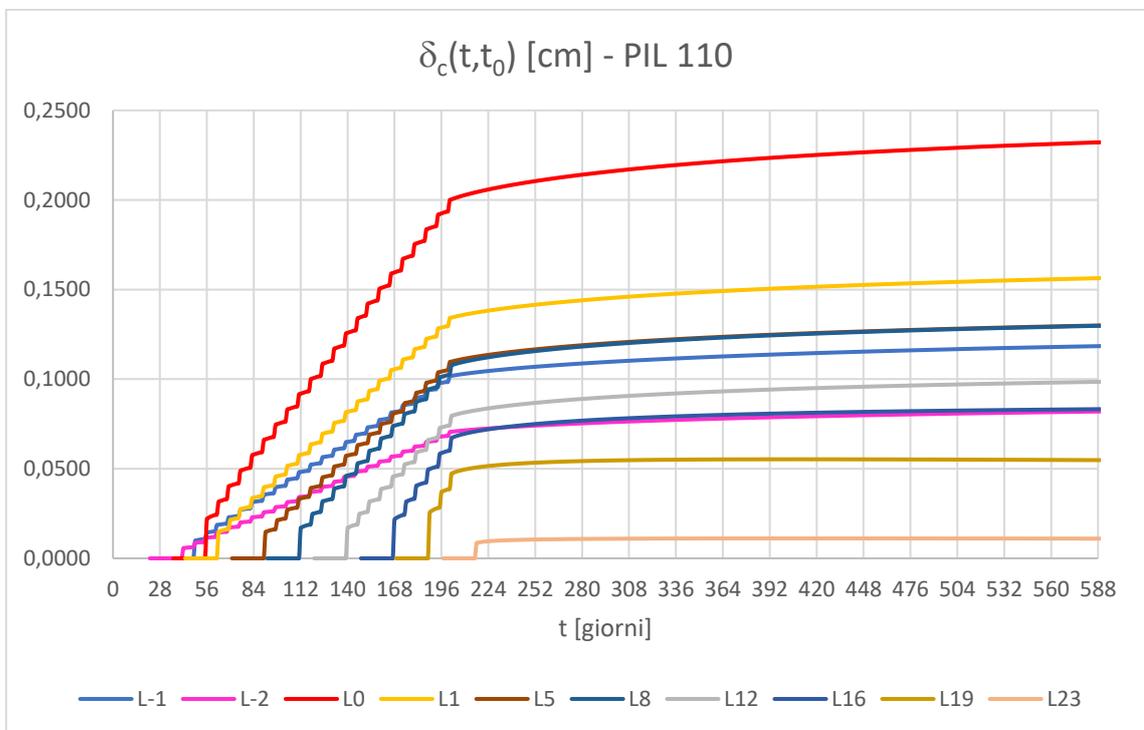


Figura 4.21 Andamento abbassamenti della colonna PIL110

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

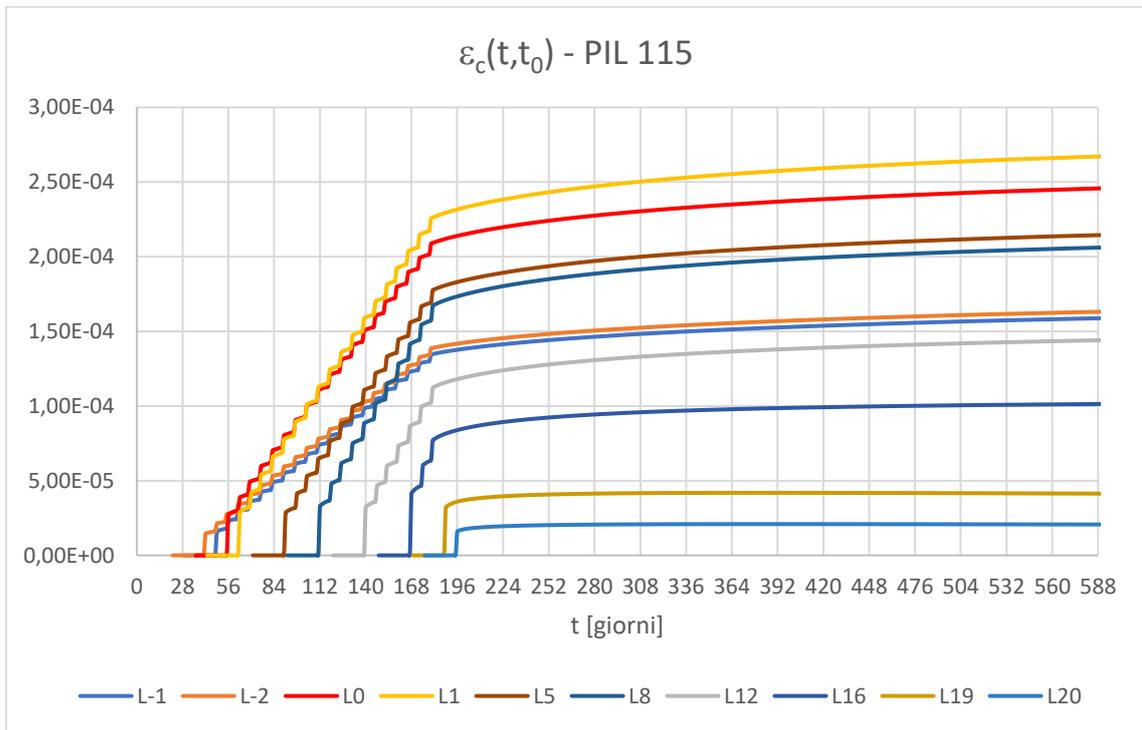


Figura 4.22 Andamento deformazioni elastiche e viscosse PIL 115

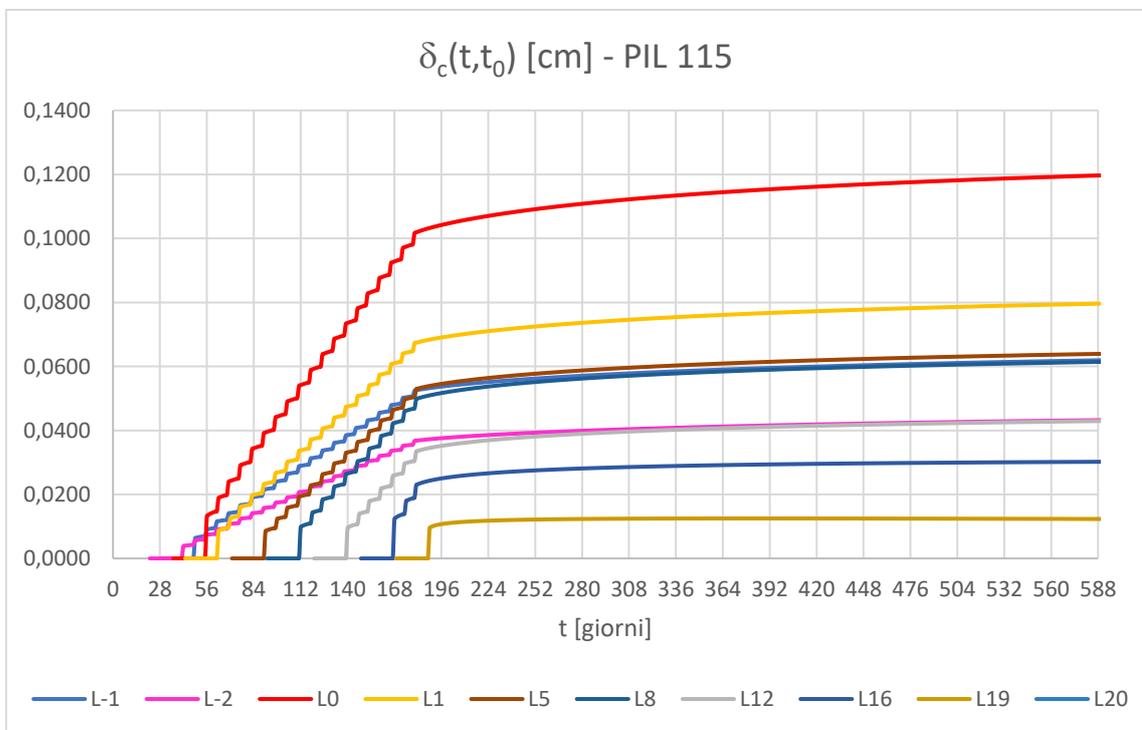


Figura 4.23 Andamento abbassamenti della colonna PIL115

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

Anche per le colonne sono stati calcolati gli accorciamenti a tempo infinito, ovvero a 10'000 giorni.

PIANO [-]	PIL 110			PIL 115		
	Sezione pilastro [cm]	Altezza piano [m]	$\delta_c(t,t_0)$ [mm]	sezione pilastro [cm]	Altezza piano [m]	$\delta_c(t,t_0)$ [mm]
-2	140x55	2,65	0,914	140x55	2,65	0,481
-1	140x55	3,9	1,321	140x55	3,9	0,690
0	120x40	4,87	2,546	120x40	4,87	1,311
1	120x35	2,98	1,710	120x35	2,98	0,870
2	120x35	2,98	1,640	120x35	2,98	0,828
3	120x35	2,98	1,568	120x35	2,98	0,785
4	120x35	2,98	1,497	120x35	2,98	0,743
5	120x35	2,98	1,425	120x35	2,98	0,700
6	120x35	2,98	1,353	120x35	2,98	0,657
7	120x30	2,98	1,503	120x30	2,98	0,720
8	120x30	2,98	1,419	120x30	2,98	0,671
9	120x30	2,98	1,335	120x30	2,98	0,621
10	120x30	2,98	1,251	120x30	2,98	0,571
11	120x30	2,98	1,166	120x30	2,98	0,521
12	120x30	2,98	1,080	120x30	2,98	0,470
13	120x30	2,98	0,994	100x30	2,98	0,465
14	120x30	2,98	0,907	100x30	2,98	0,409
15	120x30	2,98	0,820	100x30	2,98	0,352
16	100x30	2,98	0,858	100x30	2,98	0,308
17	100x30	2,98	0,752	100x30	2,98	0,246
18	100x30	2,98	0,645	100x30	2,98	0,184
19	80x30	2,98	0,483	80x30	2,98	0,106
20	80x30	2,98	0,383	80x30	2,98	0,053
21	80x30	2,98	0,284	-	-	-
22	80x30	2,98	0,189	-	-	-
23	80x30	2,98	0,095	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-

*Tabella 4.4* Accorciamenti elastici e viscosi PIL110 e PIL115

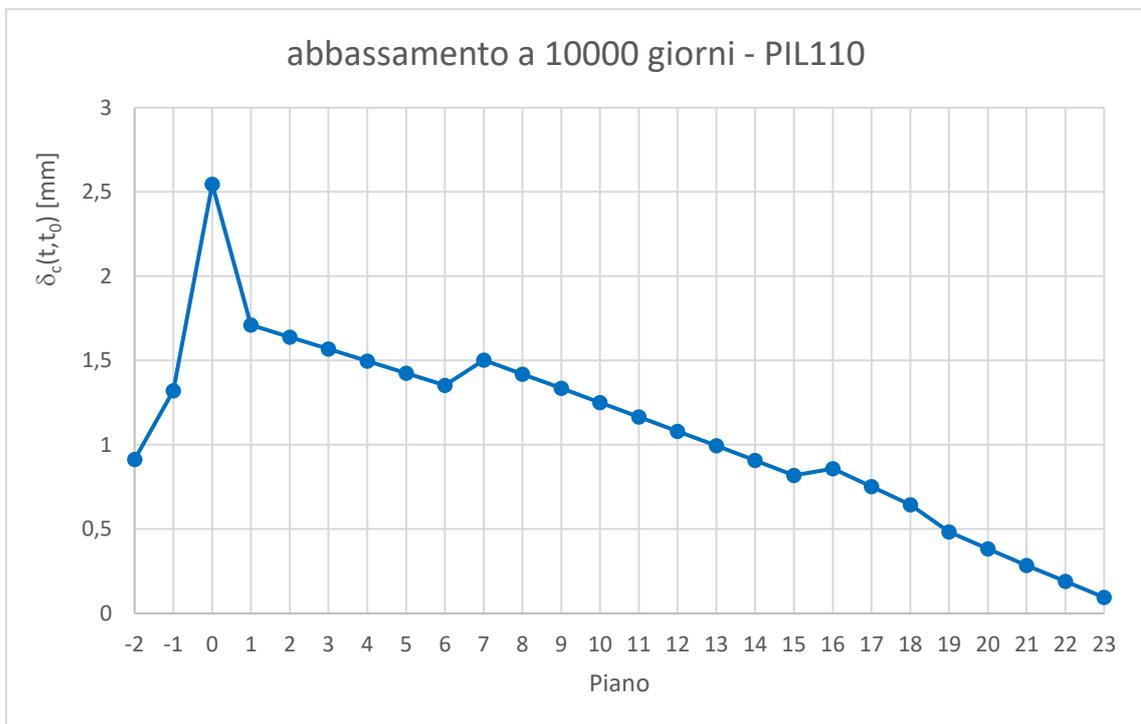
## Capitolo 4

### Calcolo delle deformazioni

---

In entrambe le colonne, l'aumento dell'altezza di piano al livello L0 genera una deformazione maggiore rispetto ai piani interrati. Successivamente, nel PIL110, le deformazioni decrescono e si ha un aumento al livello L7 perché si riduce la sezione della colonna, ed inoltre, al livello L16 cambia la classe di resistenza del calcestruzzo che passa da un C40/50 ad un C28/35 e si riduce ulteriormente la sezione, facendo aumentare le deformazioni.

Nel PIL115 invece, le deformazioni subiscono un incremento al livello L7 ed L13 a causa della riduzione della sezione del pilastro ed un ulteriore aumento delle deformazioni si ha, come per il PIL 110, al livello L16 per il cambiamento della classe di resistenza del calcestruzzo.



*Figura 4.24* Abbassamento a 10'000 giorni PIL110

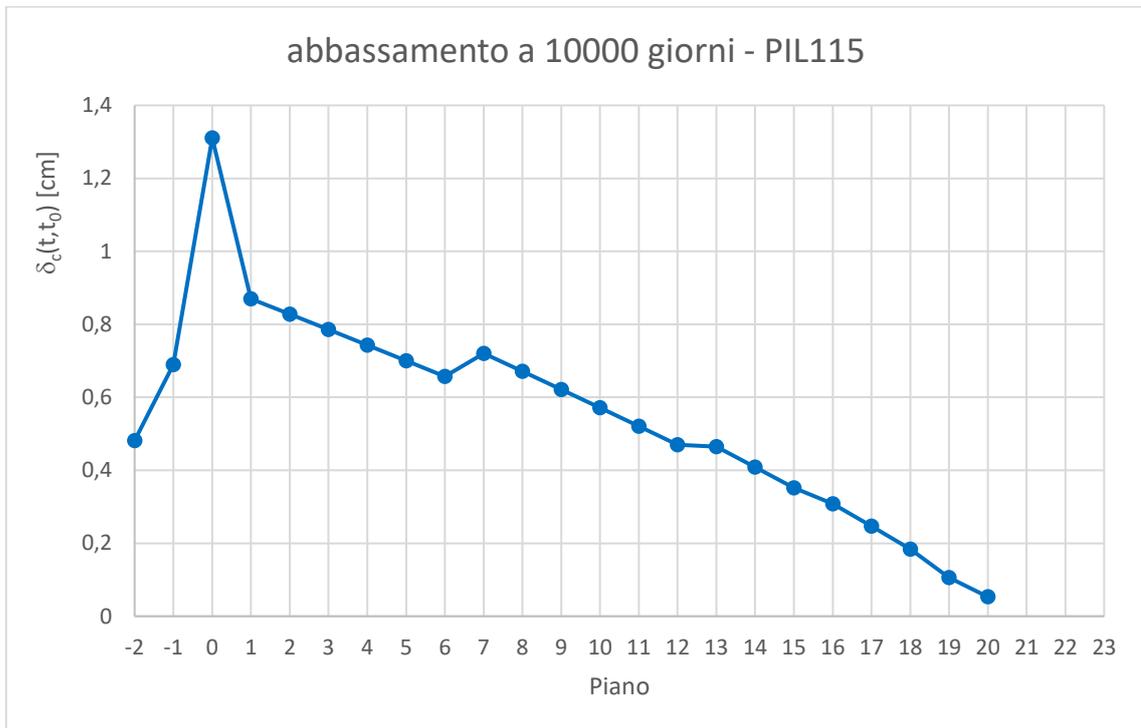


Figura 4.25 Abbassamento a 10'000 giorni – PIL115

### Calcolo delle deformazioni di ritiro

Le deformazioni dovute al ritiro sono state calcolate seguendo il procedimento espresso nel **paragrafo 1.6.2**. Come per le deformazioni viscoso ed elastiche, anche quelle dovute al ritiro sono state calcolate a 10000 giorni.

Nei grafici successivi vengono riportate le due componenti del ritiro, ovvero il ritiro autogeno ( $\varepsilon_{ca}$ ) ed il ritiro per essiccamento ( $\varepsilon_{cd}$ ), ed il valore totale del ritiro ( $\varepsilon_{cs}$ ) dato dalla somma delle due componenti. Variando la dimensione della sezione del pilastro, varia di conseguenze sia l'area che il perimetro esposto, dunque cambiano i valori di ritiro.

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

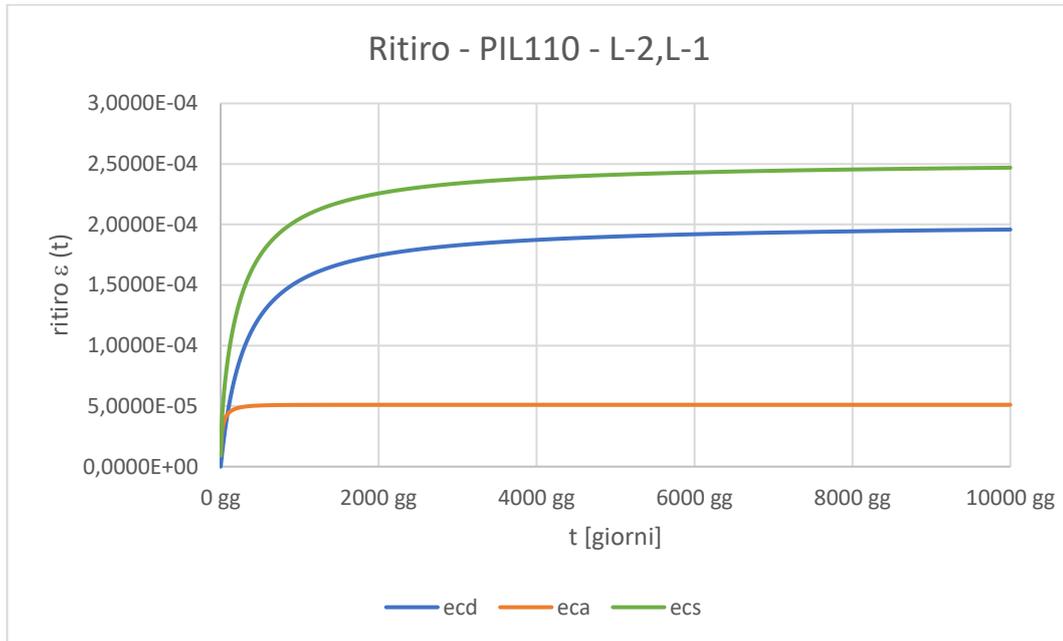


Figura 4.26 Componenti ritiro PIL110, livelli L-2 e L-1

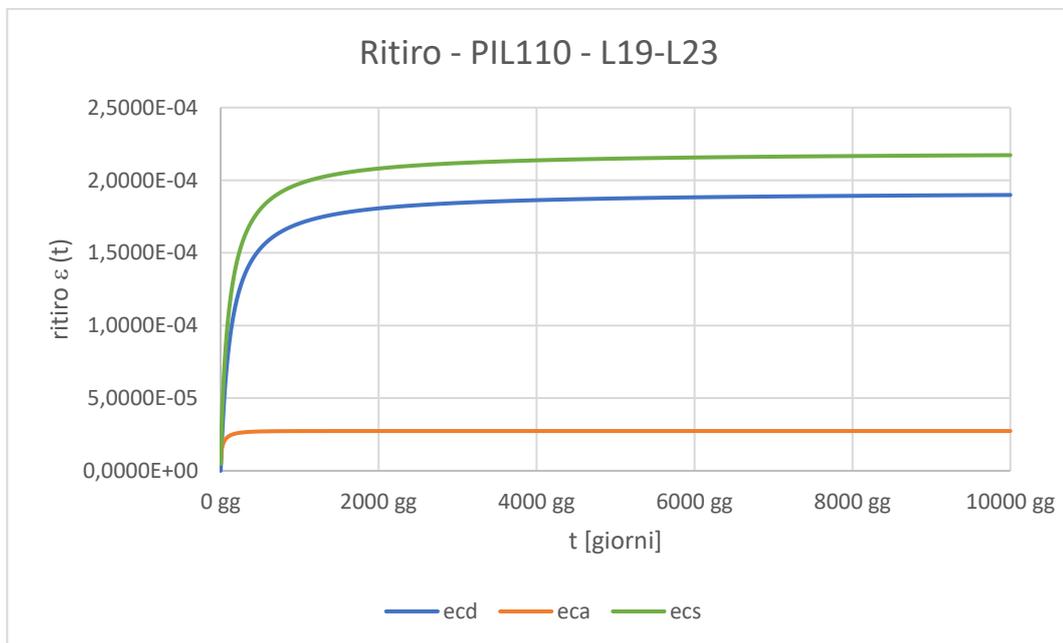


Figura 4.27 Componenti ritiro PIL110, dal livello L19 al livello L23

## Capitolo 4 Calcolo delle deformazioni

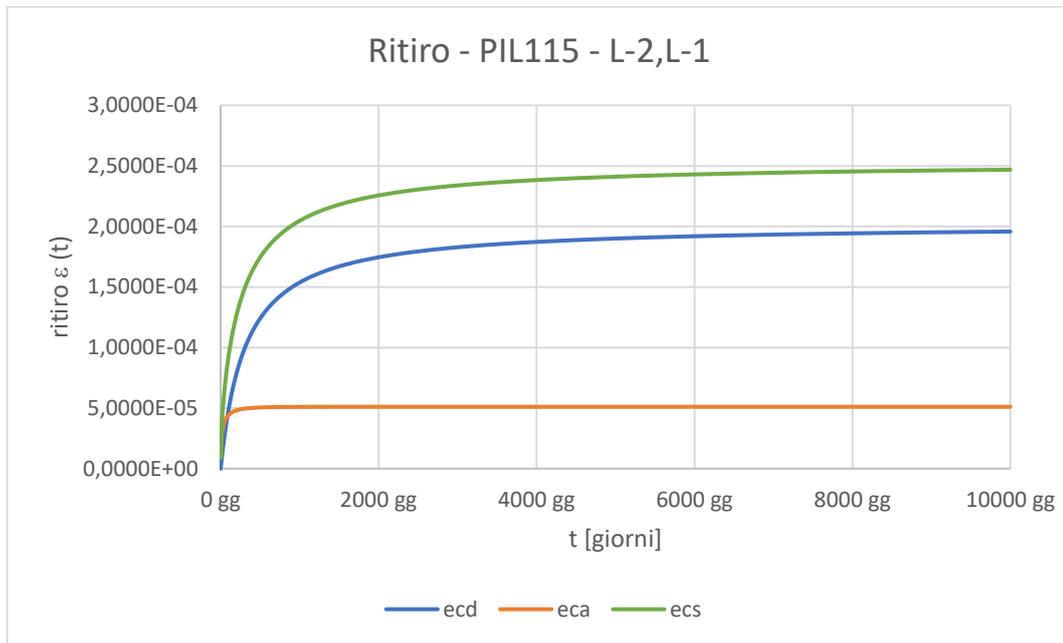


Figura 4.28 Componenti ritiro PIL115, livelli L-2 e L-1

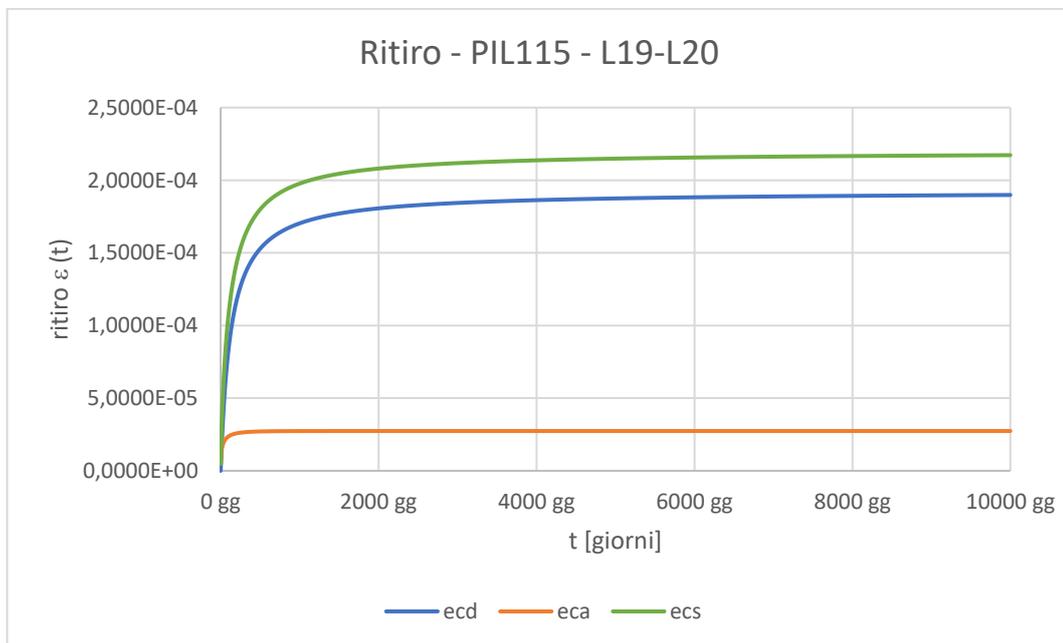


Figura 4.29 Componenti ritiro PIL115, livelli da L19 a L20

Moltiplicando la deformazione a 10'000 giorni per le altezze dei piani si ottengono i valori di accorciamento assiale delle colonne (**Tabella 4.5**).

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

PIANO [-]	h <sub>piano</sub> [cm]	110	115	110	115
		$\varepsilon_c(t,t_0)$ [-]	$\varepsilon_c(t,t_0)$ [-]	$\delta_c(t,t_0)$ [mm]	$\delta_c(t,t_0)$ [mm]
-2	265	2,47E-04	2,47E-04	0,654	0,654
-1	390	2,47E-04	2,47E-04	0,963	0,963
0	487	2,32E-04	2,32E-04	1,129	1,129
1	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
2	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
3	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
4	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
5	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
6	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
7	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
8	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
9	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
10	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
11	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
12	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
13	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
14	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
15	298	2,33E-04	2,33E-04	0,694	0,694
16	298	2,29E-04	2,29E-04	0,682	0,682
17	298	2,29E-04	2,29E-04	0,682	0,682
18	298	2,29E-04	2,29E-04	0,682	0,682
19	298	2,17E-04	2,17E-04	0,647	0,647
20	298	2,17E-04	2,17E-04	0,647	0,647
21	298	2,17E-04	-	0,647	-
22	298	2,17E-04	-	0,647	-
23	298	2,17E-04	-	0,647	-
24	298	-	-	-	-

*Tabella 4.5 Deformazioni ed accorciamenti a 10'000 gg, PIL110 e PIL115*

### Axial shortenings delle colonne

Sommando i tre contributi degli accorciamenti, si ottengono gli abbassamenti totali ad ogni piano a 10'000 giorni che avvengono nelle colonne.

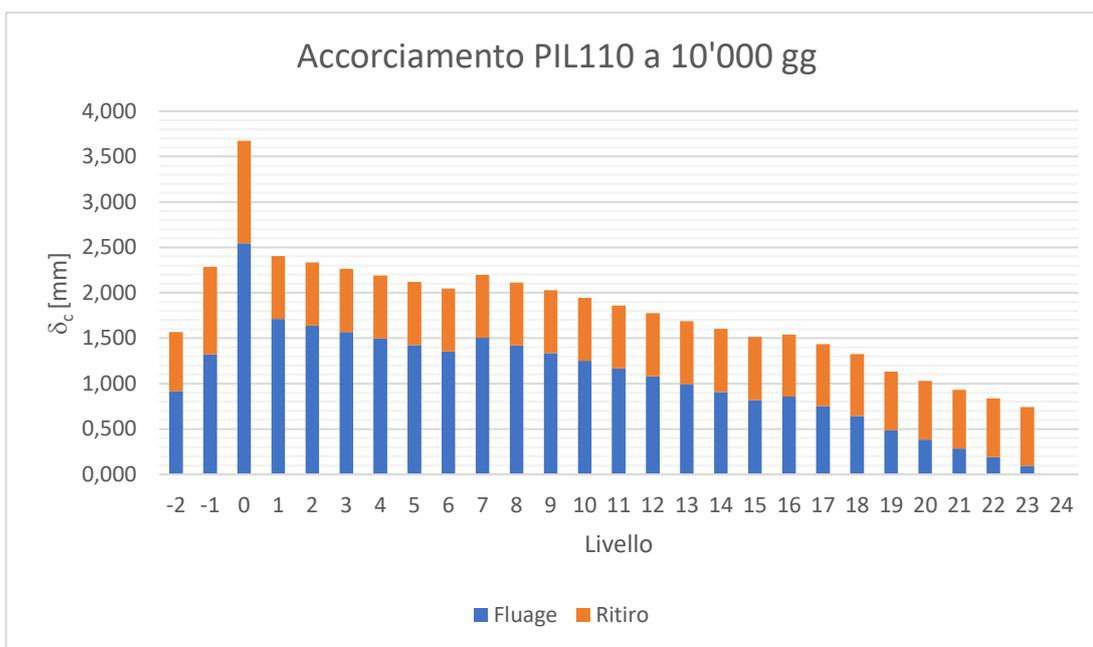


Figura 4.30 Axial shortenings PIL110

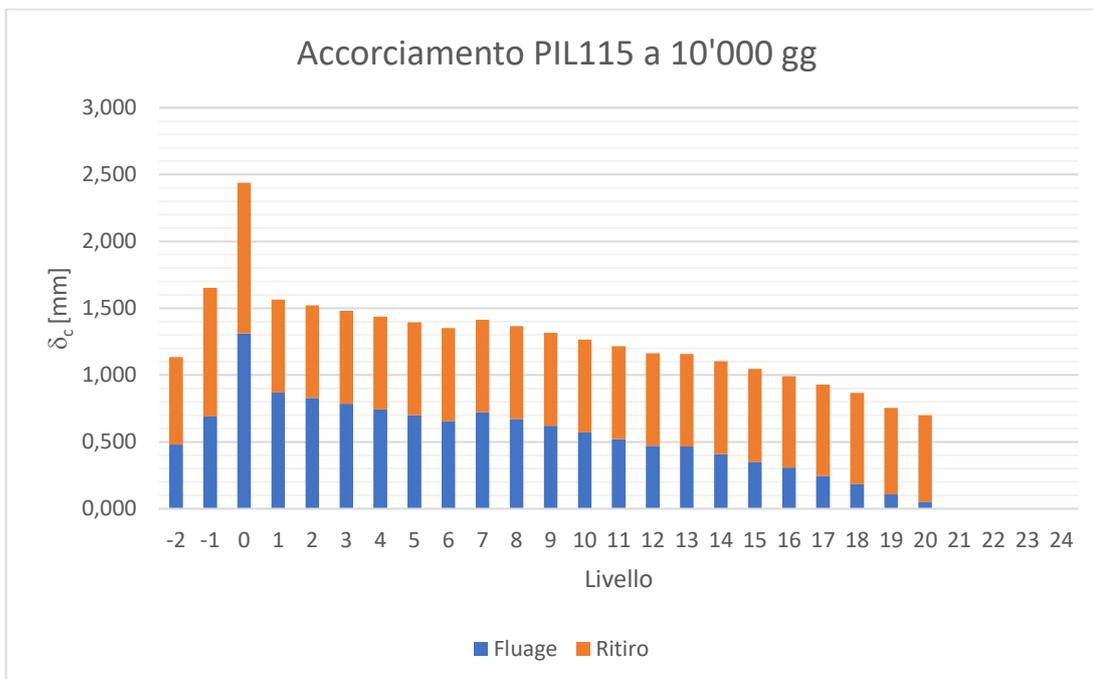


Figura 4.31 Axial shortenings PIL115

In entrambe le colonne, l'aumento dell'altezza di piano al livello L0 provoca un elevato incremento dell'accorciamento, in seguito le deformazioni decrescono. Nella colonna 110 si ha un aumento al livello L7 a causa della variazione della sezione della colonna che si riduce ed al livello L16 per la variazione della classe di resistenza del calcestruzzo e della sezione della colonna.

Per la colonna 115 l'aumento della deformazione si ha al livello L7 e L13 per la riduzione della sezione della colonna ed al livello L16 per la variazione sia della sezione che della classe di resistenza del calcestruzzo.

### **4.3 Analisi delle deformazioni svolta in fase di progettazione**

In fase di progettazione, l'analisi delle deformazioni degli elementi strutturali non è stata eseguita, per l'applicazione dei carichi, seguendo il crono programma di costruzione dell'edificio, ma si è utilizzato un metodo semplificato nel quale si ipotizza di applicare all'elemento analizzato tutto il carico a 28 giorni dal getto dello stesso elemento.

Con questa analisi si vuole esporre un confronto tra i due metodi, per evidenziare le differenze in termini di valori di deformazione ottenuti.

Le metodologie di calcolo delle deformazioni elastiche e viscosse utilizzate sono le stesse applicate nel calcolo con il metodo della *staged construction* precedentemente esposto. Ovviamente, essendo il ritiro indipendente dall'applicazione del carico, i risultati sono i medesimi ottenuti precedentemente.

### 4.3.1 Nucleo

#### Calcolo delle deformazioni elastiche e viscosi

Nel grafico seguente è possibile osservare l'andamento delle deformazioni ai vari piani.

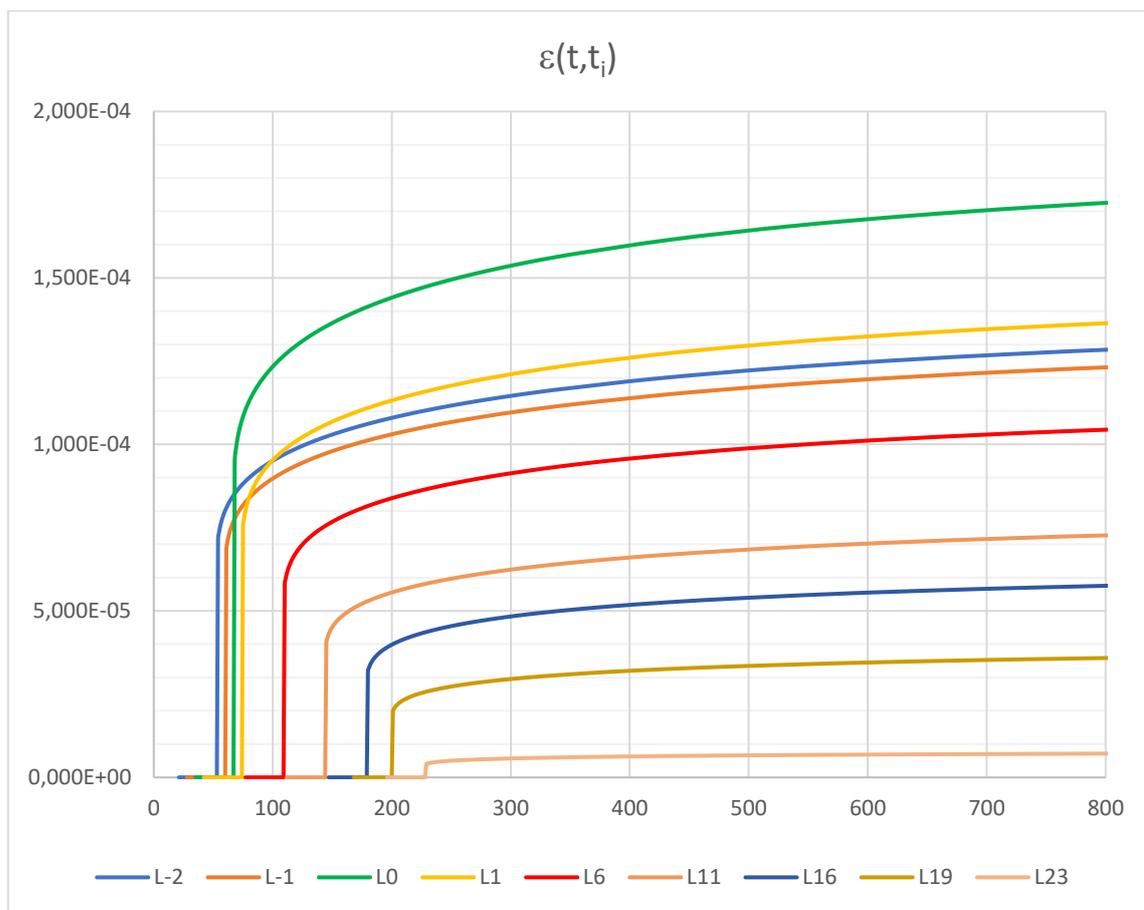


Figura 4.32 Andamento delle deformazioni

L'accorciamento del nucleo è stato calcolato a tempo infinito (per i calcoli è stato ipotizzato pari a 10000 giorni), e si ricava moltiplicando il valore di  $\varepsilon(\infty, t_i)$  per l'altezza di piano.

È possibile notare che l'aumento di altezza al piano L0 porta ad avere un abbassamento del nucleo maggiore rispetto agli altri piani. Per i piani successivi,

## Capitolo 4

### Calcolo delle deformazioni

essendo l'altezza di piano costante, le deformazioni sono quasi linearmente decrescenti, si ha un aumento al livello L12, poiché lo spessore del nucleo diminuisce passando da 40 cm a 30 cm.

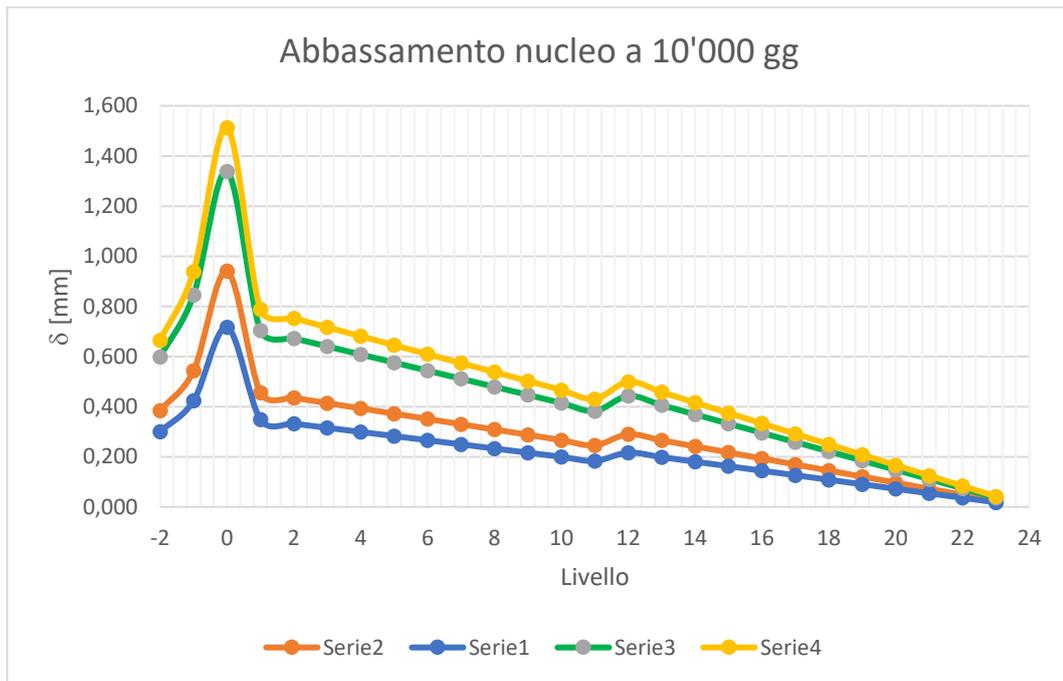


Figura 4.33 Andamento dell'abbassamento del nucleo a 10'000 giorni

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

PUNTO 1				PUNTO 2			
Piano	Altezza piano	Spessore	$\delta(t,t)$	Piano	Altezza piano	Spessore	$\delta(t,t)$
	[m]	[cm]	[mm]		[m]	[cm]	[mm]
-2	2,65	50	0,384	-2	2,65	50	0,300
-1	3,9	50	0,543	-1	3,9	50	0,423
0	4,87	40	0,941	0	4,87	40	0,716
1	2,98	40	0,456	1	2,98	40	0,348
2	2,98	40	0,435	2	2,98	40	0,332
3	2,98	40	0,414	3	2,98	40	0,315
4	2,98	40	0,393	4	2,98	40	0,299
5	2,98	40	0,372	5	2,98	40	0,282
6	2,98	40	0,351	6	2,98	40	0,266
7	2,98	40	0,330	7	2,98	40	0,249
8	2,98	40	0,309	8	2,98	40	0,233
9	2,98	40	0,287	9	2,98	40	0,216
10	2,98	40	0,266	10	2,98	40	0,200
11	2,98	40	0,245	11	2,98	40	0,183
12	2,98	30	0,290	12	2,98	30	0,216
13	2,98	30	0,265	13	2,98	30	0,198
14	2,98	30	0,241	14	2,98	30	0,180
15	2,98	30	0,217	15	2,98	30	0,162
16	2,98	30	0,193	16	2,98	30	0,144
17	2,98	30	0,169	17	2,98	30	0,126
18	2,98	30	0,145	18	2,98	30	0,108
19	2,98	30	0,121	19	2,98	30	0,090
20	2,98	30	0,097	20	2,98	30	0,072
21	2,98	30	0,072	21	2,98	30	0,054
22	2,98	30	0,048	22	2,98	30	0,036
23	2,98	30	0,024	23	2,98	30	0,018

*Tabella 4.6.a Valori dell'accorciamento del nucleo nei punti 1 e 2*

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

---

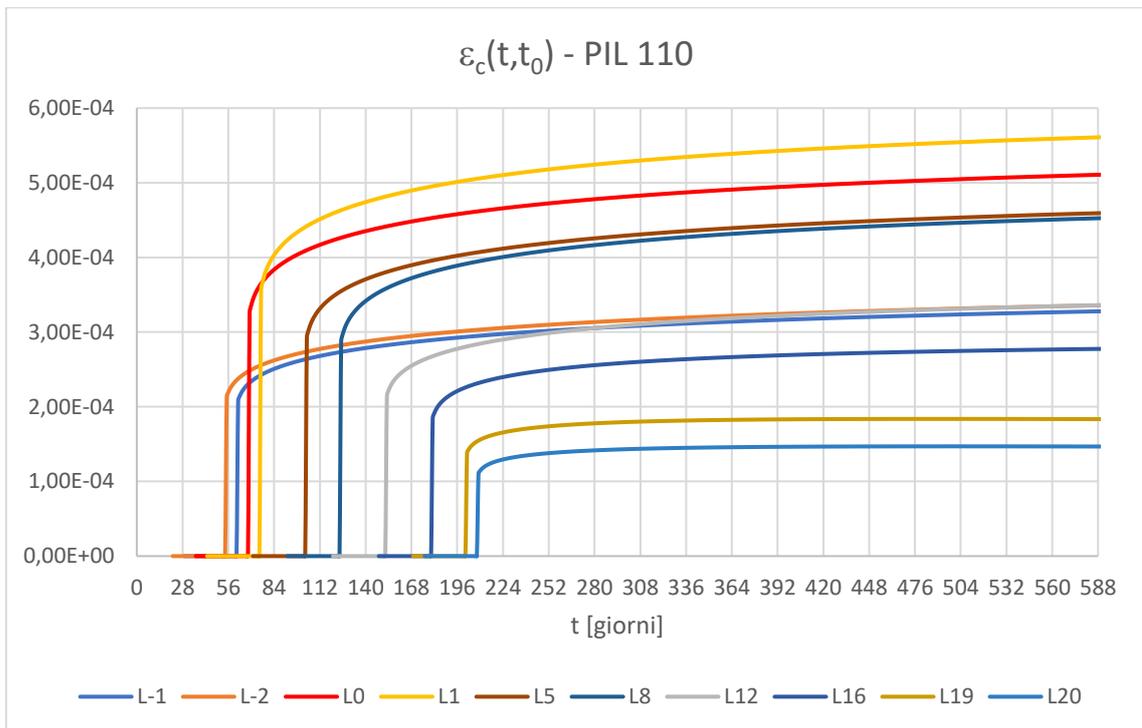
PUNTO 3				PUNTO 4			
Piano	Altezza piano	Spessore	$\delta (t,t_i)$	Piano	Altezza piano	Spessore	$\delta (t,t_i)$
	[m]		[mm]		[m]		[mm]
-2	2,65	50	0,599	-2	2,65	50	0,665
-1	3,9	50	0,845	-1	3,9	50	0,938
0	4,87	40	1,339	0	4,87	40	1,513
1	2,98	40	0,705	1	2,98	40	0,788
2	2,98	40	0,672	2	2,98	40	0,752
3	2,98	40	0,640	3	2,98	40	0,717
4	2,98	40	0,608	4	2,98	40	0,681
5	2,98	40	0,576	5	2,98	40	0,645
6	2,98	40	0,543	6	2,98	40	0,609
7	2,98	40	0,511	7	2,98	40	0,574
8	2,98	40	0,479	8	2,98	40	0,538
9	2,98	40	0,447	9	2,98	40	0,502
10	2,98	40	0,414	10	2,98	40	0,466
11	2,98	40	0,382	11	2,98	40	0,430
12	2,98	30	0,443	12	2,98	30	0,499
13	2,98	30	0,406	13	2,98	30	0,458
14	2,98	30	0,369	14	2,98	30	0,416
15	2,98	30	0,332	15	2,98	30	0,374
16	2,98	30	0,295	16	2,98	30	0,333
17	2,98	30	0,258	17	2,98	30	0,291
18	2,98	30	0,221	18	2,98	30	0,250
19	2,98	30	0,184	19	2,98	30	0,208
20	2,98	30	0,148	20	2,98	30	0,166
21	2,98	30	0,111	21	2,98	30	0,125
22	2,98	30	0,074	22	2,98	30	0,083
23	2,98	30	0,037	23	2,98	30	0,042

*Tabella 4.7.b Valori dell'accorciamento del nucleo nei punti 3 e 4*

### 4.3.2 Colonne

#### Calcolo delle deformazioni elastiche e viscosi

Per determinare le deformazioni elastiche e viscosi delle colonne si è applicato il metodo A.A.E.M presentato nel **paragrafo 1.7**.



**Figura 4.34** Andamento deformazioni elastiche e viscosi PIL 110

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

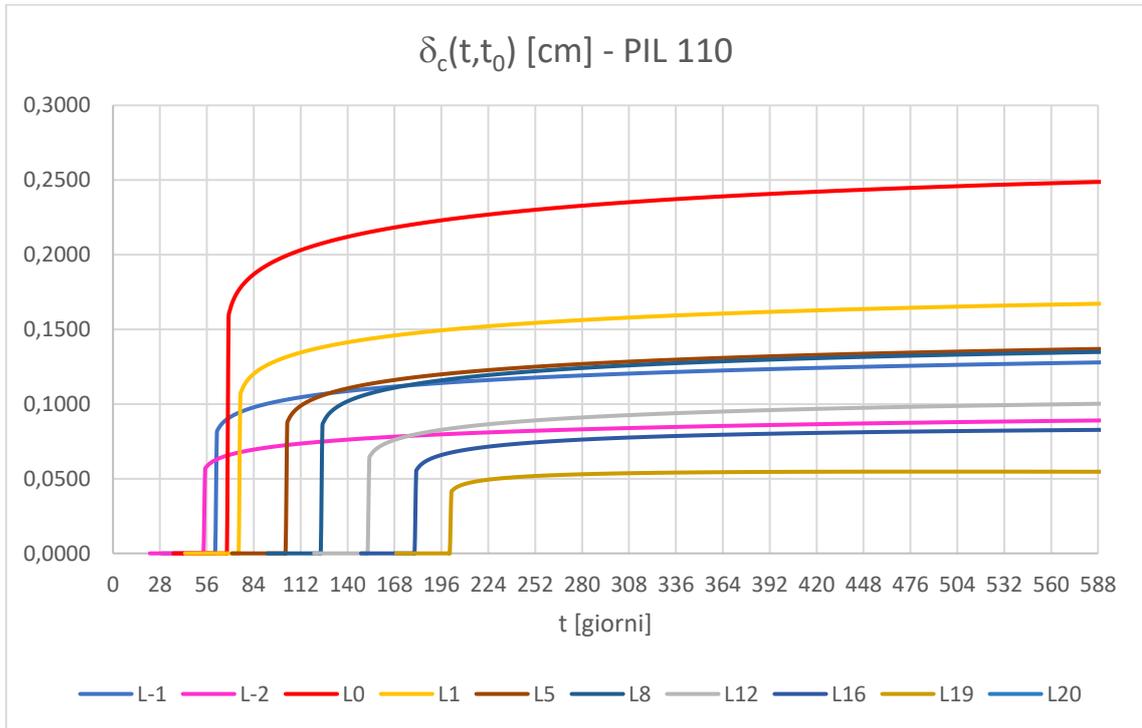


Figura 4.35 Andamento abbassamenti della colonna PIL 110

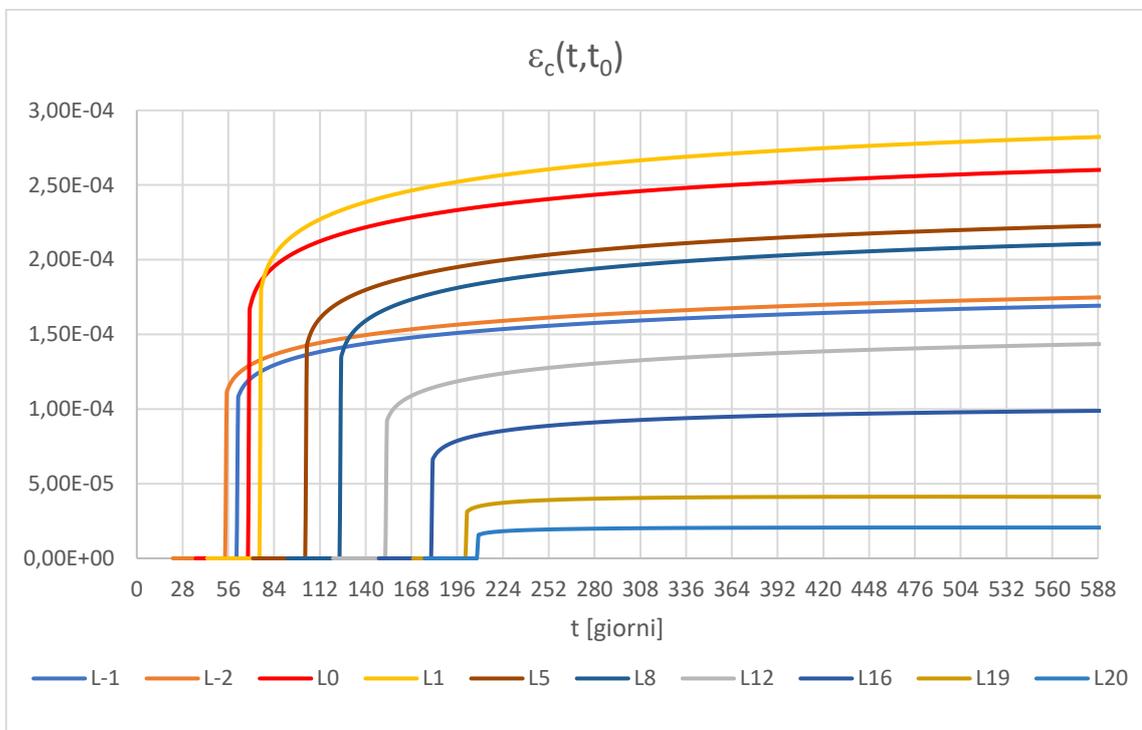
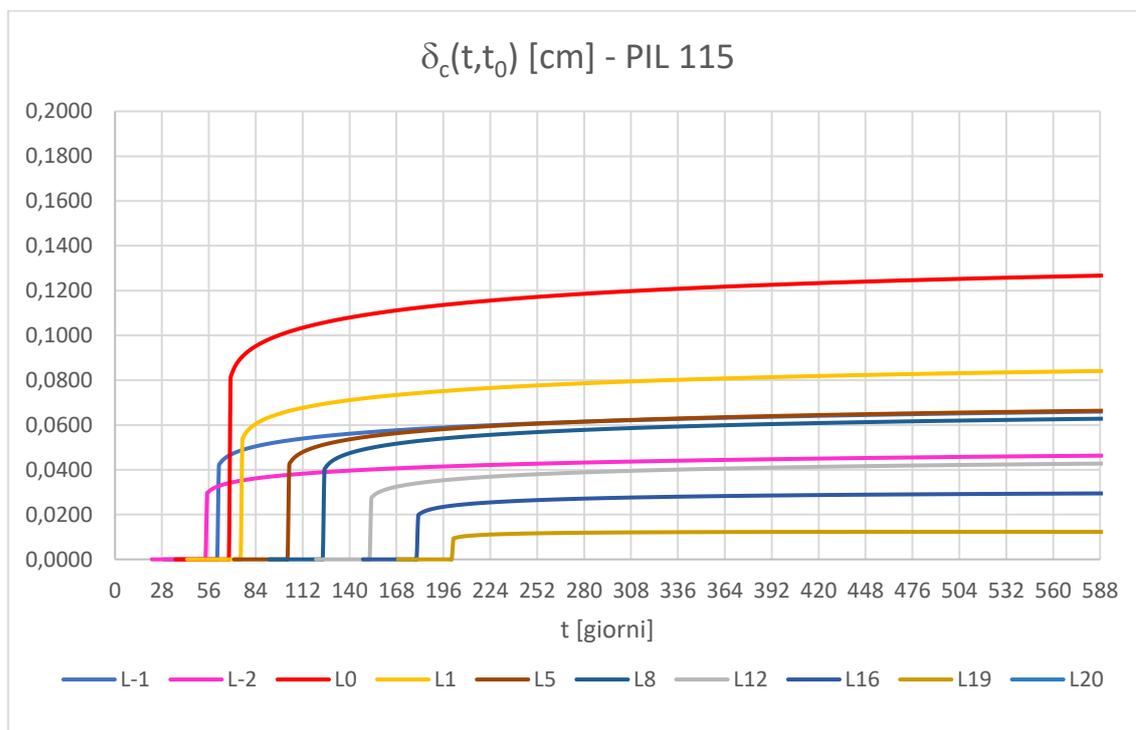


Figura 4.36 Andamento deformazioni elastiche e viscosse PIL 115

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni



*Figura 4.37* Andamento abbassamenti della colonna PIL115

Anche per le colonne sono stati calcolati gli accorciamenti a tempo infinito, ovvero a 10'000 giorni.

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

PIANO [-]	PIL 110			PIL 115		
	Sezione pilastro [cm]	Altezza piano [m]	$\delta_c(t,t_0)$ [mm]	sezione pilastro [cm]	Altezza piano [m]	$\delta_c(t,t_0)$ [mm]
-2	140x55	2,65	0,987	140x55	2,65	0,514
-1	140x55	3,9	1,420	140x55	3,9	0,732
0	120x40	4,87	2,713	120x40	4,87	1,382
1	120x35	2,98	1,820	120x35	2,98	0,915
2	120x35	2,98	1,739	120x35	2,98	0,868
3	120x35	2,98	1,657	120x35	2,98	0,820
4	120x35	2,98	1,576	120x35	2,98	0,773
5	120x35	2,98	1,495	120x35	2,98	0,725
6	120x35	2,98	1,414	120x35	2,98	0,677
7	120x30	2,98	1,564	120x30	2,98	0,739
8	120x30	2,98	1,471	120x30	2,98	0,685
9	120x30	2,98	1,377	120x30	2,98	0,631
10	120x30	2,98	1,284	120x30	2,98	0,577
11	120x30	2,98	1,191	120x30	2,98	0,523
12	120x30	2,98	1,097	120x30	2,98	0,468
13	120x30	2,98	1,004	100x30	2,98	0,461
14	120x30	2,98	0,910	100x30	2,98	0,403
15	120x30	2,98	0,817	100x30	2,98	0,345
16	100x30	2,98	0,856	100x30	2,98	0,305
17	100x30	2,98	0,748	100x30	2,98	0,243
18	100x30	2,98	0,639	100x30	2,98	0,181
19	80x30	2,98	0,504	80x30	2,98	0,113
20	80x30	2,98	0,403	80x30	2,98	0,057
21	80x30	2,98	0,302	-	2,98	-
22	80x30	2,98	0,201	-	2,98	-
23	80x30	2,98	0,101	-	2,98	-
24	-	2,98	-	-	-	-

*Tabella 4.8 Accorciamenti elastici e viscosi PIL110 e PIL115*

In entrambe le colonne, l'aumento dell'altezza di piano al livello L0 genera una deformazione maggiore rispetto ai piani interrati. Successivamente, nel PIL110, le deformazioni decrescono e si ha un aumento al livello L7 perché si

riduce la sezione della colonna, ed inoltre, al livello L16 cambia la classe di resistenza del calcestruzzo che passa da un C40/50 ad un C28/35 e questo provoca un leggero aumento delle deformazioni insieme alla variazione della sezione.

Nel PIL115 invece, le deformazioni subiscono un incremento al livello L7 e L13 a causa della riduzione della sezione della colonna. Un ulteriore aumento delle deformazioni si ha, come per il PIL102, al livello L16 per il cambiamento della classe di resistenza del calcestruzzo.

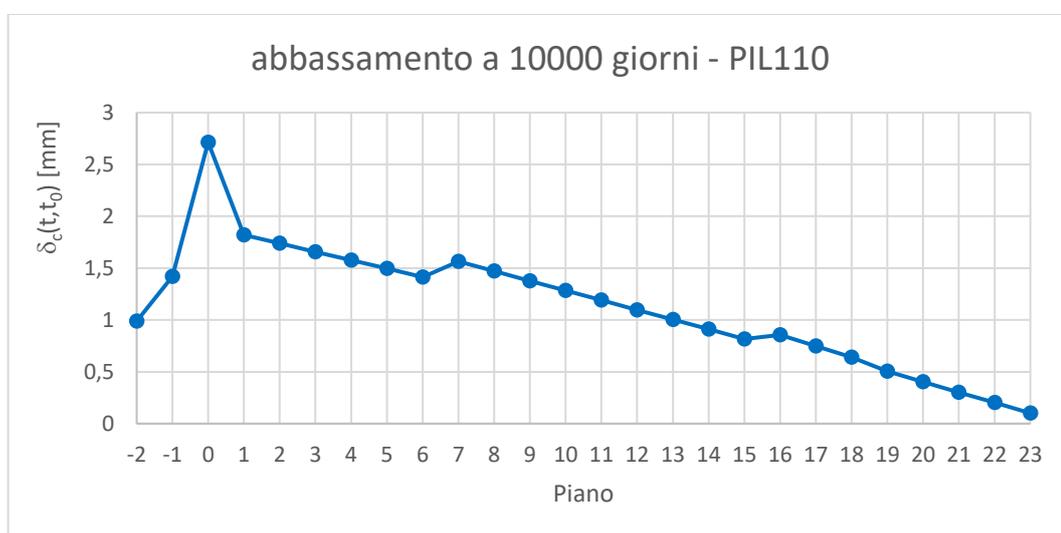


Figura 4.38 Abbassamento a 10'000 giorni PIL110

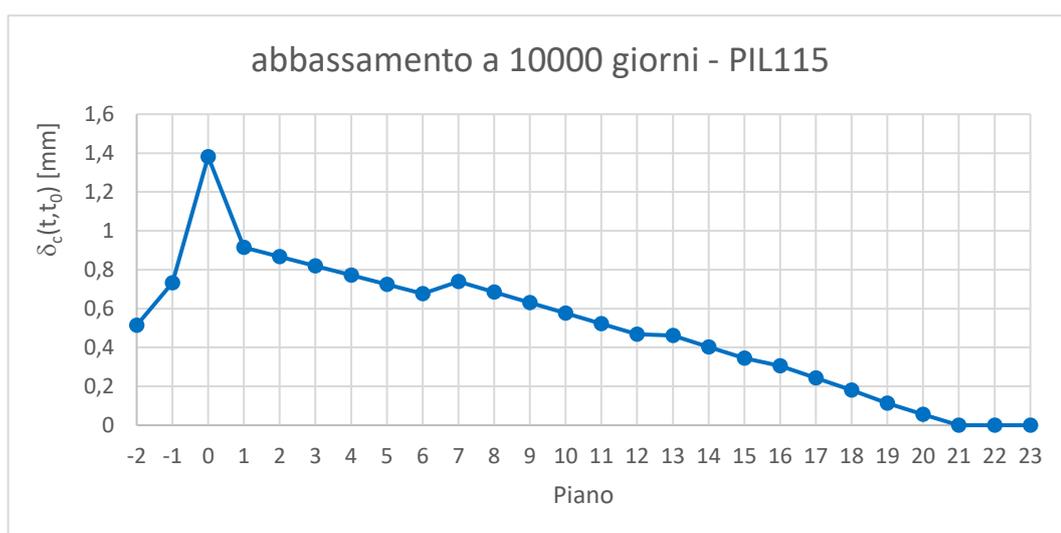


Figura 4.39 Abbassamento a 10'000 giorni - PIL115

## 4.4 Confronto tra i metodi di analisi

### 4.4.1 Nucleo

Nelle figure seguenti (Figura 4.40, Figura 4.41, Figura 4.42, Figura 4.43) si è riportato graficamente il confronto tra i valori di deformazione viscosa ottenuti con i due metodi di analisi utilizzati. Si osserva che con il metodo applicato nella progettazione, dove si ipotizza di applicare tutto il carico a 28 giorni dal getto dell'elemento, fino al livello L15 si ottengono valori maggiori rispetto al metodo della *staged construction*, mentre nei piani successivi si ha la situazione opposta, ovvero il secondo metodo fornisce risultati maggiori poiché il carico che viene applicato è quasi equivalente al carico totale applicato con il metodo 'a 28 giorni' e viene applicato solo dopo 14 giorni e non 28.

I risultati sono riportati per i quattro punti del nucleo definiti nei capitoli precedenti.

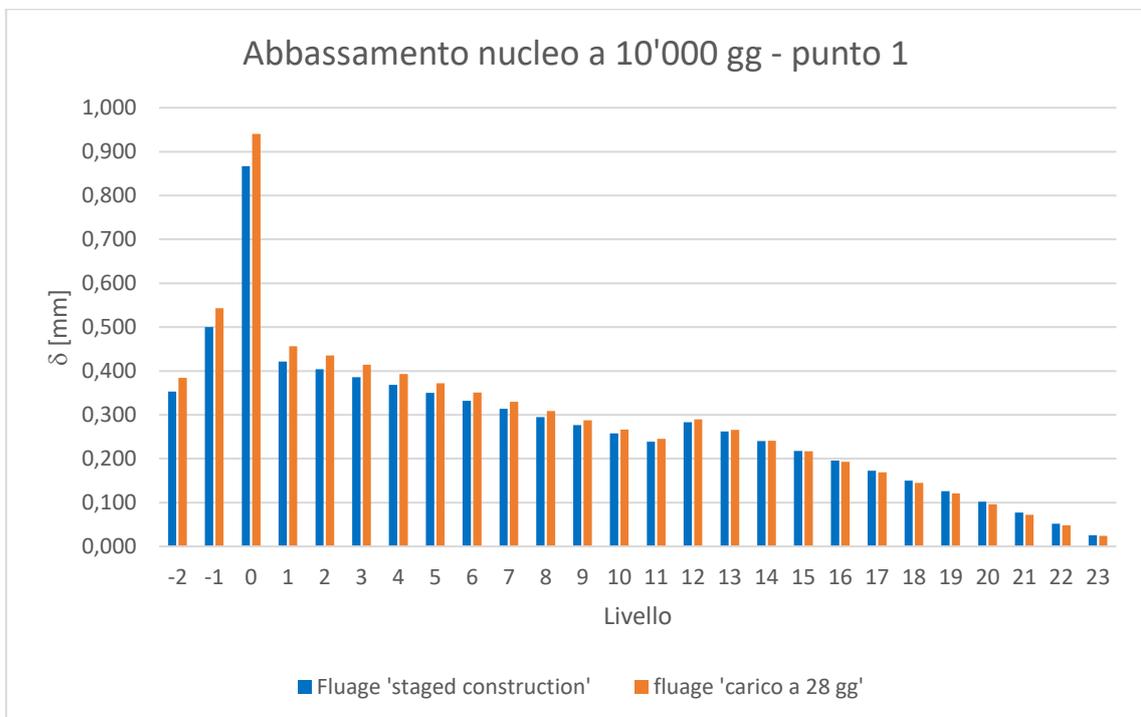


Figura 4.40 Confronto tra i metodi – Punto 1

## Capitolo 4

### Calcolo delle deformazioni

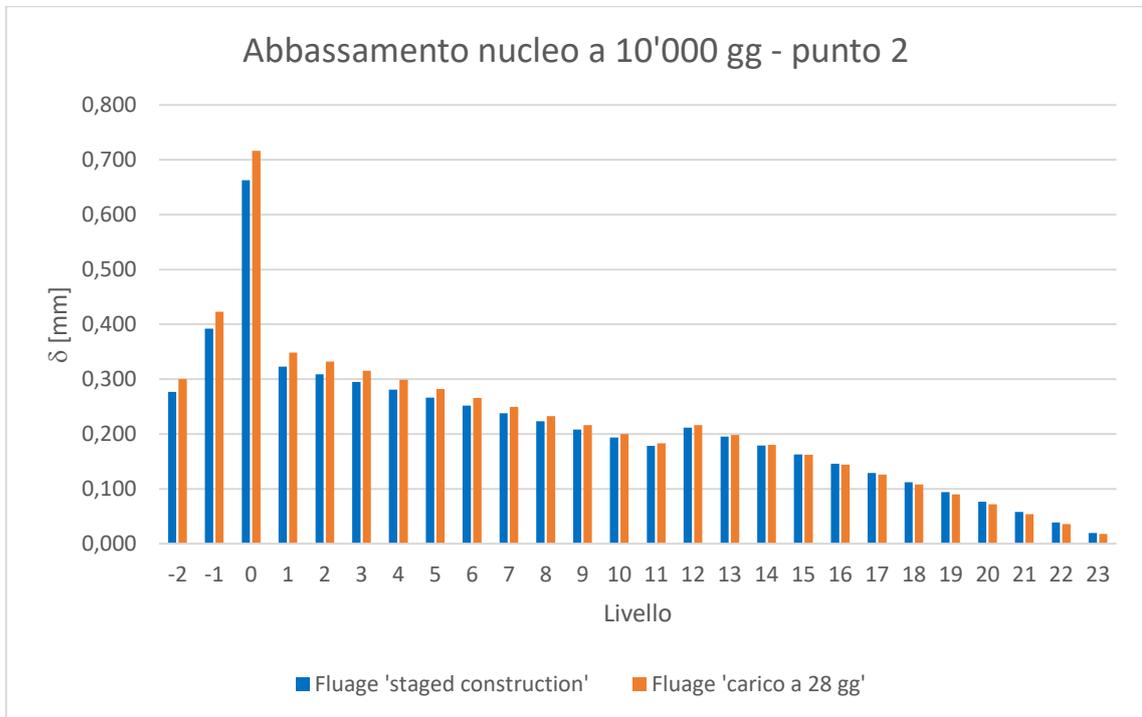


Figura 4.41 Confronto tra i metodi – Punto 2

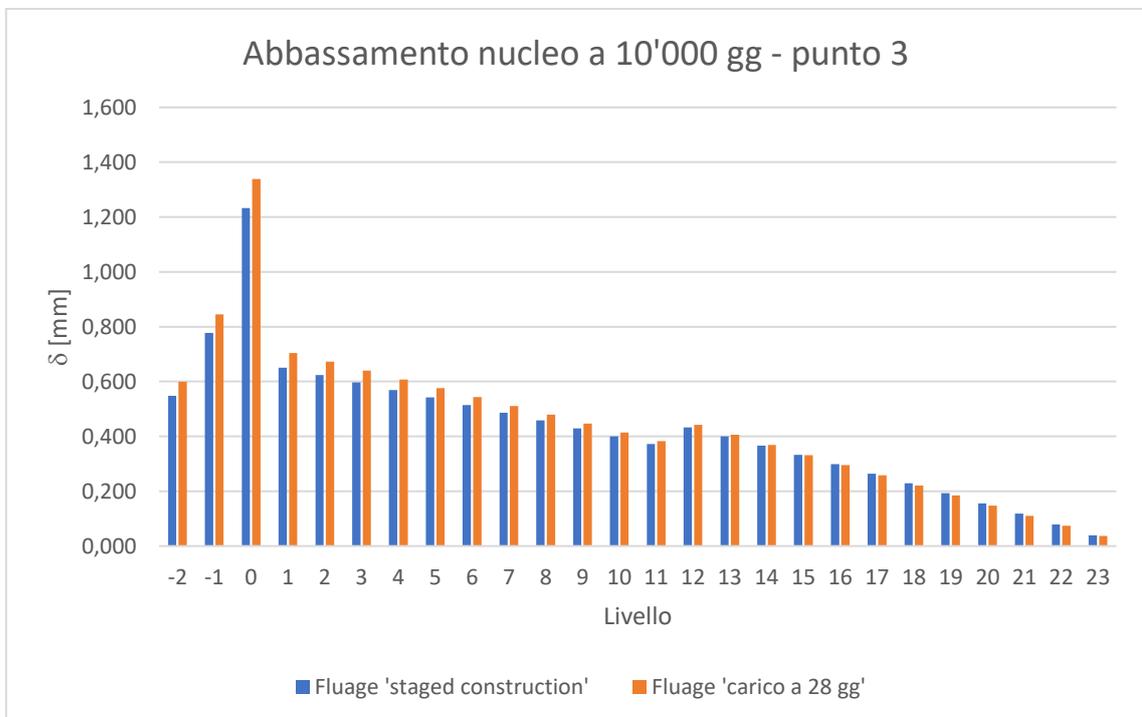


Figura 4.42 Confronto tra i metodi – Punto 3

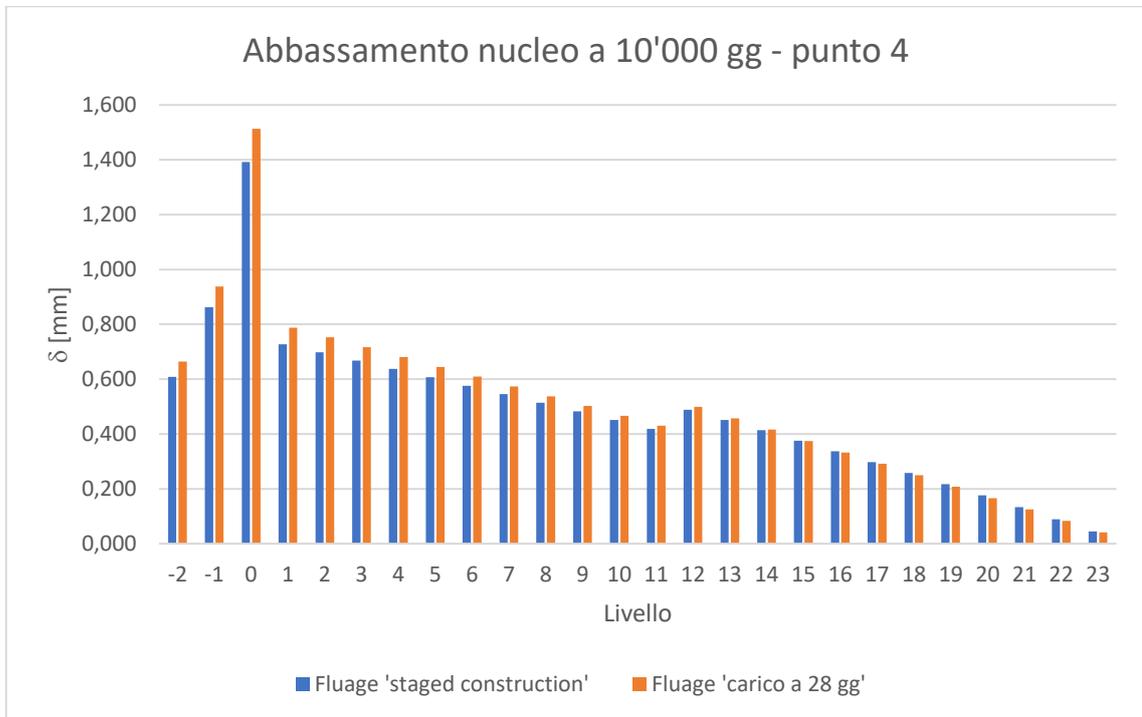


Figura 4.43 Confronto tra i metodi – Punto 4

#### 4.4.2 Colonne

Anche per le colonne si possono fare le stesse osservazione fatte precedentemente per il nucleo. I valori ottenuti con il secondo metodo applicato risultano maggiori rispetto al metodo *staged construction* fino al livello L16, successivamente la situazione si ribalta avendo risultati inferiori.

Capitolo 4  
Calcolo delle deformazioni

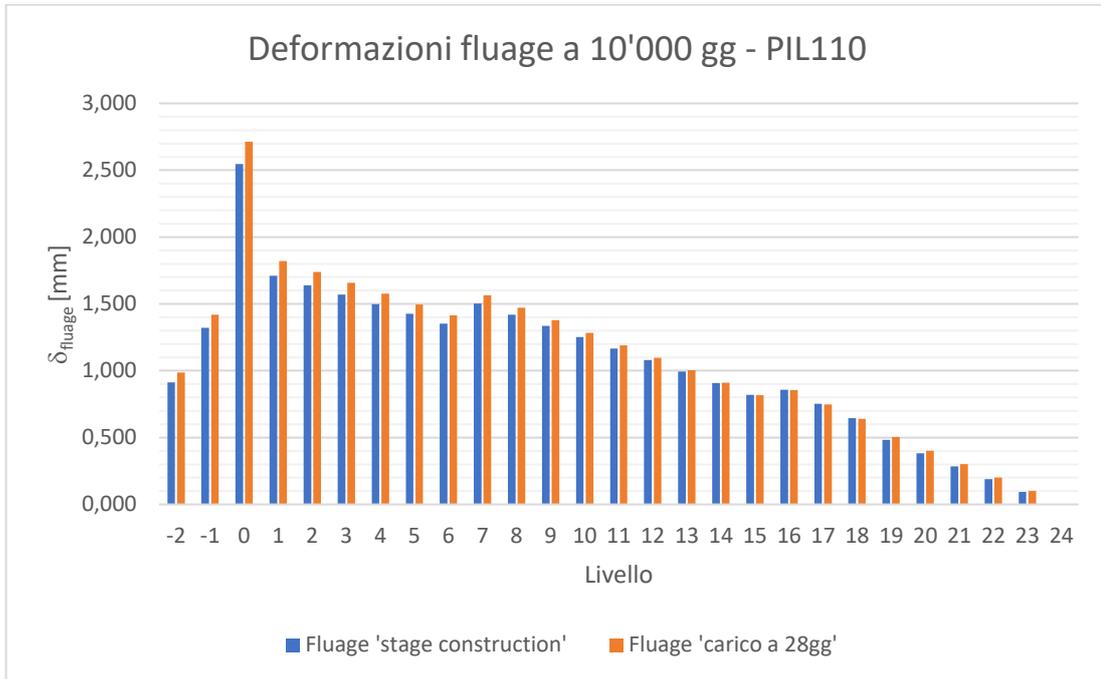


Figura 4.44 Confronto tra i metodi – PIL110

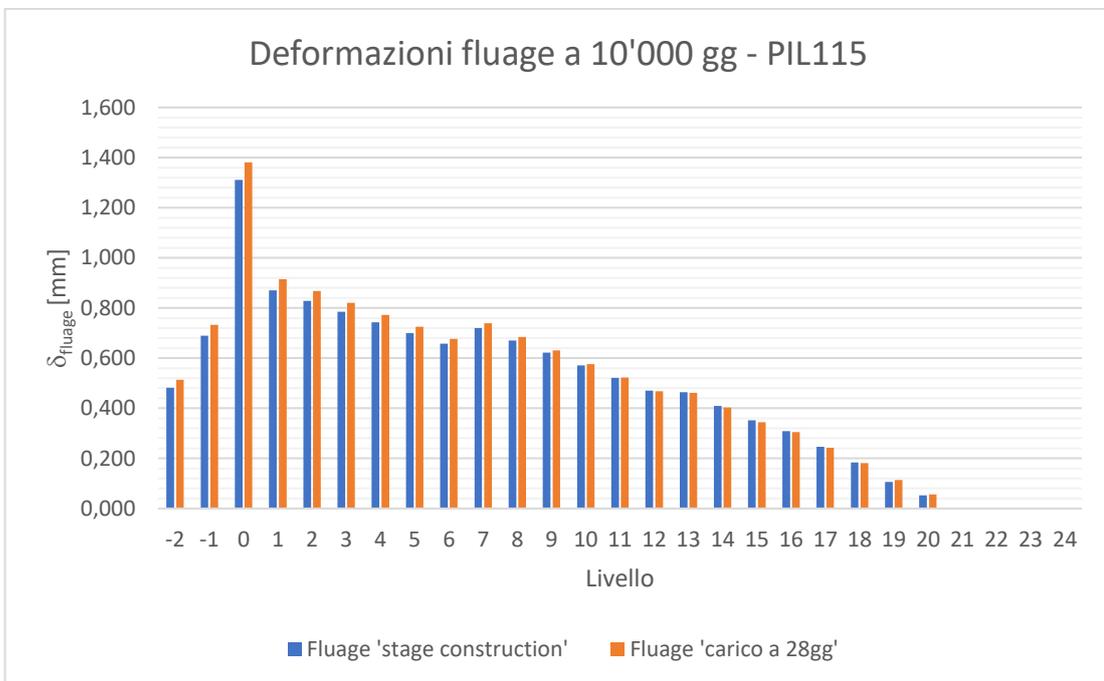


Figura 4.45 Confronto tra i metodi – PIL115

## CONCLUSIONI

Come illustrato nel paragrafo 4.4, i due metodi di analisi utilizzati per il calcolo delle deformazioni elastiche e viscosi portano ad avere delle differenze minime tra i risultati.

Sia nelle colonne che nel nucleo, applicare tutto il carico a 28 giorni dal getto dell'elemento determina dei valori di accorciamento maggiori rispetto alla metodologia *staged construction* fino ai livelli L15 e L16, dopodiché i valori tendono a coincidere fino a quando le deformazioni ricavate dal metodo *staged construction* risultano superiori rispetto a quelle ottenute con il secondo metodo. Ciò accade perché, nei primi 15-16 piani, il carico applicato con il primo metodo sviluppato (*staged construction*) è inferiore rispetto al secondo metodo ed una applicazione di carico maggiore porta ad avere una deformazione elastica istantanea più elevata ed un maggiore sviluppo delle deformazioni viscosi. Nei piani successivi, al contrario, il primo carico applicato nella metodologia che segue gli step di realizzazione della struttura ha un valore molto vicino a quello applicato con il secondo metodo, ma con la differenza che viene applicato a 14 giorni e non a 28 giorni dal getto dell'elemento. L'applicazione del carico a un tempo inferiore di maturazione del calcestruzzo porta a sviluppare deformazioni maggiori nell'elemento, poiché, essendo il carico quasi coincidente, la rigidità del calcestruzzo, sviluppandosi nel tempo, risulta inferiore.

Nel caso di strutture in cemento armato ordinario, in fase di progettazione, si ricorre spesso al metodo di analisi che ipotizza di applicare il carico totale a 28 giorni dal getto dell'elemento strutturale, poiché risulta essere più immediato e,

anche se non segue esattamente la realtà, non porta a commettere errori elevati poiché i risultati ottenuti non si discostano molto tra i due metodi. Adottando il metodo semplificato, per gran parte, si sovrastimano i valori di deformazione, restando, dunque, a favore di sicurezza.

Certamente, in edifici di grande altezza, applicare il metodo realistico *staged construction* permette di eseguire una compensazione degli accorciamenti assiali durante la realizzazione e il getto degli elementi della struttura, limitando gli effetti negativi legati a questo fenomeno, come l'inclinazione delle pavimentazioni oppure le distorsioni degli elementi strutturali che portano ad avere danneggiamenti nelle pareti ed elementi di facciata dell'edificio.

In definitiva, non si commettono errori importanti utilizzando una metodologia di calcolo meno realistica e più immediata, ma la scelta del metodo da applicare nell'analisi delle deformazioni elastiche e viscoso deve essere fatta in merito alla tipologia di edificio che si sta progettando. In caso di edifici di bassa e media altezza in calcestruzzo ordinario è quasi indifferente la scelta della metodologia, mentre, in caso di edifici di grande altezza, come i grattacieli, o in edifici con elementi in cemento armato precompresso è consigliabile applicare il metodo *staged construction* perché più veritiero e più preciso nei risultati, potendo così, determinare il giusto metodo di compensazione dei *differential axial shortenings* e per eseguire un calcolo più preciso della forza da applicare ai cavi da precompressione.

## **ALLEGATO A**

Nel seguente allegato verranno riportati i valori delle tensioni del nucleo per ogni piano e le deformazioni di ciascuna colonna, calcolate con entrambe i metodi esposti con aggiunta dei grafici di confronto tra le due metodologie.

**Incrementi di tensione nel nucleo**

**Punto 1 – Tabella 1**

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L-2			L-1		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1547,6	246,5	188,0	1547,6	246,5	188,0
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,326			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,414			0,324		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,502			0,412		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,590			0,500		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,679			0,589		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,767			0,677		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,855			0,765		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,944			0,853		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	1,032			0,942		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	1,120			1,030		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	1,208			1,118		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	1,297			1,206		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	1,375			1,284		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	1,453			1,363		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,531			1,441		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,609			1,519		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,687			1,597		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,765			1,675		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,844			1,753		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,922			1,831		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	2,000			1,910		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	2,078			1,988		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	2,156			2,066		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,234			2,144		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,234			2,144		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,234			2,144		

**Punto 1 – Tabella 2**

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L0			L1		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1158,0	156,6	152,3	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,415			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,543			0,324		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,671			0,432		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,799			0,540		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,928			0,648		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	1,056			0,756		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	1,184			0,864		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	1,312			0,972		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	1,440			1,080		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	1,568			1,188		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	1,683			1,284		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	1,797			1,379		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,912			1,475		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	2,027			1,571		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	2,141			1,667		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	2,256			1,762		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	2,370			1,858		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	2,485			1,954		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	2,600			2,049		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	2,714			2,145		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	2,829			2,241		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,943			2,337		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,943			2,337		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,943			2,337		

Punto 1 – Tabella 3

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L2			L3		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,324			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,432			0,324		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,540			0,432		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,648			0,540		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,756			0,648		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,864			0,756		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,972			0,864		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	1,080			0,972		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	1,176			1,068		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	1,271			1,163		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,367			1,259		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,463			1,355		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,559			1,451		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,654			1,546		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,750			1,642		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,846			1,738		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,941			1,833		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	2,037			1,929		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	2,133			2,025		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,229			2,121		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,229			2,121		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,229			2,121		

**Punto 1 – Tabella 4**

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L4			L5		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,324			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,432			0,324		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,540			0,432		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,648			0,540		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,756			0,648		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,864			0,756		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,960			0,852		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	1,055			0,947		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,151			1,043		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,247			1,139		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,343			1,235		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,438			1,330		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,534			1,426		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,630			1,522		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,725			1,617		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,821			1,713		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,917			1,809		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,013			1,905		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,013			1,905		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,013			1,905		

Punto 1 – Tabella 5

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L6			L7		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,324			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,432			0,324		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,540			0,432		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,648			0,540		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,744			0,636		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,839			0,731		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,935			0,827		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,031			0,923		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,127			1,019		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,222			1,114		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,318			1,210		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,414			1,306		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,509			1,401		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,605			1,497		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,701			1,593		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,797			1,689		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,797			1,689		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,797			1,689		

Punto 1 – Tabella 6

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L8			L9		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,324			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,432			0,324		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,528			0,420		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,623			0,515		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,719			0,611		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,815			0,707		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,911			0,803		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,006			0,898		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,102			0,994		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,198			1,090		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,293			1,185		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,389			1,281		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,485			1,377		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,581			1,473		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,581			1,473		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,581			1,473		

Punto 1 – Tabella 7

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L10			L11		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,312			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,407			0,299		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,503			0,395		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,599			0,491		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,695			0,587		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,790			0,682		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,886			0,778		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,982			0,874		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,077			0,969		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,173			1,065		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,269			1,161		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,365			1,257		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,365			1,257		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,365			1,257		

Punto 1 – Tabella 8

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L12			L13		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,367			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,489			0,367		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,611			0,489		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,734			0,611		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,856			0,734		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,978			0,856		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,101			0,978		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,223			1,101		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,345			1,223		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,467			1,345		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,467			1,345		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,467			1,345		

Punto 1 – Tabella 9

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L14			L15		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,367			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,489			0,367		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,611			0,489		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,734			0,611		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,856			0,734		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,978			0,856		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,101			0,978		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,223			1,101		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,223			1,101		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,223			1,101		

Punto 1 – Tabella 10

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L16			L17		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,367			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,489			0,367		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,611			0,489		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,734			0,611		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,856			0,734		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,978			0,856		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,978			0,856		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,978			0,856		

Punto 1 – Tabella 11

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L18			L19		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,000			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,000			0,000		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,367			0,000		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,489			0,367		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,611			0,489		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,734			0,611		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,734			0,611		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,734			0,611		

Punto 1 – Tabella 12

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L20			L21		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,000			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,000			0,000		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,000			0,000		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,000			0,000		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,367			0,000		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,489			0,367		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,489			0,367		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,489			0,367		

Punto 1 – Tabella 13

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L22			L23		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,000			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,000			0,000		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,000			0,000		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,000			0,000		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,000			0,000		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,000			0,000		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,245			0,000		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,245			0,122		

**Punto 2 – Tabella 1**

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L-2			L-1		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1547,6	246,5	188,0	1547,6	246,5	188,0
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,291			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,360			0,287		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,429			0,356		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,498			0,425		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,567			0,494		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,636			0,563		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,705			0,632		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,774			0,701		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,843			0,770		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,912			0,839		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,981			0,908		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	1,050			0,977		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	1,108			1,035		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	1,166			1,093		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,224			1,151		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,282			1,209		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,340			1,266		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,398			1,324		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,455			1,382		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,513			1,440		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,571			1,498		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,629			1,556		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,687			1,614		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,745			1,671		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,745			1,671		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,745			1,671		

**Punto 2 – Tabella 2**

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L0			L1		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1158,0	156,6	152,3	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,354			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,453			0,254		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,551			0,339		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,650			0,423		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,749			0,508		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,847			0,593		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,946			0,677		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	1,044			0,762		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	1,143			0,847		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	1,241			0,932		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	1,325			1,003		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	1,408			1,074		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,491			1,145		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,575			1,216		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,658			1,287		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,741			1,358		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,825			1,429		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,908			1,501		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,991			1,572		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	2,075			1,643		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	2,158			1,714		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,241			1,785		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,241			1,785		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,241			1,785		

Punto 2 – Tabella 3

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L2			L3		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,254			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,339			0,254		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,423			0,339		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,508			0,423		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,593			0,508		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,677			0,593		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,762			0,677		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,847			0,762		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,918			0,833		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,989			0,904		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,060			0,976		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,131			1,047		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,203			1,118		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,274			1,189		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,345			1,260		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,416			1,331		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,487			1,402		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,558			1,474		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,629			1,545		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,701			1,616		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,701			1,616		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,701			1,616		

Punto 2 – Tabella 4

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L4			L5		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,254			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,339			0,254		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,423			0,339		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,508			0,423		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,593			0,508		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,677			0,593		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,749			0,664		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,820			0,735		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,891			0,806		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,962			0,877		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,033			0,948		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,104			1,020		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,175			1,091		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,247			1,162		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,318			1,233		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,389			1,304		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,460			1,375		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,531			1,446		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,531			1,446		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,531			1,446		

Punto 2 – Tabella 5

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L6			L7		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,254			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,339			0,254		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,423			0,339		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,508			0,423		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,579			0,495		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,650			0,566		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,722			0,637		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,793			0,708		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,864			0,779		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,935			0,850		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,006			0,921		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,077			0,993		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,148			1,064		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,220			1,135		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,291			1,206		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,362			1,277		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,362			1,277		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,362			1,277		

Punto 2 – Tabella 6

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L8			L9		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,254			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,339			0,254		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,410			0,325		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,481			0,396		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,552			0,467		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,623			0,539		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,694			0,610		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,766			0,681		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,837			0,752		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,908			0,823		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,979			0,894		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,050			0,965		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,121			1,037		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,192			1,108		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,192			1,108		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,192			1,108		

Punto 2 – Tabella 7

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L10			L11		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,241			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,312			0,227		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,383			0,298		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,454			0,369		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,525			0,440		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,596			0,512		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,667			0,583		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,739			0,654		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,810			0,725		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,881			0,796		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,952			0,867		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,023			0,938		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,023			0,938		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,023			0,938		

Punto 2 – Tabella 8

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L12			L13		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,274			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,365			0,274		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,457			0,365		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,548			0,457		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,639			0,548		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,731			0,639		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,822			0,731		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,913			0,822		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,005			0,913		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,096			1,005		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,096			1,005		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,096			1,005		

Punto 2 – Tabella 9

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L14			L15		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,274			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,365			0,274		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,457			0,365		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,548			0,457		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,639			0,548		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,731			0,639		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,822			0,731		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,913			0,822		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,913			0,822		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,913			0,822		

Punto 2 – Tabella 10

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L16			L17		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,274			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,365			0,274		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,457			0,365		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,548			0,457		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,639			0,548		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,731			0,639		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,731			0,639		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,731			0,639		

Punto 2 – Tabella 11

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L18			L19		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,000			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,000			0,000		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,274			0,000		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,365			0,274		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,457			0,365		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,548			0,457		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,548			0,457		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,548			0,457		

Punto 2 – Tabella 12

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L20			L21		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,000			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,000			0,000		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,000			0,000		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,000			0,000		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,274			0,000		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,365			0,274		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,365			0,274		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,365			0,274		

Punto 2 – Tabella 13

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L22			L23		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,000			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,000			0,000		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,000			0,000		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,000			0,000		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,000			0,000		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,000			0,000		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,183			0,000		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,183			0,091		

**Punto 3 – Tabella 1**

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L-2			L-1		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1547,6	246,5	188,0	1547,6	246,5	188,0
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,484			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,621			0,478		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,758			0,615		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,895			0,752		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	1,032			0,889		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	1,169			1,026		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	1,306			1,163		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	1,443			1,300		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	1,580			1,437		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	1,717			1,574		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	1,854			1,711		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	1,991			1,848		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	2,115			1,972		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	2,239			2,097		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	2,363			2,221		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	2,487			2,345		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	2,612			2,469		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	2,736			2,593		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	2,860			2,717		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	2,984			2,841		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	3,108			2,965		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	3,232			3,089		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	3,356			3,213		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	3,480			3,337		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	3,480			3,337		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	3,480			3,337		

Punto 3 – Tabella 2

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L0			L1		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1158,0	156,6	152,3	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,584			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,766			0,495		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,947			0,661		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	1,129			0,826		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	1,311			0,991		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	1,492			1,156		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	1,674			1,321		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	1,855			1,486		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	2,037			1,651		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	2,218			1,817		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	2,383			1,966		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	2,547			2,115		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	2,711			2,265		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	2,875			2,414		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	3,039			2,564		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	3,204			2,713		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	3,368			2,863		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	3,532			3,012		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	3,696			3,161		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	3,861			3,311		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	4,025			3,460		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	4,189			3,610		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	4,189			3,610		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	4,189			3,610		

Punto 3 – Tabella 3

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L2			L3		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,495			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,661			0,495		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,826			0,661		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,991			0,826		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	1,156			0,991		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	1,321			1,156		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	1,486			1,321		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	1,651			1,486		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	1,801			1,636		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	1,950			1,785		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	2,100			1,935		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	2,249			2,084		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	2,399			2,233		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	2,548			2,383		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	2,697			2,532		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	2,847			2,682		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	2,996			2,831		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	3,146			2,981		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	3,295			3,130		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	3,445			3,279		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	3,445			3,279		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	3,445			3,279		

Punto 3 – Tabella 4

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L4			L5		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,495			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,661			0,495		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,826			0,661		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,991			0,826		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	1,156			0,991		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	1,321			1,156		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	1,471			1,305		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	1,620			1,455		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,769			1,604		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,919			1,754		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	2,068			1,903		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	2,218			2,053		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	2,367			2,202		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	2,517			2,351		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	2,666			2,501		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	2,815			2,650		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	2,965			2,800		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	3,114			2,949		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	3,114			2,949		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	3,114			2,949		

Punto 3 – Tabella 5

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L6			L7		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,495			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,661			0,495		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,826			0,661		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,991			0,826		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	1,140			0,975		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	1,290			1,125		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,439			1,274		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,589			1,423		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,738			1,573		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,887			1,722		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	2,037			1,872		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	2,186			2,021		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	2,336			2,171		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	2,485			2,320		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	2,635			2,469		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,784			2,619		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,784			2,619		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,784			2,619		

Punto 3 – Tabella 6

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L8			L9		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,495			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,661			0,495		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,810			0,645		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,959			0,794		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,109			0,944		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,258			1,093		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,408			1,243		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,557			1,392		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,707			1,541		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,856			1,691		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	2,005			1,840		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	2,155			1,990		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	2,304			2,139		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,454			2,289		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,454			2,289		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,454			2,289		

Punto 3 – Tabella 7

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L10			L11		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,480			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,629			0,464		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,779			0,613		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,928			0,763		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,077			0,912		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,227			1,062		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,376			1,211		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,526			1,361		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,675			1,510		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,825			1,659		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,974			1,809		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,123			1,958		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,123			1,958		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,123			1,958		

Punto 3 – Tabella 8

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L12			L13		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,561			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,748			0,561		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,935			0,748		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,122			0,935		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,308			1,122		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,495			1,308		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,682			1,495		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,869			1,682		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	2,056			1,869		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,243			2,056		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,243			2,056		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,243			2,056		

Punto 3 – Tabella 9

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L14			L15		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,561			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,748			0,561		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,935			0,748		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,122			0,935		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,308			1,122		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,495			1,308		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,682			1,495		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,869			1,682		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,869			1,682		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,869			1,682		

Punto 3 – Tabella 10

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L16			L17		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,561			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,748			0,561		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,935			0,748		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,122			0,935		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,308			1,122		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,495			1,308		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,495			1,308		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,495			1,308		

Punto 3 – Tabella 11

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L18			L19		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,000			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,000			0,000		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,561			0,000		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,748			0,561		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,935			0,748		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,122			0,935		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,122			0,935		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,122			0,935		

Punto 3 – Tabella 12

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L20			L21		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,000			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,000			0,000		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,000			0,000		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,000			0,000		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,561			0,000		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,748			0,561		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,748			0,561		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,748			0,561		

Punto 3 – Tabella 13

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L22			L23		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,000			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,000			0,000		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,000			0,000		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,000			0,000		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,000			0,000		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,000			0,000		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,374			0,000		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,374			0,187		

**Punto 4 – Tabella 1**

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L-2			L-1		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1547,6	246,5	188,0	1547,6	246,5	188,0
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,511			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,663			0,507		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,815			0,659		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,967			0,811		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	1,119			0,963		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	1,271			1,115		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	1,423			1,267		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	1,575			1,419		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	1,727			1,571		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	1,879			1,723		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	2,031			1,875		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	2,183			2,027		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	2,323			2,167		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	2,463			2,307		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	2,603			2,447		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	2,743			2,587		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	2,883			2,727		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	3,023			2,867		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	3,163			3,007		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	3,303			3,147		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	3,443			3,286		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	3,582			3,426		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	3,722			3,566		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	3,862			3,706		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	3,862			3,706		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	3,862			3,706		

**Punto 4 – Tabella 2**

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L0			L1		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1158,0	156,6	152,3	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,631			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,836			0,550		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	1,040			0,733		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	1,245			0,916		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	1,449			1,099		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	1,654			1,283		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	1,858			1,466		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	2,063			1,649		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	2,268			1,832		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	2,472			2,016		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	2,661			2,184		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	2,849			2,353		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	3,038			2,521		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	3,226			2,690		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	3,414			2,858		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	3,603			3,027		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	3,791			3,195		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	3,980			3,364		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	4,168			3,532		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	4,357			3,701		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	4,545			3,869		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	4,734			4,038		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	4,734			4,038		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	4,734			4,038		

Punto 4 – Tabella 3

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L2			L3		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,550			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,733			0,550		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,916			0,733		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	1,099			0,916		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	1,283			1,099		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	1,466			1,283		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	1,649			1,466		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	1,832			1,649		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	2,001			1,818		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	2,169			1,986		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	2,338			2,155		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	2,506			2,323		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	2,675			2,492		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	2,843			2,660		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	3,012			2,829		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	3,180			2,997		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	3,349			3,166		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	3,517			3,334		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	3,686			3,503		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	3,854			3,671		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	3,854			3,671		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	3,854			3,671		

Punto 4 – Tabella 4

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L4			L5		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,550			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,733			0,550		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,916			0,733		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	1,099			0,916		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	1,283			1,099		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	1,466			1,283		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	1,634			1,451		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	1,803			1,620		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,971			1,788		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	2,140			1,957		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	2,308			2,125		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	2,477			2,294		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	2,645			2,462		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	2,814			2,631		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	2,982			2,799		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	3,151			2,968		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	3,319			3,136		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	3,488			3,305		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	3,488			3,305		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	3,488			3,305		

Punto 4 – Tabella 5

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L6			L7		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,550			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,733			0,550		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,916			0,733		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	1,099			0,916		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	1,268			1,085		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	1,436			1,253		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,605			1,422		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,773			1,590		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,942			1,759		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	2,110			1,927		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	2,279			2,096		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	2,447			2,264		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	2,616			2,433		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	2,784			2,601		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	2,953			2,770		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	3,121			2,938		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	3,121			2,938		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	3,121			2,938		

Punto 4 – Tabella 6

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L8			L9		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,550			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,733			0,550		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,901			0,718		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	1,070			0,887		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	1,238			1,055		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,407			1,224		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,575			1,392		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,744			1,561		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,912			1,729		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	2,081			1,898		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	2,249			2,066		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	2,418			2,235		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	2,586			2,403		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,755			2,572		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,755			2,572		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,755			2,572		

Punto 4 – Tabella 7

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L10			L11		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,535			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,703			0,520		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,872			0,689		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	1,040			0,857		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,209			1,026		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,377			1,194		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,546			1,363		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,714			1,531		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,883			1,700		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	2,052			1,868		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	2,220			2,037		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,389			2,205		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,389			2,205		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,389			2,205		

Punto 4 – Tabella 8

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L12			L13		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,632			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,843			0,632		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	1,054			0,843		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	1,265			1,054		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,476			1,265		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,686			1,476		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,897			1,686		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	2,108			1,897		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	2,319			2,108		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,529			2,319		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,529			2,319		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,529			2,319		

Punto 4 – Tabella 9

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L14			L15		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,632			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,843			0,632		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	1,054			0,843		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	1,265			1,054		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,476			1,265		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,686			1,476		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,897			1,686		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	2,108			1,897		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	2,108			1,897		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	2,108			1,897		

Punto 4 – Tabella 10

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L16			L17		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,632			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,843			0,632		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	1,054			0,843		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	1,265			1,054		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,476			1,265		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,686			1,476		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,686			1,476		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,686			1,476		

Punto 4 – Tabella 11

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L18			L19		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,000			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,000			0,000		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,632			0,000		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,843			0,632		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	1,054			0,843		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	1,265			1,054		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	1,265			1,054		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	1,265			1,054		

Punto 4 – Tabella 12

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L20			L21		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,000			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,000			0,000		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,000			0,000		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,000			0,000		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,632			0,000		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,843			0,632		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,843			0,632		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,843			0,632		

Punto 4 – Tabella 13

			SEZIONE CARICATA			SEZIONE CARICATA		
			L22			L23		
			A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
			m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
			1277,2	199,0	154,6	1277,2	199,0	154,6
tempo	attività		σ			σ		
			[Mpa]			[Mpa]		
t <sub>2</sub>	getto L-2	-	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L-1	-	0,000			0,000		
t <sub>0</sub>	getto L0	carico L-2	0,000			0,000		
t <sub>1</sub>	getto L1	carico L-1	0,000			0,000		
t <sub>2</sub>	getto L2	carico L0	0,000			0,000		
t <sub>3</sub>	getto L3	carico L1	0,000			0,000		
t <sub>4</sub>	getto L4	carico L2	0,000			0,000		
t <sub>5</sub>	getto L5	carico L3	0,000			0,000		
t <sub>6</sub>	getto L6	carico L4	0,000			0,000		
t <sub>7</sub>	getto L7	carico L5	0,000			0,000		
t <sub>8</sub>	getto L8	carico L6	0,000			0,000		
t <sub>9</sub>	getto L9	carico L7	0,000			0,000		
t <sub>10</sub>	getto L10	carico L8	0,000			0,000		
t <sub>11</sub>	getto L11	carico L9	0,000			0,000		
t <sub>12</sub>	getto L12	carico L10	0,000			0,000		
t <sub>13</sub>	getto L13	carico L11	0,000			0,000		
t <sub>14</sub>	getto L14	carico L12	0,000			0,000		
t <sub>15</sub>	getto L15	carico L13	0,000			0,000		
t <sub>16</sub>	getto L16	carico L14	0,000			0,000		
t <sub>17</sub>	getto L17	carico L15	0,000			0,000		
t <sub>18</sub>	getto L18	carico L16	0,000			0,000		
t <sub>19</sub>	getto L19	carico L17	0,000			0,000		
t <sub>20</sub>	getto L20	carico L18	0,000			0,000		
t <sub>21</sub>	getto L21	carico L19	0,000			0,000		
t <sub>22</sub>	getto L22	carico L20	0,000			0,000		
t <sub>23</sub>	getto L23	carico L21	0,000			0,000		
t <sub>24</sub>	getto L24	carico L22	0,422			0,000		
t <sub>25</sub>	-	carico L23	0,422			0,211		

**Deformazioni viscoso ed elastiche nelle colonne – metodo  
*staged construction***

**Tabella 1**

	102	103	104	106	107	108	109	110	113
PIANO	$\delta_c(t,t_0)$								
[-]	[mm]								
-2	0,879	0,821	1,166	0,771	0,650	0,690	0,700	0,914	0,856
-1	1,262	1,179	1,677	1,109	0,935	0,993	1,008	1,321	1,235
0	1,827	1,705	2,432	2,123	2,005	2,137	2,170	2,546	2,661
1	1,102	1,027	1,469	1,412	1,341	1,435	1,457	1,710	1,784
2	1,059	0,987	1,412	1,342	1,279	1,375	1,396	1,640	1,703
3	1,015	0,947	1,355	1,271	1,218	1,314	1,335	1,568	1,621
4	0,972	0,906	1,298	1,324	1,156	1,254	1,273	1,497	1,540
5	0,929	0,866	1,240	1,246	1,094	1,192	1,212	1,425	1,458
6	0,885	0,825	1,182	1,167	1,031	1,131	1,150	1,353	1,375
7	0,866	0,808	1,158	1,159	1,136	1,255	1,275	1,503	1,516
8	0,821	0,765	1,097	1,075	1,064	1,184	1,204	1,419	1,421
9	0,775	0,722	1,037	0,990	0,991	1,113	1,132	1,335	1,325
10	0,729	0,679	0,976	0,905	0,918	1,041	1,059	1,251	1,228
11	0,683	0,636	0,914	0,819	0,844	1,019	0,987	1,166	1,130
12	0,740	0,689	0,991	0,733	0,807	0,944	0,959	1,080	1,032
13	0,687	0,640	0,921	0,645	0,729	0,868	0,883	0,994	0,934
14	0,634	0,591	0,850	0,556	0,651	0,791	0,805	0,907	0,834
15	0,581	0,541	0,778	0,466	0,572	0,714	0,727	0,820	0,734
16	0,609	0,567	0,816	0,430	0,490	0,600	0,652	0,858	0,664
17	0,546	0,508	0,731	0,322	0,407	0,522	0,570	0,752	0,554
18	0,482	0,449	0,645	0,214	0,325	0,443	0,488	0,645	0,443
19	0,417	0,388	0,558	0,093	0,218	0,366	0,371	0,483	0,291
20	0,351	0,327	0,470	-	0,145	0,290	0,294	0,383	0,194
21	0,283	0,264	0,379	-	0,073	0,215	0,218	0,284	0,097
22	0,214	0,199	0,287	-	-	0,143	0,145	0,189	-
23	0,143	0,133	0,191	-	-	0,072	0,073	0,095	-
24	0,071	0,066	0,096	-	-	-	-	-	-

**Tabella 2**

	114	115	116	117	118	119	120	121	122
PIANO	$\delta_c(t,t_0)$								
[-]	[mm]								
-2	0,819	0,481	0,702	0,730	0,730	0,702	0,593	0,780	0,784
-1	1,180	0,690	1,003	1,043	1,043	1,003	0,855	1,127	1,131
0	2,542	1,311	1,907	1,983	1,983	1,906	1,639	2,439	2,440
1	1,703	0,870	1,277	1,328	1,328	1,277	1,097	1,640	1,634
2	1,626	0,828	1,225	1,272	1,272	1,225	1,051	1,572	1,560
3	1,548	0,785	1,172	1,216	1,216	1,172	1,005	1,503	1,486
4	1,470	0,743	1,119	1,159	1,159	1,119	0,958	1,434	1,411
5	1,392	0,700	1,065	1,103	1,103	1,065	0,911	1,365	1,335
6	1,313	0,657	1,012	1,046	1,046	1,011	0,864	1,296	1,260
7	1,447	0,720	1,124	1,160	1,160	1,124	0,959	1,438	1,389
8	1,356	0,671	1,062	1,094	1,094	1,062	0,905	1,358	1,301
9	1,264	0,621	1,000	1,028	1,028	1,000	0,851	1,277	1,213
10	1,172	0,571	0,938	0,962	0,962	0,938	0,797	1,196	1,124
11	1,079	0,521	0,875	0,895	0,895	0,875	0,742	1,115	1,035
12	0,985	0,470	0,812	0,923	0,923	0,812	0,687	1,033	0,945
13	0,891	0,465	0,749	0,849	0,849	0,749	0,631	0,950	0,855
14	0,796	0,409	0,685	0,774	0,774	0,685	0,575	0,867	0,764
15	0,700	0,352	0,620	0,699	0,699	0,620	0,519	0,784	0,672
16	0,634	0,308	0,619	0,614	0,614	0,619	0,542	0,740	0,608
17	0,529	0,246	0,544	0,533	0,533	0,544	0,474	0,647	0,507
18	0,423	0,184	0,469	0,453	0,453	0,469	0,406	0,555	0,406
19	0,277	0,106	0,393	0,374	0,374	0,393	0,304	0,415	0,266
20	0,185	0,053	0,316	0,296	0,296	0,316	0,241	0,328	0,177
21	0,092	-	0,237	0,220	0,220	0,237	0,179	0,243	0,089
22	-	-	0,157	0,147	0,147	0,157	0,119	0,162	-
23	-	-	0,069	0,073	0,073	0,069	0,060	0,117	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Deformazioni di ritiro

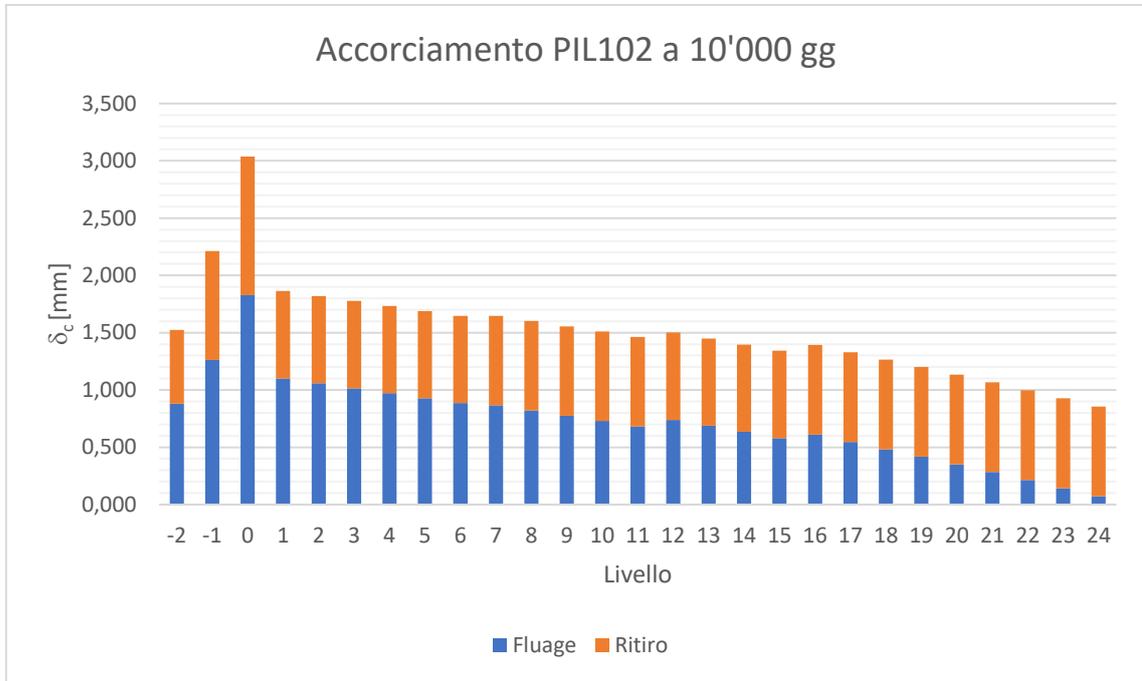
**Tabella 1**

	102	103	104	106	107	108	109	110	113
PIANO	$\delta_c(t,t_0)$								
[-]	[mm]								
-2	0,646	0,646	0,646	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654
-1	0,951	0,951	0,951	0,963	0,963	0,963	0,963	0,963	0,963
0	1,211	1,211	1,211	1,129	1,129	1,084	1,084	1,129	1,084
1	0,761	0,761	0,761	0,694	0,694	0,667	0,667	0,694	0,667
2	0,761	0,761	0,761	0,694	0,694	0,667	0,667	0,694	0,667
3	0,761	0,761	0,761	0,694	0,694	0,667	0,667	0,694	0,667
4	0,761	0,761	0,761	0,694	0,694	0,667	0,667	0,694	0,667
5	0,761	0,761	0,761	0,694	0,694	0,667	0,667	0,694	0,667
6	0,761	0,761	0,761	0,694	0,694	0,667	0,667	0,694	0,667
7	0,781	0,781	0,781	0,694	0,694	0,669	0,669	0,694	0,669
8	0,781	0,781	0,781	0,694	0,694	0,669	0,669	0,694	0,669
9	0,781	0,781	0,781	0,694	0,694	0,669	0,669	0,694	0,669
10	0,781	0,781	0,781	0,694	0,694	0,669	0,669	0,694	0,669
11	0,781	0,781	0,781	0,694	0,694	0,669	0,669	0,694	0,669
12	0,762	0,762	0,762	0,694	0,694	0,652	0,652	0,694	0,669
13	0,762	0,762	0,762	0,694	0,694	0,652	0,652	0,694	0,669
14	0,762	0,762	0,762	0,694	0,694	0,652	0,652	0,694	0,669
15	0,762	0,762	0,762	0,694	0,694	0,652	0,652	0,694	0,669
16	0,784	0,784	0,784	0,682	0,682	0,647	0,668	0,682	0,686
17	0,784	0,784	0,784	0,682	0,682	0,647	0,668	0,682	0,686
18	0,784	0,784	0,784	0,682	0,682	0,647	0,668	0,682	0,686
19	0,784	0,784	0,784	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647
20	0,784	0,784	0,784	-	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647
21	0,784	0,784	0,784	-	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647
22	0,784	0,784	0,784	-	-	0,647	0,647	0,647	-
23	0,784	0,784	0,784	-	-	0,647	0,647	0,647	-
24	0,784	0,784	0,784	-	-	-	-	-	-

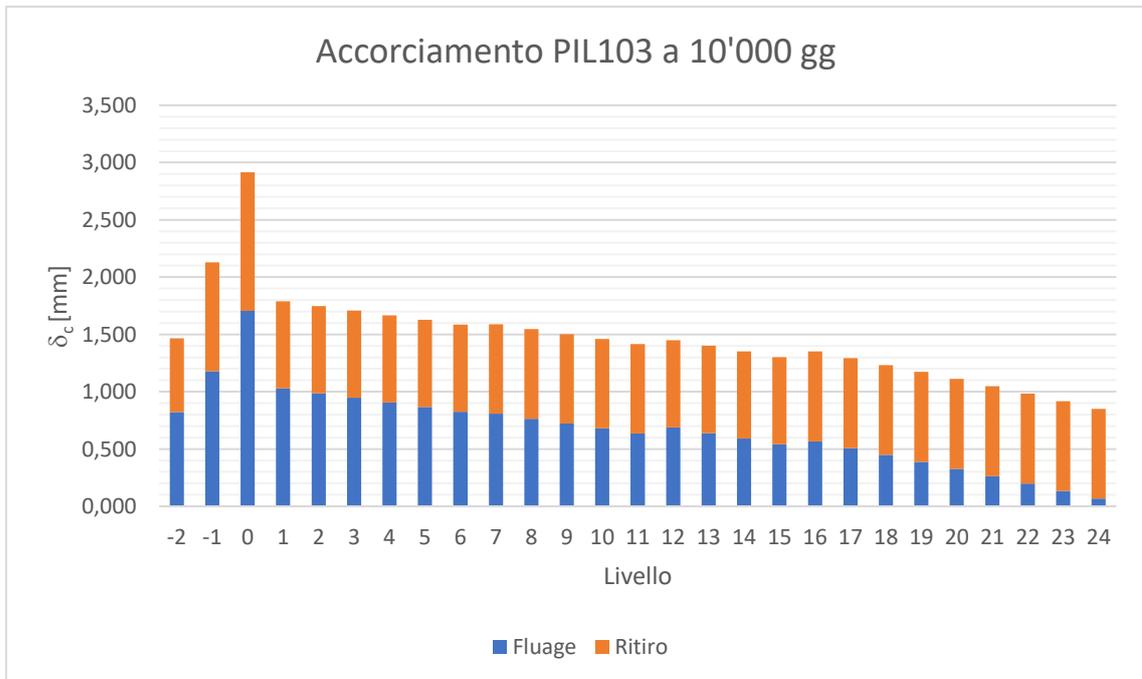
**Tabella 2**

	114	115	116	117	118	119	120	121	122
PIANO	$\delta_c(t,t_0)$								
[-]	[mm]								
-2	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654
-1	0,963	0,963	0,963	0,963	0,963	0,963	0,963	0,963	0,963
0	1,084	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,084	1,084
1	0,667	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694	0,667	0,667
2	0,667	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694	0,667	0,667
3	0,667	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694	0,667	0,667
4	0,667	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694	0,667	0,667
5	0,667	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694	0,667	0,667
6	0,667	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694	0,667	0,667
7	0,669	0,694	0,694	0,697	0,697	0,694	0,694	0,669	0,669
8	0,669	0,694	0,694	0,697	0,697	0,694	0,694	0,669	0,669
9	0,669	0,694	0,694	0,697	0,697	0,694	0,694	0,669	0,669
10	0,669	0,694	0,694	0,697	0,697	0,694	0,694	0,669	0,669
11	0,669	0,694	0,694	0,697	0,697	0,694	0,694	0,669	0,669
12	0,669	0,694	0,694	0,669	0,669	0,694	0,694	0,669	0,669
13	0,669	0,694	0,694	0,669	0,669	0,694	0,694	0,669	0,669
14	0,669	0,694	0,694	0,669	0,669	0,694	0,694	0,669	0,669
15	0,669	0,694	0,694	0,669	0,669	0,694	0,694	0,669	0,669
16	0,686	0,682	0,711	0,647	0,647	0,711	0,682	0,686	0,686
17	0,686	0,682	0,711	0,647	0,647	0,711	0,682	0,686	0,686
18	0,686	0,682	0,711	0,647	0,647	0,711	0,682	0,686	0,686
19	0,647	0,647	0,711	0,647	0,647	0,711	0,647	0,647	0,647
20	0,647	0,647	0,711	0,647	0,647	0,711	0,647	0,647	0,647
21	0,647	-	0,711	0,647	0,647	0,711	0,647	0,647	0,647
22	-	-	0,711	0,647	0,647	0,711	0,647	0,647	-
23	-	-	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-

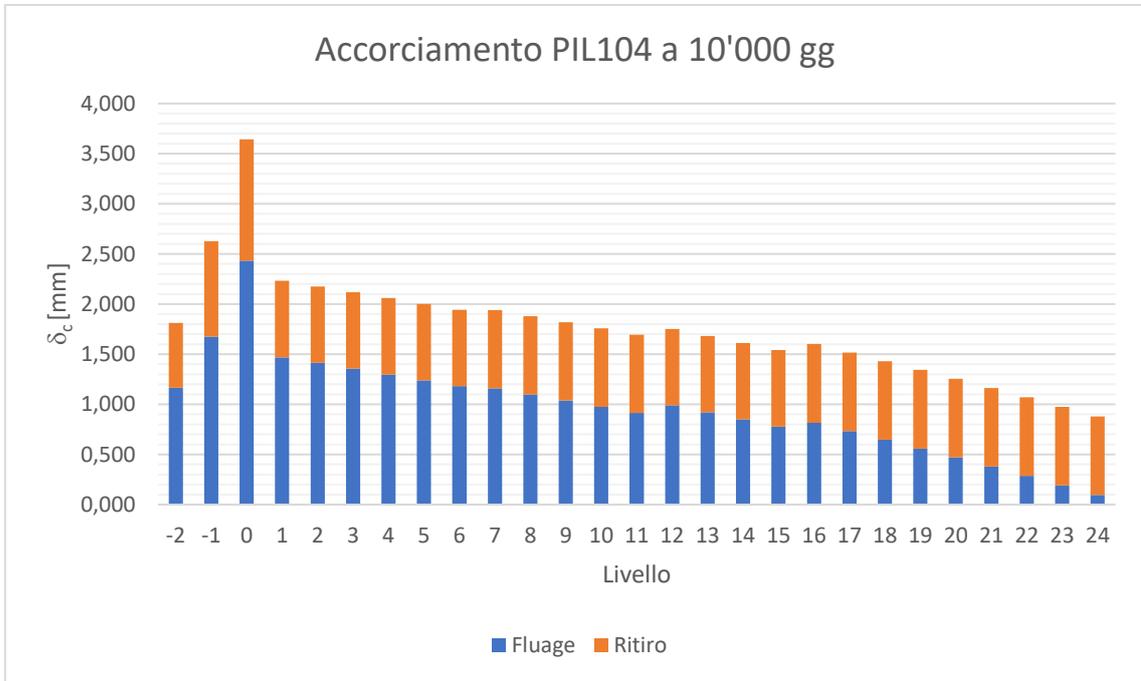
**Grafico 1**



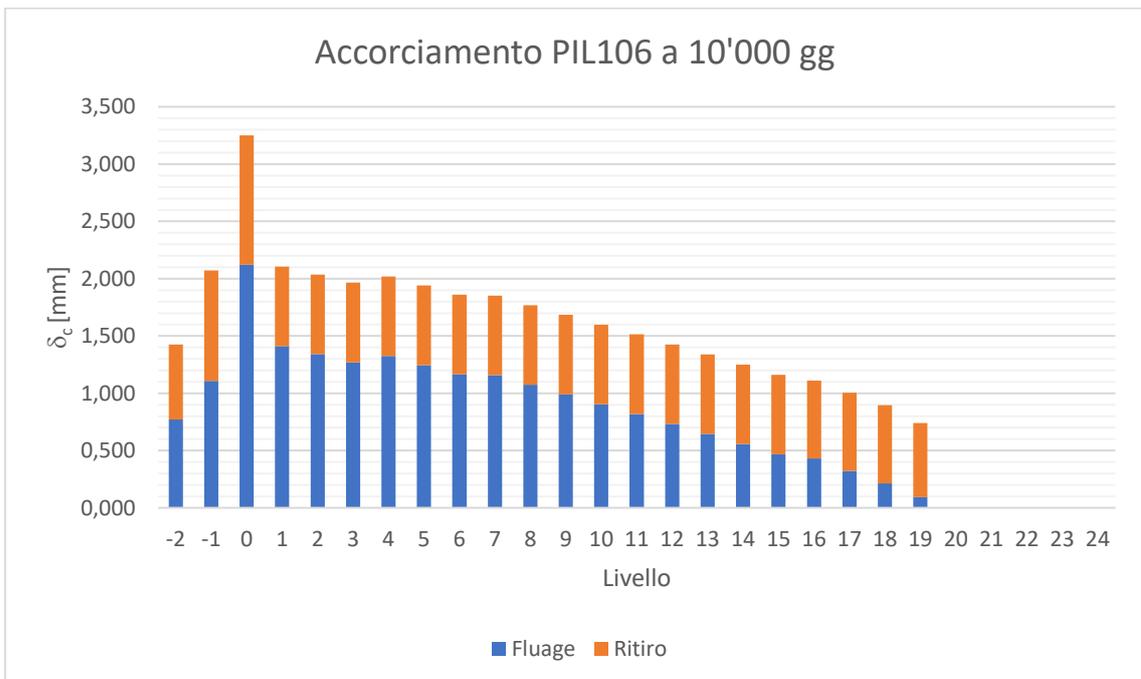
**Grafico 2**



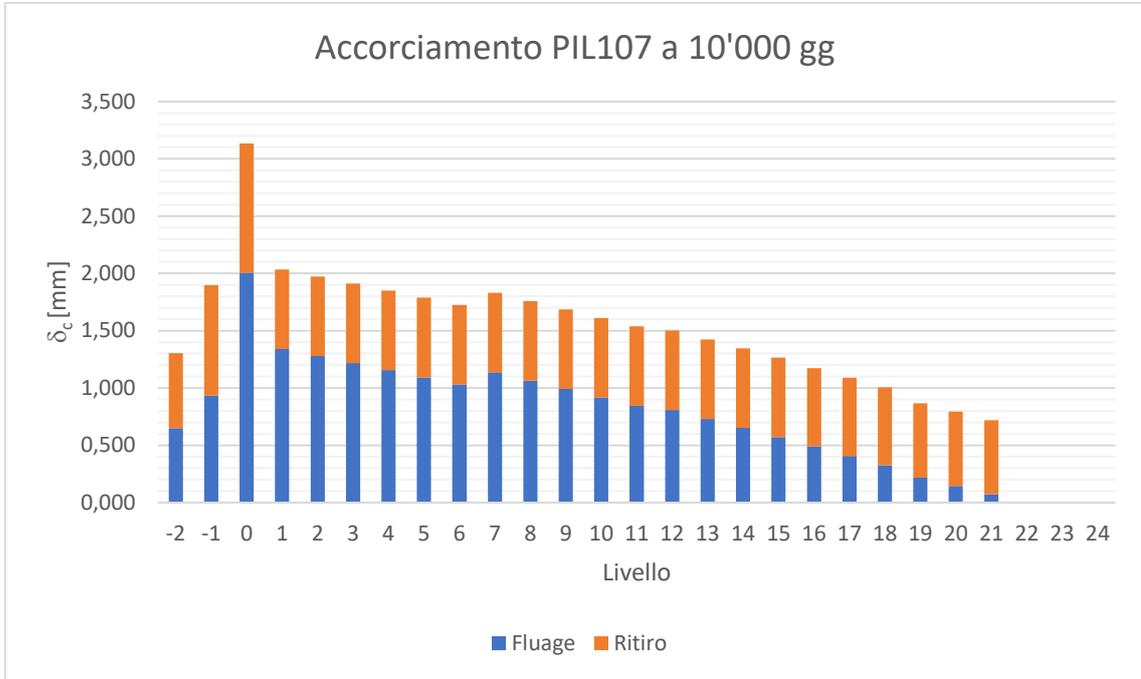
**Grafico 3**



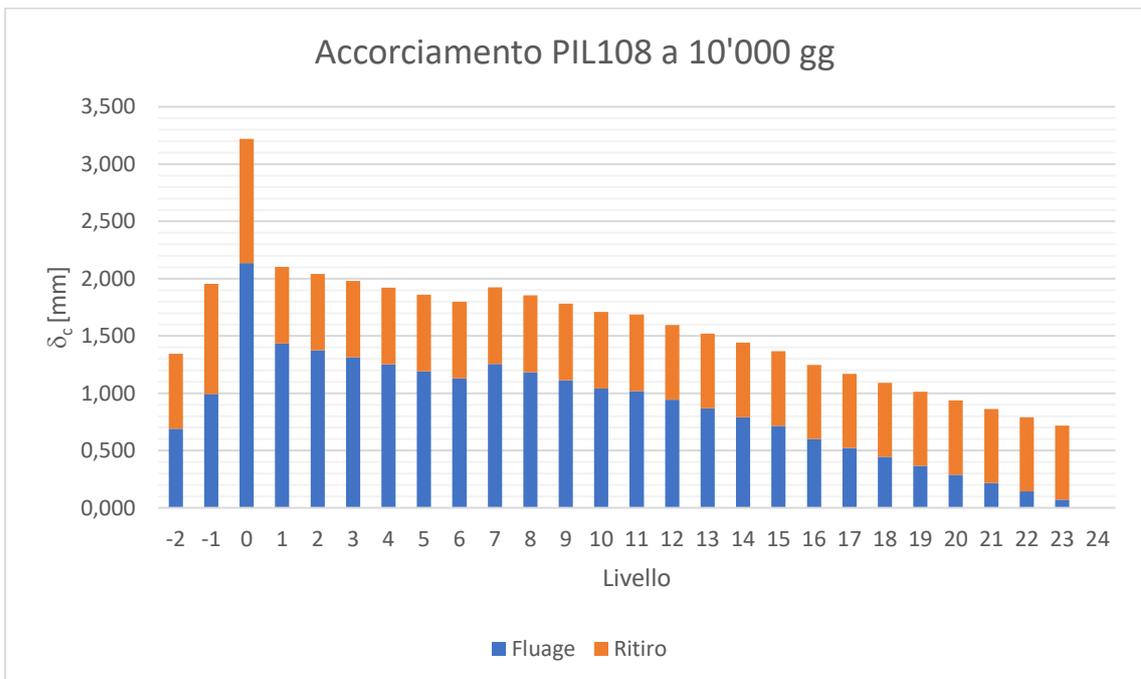
**Grafico 4**



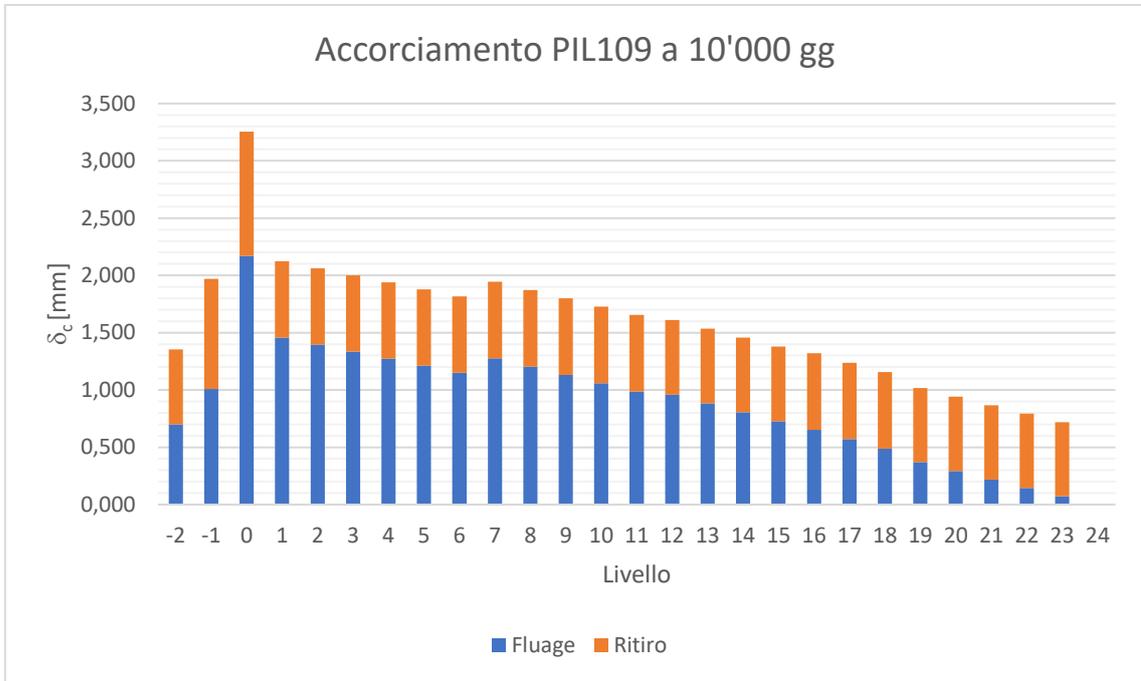
**Grafico 5**



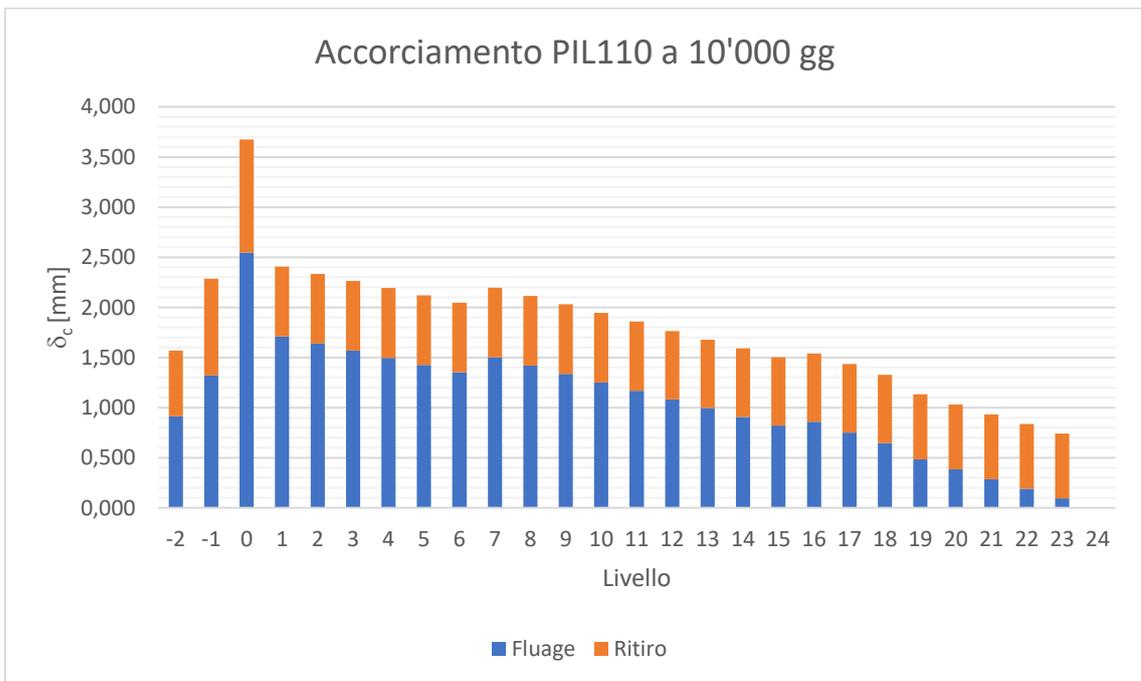
**Grafico 6**



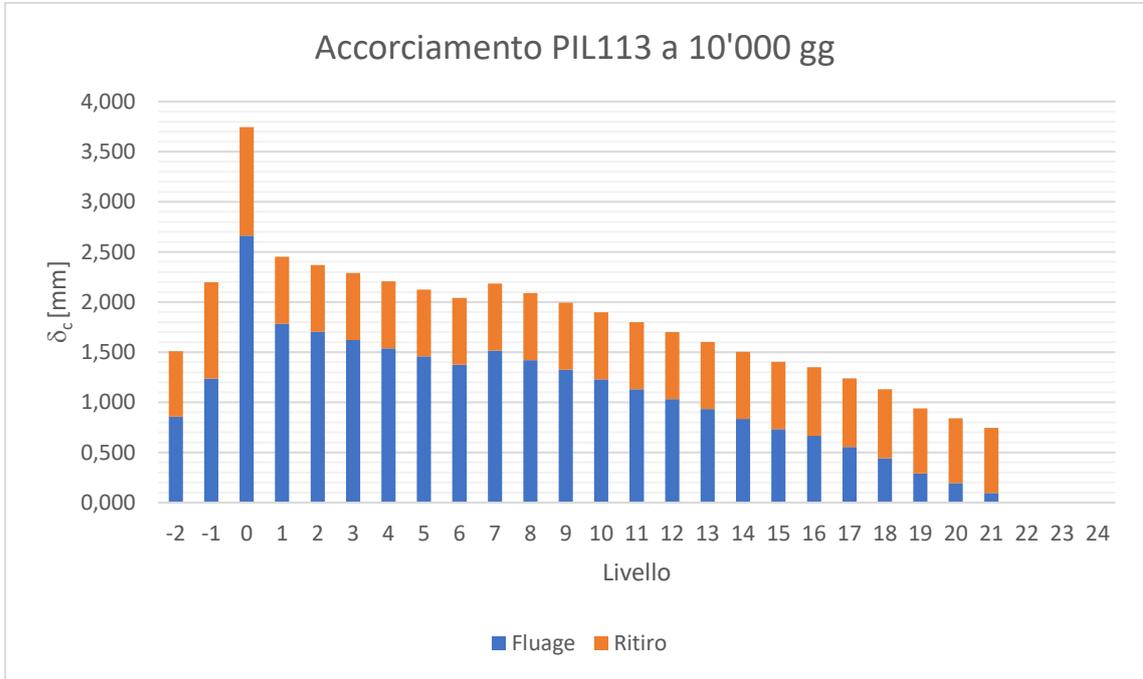
**Grafico 7**



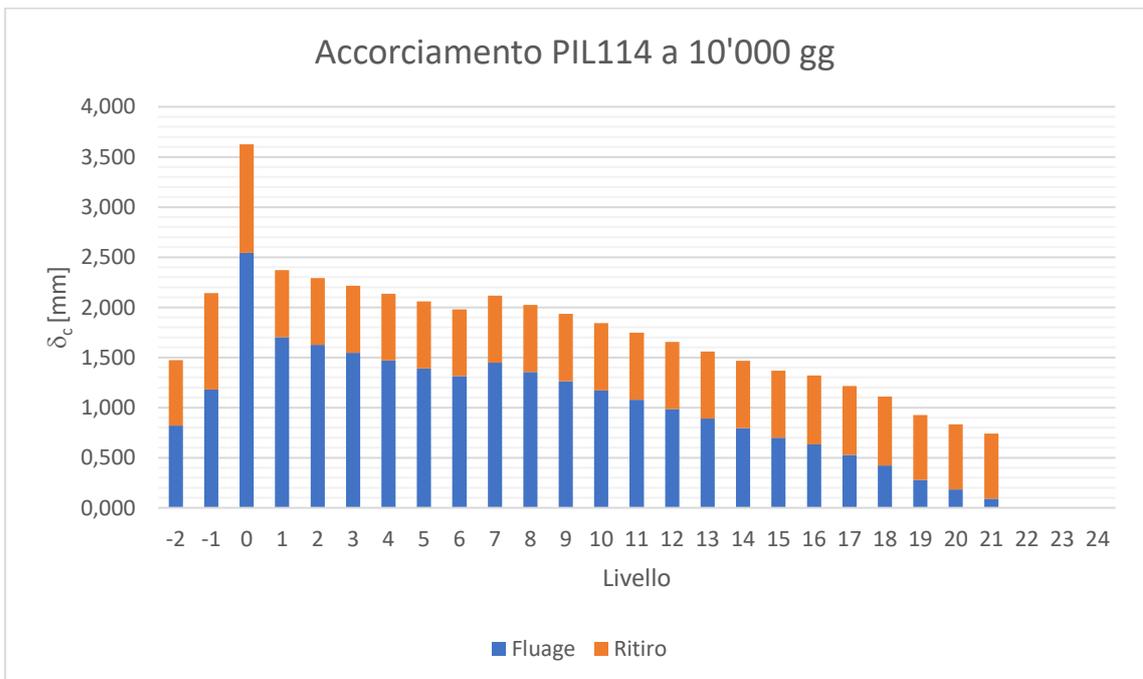
**Grafico 8**



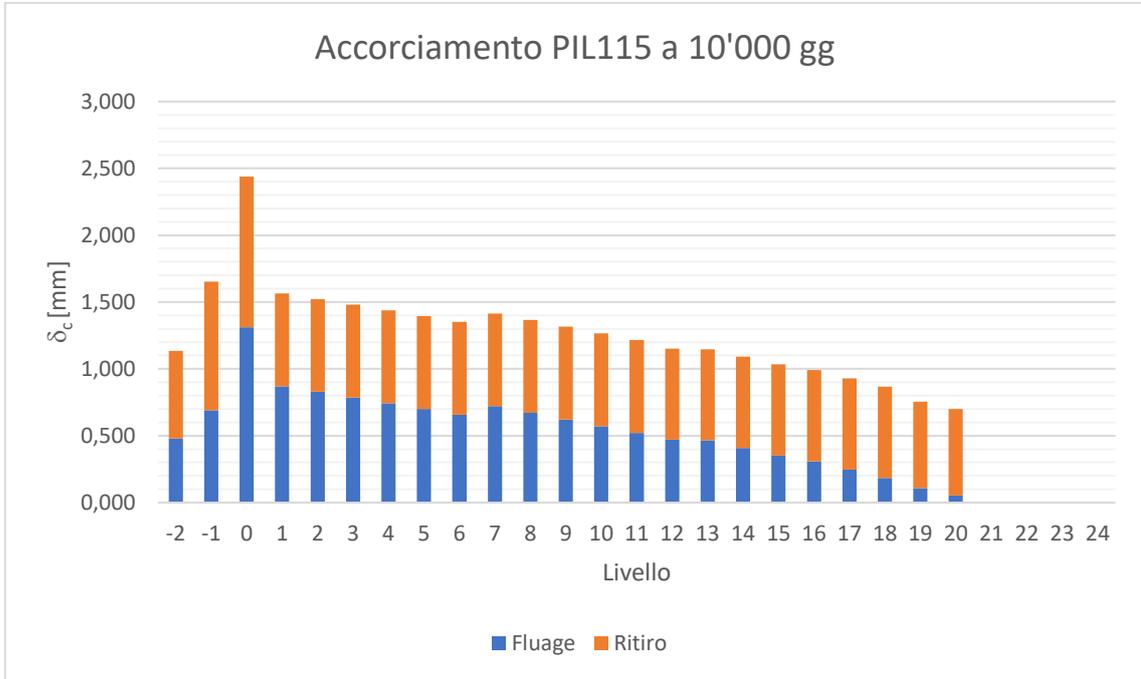
**Grafico 9**



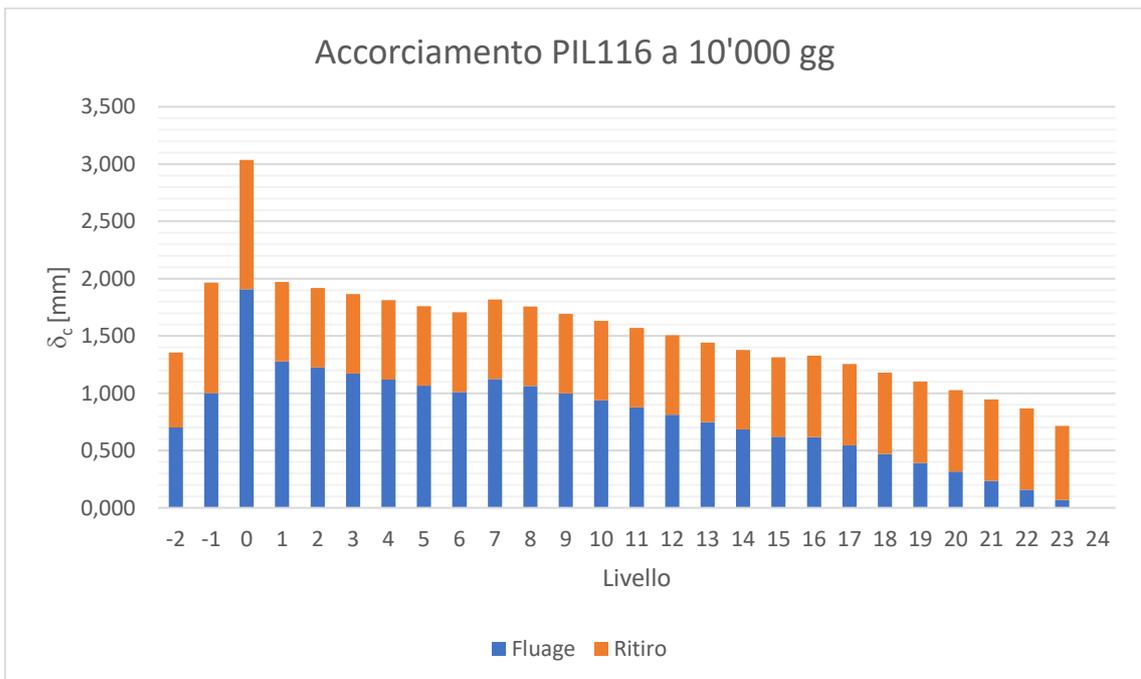
**Grafico 10**



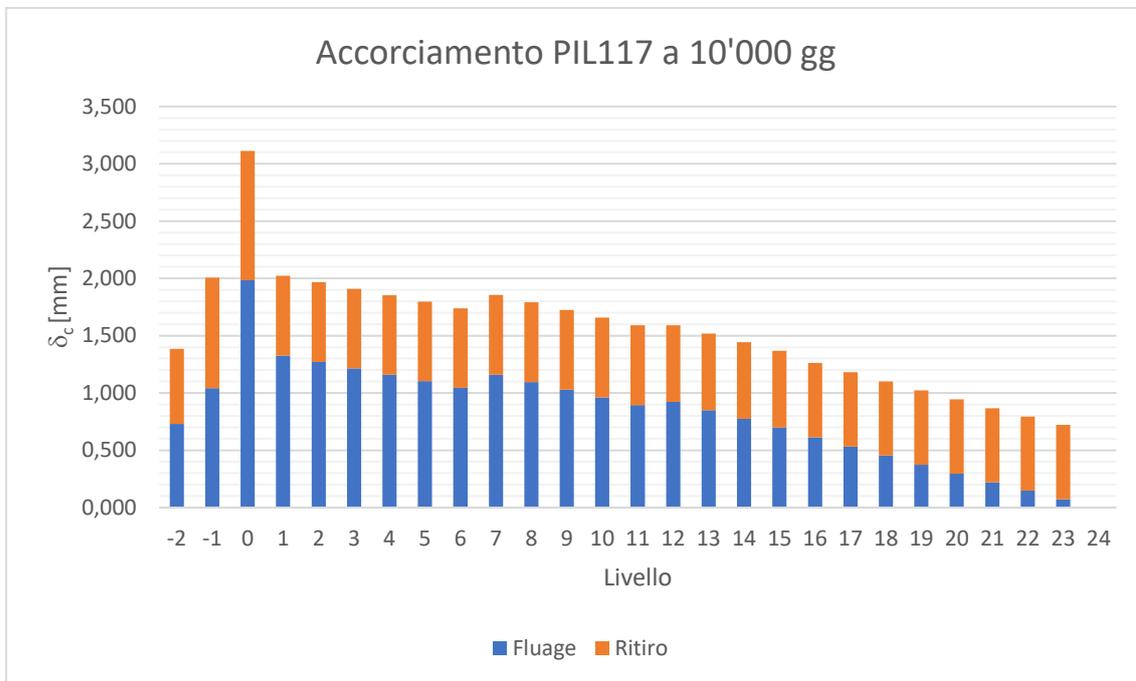
**Grafico 11**



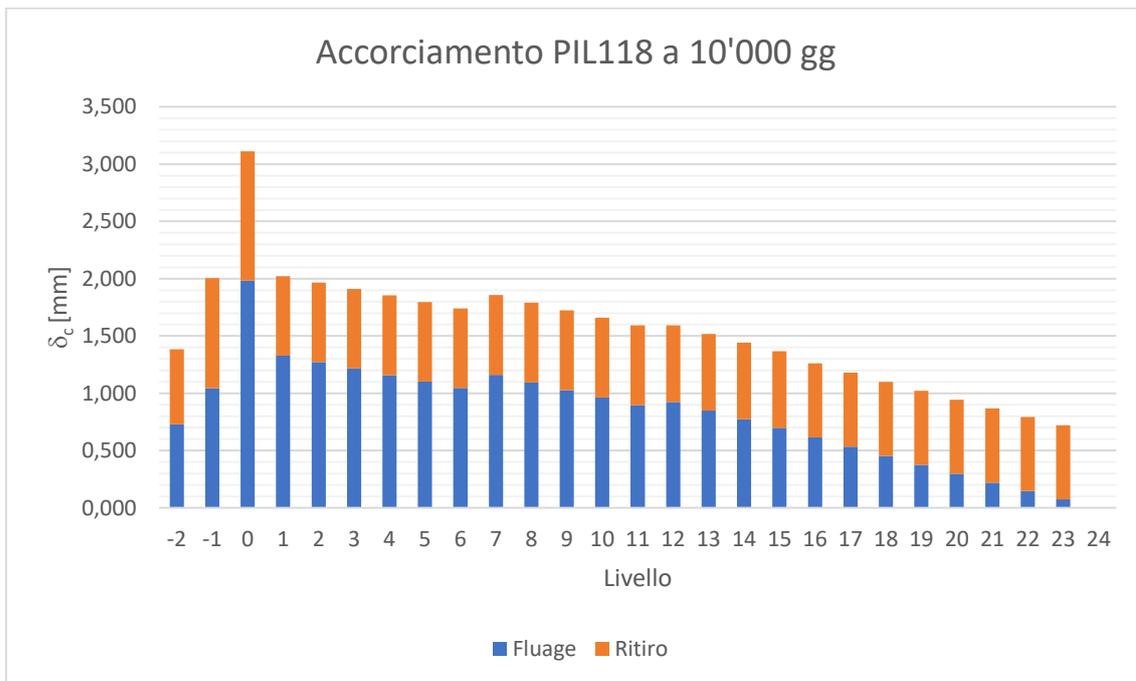
**Grafico 12**



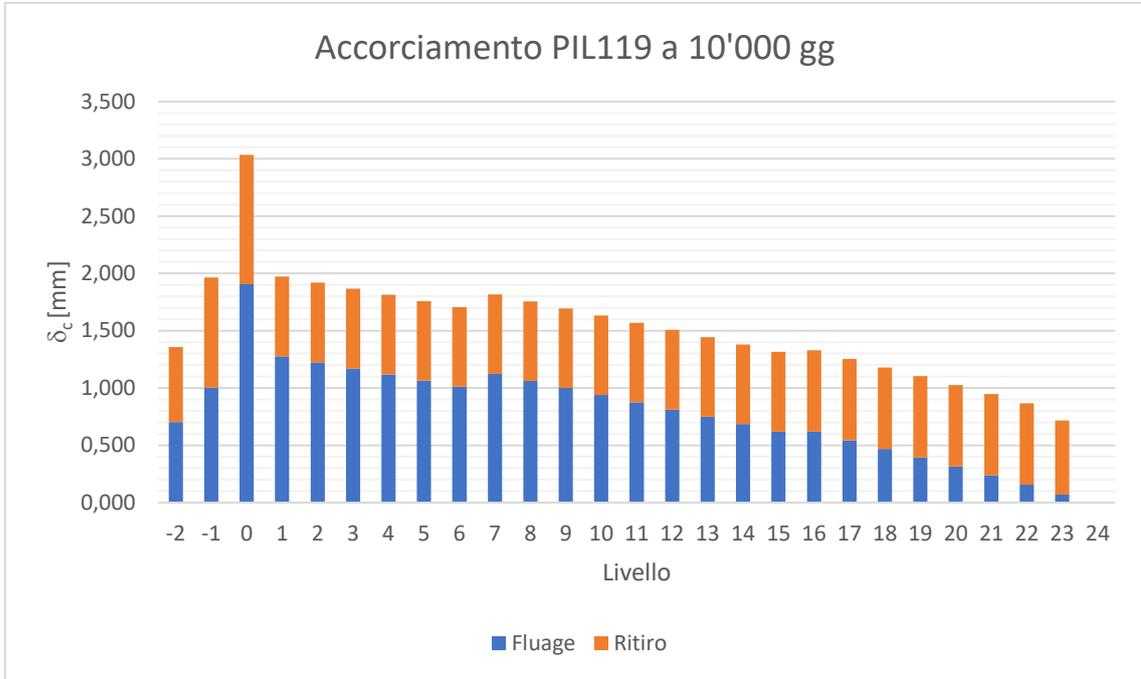
**Grafico 13**



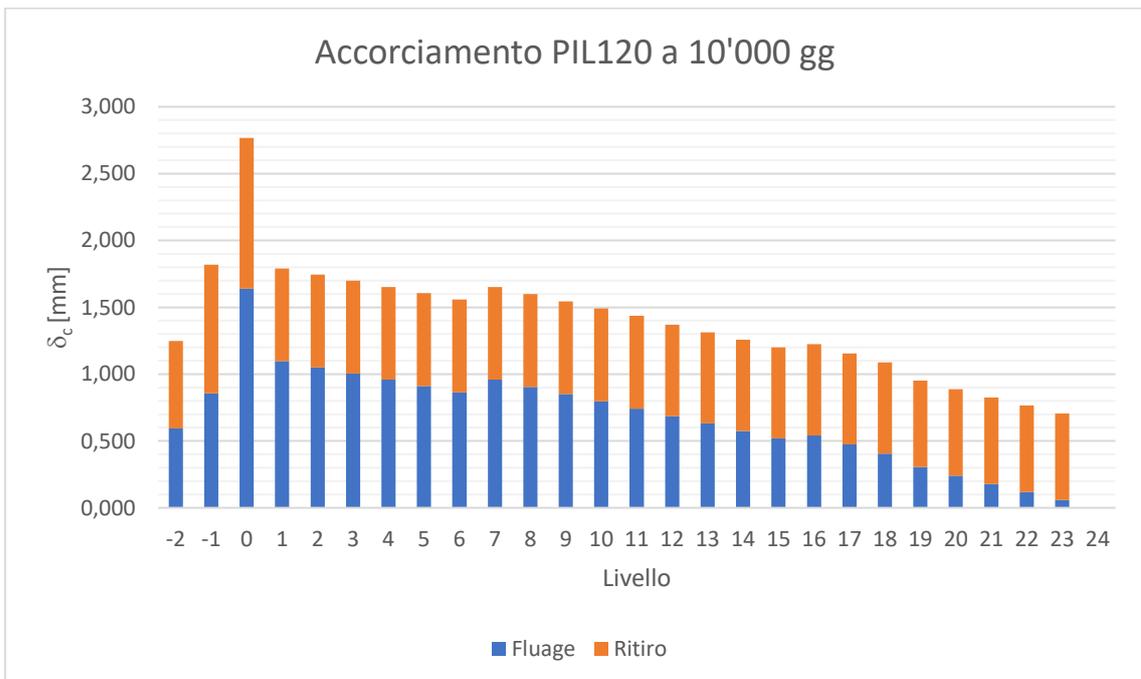
**Grafico 14**



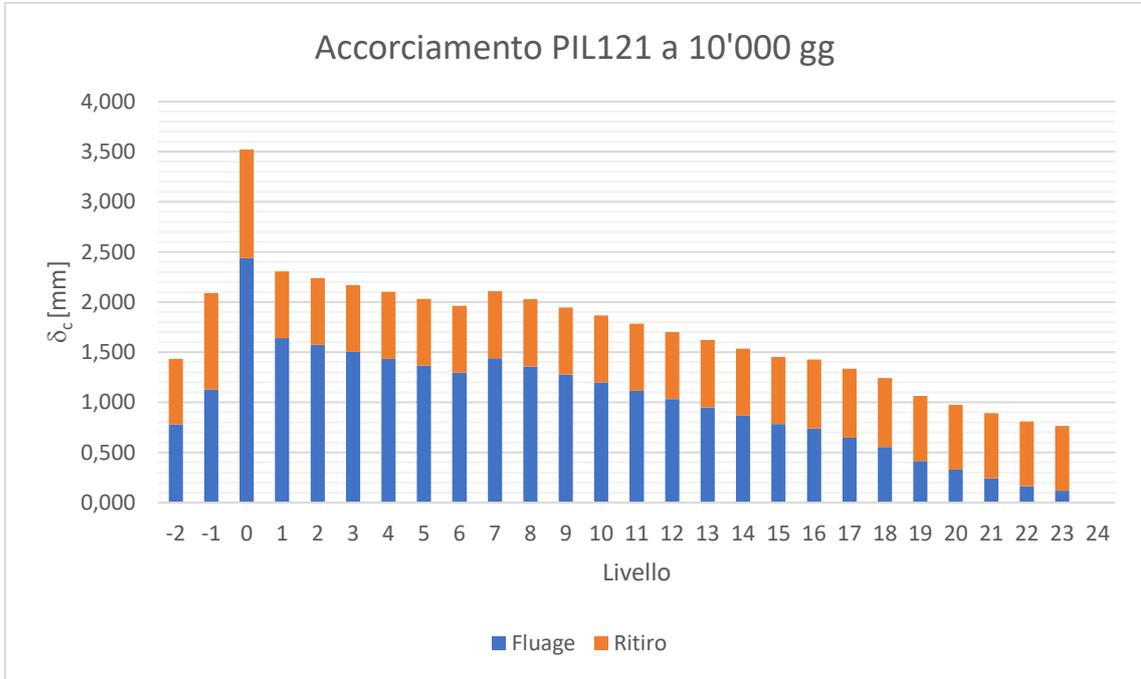
**Grafico 15**



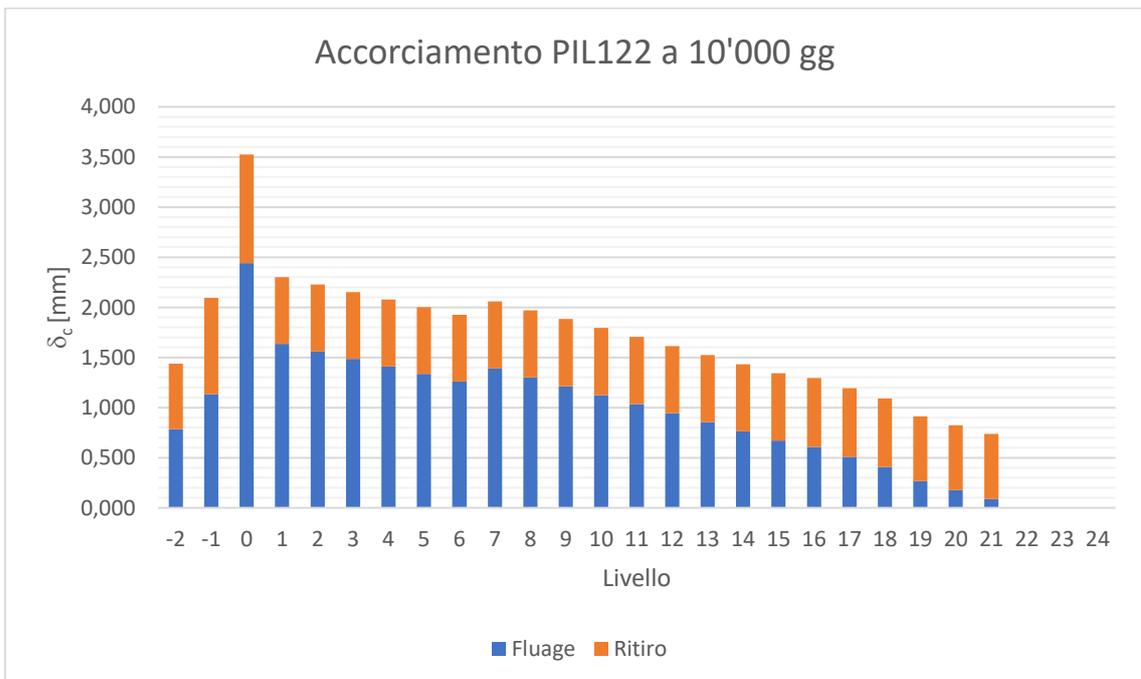
**Grafico 16**



**Grafico 17**



**Grafico 18**



**Deformazioni viscoso ed elastiche nelle colonne – metodo  
con carico applicato a 28 giorni**

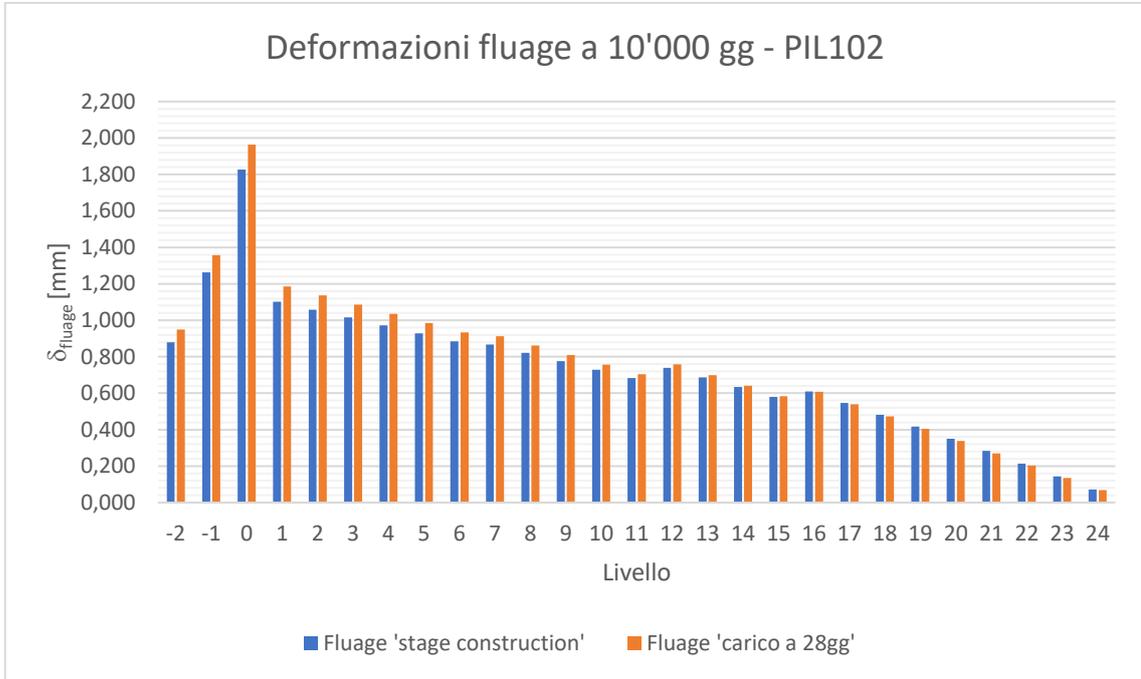
**Tabella 1**

	102	103	104	106	107	108	109	110	113
PIANO	$\delta_c(t,t_0)$								
[-]	[mm]								
-2	0,949	0,887	1,261	0,822	0,698	0,744	0,755	0,987	0,920
-1	1,357	1,267	1,804	1,176	0,998	1,066	1,082	1,420	1,319
0	1,963	1,832	2,615	2,233	2,103	2,253	2,288	2,713	2,792
1	1,186	1,106	1,583	1,482	1,404	1,511	1,535	1,820	1,869
2	1,136	1,059	1,516	1,402	1,336	1,444	1,467	1,739	1,778
3	1,086	1,012	1,449	1,323	1,268	1,376	1,398	1,657	1,688
4	1,035	0,965	1,382	1,366	1,199	1,309	1,330	1,576	1,598
5	0,985	0,918	1,315	1,280	1,131	1,241	1,261	1,495	1,508
6	0,934	0,871	1,248	1,194	1,062	1,174	1,193	1,414	1,418
7	0,913	0,851	1,220	1,184	1,166	1,298	1,319	1,564	1,557
8	0,861	0,802	1,151	1,092	1,088	1,220	1,241	1,471	1,453
9	0,809	0,754	1,082	1,000	1,009	1,143	1,162	1,377	1,349
10	0,757	0,705	1,013	0,908	0,930	1,065	1,083	1,284	1,245
11	0,705	0,656	0,944	0,817	0,852	1,035	1,005	1,191	1,140
12	0,758	0,706	1,015	0,725	0,810	0,955	0,971	1,097	1,036
13	0,699	0,651	0,937	0,633	0,729	0,874	0,889	1,004	0,932
14	0,641	0,597	0,859	0,541	0,647	0,794	0,808	0,910	0,828
15	0,583	0,543	0,781	0,449	0,566	0,714	0,727	0,817	0,723
16	0,607	0,565	0,813	0,423	0,492	0,610	0,655	0,856	0,659
17	0,540	0,503	0,723	0,317	0,410	0,534	0,572	0,748	0,548
18	0,472	0,440	0,633	0,211	0,327	0,457	0,490	0,639	0,437
19	0,405	0,377	0,542	0,099	0,232	0,381	0,386	0,504	0,309
20	0,337	0,314	0,452	-	0,155	0,305	0,309	0,403	0,206
21	0,270	0,251	0,362	-	0,077	0,229	0,232	0,302	0,103
22	0,202	0,188	0,271	-	-	0,152	0,155	0,201	-
23	0,135	0,126	0,181	-	-	0,076	0,077	0,101	-
24	0,067	0,063	0,090	-	-	-	-	-	-

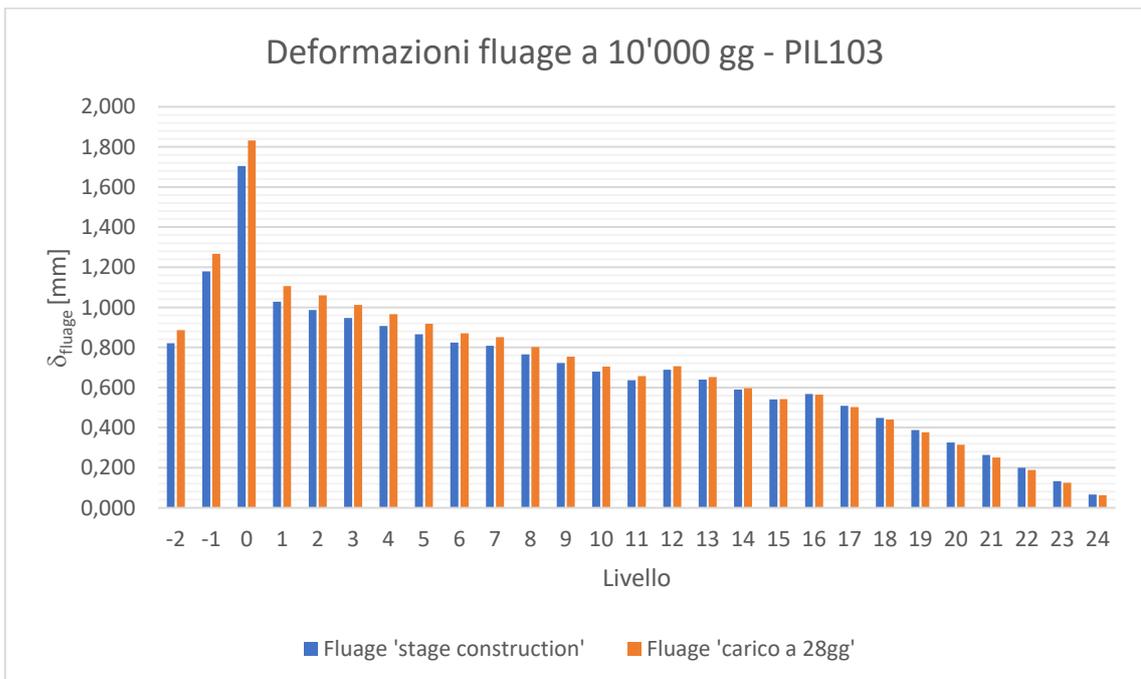
**Tabella 2**

	114	115	116	117	118	119	120	121	122
PIANO	$\delta_c(t,t_0)$								
[-]	[mm]								
-2	0,880	0,514	0,756	0,785	0,785	0,756	0,640	0,843	0,842
-1	1,260	0,732	1,076	1,118	1,118	1,076	0,918	1,212	1,209
0	2,667	1,382	2,032	2,111	2,111	2,032	1,745	2,572	2,560
1	1,784	0,915	1,360	1,412	1,412	1,359	1,166	1,728	1,712
2	1,698	0,868	1,299	1,348	1,348	1,299	1,114	1,651	1,630
3	1,612	0,820	1,239	1,284	1,284	1,239	1,061	1,574	1,547
4	1,525	0,773	1,179	1,220	1,220	1,178	1,008	1,498	1,464
5	1,439	0,725	1,118	1,156	1,156	1,118	0,955	1,421	1,381
6	1,353	0,677	1,058	1,092	1,092	1,058	0,903	1,345	1,298
7	1,486	0,739	1,171	1,207	1,207	1,170	0,998	1,488	1,426
8	1,387	0,685	1,102	1,134	1,134	1,101	0,937	1,399	1,331
9	1,287	0,631	1,032	1,060	1,060	1,032	0,877	1,311	1,235
10	1,188	0,577	0,963	0,987	0,987	0,963	0,817	1,223	1,140
11	1,088	0,523	0,894	0,914	0,914	0,894	0,757	1,135	1,044
12	0,989	0,468	0,825	0,935	0,935	0,825	0,697	1,046	0,949
13	0,889	0,461	0,756	0,856	0,856	0,756	0,637	0,958	0,853
14	0,790	0,403	0,687	0,777	0,777	0,687	0,577	0,870	0,758
15	0,690	0,345	0,618	0,697	0,697	0,618	0,517	0,782	0,662
16	0,629	0,305	0,614	0,624	0,624	0,614	0,540	0,738	0,603
17	0,523	0,243	0,537	0,546	0,546	0,536	0,472	0,644	0,501
18	0,417	0,181	0,459	0,468	0,468	0,459	0,403	0,550	0,400
19	0,295	0,113	0,382	0,390	0,390	0,382	0,316	0,433	0,283
20	0,197	0,057	0,305	0,312	0,312	0,305	0,253	0,346	0,189
21	0,098	-	0,228	0,234	0,234	0,228	0,190	0,259	0,094
22	-	-	0,150	0,156	0,156	0,150	0,127	0,172	-
23	-	-	0,073	0,078	0,078	0,073	0,063	0,122	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-

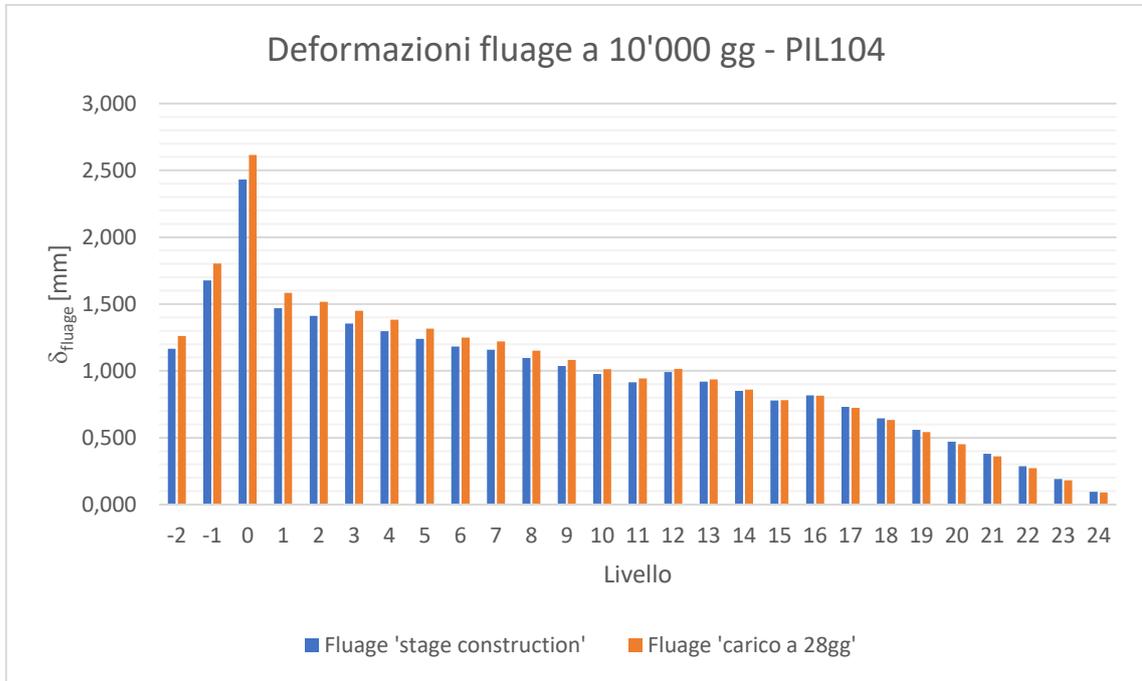
### Confronto tra i metodi - Grafico 1



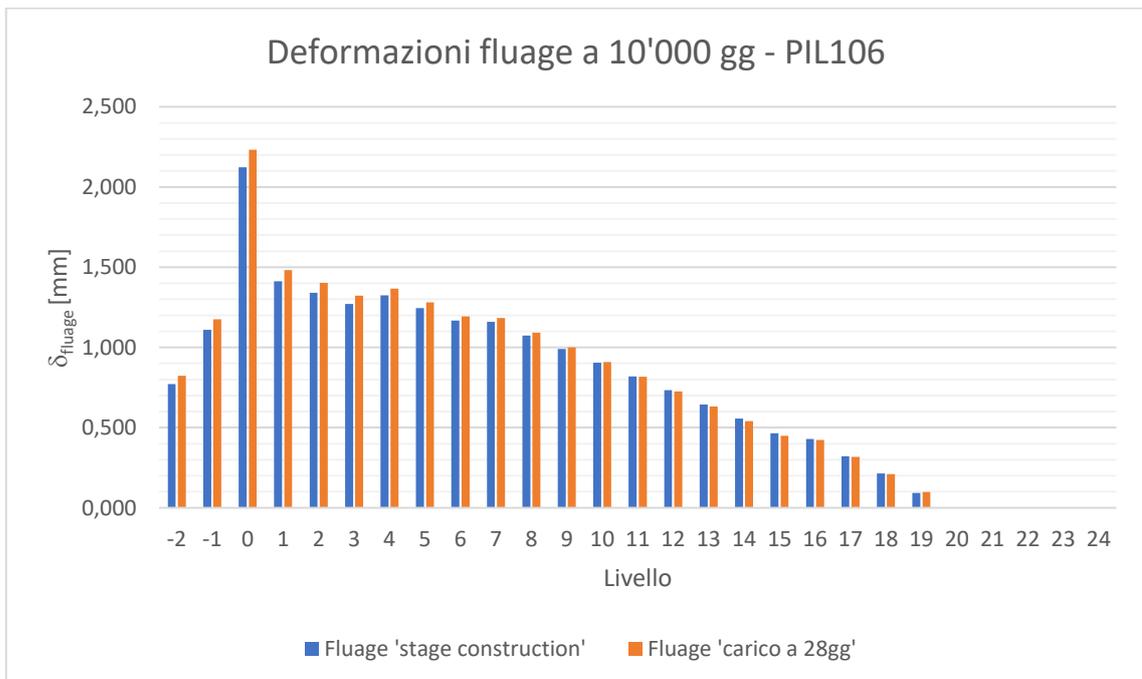
### Confronto tra i metodi - Grafico 2



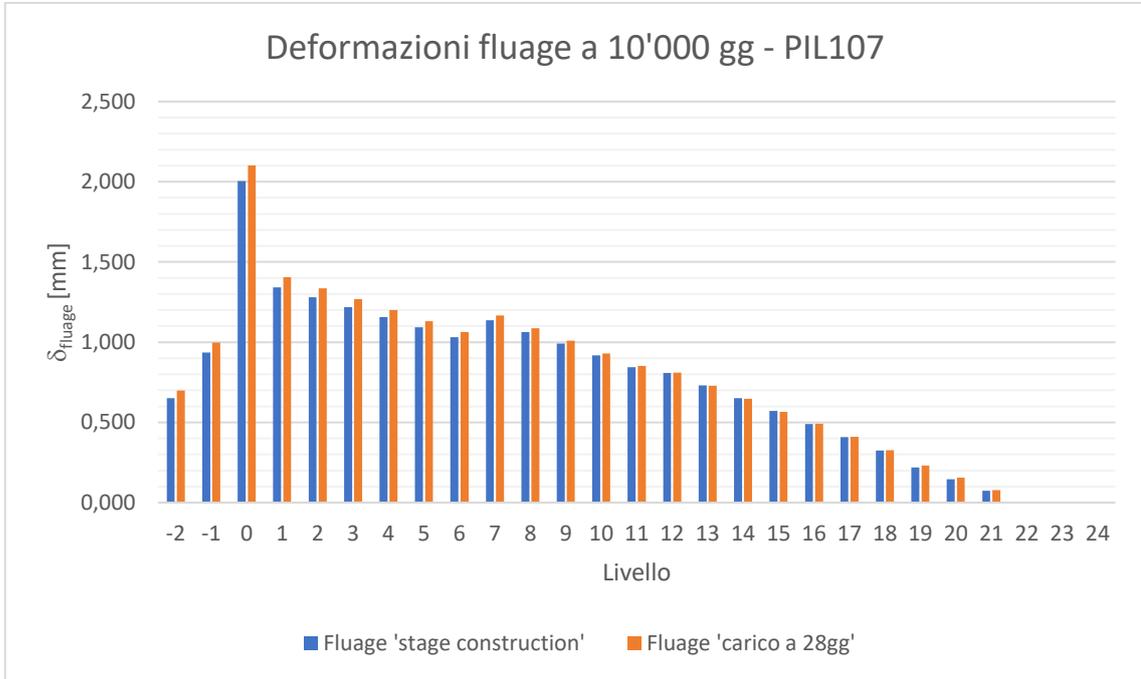
### Confronto tra i metodi - Grafico 3



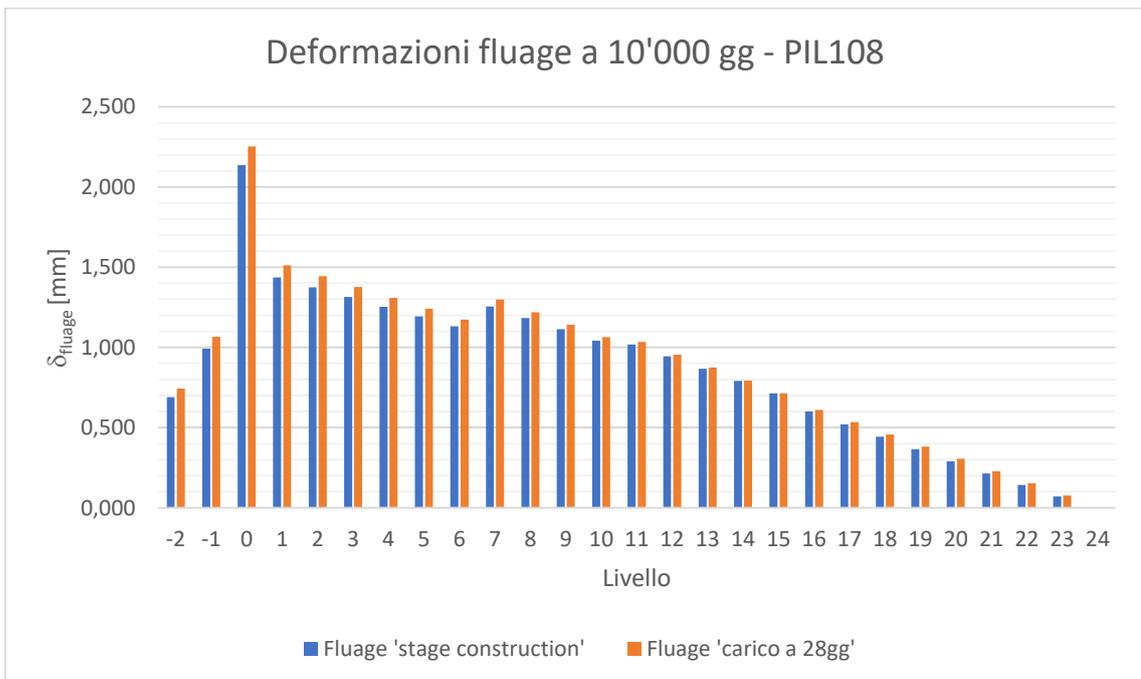
### Confronto tra i metodi - Grafico 4



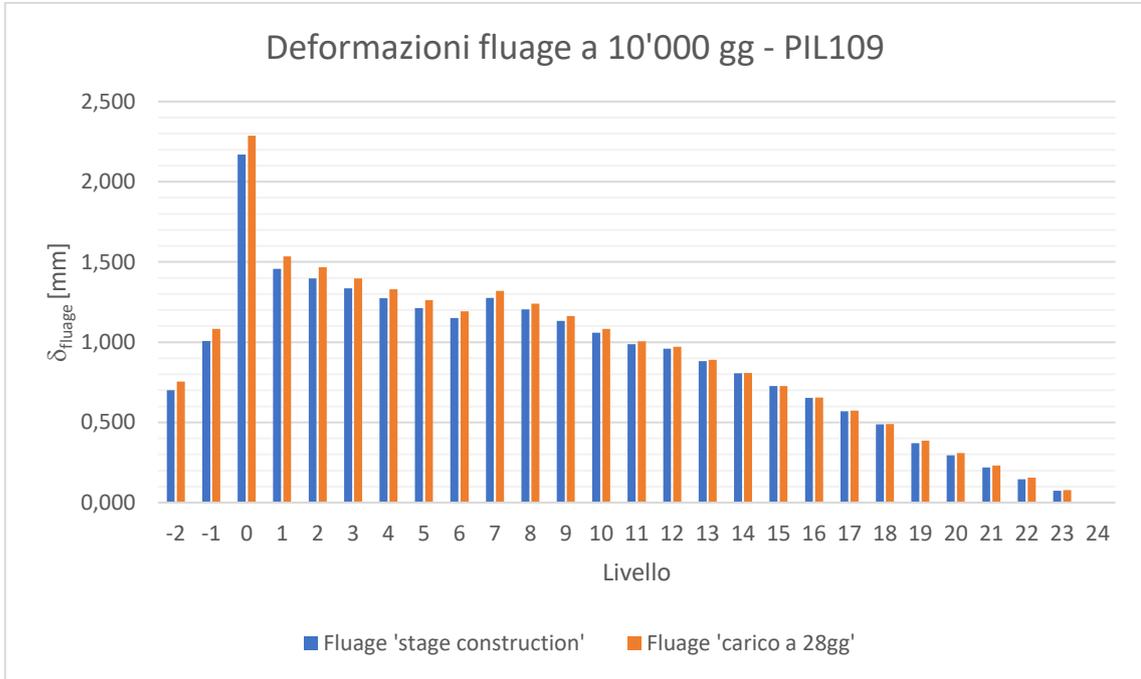
### Confronto tra i metodi - Grafico 5



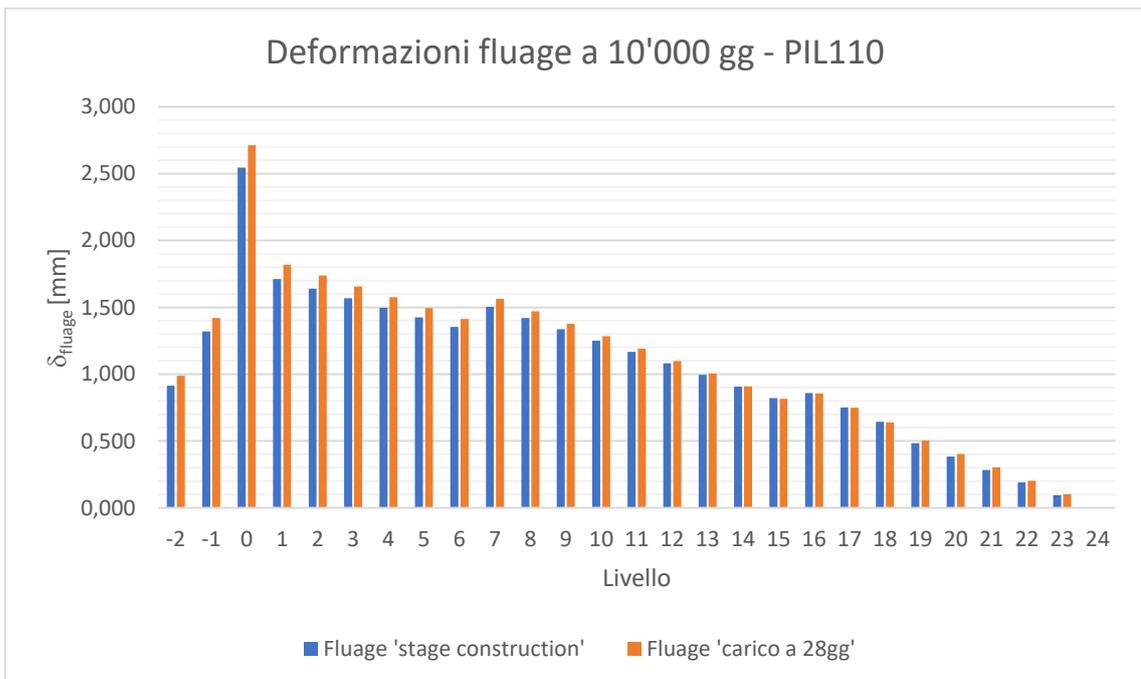
### Confronto tra i metodi - Grafico 6



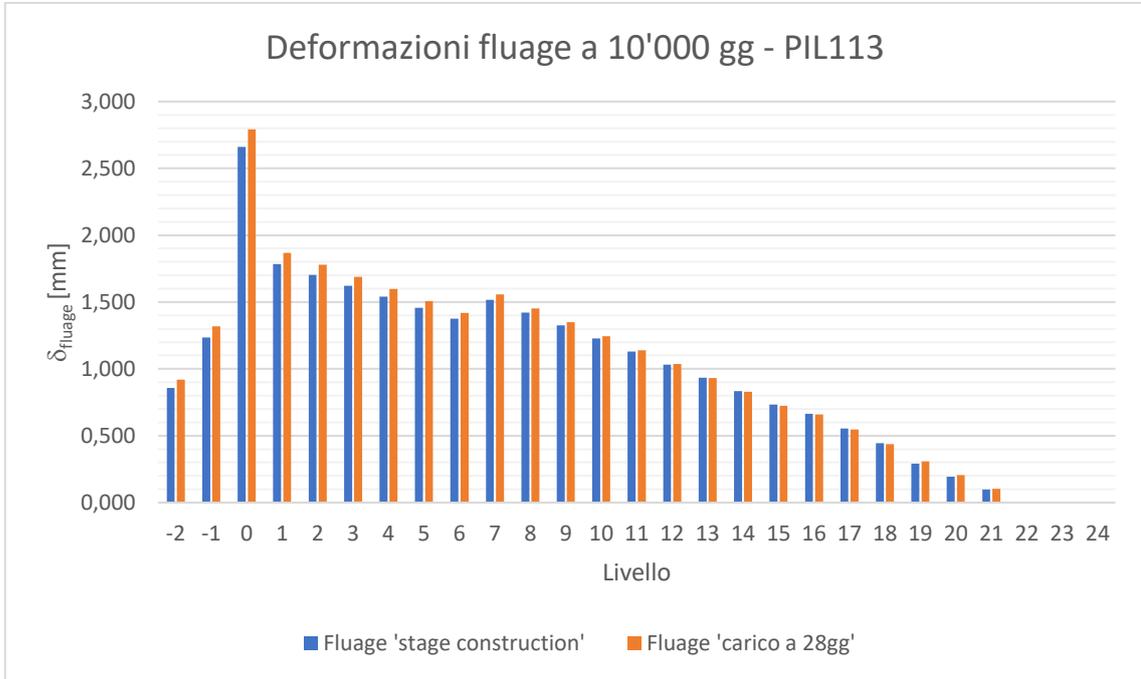
### Confronto tra i metodi - Grafico 7



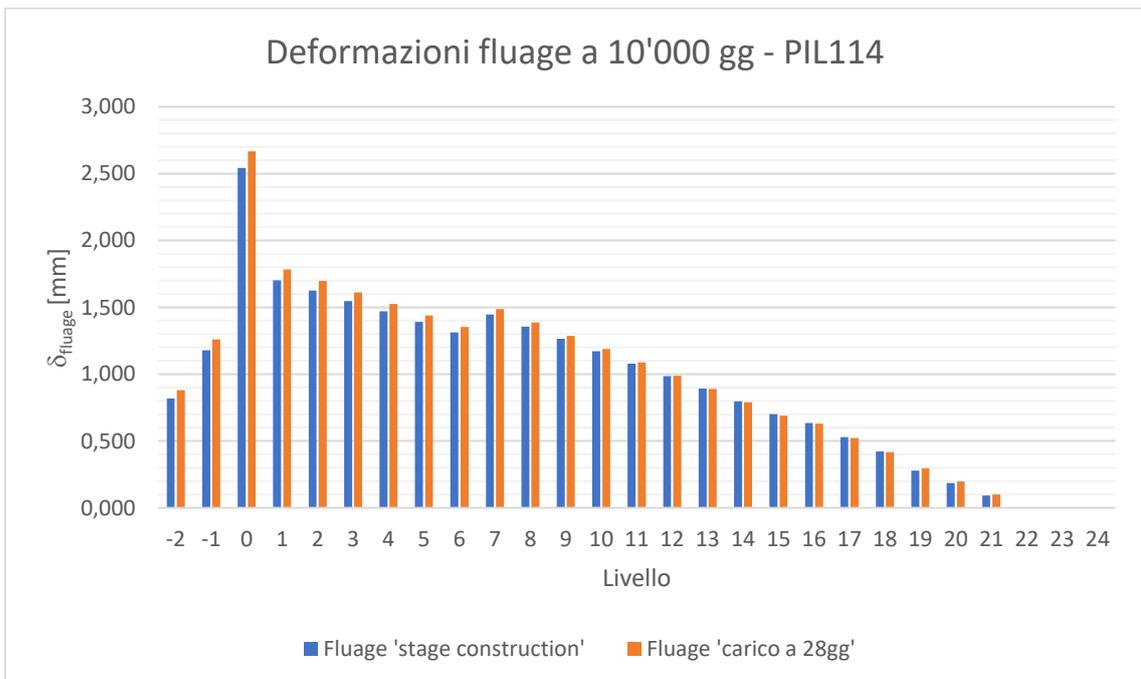
### Confronto tra i metodi - Grafico 8



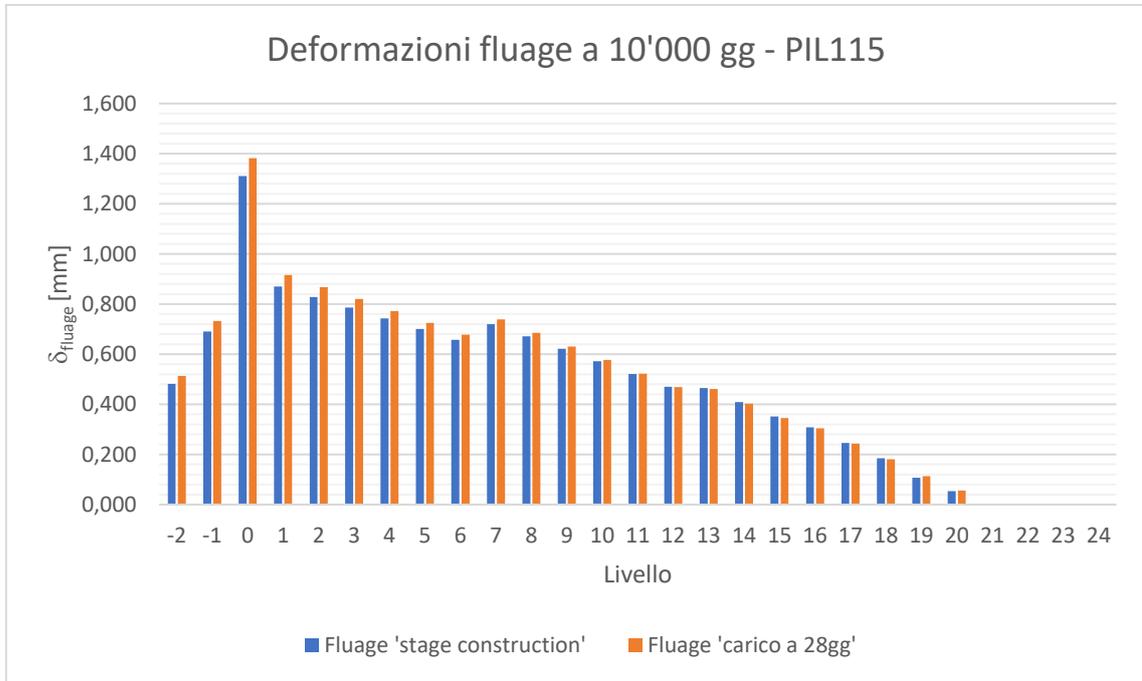
### Confronto tra i metodi - Grafico 9



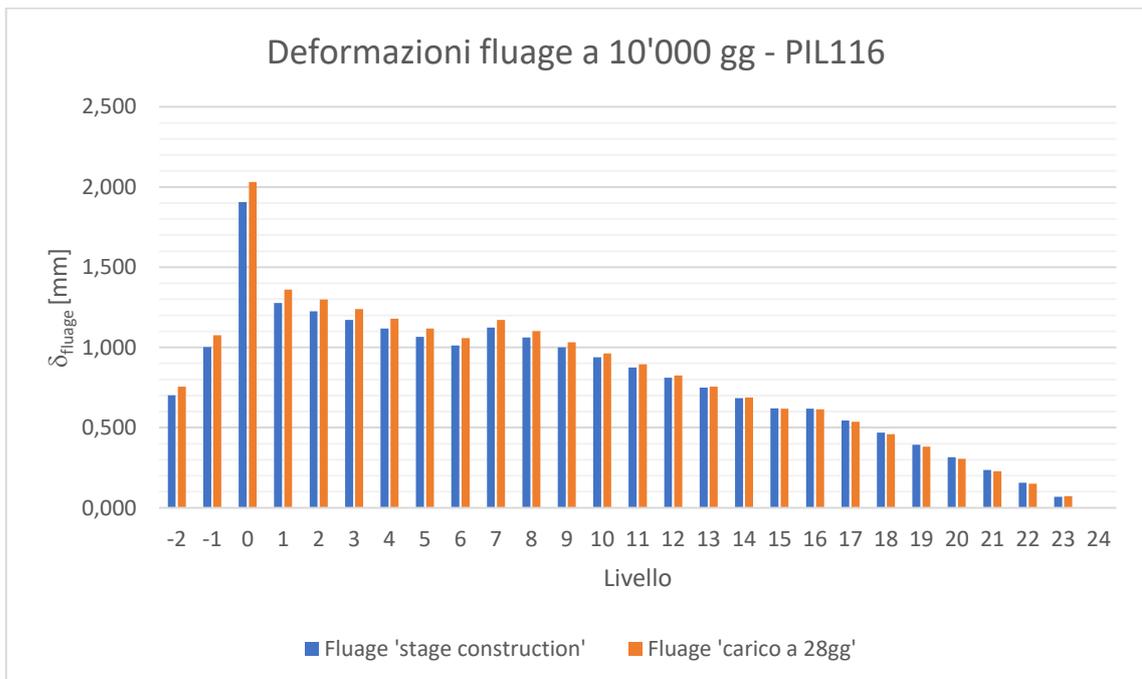
### Confronto tra i metodi - Grafico 10



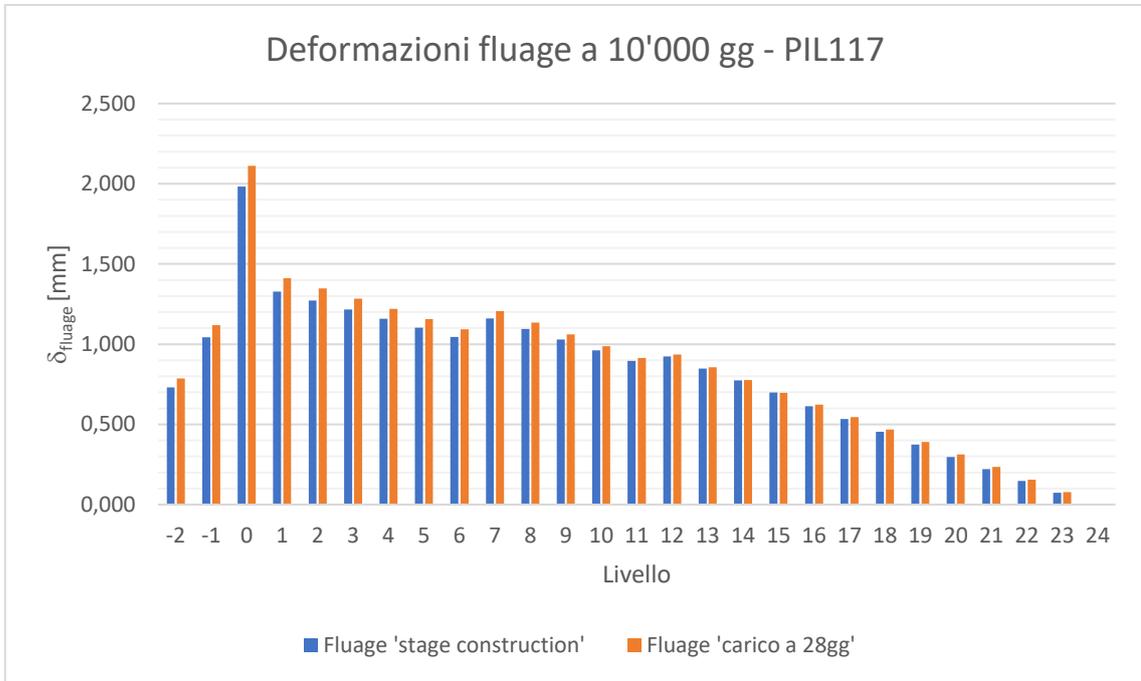
### Confronto tra i metodi - Grafico 11



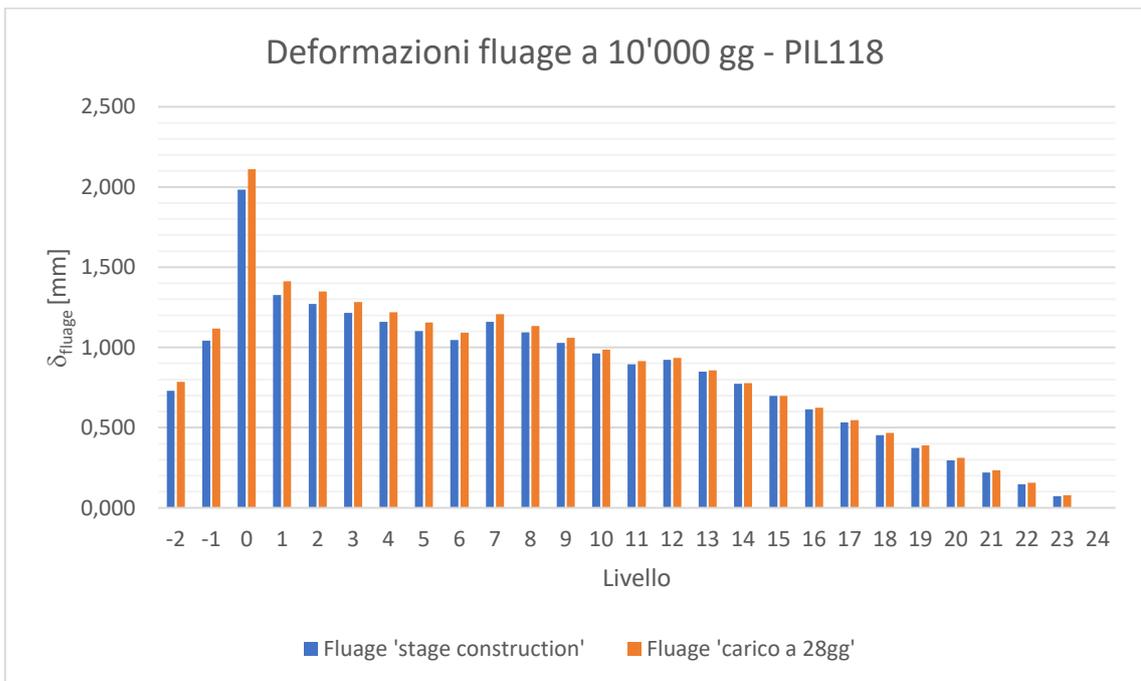
### Confronto tra i metodi - Grafico 12



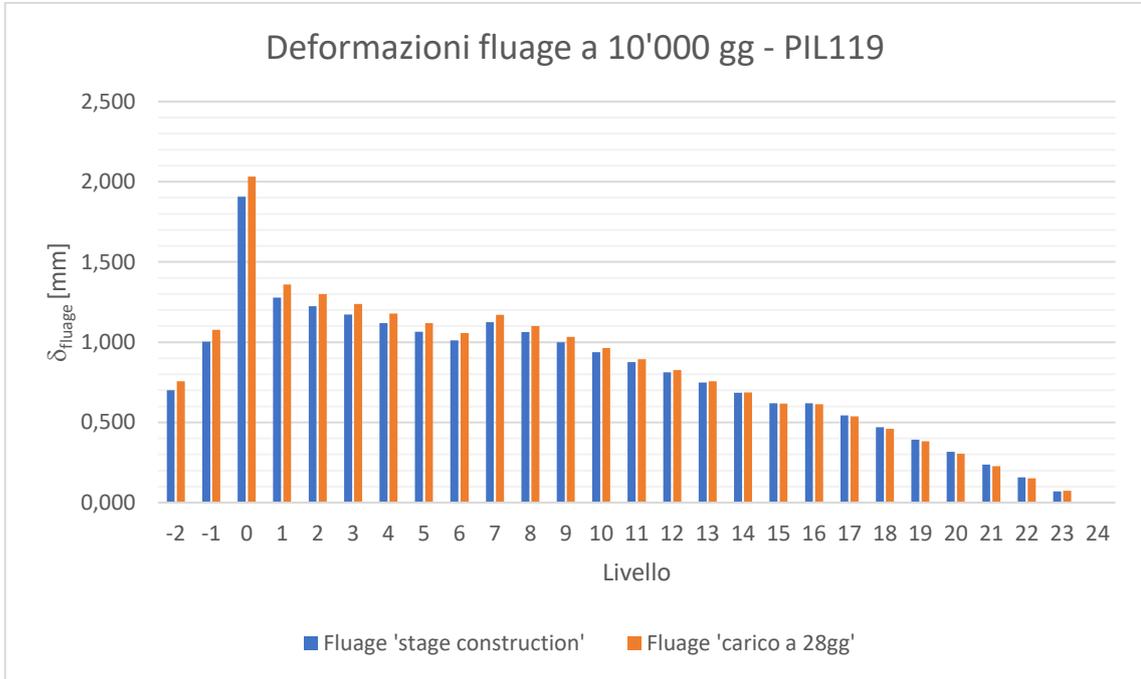
### Confronto tra i metodi - Grafico 13



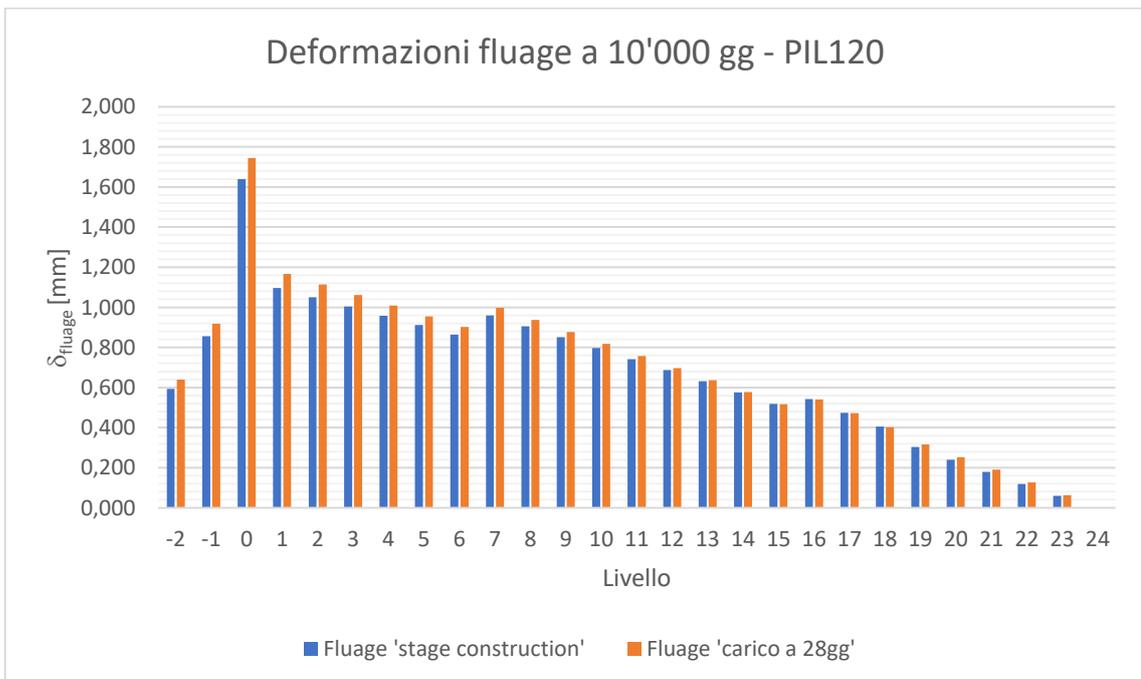
### Confronto tra i metodi - Grafico 14



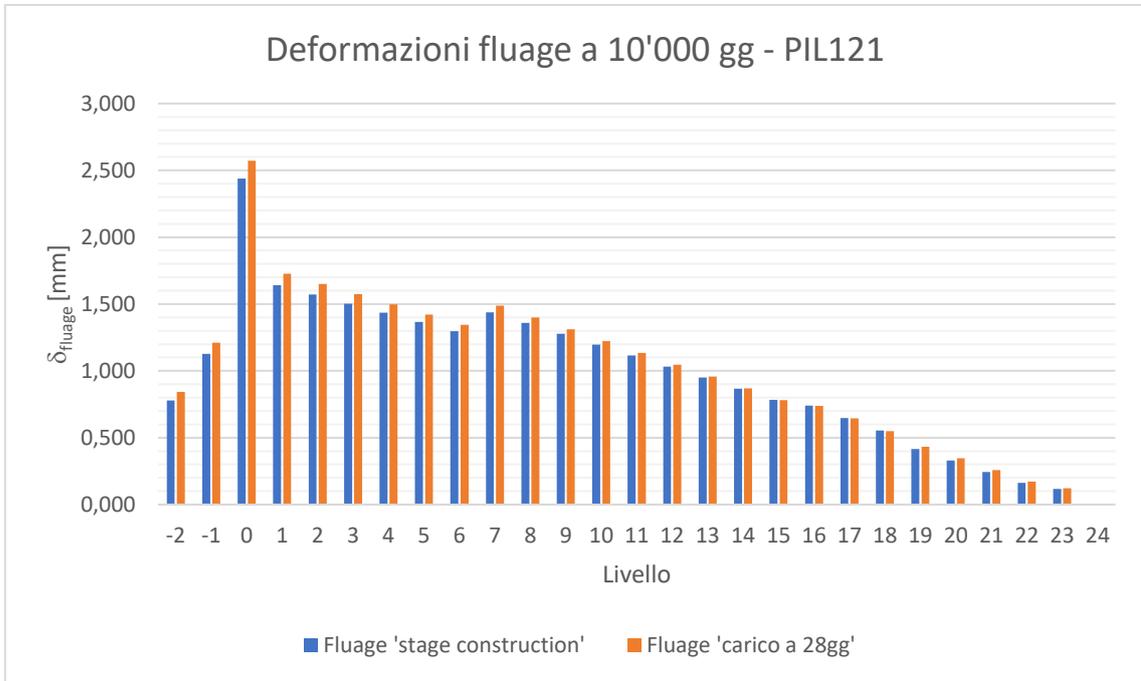
### Confronto tra i metodi - Grafico 15



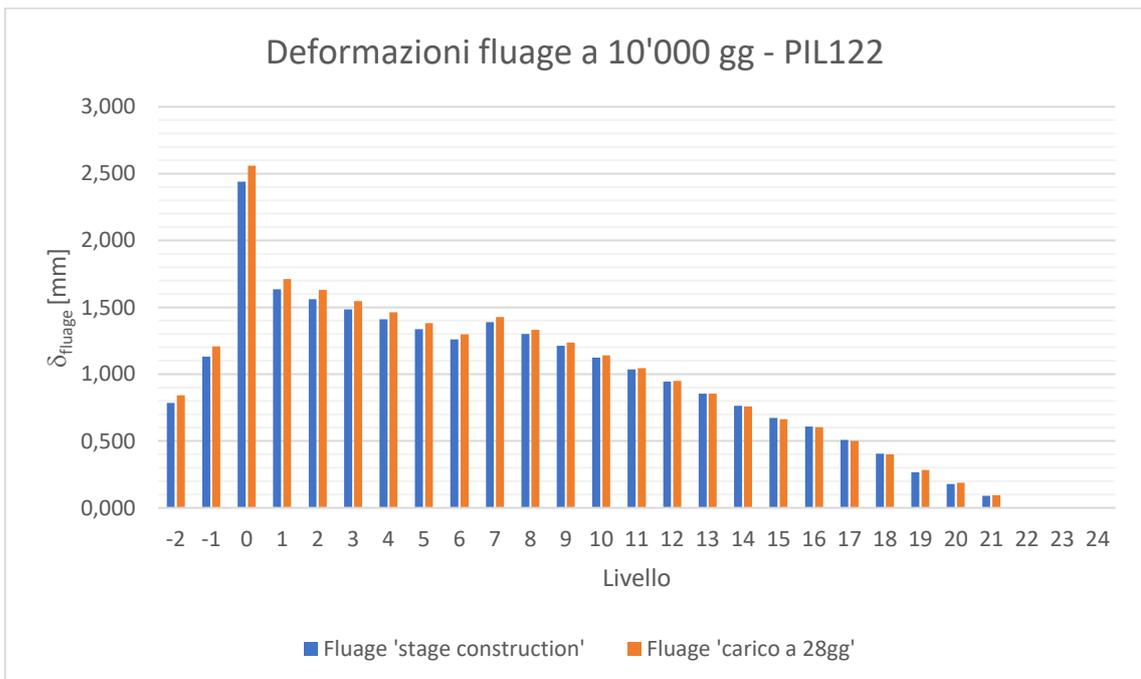
### Confronto tra i metodi - Grafico 16



### Confronto tra i metodi - Grafico 17



### Confronto tra i metodi - Grafico 18



## **ALLEGATO B**

Nel seguente allegato verranno riportate alcune tavole AutoCAD rappresentati le deformazioni dei vari elementi per i piani L-2,L0,L5,L11,L18,L23.

Inoltre, si allega una tavola rappresentante la planimetria del solaio tipo per la disposizione dei pilastri e del nucleo e il cronoprogramma di costruzione dell'edificio.

## BIBLIOGRAFIA

Banks, C., & Fédération internationale du béton,. (2014). *Tall buildings: Structural design of concrete buildings up to 300m tall : state-of-the-art report.*

Bazant, Z. (1972). Prediction of concrete creep effects using Age-Adjusted Effective Method, *Aci Structural Journal*, 69, 212-217.

Bazant, Z. (2001). Prediction of Concrete Creep and Shrinkage: Past, Present and Future. *Nuclear Engineering and Design*, 203(1), 27-38.

Cargnino, Alberto, Debernardi, Pier Giorgio, Guiglia, Matteo, & Taliano, Maurizio. (2012). Axial Shortening Compensation Strategies in Tall Buildings. A Case Study: The New Piedmont Government Office Tower. *In: STRUCTURAL ENGINEERING INTERNATIONAL*, In: STRUCTURAL ENGINEERING INTERNATIONAL. - ISSN: 1016-8664.

Catapano, Maurizio, Ceravolo, Rosario, Corres Peiretti, Hugo Eduardo, Masera, Davide, & Todisco, Leonardo. (2018). *Accorciamenti Differenziali Negli Edifici Di Grande Altezza. Caso Di Studio: La Torre De Cristal*

CEN. EN 1992-1-1 (2004), Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1 – General rules and rules for buildings. CEN, Brussels

- Correia, & Lobo. (2017). Simplified Assessment of the Effects of Columns Shortening on the Response of Tall Concrete Buildings. *Procedia Structural Integrity*, 5, 179-186.
- Craighead Geoff. (2009). High-Rise Building Definition, Development, and Use. In *High-Rise Security and Fire Life Safety* (3rd ed., p. 1). Elsevier.
- D.M. 17 gennaio 2018, Norme Tecniche per le Costruzioni – Capitolo 11 – Materiali e prodotti ad uso strutturale.
- Fintel, M. (1974). *Handbook of concrete engineering*. New York: Van Nostrand.
- G. Lacidogna. (1994). *Modellazione matematica del comportamento visco-elastico del calcestruzzo*.
- Piaras, K. (s.d.), *Solid mechanics part I*, section 10.3.
- Qin, Yu, Yi, Zhijian, Wang, Weina, & Wang, Di. (2017). Time-Dependent Behavior of Shrinkage Strain for Early Age Concrete Affected by Temperature Variation. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2017, 7.
- Roylance, D. (2001), *Engineering viscoelasticity*
- Samarakkody, Thambiratnam, Chan, & Moragasipitiya. (2017). Differential axial shortening and its effects in high rise buildings with composite concrete filled tube columns. *Construction and Building Materials*, 143, 659-672.
- Smerda, Z., & Krístek, V. (1988). *Creep and shrinkage of concrete elements and structures* (Developments in civil engineering 21). Amsterdam: Elsevier

## Bibliografia

---

Stafford Smith, B., & Coull, A. (1991). *Tall building structures analysis and design* (Wiley - interscience). New York: Wiley and sons.

Tall buildings. Structural design of concrete buildings up to 300m tall. (2014).  
Lausanne: International Federation for Structural Concrete (fib).

## RINGRAZIAMENTI

A conclusione di questo percorso di studio, vorrei ringraziare tutti coloro che mi hanno supportato nella stesura della tesi con suggerimenti, critiche ed osservazioni e coloro che mi hanno aiutato a crescere sia dal punto di vista professionale che umano.

Ringrazio anzitutto il Prof. Bernardino Chiaia, Relatore della tesi, che mi ha permesso la realizzazione di questo lavoro.

Un ringraziamento particolare va a Giorgio Piccarreta e a Giorgia Colone dello studio *AI Engineering* che mi hanno permesso di lavorare su una tematica interessante e stimolante. Ciò per cui li ringrazio maggiormente, però, è di avermi fatto da guida nella stesura dell'elaborato, di essere sempre stati presenti, disponibili e di avermi affiancato in ogni passo di questo percorso.

Vorrei, inoltre, ringraziare le persone a me più care: la mia famiglia e soprattutto i miei genitori, che mi hanno sempre sostenuto e mi hanno permesso di arrivare fino a questo traguardo senza farmi mancare nulla.

Infine, voglio ringraziare Riccardo che in questi anni mi ha sempre sostenuto e soprattutto sopportato in ogni momento, consigliandomi e sostenendomi in ogni mia scelta. È anche grazie a lui e al suo sostegno se sono riuscita a raggiungere questo importante traguardo.

Ultima, ma non ultima, ringrazio la Nonna Fulvia che per ogni esame di tutto il mio percorso è sempre stata pronta a chiedere un aiuto in più per me, e non potendo farlo fisicamente, ringrazio anche i Nonni Eugenio e Peppino e lo zio

## Ringraziamenti

---

Pippo, che so, che in un qualche modo, nei momenti più difficili un aiuto è arrivato anche da loro.

Voglio ringraziare tutti i parenti, fratelli, amici e compagni di studio che ho avuto vicino in questi anni, che hanno tutti a loro modo contribuito a rendermi la persona che sono diventata oggi e che mi hanno sempre incoraggiato al raggiungimento di questo attesissimo traguardo.

Grazie.