



SETTORE ATTUAZIONE PIANO DEI SERVIZI, PROGRAMMA OPERE PUBBLICHE

Servizio Progettazione Edilizia

# Nuovo campo sepoltura presso Cimitero Urbano

## PROGETTO ESECUTIVO

**RELAZIONE SPECIALISTICA  
CALCOLI ESECUTIVI**



Progettista: Arch. Carlo Crespi.

Collaboratore alla progettazione: Geom. Rosario Salerno  
Disegnatore: Arch. Ilaria Bertinotti

Responsabile del Procedimento: Arch. Bruno G. Lattuada.

Dirigente di Settore e Committente: Arch. Bruno G. Lattuada.

**NUOVO CAMPO DI SEPOLTURA PRESSO CIMITERO URBANO**

Il progetto definitivo prende in esame la realizzazione di un nuovo campo di sepoltura all'interno del Cimitero urbano di Monza. Risulta inserito nel Programma OO.PP del triennio 2015-2017 ed in programma per l'anno 2015. E' classificabile come "intervento di nuova costruzione" secondo il comma 1 lettera e), art. 3 del T.U.E. (L.380/01).

**RELAZIONE SPECIALISTICA****RELAZIONE SUL CALCOLO STATICO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO PER LA COSTRUZIONE DI UN MURO CONTRO TERRA PRESSO IL CIMITERO URBANO**

(Ai sensi della legge n. 1086 dd. 05.11.1971)

**1. Generalità.**

La presente relazione si riferisce alla realizzazione di opere in cemento armato presso il cimitero urbano di via Foscolo e consistono nella costruzione di un muro controterra. Verranno realizzati:

- le fondazioni continue in cemento armato;
- le murature di elevazione in cemento armato;

**2. Calcolo delle sezioni.**

E' stato eseguito con i metodi classici della scienza delle costruzioni nelle ipotesi di:

- a) mantenimento della planarità delle sezioni nella situazione deformata;
- b) risposta elastica lineare e simmetrica dei materiali;
- c) conglomerato non reagente a trazione.

**3. Verifica delle sezioni.**

Per le strutture in c.a. l'armatura longitudinale e trasversale necessaria viene desunta dai calcoli eseguiti con elaboratore elettronico sulla base dei carichi e degli schemi di carico riportati in precedenza.

L'area di acciaio adottata ed indicata nelle tavole di disegno è maggiore dell'area necessaria.

Elementi caratteristici del terreno:

- angolo di attrito  $\varphi = 35^\circ$
- peso per unità di volume del terreno  $\gamma_t = 17,00 \text{ kN/mc.}$

**Carichi permanenti e pesi propri**

Peso proprio calcestruzzo = 2500 kg/mc. (24.5 kN/mc.)

Peso proprio terreno = 1700 kg/mc. ( 17.0 kN/mc.)

**Prestazioni di progetto, classe della struttura, vita utile e procedure di qualità**

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente. A tal fine è stata posta attenzione al tipo della struttura, al suo uso e alle possibili conseguenze di azioni anche accidentali; particolare rilievo è stato dato alla sicurezza delle persone.

Risulta così definito l'insieme degli stati limite riscontrabili nella vita della struttura ed è stato accertato, in fase di dimensionamento, che essi non siano superati.

Altrettanta cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera.

Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

In fase di costruzione saranno attuate severe procedure di controllo sulla qualità, in particolare per quanto riguarda materiali, componenti, lavorazione, metodi costruttivi.

Saranno seguiti tutti gli inderogabili suggerimenti previsti nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

**CALCOLO STATICO****VERIFICA AL RIBALTAMENTO**

1) Momento spingente  $M_{sd} = E_d$

Angolo di attrito  $\varphi' = \arctg(\tg 35^\circ) / 1.25 = 29^\circ, 26$

Spinta del terreno:

$St = \frac{1}{2} \gamma t * h * h * \tg * \tg (45^\circ - (\gamma' / 2)) = \frac{1}{2} * 17,00 * 2.30 * 2.30 * \tg * \tg (45^\circ - 26^\circ .26 / 2) = 15.44 \text{ kN}$

$St, d = 15,44 \text{ kN} * 1.1 = 16,98 \text{ kN}$ .

$ds = h / 3 = 0.7666 \text{ m}$ .

$M_{sd} = St, d * ds = 16.98 * h / 3 = 13.01 \text{ kNm} = E_d$

2) Momento resistente di calcolo  $M_{rd}$

Angolo di attrito  $\varphi' = \arctg(\tg 35^\circ) / 1.25 = 29^\circ, 26$

(elevazione)  $P1 = m. (0.25 * 2.00) * 25.00 \text{ kN} = 12.5 \text{ kNm}$

(fondazione)  $P2 = m. (0.30 * 1.00) * 25.00 \text{ kN} = 7.5 \text{ kNm}$ .

(terreno)  $Pt = 1.7 * 0.55 * 17.00 = 15.89 \text{ kNm}$

(elevazione)  $P1, d = 12.5 * \gamma g1 = 12.5 * 0.9 = 11.25 \text{ kNm}$

(fondazione)  $P2, d = 7.5 * \gamma g1 = 7.5 * 0.9 = 6.75 \text{ kNm}$

(terreno)  $Pt, d = 15.89 * \gamma g1 = 15.89 * 0.9 = 14.30 \text{ kNm}$

Bracci:  $d1 = 0.345$  ;  $d2 = 0.5$  ;  $dt = 0.725 \text{ ml}$ .

$M_{rd} = 11.25 * 0.345 + 6.75 * 0.5 + 14.30 * 0.725 = 17.62 \text{ kNm}$ .

$Rd = M_{rd} / \gamma r = 17.62 \text{ kNm}$ .

3) Verifica

$Rd / E_d = 17.62 / 13.01 = 1.35 > 1$

**VERIFICA ALLO SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA**

1) Spinta di calcolo  $St, d = E_d$

$St = \frac{1}{2} \gamma t * h * h * \tg * \tg (45^\circ - (\gamma' / 2)) = \frac{1}{2} * 17,00 * 2.30 * 2.30 * \tg * \tg (45^\circ - 26^\circ .26 / 2) = 15.44 \text{ kN}$

Coefficiente parziale  $\gamma g1 = 1,3$

$St, d = E_d = St * \gamma g1 = 20.07 \text{ kN}$

2) Azione resistente di calcolo  $R_d$

$P_d = \varepsilon P = 12.5 + 7.5 + 15.8 = 35.89 \text{ kN}$

Coefficiente attrito terra/muro =  $f = \tg \phi = 0.70$

$F_a = f + P_d = 0.70 * 35.89 = 25.12 \text{ kN}$

$\gamma r = 1.1$

$R_d = F_a / \gamma r = 25.12 / 1.1 = 22.84 \text{ kN}$

3) Verifica

$R_d / E_d = 22.84 / 20.07 = 1.38 > 1$

**VERIFICA AL COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE TERRENO**

1) Spinta di calcolo  $St, d = E_d$

$\gamma \varphi = \gamma \gamma = 1.0$

$\varphi g1 = 1.3$

$St, d = E_d = St * \gamma g1 = 20.07 \text{ kN}$

$M_{sd} = St, d * h / 3 = 20.07 * 0.7666 = 15.37 \text{ kNm}$

2) Momento resistente di calcolo

(elevazione)  $P1, d = 12.5 * \gamma g1 = 12.5 * 1.3 = 16.25 \text{ kNm}$

(fondazione)  $P2, d = 7.5 * \gamma g1 = 7.5 * 1.3 = 9.75 \text{ kNm}$

(terreno)  $P_{t,d} = 15.89 * \gamma_g = 15.89 * 1.3 = 20.66 \text{ kNm}$

Peso totale di calcolo

$P_d = \varepsilon P = E_d = 16.25 + 9.75 + 20.66 = 46.66 \text{ kN}$

Bracci:  $d_1 = 0.345$  ;  $d_2 = 0.5$  ;  $d_t = 0.725 \text{ ml.}$

$M_{rd} = 16.25 * 0.345 + 9.75 * 0.5 + 20.66 * 0.725 = 25.50 \text{ kNm.}$

### 3) Calcolo dell'eccentricità

$u = (M_{rd} - M_{sd}) / P_d = (25.50 - 15.37) / 35.89 = 0.28$

$e = B/2 - u = 1.00/2 - 0.28 = 0.22 \text{ m}$

### 4) Calcolo del carico limite del terreno

$Q_{ult} = (\gamma_t * D * N_q * d_q * i_q) + ((\gamma_r/2) * B^* * N_\gamma * d_\gamma * i_\gamma)$

$D = 0.30$  (profondità piano di posa fondazione)

$B^* = B - 2 * e = 1 - 2 * 0.22 = 0.66$

Fattori capacità portante:

$N_q = 33.30$

$N_\gamma = 33.92$

Coefficienti di profondità:

$d_q = 1 + 2 * D / B * \tan \phi * (1 - \sin \phi)^2 = 1 + 2 * 0.3 / 0.66 * \tan 35^\circ * (1 - \sin 35^\circ)^2 = 1 + 0.909 * 0.700 * 0.1818 = 1.31$

$d_\gamma = 1$

Coefficienti di inclinazione:

$i_q = (1 - S_t, d / P_d) \text{ quad} = (1 - 20.07 / 46.66) \text{ quad} = 0.325$

$i_\gamma = (1 - S_t, d / P_d) \text{ cub} = (1 - 20.07 / 46.66) \text{ cub} = 0.185$

$q_{ult} = (17.00 * 0.30 * 33.3 * 1.31 * 0.325) + (17.00/2 * 0.66 * 33.92 * 1 * 0.185) = 72.30 + 35.20 = q_{ult} = 107.50 \text{ kN/m}$

$Q_{ult} = q_{ult} * B^* = 107.50 * 0.66 = 70.95$

$\gamma_r = 1.4$

$R_d = Q_{lim} = Q_{ult} / \gamma_r = 70.95 / 1.4 = 50.69 \text{ kN/m}$

### 5) Verifica

$R_d / E_d = 50.69 / 20.07 = 2.53 > 1$

**RELAZIONE DI CALCOLO ELEMENTI PREFABBRICATI****ESEMPIO DI CALCOLO SU ELEMENTI TIPO PRODOTTI DAL PREFABBRICATORE****NORMATIVE**

Si riportano nel seguito le normative specifiche che sono utilizzate per il dimensionamento e la verifica delle strutture in esame:

- 1) Legge 5 Novembre 1971 n. 1086:  
"Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica"
- 2) Decreti Ministero LL.PP. 14 Febbraio 1992 e 9 Gennaio 1996:  
"Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche"
- 3) Circolare Ministero LL.PP. 15 ottobre 1996:  
Istruzioni relative all'applicazione delle "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 9 gennaio 1996.
- 4) Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n 3274 del 20 marzo 2003:  
"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successivi chiarimenti e modifiche.
- 5) Decreto 14 gennaio 2008: "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".
- 6) Circolare 2 febbraio 2009: "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

**MATERIALI**

Le caratteristiche principali dei materiali utilizzati nel presente progetto sono di seguito riportate:

## a) Calcestruzzo classe C 28/35

- |  |            |                        |
|--|------------|------------------------|
| - Resistenza caratteristica cubica     | $R_{ck} =$ | 35.0 N/mm <sup>2</sup> |
| - Resistenza caratteristica cilindrica | $f_{ck} =$ | 28.0 N/mm <sup>2</sup> |

## b) Acciaio per c.a. tipo B450C

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| - Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} =$ | 450.0 N/mm <sup>2</sup> |
| - Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} =$     | 540.0 N/mm <sup>2</sup> |

Il peso per unità di volume delle strutture in calcestruzzo armato è assunto pari a 25000 N/m<sup>3</sup> (2500 Kg/m<sup>3</sup>).

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE**

Si tratta di manufatti in calcestruzzo armato impilabili e interrabili per la realizzazione di tombe di famiglia, singole o doppie. Hanno dimensioni in pianta di 2.50 m per 1.88 m, nel caso di tombe singole, e di 2.50 m per 1.35 + 1.35 m, nel caso di tombe doppie. Lo spessore lo spessore di pareti e pianali è pari a 10 cm.

**CARICHI**

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| - Peso proprio caratteristico solette                           | 2,50 kN/m <sup>2</sup>       |
| - Sovraccarico permanente caratteristico                        |                              |
| Solette intermedie  | 2,50 kN/m <sup>2</sup>       |
| Solette di copertura  | 2,50 kN/m <sup>2</sup>       |
| - Sovraccarico variabile caratteristico                         |                              |
| Solette intermedie  | 2,00 kN/m <sup>2</sup>       |
| Solette di copertura  | 2,00 kN/m <sup>2</sup>       |
| - Spinta del terreno sulle pareti verticali                     |                              |
| Si considerano i seguenti parametri:                            | $\lambda = 0,3$              |
|   | $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$ |
| - Sovraccarico variabile caratteristico distribuito sul terreno | 3,00 kN/m <sup>2</sup>       |

**VERIFICA DELL'ARMATURA**

Si considera come più gravoso lo stato limite ultimo a flessione, SLU STR.  
Per quanto riguarda il calcolo delle sollecitazioni sulle solette orizzontali si rimanda al calcolo agli elementi finiti riportato di seguito.

## DESCRIZIONE DEI DATI DEL MODELLO

Di seguito sono descritti i dati geometrici e non del modello fisico-matematico utilizzato per il calcolo strutturale.

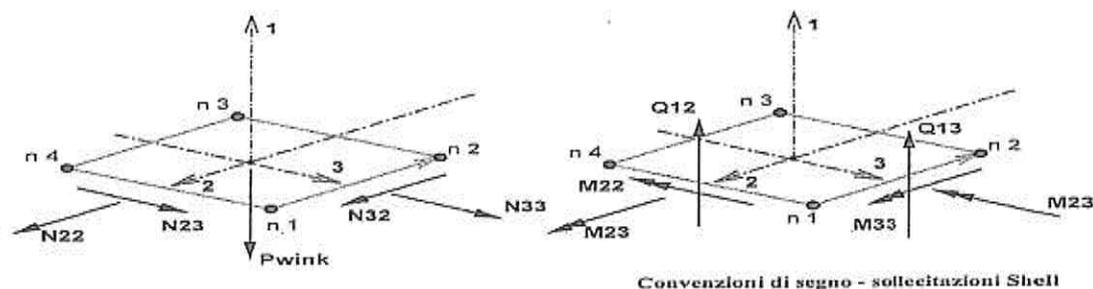
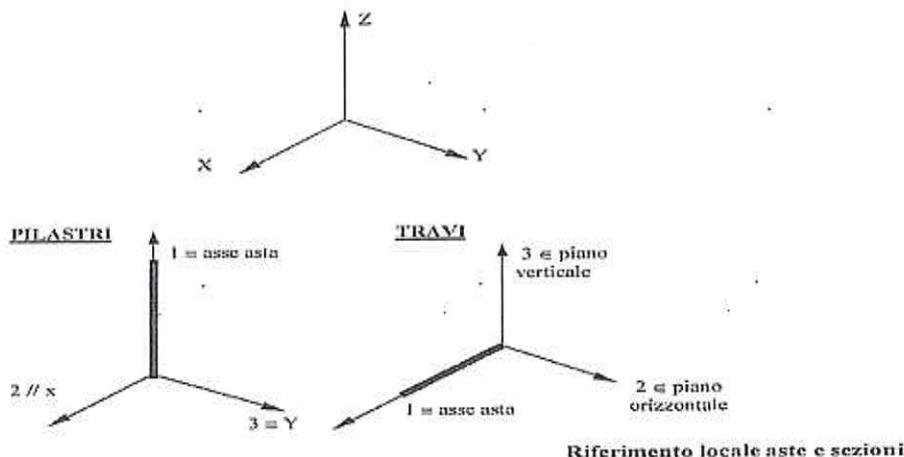
### INTRODUZIONE

#### Sistemi di riferimento

Il Sistema di Riferimento Globale XYZ è una Terna destrorsa cartesiana con l'asse Z verticale rivolto verso l'alto.

Il Sistema di Riferimento Locale 123 degli Elementi tipo Beam è una Terna destrorsa Cartesiana con asse 1 avente la direzione dell'elemento, asse 2 definibile dall'utente e asse 3 avente la direzione che completa la terna.

Il Sistema di Riferimento Locale 123 predefinito degli Elementi tipo Shell è una Terna destrorsa cartesiana con origine nel baricentro dell'Elemento, asse 1 avente la direzione della normale, asse 2 avente la direzione della congiungente i punti medi dei due lati N2-N3 e N1-N4 (N1,N2,N3,N4 sono i nodi che definiscono l'elemento) e asse 3 avente la direzione che completa la terna.



#### Modellazione

La Modellazione Numerica della struttura, la rielaborazione dei risultati dell'analisi agli Elementi Finiti, la progettazione-verifica degli elementi strutturali sono state condotte utilizzando il programma CMP realizzato dalla Cooperativa Architetti e Ingegneri Progettazione di Reggio Emilia. Il solutore ad elementi finiti utilizzato è *XFINEST della Ce.A.S. di Milano*.

#### Normativa

Per la progettazione e verifica degli elementi strutturali è stata utilizzata la seguente normativa:  
 Normativa italiana D.M. 14/01/2008 Stati Limite  
 Classe d'Uso: 2  
 Vita Nominale: 50 anni

#### DESCRIZIONE DELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI STATICHE

Il peso proprio degli Elementi tipo Beam e tipo Shell viene calcolato automaticamente in base alle caratteristiche dei materiali, alla geometria degli elementi e ai seguenti parametri:

- CdC = Numero Condizione di Carico Elementare
- mltX = Moltiplicatore del peso proprio in direzione X Globale
- mltY = Moltiplicatore del peso proprio in direzione Y Globale
- mltZ = Moltiplicatore del peso proprio in direzione Z Globale
- Tipo = Tipo di Condizione di Carico (St = Statico, StEq = Sismico Statico Equivalente)
- $\Psi_0, \Psi_1, \Psi_2$  = coefficienti di combinazione
- $\Psi_{2s}$  = coefficiente di combinazione sismica
- $\phi$  = coefficiente per calcolo masse

Nome	CdC	mltX	mltY	mltZ	Tipo	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$	$\Psi_{2s}$	$\phi$
CdC n. 1	1	0	0	-1	Permanente (St)	1	1	1	1	1
CdC n. 2	2	0	0	0	Permanente non strutt (St)	1	1	1	1	1
CdC n. 3	3	0	0	0	Abitazioni Uffici (St)	0.7	0.5	0.3	0.3	1

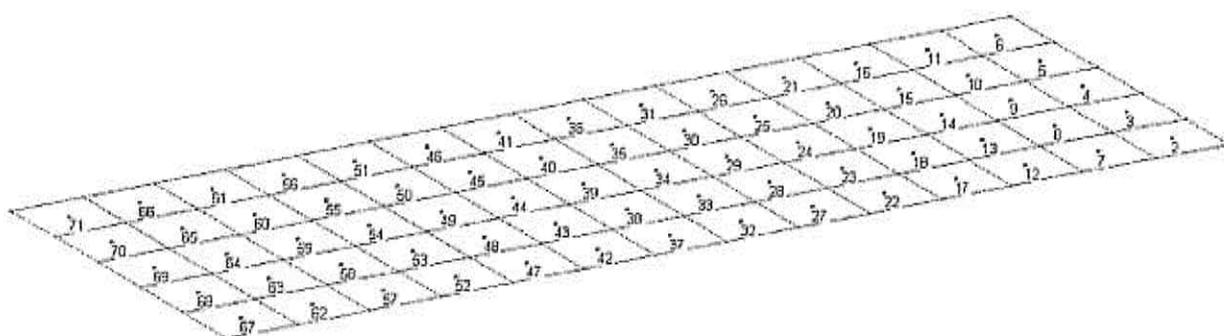
### DESCRIZIONE ELEMENTI TIPO SHELL

#### Configurazione elementi tipo shell

La geometria e le altre caratteristiche degli elementi shell costituenti il modello sono riportate nella seguente tabella con il seguente significato dei simboli:

- Shell = Numero dell'Elemento Shell
- Tipo = Tipo di elemento:  
 M.Std: Membranale standard  
 S.Std: Shell standard  
 S.+Rot: Shell formulato con la rotazione ai nodi  
 S.+Rot+Bub: Shell formulato con la rotazione ai nodi e bubble function
- N1 = Numero Nodo 1 dell'Elemento
- N2 = Numero Nodo 2 dell'Elemento
- N3 = Numero Nodo 3 dell'Elemento
- N4 = Numero Nodo 4 dell'Elemento
- mat = Nome del materiale di cui è costituito l'elemento
- Sm = Spessore per comportamento membranale
- Sf = Spessore per comportamento flessionale (= Sm se non definito)

Shell	Tipo	N1	N2	N3	N4	Materiale	Sm (cm)	Sf (cm)	Fase
2	S.Std+Drill	12	6	8	11	Clc C28/35	10	0	
3	S.Std+Drill	13	7	6	12	Clc C28/35	10	0	
4	S.Std+Drill	14	8	7	13	Clc C28/35	10	0	
5	S.Std+Drill	15	9	8	14	Clc C28/35	10	0	
6	S.Std+Drill	16	10	9	15	Clc C28/35	10	0	
7	S.Std+Drill	18	12	11	17	Clc C28/35	10	0	
8	S.Std+Drill	19	13	12	18	Clc C28/35	10	0	
9	S.Std+Drill	20	14	13	19	Clc C28/35	10	0	
10	S.Std+Drill	21	15	14	20	Clc C28/35	10	0	
11	S.Std+Drill	22	16	15	21	Clc C28/35	10	0	
12	S.Std+Drill	24	18	17	23	Clc C28/35	10	0	
13	S.Std+Drill	25	19	18	24	Clc C28/35	10	0	
14	S.Std+Drill	26	20	19	25	Clc C28/35	10	0	
15	S.Std+Drill	27	21	20	26	Clc C28/35	10	0	
16	S.Std+Drill	28	22	21	27	Clc C28/35	10	0	
17	S.Std+Drill	30	24	23	29	Clc C28/35	10	0	
18	S.Std+Drill	31	25	24	30	Clc C28/35	10	0	
19	S.Std+Drill	32	26	25	31	Clc C28/35	10	0	
20	S.Std+Drill	33	27	26	32	Clc C28/35	10	0	
21	S.Std+Drill	34	28	27	33	Clc C28/35	10	0	
22	S.Std+Drill	36	30	29	35	Clc C28/35	10	0	
23	S.Std+Drill	37	31	30	36	Clc C28/35	10	0	
24	S.Std+Drill	38	32	31	37	Clc C28/35	10	0	
25	S.Std+Drill	39	33	32	38	Clc C28/35	10	0	
26	S.Std+Drill	40	34	33	39	Clc C28/35	10	0	
27	S.Std+Drill	42	36	35	41	Clc C28/35	10	0	
28	S.Std+Drill	43	37	36	42	Clc C28/35	10	0	
29	S.Std+Drill	44	38	37	43	Clc C28/35	10	0	
30	S.Std+Drill	45	39	38	44	Clc C28/35	10	0	
31	S.Std+Drill	46	40	39	45	Clc C28/35	10	0	
32	S.Std+Drill	48	42	41	47	Clc C28/35	10	0	
33	S.Std+Drill	49	43	42	48	Clc C28/35	10	0	
34	S.Std+Drill	50	44	43	49	Clc C28/35	10	0	
35	S.Std+Drill	51	45	44	50	Clc C28/35	10	0	
36	S.Std+Drill	52	46	45	51	Clc C28/35	10	0	
37	S.Std+Drill	54	48	47	53	Clc C28/35	10	0	
38	S.Std+Drill	55	49	48	54	Clc C28/35	10	0	
39	S.Std+Drill	56	50	49	55	Clc C28/35	10	0	
40	S.Std+Drill	57	51	50	56	Clc C28/35	10	0	
41	S.Std+Drill	58	52	51	57	Clc C28/35	10	0	
42	S.Std+Drill	60	54	53	59	Clc C28/35	10	0	
43	S.Std+Drill	61	55	54	60	Clc C28/35	10	0	
44	S.Std+Drill	62	56	55	61	Clc C28/35	10	0	
45	S.Std+Drill	65	59	58	62	Clc C28/35	10	0	
46	S.Std+Drill	64	58	57	63	Clc C28/35	10	0	
47	S.Std+Drill	66	60	59	65	Clc C28/35	10	0	
48	S.Std+Drill	67	61	60	66	Clc C28/35	10	0	
49	S.Std+Drill	68	62	61	67	Clc C28/35	10	0	
50	S.Std+Drill	69	63	62	68	Clc C28/35	10	0	
51	S.Std+Drill	70	64	63	69	Clc C28/35	10	0	
52	S.Std+Drill	72	66	65	71	Clc C28/35	10	0	
53	S.Std+Drill	73	67	66	72	Clc C28/35	10	0	
54	S.Std+Drill	74	68	67	73	Clc C28/35	10	0	
55	S.Std+Drill	75	69	68	74	Clc C28/35	10	0	
56	S.Std+Drill	76	70	69	75	Clc C28/35	10	0	
57	S.Std+Drill	78	72	71	77	Clc C28/35	10	0	
58	S.Std+Drill	79	73	72	78	Clc C28/35	10	0	
59	S.Std+Drill	80	74	73	79	Clc C28/35	10	0	
60	S.Std+Drill	81	75	74	80	Clc C28/35	10	0	
61	S.Std+Drill	82	76	75	81	Clc C28/35	10	0	
62	S.Std+Drill	84	78	77	83	Clc C28/35	10	0	
63	S.Std+Drill	85	79	78	84	Clc C28/35	10	0	
64	S.Std+Drill	86	80	79	85	Clc C28/35	10	0	
65	S.Std+Drill	87	81	80	86	Clc C28/35	10	0	
66	S.Std+Drill	88	82	81	87	Clc C28/35	10	0	
67	S.Std+Drill	90	84	83	89	Clc C28/35	10	0	
68	S.Std+Drill	91	85	84	90	Clc C28/35	10	0	
69	S.Std+Drill	92	86	85	91	Clc C28/35	10	0	
70	S.Std+Drill	93	87	86	92	Clc C28/35	10	0	
71	S.Std+Drill	94	88	87	93	Clc C28/35	10	0	



**CARICHI SU ELEMENTI TIPO SHELL****Pressione normale su elementi tipo shell**

Shell = Numero dell'Elemento Shell

CdC = Condizione di Carico Elementare nella quale sono applicate le pressioni

P = Pressione in direzione opposta alla normale

Carico TIPO 1 :  $q_{perm} = 0.45 \times (1.25+2.50)/0.18 = 9.4 \text{ kN/m}^2$  (striscia shell più caricata)Carico TIPO 2 :  $q_{perm} = 2.5 \text{ kN/m}^2$ Carico TIPO 3 :  $q_{var} = 0.45 \times 2.00/0.18 = 5.0 \text{ kN/m}^2$  (striscia shell più caricata)Carico TIPO 4 :  $q_{var} = 2.0 \text{ kN/m}^2$ 

Shell	CdC	P(kN/m <sup>2</sup> )						
2	2	-9.4	41	2	-2.5	12	3	-5
3	2	-2.5	42	2	-9.4	13	3	-2
4	3	-2.5	43	2	-2.5	14	3	-2
5	2	-2.5	44	2	-2.5	15	3	-2
6	2	-2.5	45	2	-2.5	16	3	-2
7	2	-2.5	46	2	-2.5	17	3	-5
8	2	-9.4	47	2	-9.4	18	3	-2
9	2	-2.5	48	2	-2.5	19	3	-2
10	2	-2.5	49	2	-2.5	20	3	-2
11	2	-2.5	50	2	-2.5	21	3	-2
12	2	-9.4	51	2	-2.5	22	3	-5
13	2	-2.5	52	2	-9.4	23	3	-2
14	2	-2.5	53	2	-2.5	24	3	-2
15	2	-2.5	54	2	-2.5	25	3	-2
16	3	-2.5	55	2	-2.5	26	3	-2
17	2	-2.5	56	2	-2.5	27	3	-5
18	2	-9.4	57	2	-9.4	28	3	-2
19	2	-2.5	58	2	-2.5	29	3	-2
20	2	-2.5	59	2	-2.5	30	3	-2
21	2	-2.5	60	2	-2.5	31	3	-2
22	2	-9.4	61	2	-2.5	32	3	-5
23	2	-2.5	62	2	-9.4	33	3	-2
24	2	-2.5	63	2	-2.5	34	3	-2
25	2	-2.5	64	2	-2.5	35	3	-2
26	2	-2.5	65	2	-2.5	36	3	-2
27	2	-2.5	66	2	-2.5	37	3	-5
28	2	-9.4	67	2	-9.4	38	3	-2
29	2	-2.5	68	2	-2.5	39	3	-2
30	2	-2.5	69	2	-2.5	40	3	-2
31	2	-2.5	70	2	-2.5	41	3	-2
32	2	-9.4	71	2	-2.5	42	3	-5
33	2	-2.5	2	3	-5	43	3	-2
34	2	-2.5	3	3	-2	44	3	-2
35	2	-2.5	4	3	-2	45	3	-2
36	2	-2.5	5	3	-2	46	3	-2
37	2	-9.4	6	3	-2	47	3	-5
38	2	-2.5	7	3	-5	48	3	-2
39	2	-2.5	8	3	-2	49	3	-2
40	2	-2.5	9	3	-2	50	3	-2
			10	3	-2	51	3	-2
			11	3	-2	52	3	-5
53	3	-2	60	3	-2	67	3	-5
54	3	-2	61	3	-2	68	3	-2
55	3	-2	62	3	-5	69	3	-2
56	3	-2	63	3	-2	70	3	-2
57	3	-5	64	3	-2	71	3	-2
58	3	-2	65	3	-2			
59	3	-2	66	3	-2			

**PESO PROPRIO SHELL**

Descrive i valori del peso proprio degli elementi Shell

Descrizione dei parametri:

Shell	= Numero dello Shell
Px	= Valore del peso proprio in direzione X per unità di superficie
Py	= Valore del peso proprio in direzione Y per unità di superficie
Pz	= Valore del peso proprio in direzione Z per unità di superficie

**PESO PROPRIO SU SHELL CdC n. 1**

Shell	Px (N/cm <sup>2</sup> )	Py (N/cm <sup>2</sup> )	Pz (N/cm <sup>2</sup> )
2	0	0	-0.25
3	0	0	-0.25
4	0	0	-0.25
5	0	0	-0.25
6	0	0	-0.25
7	0	0	-0.25
8	0	0	-0.25
9	0	0	-0.25
10	0	0	-0.25
11	0	0	-0.25
12	0	0	-0.25
13	0	0	-0.25
14	0	0	-0.25
15	0	0	-0.25
16	0	0	-0.25
17	0	0	-0.25
18	0	0	-0.25
19	0	0	-0.25
20	0	0	-0.25
21	0	0	-0.25
22	0	0	-0.25
23	0	0	-0.25
24	0	0	-0.25
25	0	0	-0.25
26	0	0	-0.25
27	0	0	-0.25
28	0	0	-0.25
29	0	0	-0.25
30	0	0	-0.25
31	0	0	-0.25
32	0	0	-0.25
33	0	0	-0.25
34	0	0	-0.25
35	0	0	-0.25
36	0	0	-0.25
37	0	0	-0.25
38	0	0	-0.25
39	0	0	-0.25
40	0	0	-0.25
41	0	0	-0.25
42	0	0	-0.25
43	0	0	-0.25
44	0	0	-0.25
45	0	0	-0.25
46	0	0	-0.25
47	0	0	-0.25
48	0	0	-0.25
49	0	0	-0.25
50	0	0	-0.25
51	0	0	-0.25
52	0	0	-0.25
53	0	0	-0.25
54	0	0	-0.25
55	0	0	-0.25
56	0	0	-0.25
57	0	0	-0.25
58	0	0	-0.25
59	0	0	-0.25
60	0	0	-0.25
61	0	0	-0.25
62	0	0	-0.25
63	0	0	-0.25
64	0	0	-0.25
65	0	0	-0.25
66	0	0	-0.25
67	0	0	-0.25
68	0	0	-0.25
69	0	0	-0.25
70	0	0	-0.25
71	0	0	-0.25

## INVILUPPO RISULTATI DELLE CONDIZIONI ELEMENTARI

I risultati contengono sia involuppi sia combinazioni dei risultati delle condizioni di carico elementari.

Una condizione di involuppo può essere di tipo "automatico" e in questo caso è un vero e proprio involuppo dei valori minimi o massimi che ogni singola grandezza può assumere per effetto della combinazione lineare dei valori di ogni condizione di carico elementare, moltiplicati per il coefficiente che tra i due possibili risulta più tassativo.

Tutte le condizioni di carico in caso di involuppo sono trattate tramite due moltiplicatori uno minimo e uno massimo per dare la possibilità di considerare azioni (tipo azione del vento o sisma) che possono agire in due direzioni opposte.

I risultati contengono sia involuppi sia combinazioni assegnate dei risultati delle condizioni di carico elementari.

La combinazione lineare automatica può essere svolta anche su risultati di involuppi, detti in questo caso involuppi base, anziché di condizioni di carico elementare. Il risultato è un involuppo di involuppi.

Le condizioni di carico possono essere distinte nelle seguenti tipologie:

- **Permanente:** la CdC elementare è sempre presente nell'involuppo e viene scelto il coefficiente più tassativo.
- **Variabile:** le sollecitazioni della CdC elementare sono sommate solo se la componente considerata (Forza, momento flettente, spostamento in una direzione, ecc.) è a sfavore, diminuendo il valore finale se si cerca il minimo, aumentando il valore finale se si cerca il massimo, scegliendo sempre il coefficiente più tassativo.
- **Variabile non Contemporanea:** analoga alla Variabile ma vengono sommate le sollecitazioni della sola e unica CdC più gravosa, per la componente in esame, fra tutte quelle che appartengono allo stesso gruppo (colonna grp), escludendo le altre CdC dello stesso gruppo.
- **Permanente non Contemporanea:** analoga alle var. non contemporanea con la differenza che le sollecitazioni di almeno una CdC dello stesso gruppo (la più gravosa o la meno favorevole) vengono sommate anche se con effetto favorevole; in questo caso viene scelta la meno favorevole per la componente in esame.
- **Variabile Contemporanea:** le sollecitazioni della CdC elementare sono sommate insieme a tutte quelle Variabili Contemporanee che appartengono allo stesso gruppo (colonna grp) solo se applicandole tutte assieme vanno a sfavore diminuendo il valore finale se si cerca il minimo, aumentando il valore finale se si cerca il massimo.
- **Non Considerata:** le sollecitazioni della CdC elementare non contribuiscono all'involuppo.

## SOLLECITAZIONI DI INVILUPPO SU ELEMENTI TIPO SHELL

Per ciascuna Condizione di Carico di Involuppo vengono riportate le sollecitazioni involuppate di ciascun elemento tipo Shell

Shell	= Numero dell'Elemento Shell
CdC	= Condizione di Carico di Involuppo
N22	= Forza Normale Membranale in direzione asse locale 2
N33	= Forza Normale Membranale in direzione asse locale 3

N23	= Forza Tagliante Membranale agenti sulle facce perpendicolari agli assi locali 2 e 3
M22	= Momento Flettente agente nel piano locale 12
M33	= Momento Flettente agente nel piano locale 13
M23	= Momento Torcente agente sulle facce perpendicolari agli assi locali 2 e 3
Q2	= Forza di taglio fuori piano agente nel piano locale 12
Q3	= Forza di taglio fuori piano agente nel piano locale 13
W	= Reazione di Winkler
Dr	= Momento di Drilling

I simboli S1, S2, S3, S4 indicano la "sigma combinata" e si riferiscono al calcolo della tensione fittizia valutata in ipotesi di linearità del comportamento del materiale e resistenza indefinita, la cui massimizzazione individua la più probabile verifica peggiore a pressoflessione, valutata con la formula (sigma positiva indica trazione)

$$\sigma_{comb} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

(W è il modulo di resistenza) sul bordo inferiore (S1) e superiore (S2) della sezione rettangolare dello shell (di base 1 m e altezza pari allo spessore dello shell) ortogonale all'asse locale 2 (il bordo inferiore è posto dalla parte dei valori negativi dell'asse locale 1); S3 ed S4 sono relativi alla sezione ortogonale all'asse locale 3.

Sono di seguito elencati i dati dei seguenti involuppi:

- ~SL08 SLE caratt.
- ~SL08 STR SLV

### Descrizione Inviluppo “~SL08 SLE caratt.”

Agisce su tutte le entità del modello.

Condizioni di inviluppo automatiche

n°CdC o Inviluppo	Nome CdC o Inviluppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Min	Molt.Max
Inviluppo	~SL08 SLE caratt. 1	Perm.non Contemp.	1	1	1

Descrizione degli inviluppi contenuti nell'inviluppo “~SL08 SLE caratt.”

Descrizione inviluppo “~SL08 SLE caratt. 1”:

n°CdC o Inviluppo	Nome CdC o Inviluppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Min	Molt.Max
CdC elem. 1St	CdC n. 1	Permanente		1	1
CdC elem. 2St	CdC n. 2	Permanente		1	1
CdC elem. 3St	CdC n. 3	Variabile		0	1

### Descrizione Inviluppo “~SL08 STR SLV”

Agisce su tutte le entità del modello.

Condizioni di inviluppo automatiche

n°CdC o Inviluppo	Nome CdC o Inviluppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Min	Molt.Max
Inviluppo	~SL08 STR SLV 1	Perm.non Contemp.	1	1	1

Descrizione degli inviluppi contenuti nell'inviluppo “~SL08 STR SLV”

Descrizione inviluppo “~SL08 STR SLV 1”:

n°CdC o Inviluppo	Nome CdC o Inviluppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Min	Molt.Max
CdC elem. 1St	CdC n. 1	Permanente		1	1.3
CdC elem. 2St	CdC n. 2	Permanente		0	1.5
CdC elem. 3St	CdC n. 3	Variabile		0	1.5

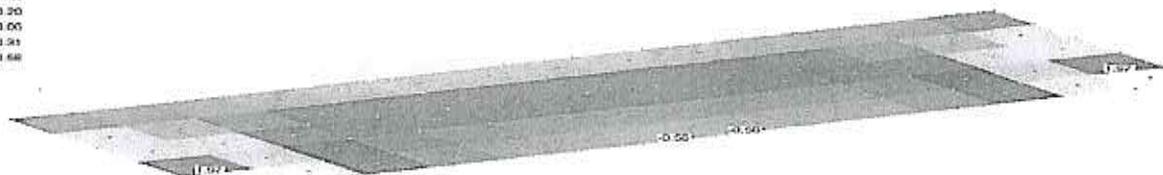
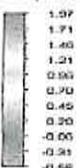
### Descrizione Sollecitazioni di Inviluppo

Sollecitazioni derivate dall'inviluppo “~SL08 SLE caratt.”

Inviluppo ~SL08 SLE caratt.  
CdC di Inviluppo N22 max  
N22 (kN/m<sup>2</sup>)

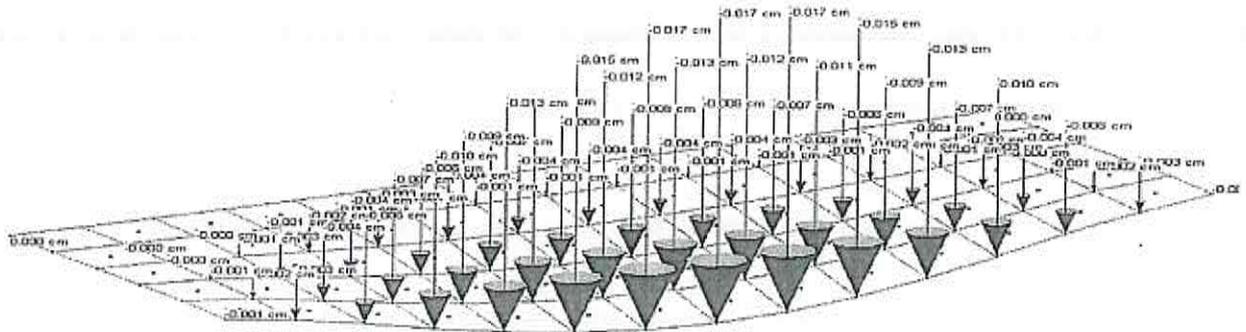


Inviluppo ~SL08 SLE caratt.  
CdC di Inviluppo N22 max  
N22 (kN/m<sup>2</sup>)



Deformata e spostamenti

34  
70



Considerando tali sollecitazioni e l'armatura resistente indicata nelle tavole strutturali allegate, si procede alle seguenti verifiche.

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 2

Titolo: **Tombe singole e doppie ZAMBETTI - Solette orizzontali - Incastro**

N° strati barre | 2 | Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	93	10

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2,01	2,5
2	1,51	7,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -2,86 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -6,635 kNm

σ<sub>c</sub> -14,17 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 16,85 ‰  
d 7,5 cm  
x 1,29 x/d 0,172  
δ 0,7

**Materiali**  
B450C C25/30  
s<sub>su</sub> 67,5 ‰ s<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² s<sub>cu</sub> 3,5  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14,17  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
s<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>o</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 2

Titolo: **Tombe singole e doppie ZAMBETTI - Solette orizzontali - Incastro**

N° strati barre | 2 | Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	10

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,83	2,5
2	0,5	7,5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -2,94 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -5,557 kNm

σ<sub>c</sub> -14,17 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 29,62 ‰  
d 7,5 cm  
x 0,792 x/d 0,1057  
δ 0,7

**Materiali**  
B450C C25/30  
s<sub>su</sub> 67,5 ‰ s<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² s<sub>cu</sub> 3,5  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14,17  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
s<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>o</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : **Tombe singole e doppie ZAMBETTI - Solette orizzontali - Trave**

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	50	10	1	0,6	2,5
			2	1,57	7,5

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN   
yN

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kN m

Materiali

B450C		C25/30	
$\sigma_{su}$	<input type="text" value="67.5"/> %	$\sigma_{c2}$	<input type="text" value="2"/> %
$f_{yd}$	<input type="text" value="391.3"/> N/mm²	$\sigma_{cu}$	<input type="text" value="3.5"/> %
$E_s$	<input type="text" value="200.000"/> N/mm²	$f_{cd}$	<input type="text" value="14.17"/> %
$E_s/E_c$	<input type="text" value="15"/>	$f_{cc}/f_{cd}$	<input type="text" value="0.8"/> ?
$\sigma_{syd}$	<input type="text" value="1.957"/> %	$\sigma_{c,adm}$	<input type="text" value="9.75"/>
$\sigma_{s,adm}$	<input type="text" value="255"/> N/mm²	$\tau_{co}$	<input type="text" value="0.6"/>
		$\tau_{c1}$	<input type="text" value="1.829"/>

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   %  
 $\epsilon_s$   %  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Metodo di calcolo  
 S.L.U. +  S.L.U.  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

**RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO IDRICO****DIMENSIONAMENTO RETI IDRICO-SANITARIE**

Per quanto riguarda la progettazione dell'impianto idrico sanitario si è fatto riferimento al Progetto di Norma Europea "prEN 806-3", attualmente in via di approvazione.

Essa consente di ricavare valori sostanzialmente in accordo con quelli delle norme più utilizzate in Europa, ossia quelle inglesi (BS 6700), tedesche (DVGW 308) e francesi (DTU 60.11).

Il motivo per cui si è fatto riferimento a norme ancora in via di approvazione è dovuto al fatto che le Norme UNI in vigore (vale a dire le UNI 9182), non sono molto affidabili.

Infatti, senza dilungarci troppo con esempi numerici, applicando tale Norma si ottengono, in alcune condizioni, portate di progetto più che doppie rispetto alla portata necessaria a far funzionare contemporaneamente tutti gli apparecchi.

Per il dimensionamento delle reti idriche, vanno esaminati i seguenti punti:

- le portate minime che devono essere assicurate ad ogni apparecchio sanitario;
- le portate che devono essere assicurate ad ogni tronco di rete;
- le pressioni necessarie per poter assicurare tali portate;
- le velocità massime con cui l'acqua può fluire nei tubi senza causare rumori e vibrazioni;
- i criteri generali per determinare il diametro dei tubi.

**Portate nominali**

Si intendono portate nominali, le portate minime che devono essere assicurate ai rubinetti di ogni apparecchio sanitario. Il calcolo della portata  $G_t$ , si esegue sommando le portate nominali degli apparecchi collegati alla rete idrosanitaria per l'acqua calda e quella fredda, come di seguito riportato:

**Dimensionamento dei tubi**

Per dimensionare i tubi, che convogliano acqua fredda dalla rete di distribuzione già esistente si utilizza il metodo di analogia con le caratteristiche della rete già presente, che di fatto dovrà alimentare un numero ridotto di punti acqua all'esterno.

Si fa riferimento alle tabelle riportate nella letteratura tecnica, che consentono di determinare il diametro dei tubi in funzione di tre parametri:

- la portata di progetto ( $G_{pr}$ )
- il carico lineare unitario disponibile ( $J$ )
- la temperatura dell'acqua

Le stesse tabelle consentono inoltre di verificare se il diametro scelto comporta o meno una velocità accettabile.

<b>Tab. 6</b>			
<b>PORTATE TOTALI AMMESSE PER TUBI IN MULTISTRATO (PEX-AL-PEX)</b>			
<b><math>G_t</math> (lt/s)</b>	0,4	0,7	2
<b><math>D_e</math> (mm)</b>	16	20	26
<b><math>D_i</math> (mm)</b>	11.6	14.4	18

La tubazione dell'impianto sarà in polietilene PN 12.5 per i tratti interrati e in acciaio zincato all'interno dell'edificio, conforme alla norma UNI EN 10255/05 (ex UNI 8863).

## RELAZIONE DI CALCOLO IDRAULICO FOGNATURE

Il dimensionamento delle linee di scarico, delle tubazioni orizzontali e del collettore di raccolta delle acque derivanti dagli scarichi delle fontane è stato effettuato utilizzando le tabelle ed i coefficienti della normativa UNI EN 12056 che prevedono di dimensionare i vari rami utilizzando la portata ridotta  $Q_r$  (1) che si ottiene da:

Essendo  $Q_t$  la portata complessiva calcolata in base al numero complessivo di unità di scarico allacciate al ramo in esame. I valori delle intensità di scarico adottati sono:

Tipo di apparecchio idrosanitario Intensità di scarico  $Q$  [l/sec.]

Lavabo: Intensità di scarico  $Q = 0.5$  l/sec.

Per il dimensionamento di tubazioni e collettori si utilizzano i risultati riportati in tabelle ottenuti con la formula di Prandtl-Colebrook con  $k_b=0,4$  mm.

A titolo di esempio si riporta il seguente dimensionamento:

Colonna n° 1 Alla colonna in esame sono collegati:

n. 4 fontane:  $4 \times 0,5 = 2$  l/sec

Il valore della portata totale è dato da:

$Q_t = 8,5$  l/sec

Tenendo conto della contemporaneità la portata ridotta viene calcolata con la (1):

$Q_r = 0,7 * (8,5)^{1/2} = 2,04$  l/sec

La linea di scarico può pertanto essere realizzata con tubazione DN110.