

S.S. 38 - LOTTO 4: VARIANTE DI TIRANO DALLO SVINCOLO DI STAZZONA (COMPRESO) ALLO SVINCOLO DI LORETO (CON COLLEGAMENTO ALLA DOGANA DI POSCHIAVO)

**S.S. 38 - LOTTO 4: NODO DI TIRANO -
TRATTA "A" (SVINCOLO DI BIANZONE - SVINCOLO LA GANDA)
E TRATTA "B" (SVINCOLO LA GANDA - CAMPONE IN TIRANO)**

PROGETTO ESECUTIVO

 Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4863 W)	 Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-28211	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	 Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	 Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102
	 Società designata: GA&M Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137	SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771	 Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970	DOTT. GEOL. DANILLO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588

VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Giancarlo LUONGO

RESPONSABILE
DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Valerio BAJETTI

GEOLOGO



Dott. Geol. Francesco AMANTIA SCUDERI

IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Ing. Gaetano RANIERI

L0001

L - PROGETTO STRUTTURALE - TOMBINATURE IDRAULICHE
L00 - RELAZIONI TOMBINATURE E MANUFATTI
RELAZIONE TECNICA GENERALE TOMBINATURE

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	L0001-T00TM00STRRE01_A.dwg		
M I 3 2 4	E	1 8 0 1	CODICE ELAB. T 0 0 T M 0 0 S T R R E 0 1	A	-----
C					
B					
A	EMISSIONE	FEBBARIO 2019	ING. GIUSEPPE CRISÀ	ING. FABRIZIO BAJETTI	ING. VALERIO BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	UNITA' DI MISURA	3
4	MATERIALI	4
4.1	Calcestruzzo	4
4.1.1	Calcestruzzo per opere di sottofondazione	4
4.1.2	Calcestruzzo per le opere strutturali prefabbricate	4
4.2	Acciaio	4
4.2.1	Acciaio per armatura lenta	4
4.3	Calcolo dei copriferri minimi	5
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	6
5.1	Analisi di sensibilità al variare della costante di sottofondo	7
5.1.1	CASO 1 – $H_{\text{ricoprimento}} = 0,00 \text{ m} - k = 1.000,00 \text{ kN/m}^3$	7
5.1.2	CASO 1 – $H_{\text{ricoprimento}} = 0,00 \text{ m} - k = 2.000,00 \text{ kN/m}^3$	8
5.1.3	CASO 1 – $H_{\text{ricoprimento}} = 0,00 \text{ m} - k = 5.000,00 \text{ kN/m}^3$	9
5.1.4	CASO 1 – $H_{\text{ricoprimento}} = 0,00 \text{ m} - k = 10.000,00 \text{ kN/m}^3$	10
5.1.5	CASO 2 – $H_{\text{ricoprimento}} = 10,00 \text{ m} - k = 1.000,00 \text{ kN/m}^3$	11
5.1.6	CASO 2 – $H_{\text{ricoprimento}} = 10,00 \text{ m} - k = 2.000,00 \text{ kN/m}^3$	12
5.1.7	CASO 2 – $H_{\text{ricoprimento}} = 10,00 \text{ m} - k = 5.000,00 \text{ kN/m}^3$	13
5.1.8	CASO 2 – $H_{\text{ricoprimento}} = 10,00 \text{ m} - k = 10.000,00 \text{ kN/m}^3$	14
5.1.9	Valutazione della variabilità delle azioni sollecitanti	15
6	ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA	16
6.1	Identificazione della località e dei parametri sismici generali	16
6.2	Definizione della strategia progettuale	17
6.3	Parametri di calcolo	19
6.3.1	Parametri numerici sismici	19
6.3.2	Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica	19
6.3.3	Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica	19
6.3.4	Fattori di struttura	20
6.3.5	Definizione dello spettro di progetto	20
6.4	Definizione dei coefficienti sismici di calcolo	23
7	I TOMBINI SCATOLARE	24
8	I TOMBINI CIRCOLARI	26
9	I MURI DI IMBOCCO E SBOCCO A "L"	28
10	I MANUFATTI DI IMBOCCO E SBOCCO	31

1 PREMESSA

La presente relazione riporta la descrizione generale e i criteri progettuali adottati per le opere di attraversamento idraulico rappresentati da tombini scatoari e circolari nell'ambito del progetto esecutivo "S.S.38 – lotto 4: nodo di Tirano – Tratta A (svincolo di Bianzone – svincolo La Ganda) - Tratta B (svincolo La Ganda – Campone di Tirano)".

Di seguito si riporta la tabella di riepilogo dei tombini oggetto del presente progetto:

Tombino	Dimensioni interne	Progressiva
TM01sx	DN 1000	0+064
TM03a	4,00x3,00	0+475
TM03b	3x(4,00x3,00)	0+530
TM03c	4,00x3,00	0+294
TM04c	DN 1000	0+183
TM05	DN 1000	0+938
TM08b	2xDN1000	0+580
TM08c	2xDN1000	0+272
TM08d	DN1000	0+251
TM08f	3.00x2.00	1+165
TM09	3,00x2,00	1+945
TM10b	2xDN1000	2+119
TM10c,d	3.00x2.00	1+985
TM10sx	DN 1000	0+412
TM11a	DN 1000	2+573
TM11c	DN 1000	0+337
TM12adx	DN1500	2+905
TM12bdx	2.00x2.00	2+806
TM13adX	DN 1500	0+180
TM13bdx	2.00x2.00	3+036
TM16	4.00x3.00	3+350
TM16bdx	2.00x2.00	3+450
TM16sx	2(3.00x2.00)	0+297
TM17dx	2.00x2.00	3+565
TM17sx	2.00x2.00	0+200
TM18ddx,dxx	3.00x2.00	3+690
TM18fsx	3.00x2.00	3+360
TM19	DN 1000	4+885
TM20dx	3.00x2.00	5+031
TM22dx	3.00x2.00	6+483
TM22sx	DN 1000	0+144

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle seguenti Normative Tecniche:

- **Legge 05/01/1971 n.1086** → Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- **Legge 02/02/1974 n. 64** → Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- **DM 17/01/2018** → Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni
- **UNI EN 1992-1 (Eurocodice 2 – Parte 1)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Regole generali
- **UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2 – Parte 2)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Ponti
- **UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2015** → Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- **UNI EN 206-1:2006** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione e conformità
- **UNI 11104** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- **Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. Linee guida sul calcestruzzo strutturale.**

3 UNITA' DI MISURA

Nei calcoli è stato fatto uso delle seguenti unità di misura:

- per i carichi: $\text{kN/m}^2, \text{kN/m}, \text{kN}$
- per i momenti: kNm
- per i tagli e sforzi normali: kN
- per le tensioni: N/mm^2
- per le accelerazioni: m/sec^2

4 MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

4.1.1 CALCESTRUZZO PER OPERE DI SOTTOFONDAZIONE

Per le opere di sottofondazione è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C12/15** e classe di esposizione **X0**.

Tale calcestruzzo non ha valenza strutturale e quindi non se ne riportano le caratteristiche meccaniche.

4.1.2 CALCESTRUZZO PER LE OPERE STRUTTURALI PREFABBRICATE

Per le opere interrato e contro terra è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C35/45** e classe di esposizione **XC4** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 14.01.2018			
Classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	45,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	37,35	[N/mm ²]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	f_{cm}	45,35	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	21,17	[N/mm ²]
Resistenza media a trazione	f_{ctm}	3,35	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica a trazione	f_{ctk}	2,35	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1,56	[N/mm ²]
Modulo elastico istantaneo	E_c	38.236,76	[N/mm ²]
Modulo elastico medio	E_{cm}	33.877,87	[N/mm ²]

4.2 ACCIAIO

4.2.1 ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

Per le armature lente è stato previsto un acciaio del tipo **B450C**, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $f_{t,k}$ = 540,00 N/mm² (resistenza caratteristica a rottura)
- $f_{y,k}$ = 450,00 N/mm² (tensione caratteristica di snervamento)
- $f_{y,d}$ = 391,30 N/mm² (tensione di snervamento di calcolo - $\gamma_c=1,15$)
- E_s = 210.000,00 N/mm² (modulo elastico istantaneo)

4.3 CALCOLO DEI COPRIFERRI MINIMI

Ai sensi delle prescrizioni di cui alla normativa vigente e con riferimento alla procedura di calcolo prevista dalla Circolare Applicativa (riferita alla normativa del 2008 ma a tutt'oggi valida) si riporta di seguito il calcolo del copriferro minimo inteso come ricoprimento delle barre:

Definizione della condizioni ambientali (TABELLA 4.1.IV - Descrizione delle condizioni ambientali)		
Condizioni ambientali	Classe di esposizione	Classe di esposizione di progetto
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1	XC4
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3	Condizioni ambientali di progetto
Molto Aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4	Aggressivo

Definizione della classi di resistenza rispetto alla Tabelle C4.1.IV		
Classe minima Cmin	Classe di resistenza del calcestruzzo	Classe di resistenza del calcestruzzo
C28/35	Barre da c.a. elementi a p	C35/45
Classe C0	Vita Nominale dell'opera	Produzioni sottoposte a controllo qualità
C45/55	100 Anni	SI

Determinazione del copriferro minimo (Tab. C4.1.IV)	
Copriferro minimo ai sensi della tabella e delle precisazioni di cui al capitolo C4.1.6.1.3 della Circolare Applicativa	35 mm
Tolleranza costruttiva	5 mm
COPRIFERRO MINIMO DI PROGETTO	40 mm

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Ai sensi della relazione geologica e della relazione geotecnica, nonché in conformità con i profili geotecnici allegati al presente progetto esecutivo, il terreno di fondazione è schematizzato dalle seguenti unità litotecniche caratterizzate dai seguenti parametri geotecnici:

- **UNITÀ UG1** Depositi alluvionali recenti e stabilizzati
- **UNITÀ UG2-1** Conoidi
- **UNITÀ UG2-2** Morene
- **UNITÀ UG3** Roccia cristallina intensamente fratturata
- **UNITÀ UG4** Roccia cristallina (poco o moderatamente fratturata)

Dai dati piezometrici disponibili si rinviene la presenza della falda a circa **-5,00 m** da p.c. (da inizio lotto alla progressiva 0+420) e a circa **-12,00 m** dal p.c. (dalla progressiva 0+880 alla progressiva 4+325) per cui non è interferente con le opere in oggetto.

Il terreno spingente è costituito da materiale idoneo per la costruzione del rilevato, caratterizzato dai seguenti parametri geotecnici:

- Peso per unità di volume: $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\phi = 37,00^\circ$
- Coesione efficace: $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$

A favore di sicurezza i calcoli e le verifiche sono stati effettuati considerando il terreno di fondazione di tipo **UG2-2**:

- Peso per unità di volume: $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\phi = 33,00^\circ$
- Coesione efficace: $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$

Nei modelli di calcolo l'interazione terreno – struttura è schematizzata mediante molle elastiche di opportuna rigidità.

A favore di sicurezza si considera come terreno di fondazione l'unità litotecnica **UG2-2**.

La costante di sottofondo è definita dalla relazione di Vesic (1961):

$$k = \frac{E}{B(1 - \nu^2)}$$

dove:

- E → modulo elastico del terreno di fondazione;
- B → lato della fondazione
- ν → coefficiente di Poisson

Alle molle elastiche sono state assegnate le seguenti costanti di rigidità:

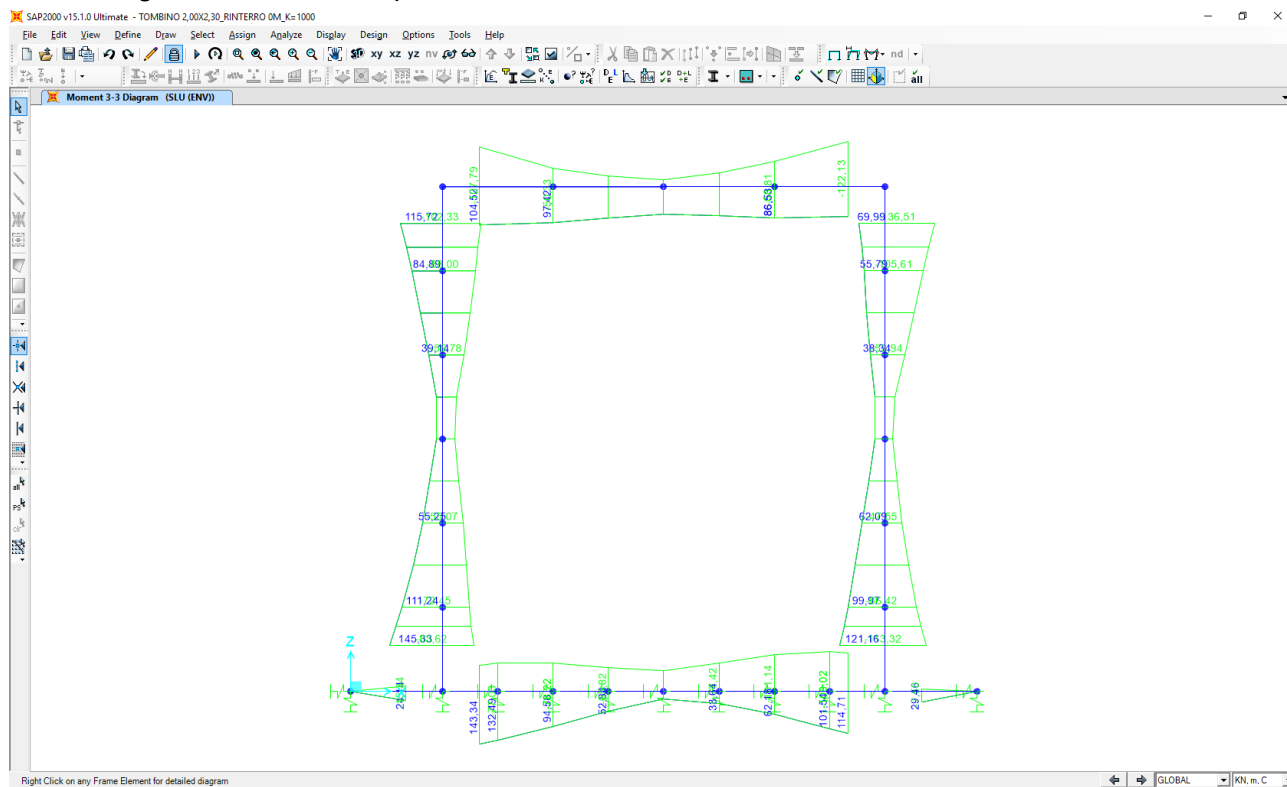
- Direzione verticale → $k = 3.850,00 \text{ kN/m}^3$
- Direzione orizzontale → $k = 1.925,00 \text{ kN/m}^3$

5.1 ANALISI DI SENSIBILITÀ AL VARIARE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO

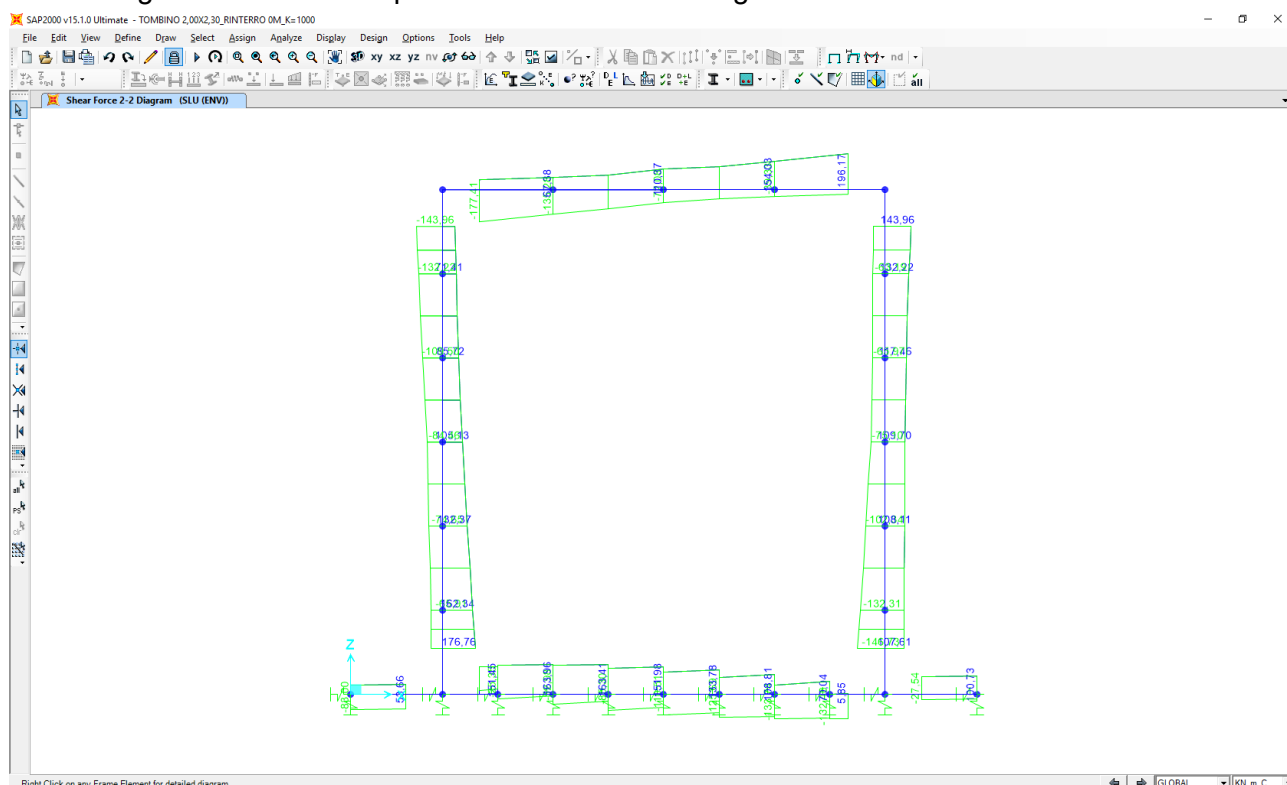
Si riportano di seguito gli studi eseguiti dagli scriventi inerenti l'analisi di sensibilità per strutture scatolari di normali dimensioni, quali quelle in progetto, dei diagrammi del momento flettente e del taglio per la combinazione di involucro delle combinazioni allo Stato Limite Ultimo – STR al variare della costante K di sottofondo impiegata.

5.1.1 CASO 1 – $H_{RICOPRIMENTO} = 0,00 \text{ M} - K = 1.000,00 \text{ kN/M}^3$

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sollecitante:

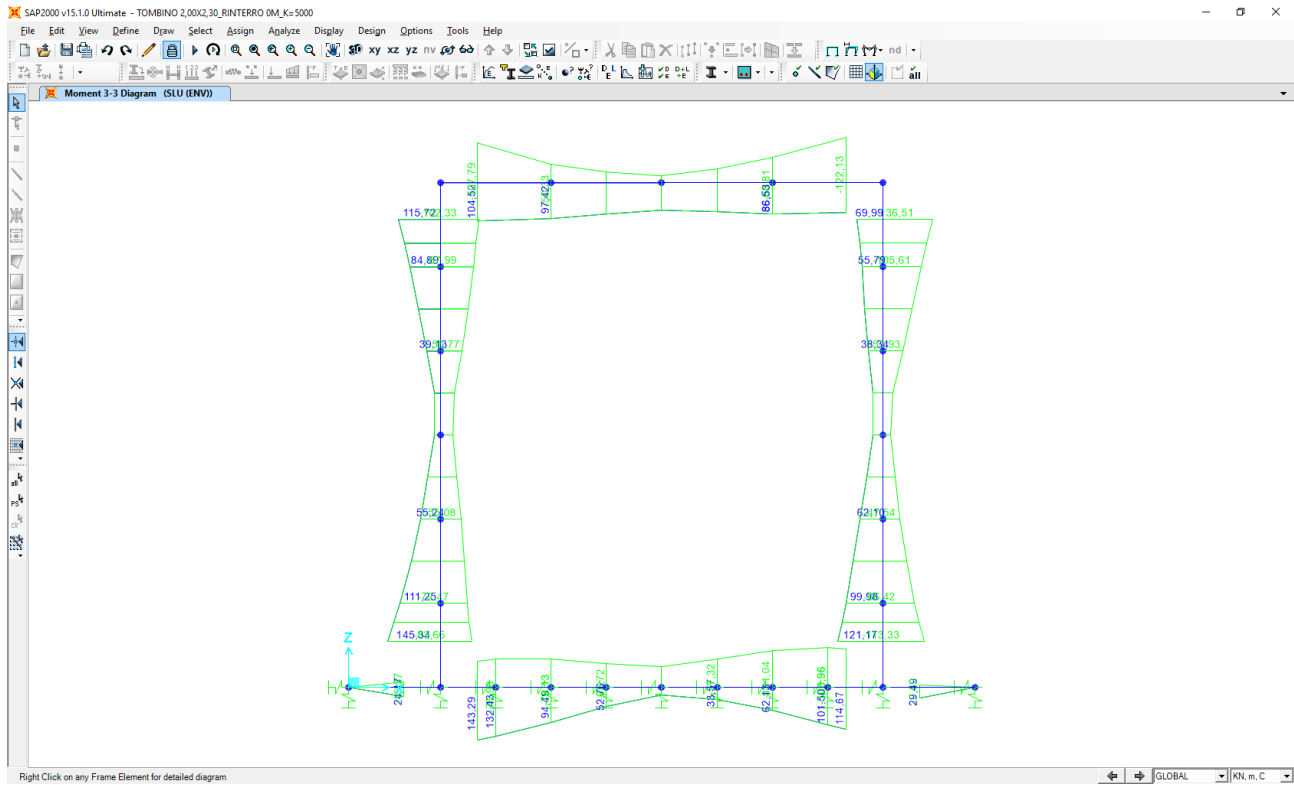


Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del taglio sollecitante:

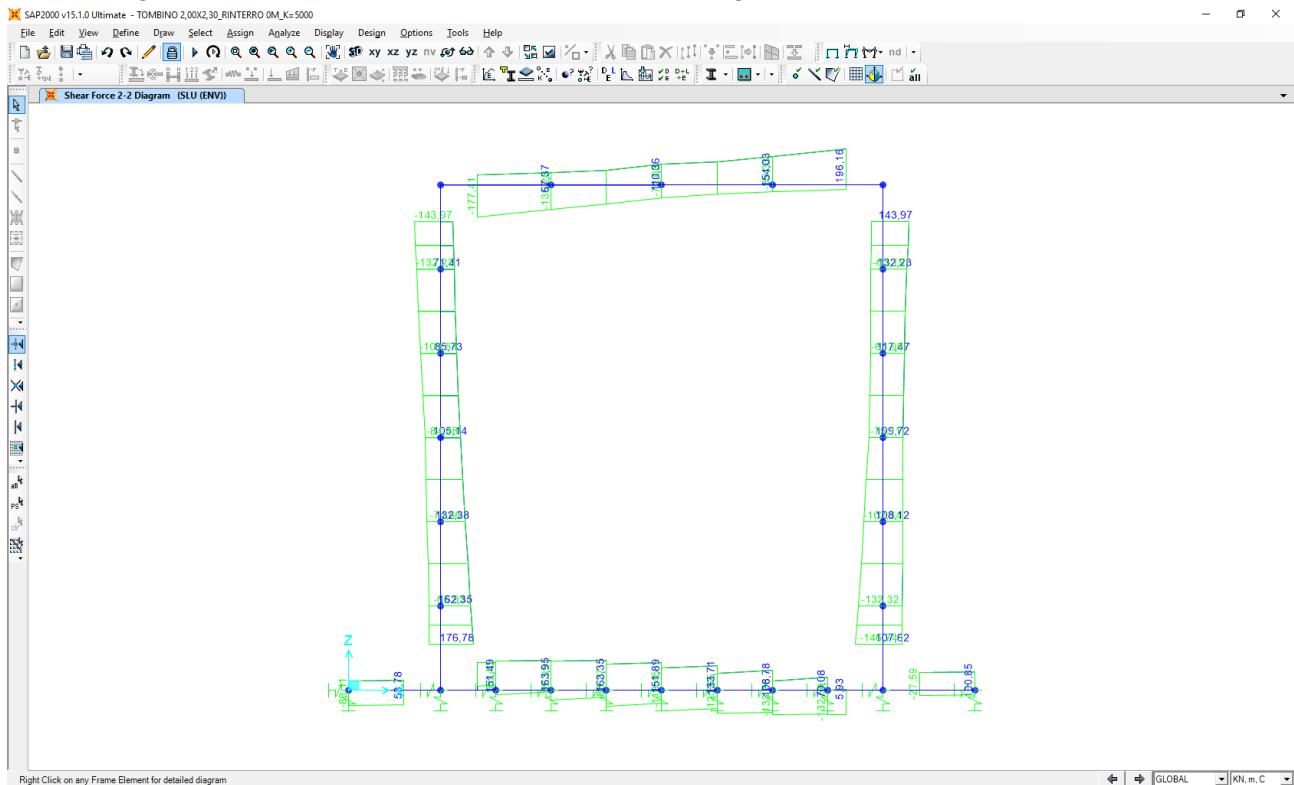


5.1.3 CASO 1 – $H_{RICOPRIMENTO} = 0,00 \text{ M} - K = 5.000,00 \text{ kN/M}^3$

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sollecitante:

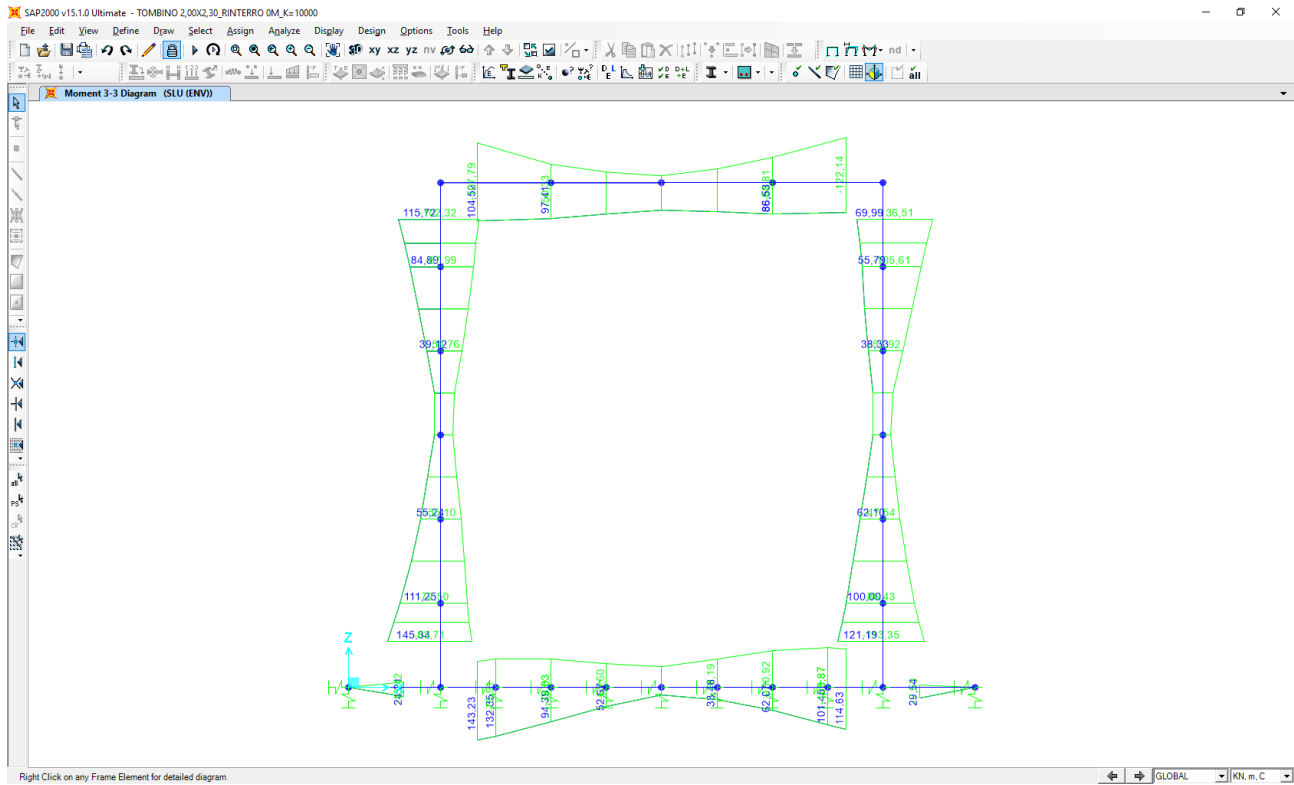


Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del taglio sollecitante:

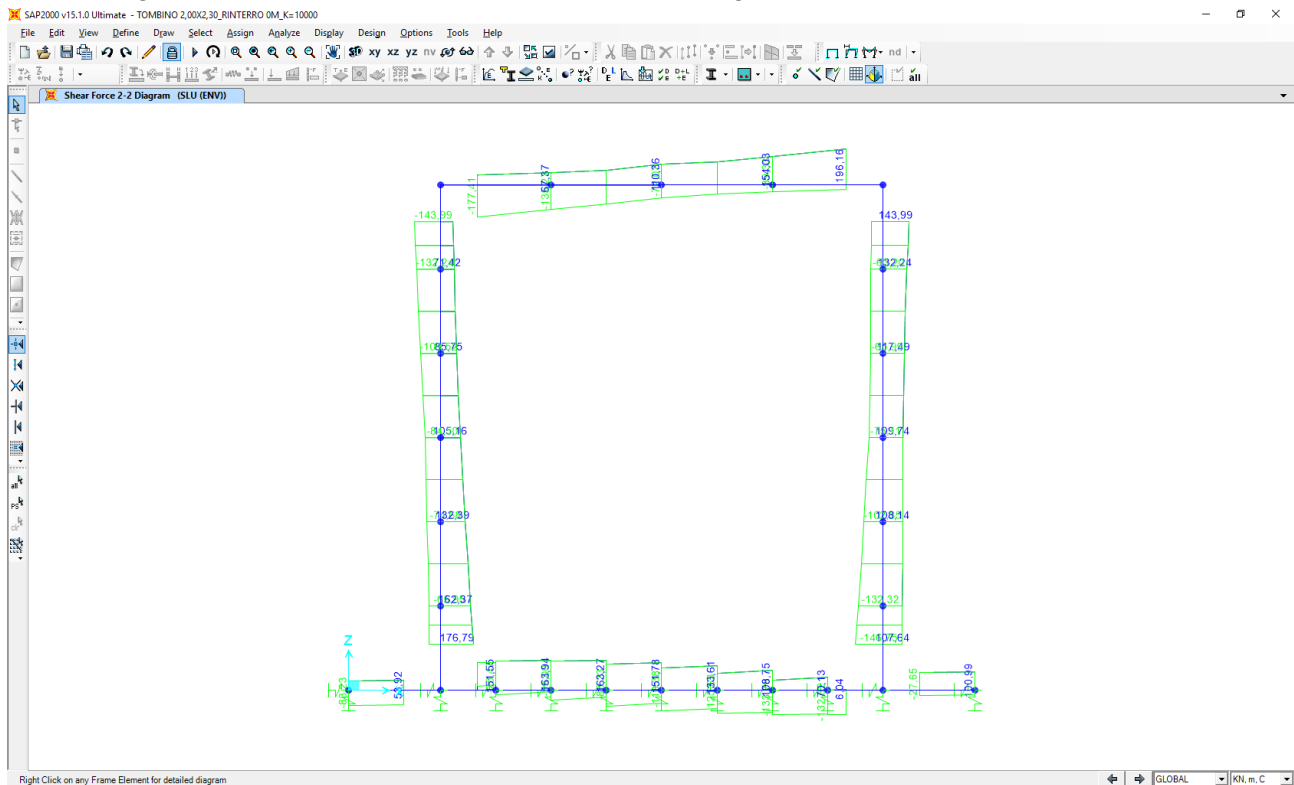


5.1.4 CASO 1 - $H_{RICOPRIMENTO} = 0,00 \text{ M} - K = 10.000,00 \text{ kN/M}^3$

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sollecitante:

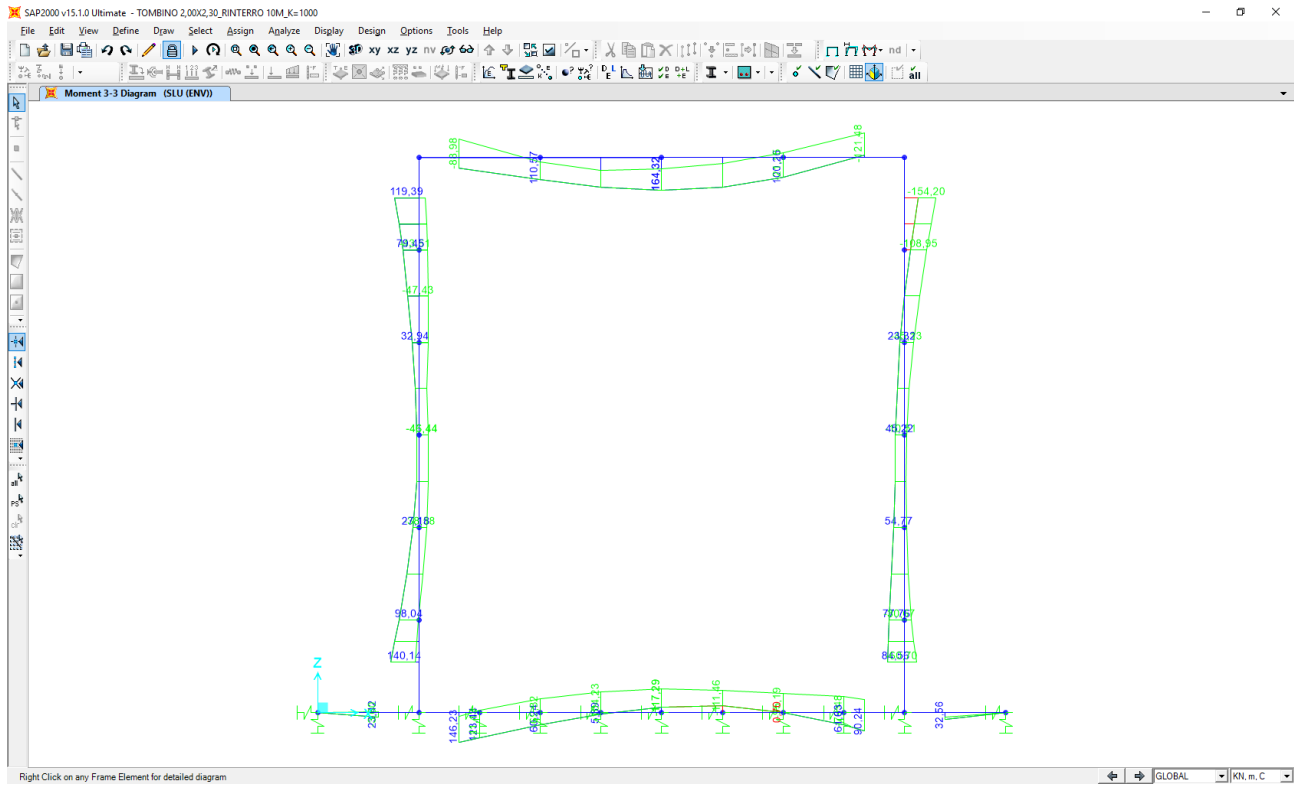


Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del taglio sollecitante:

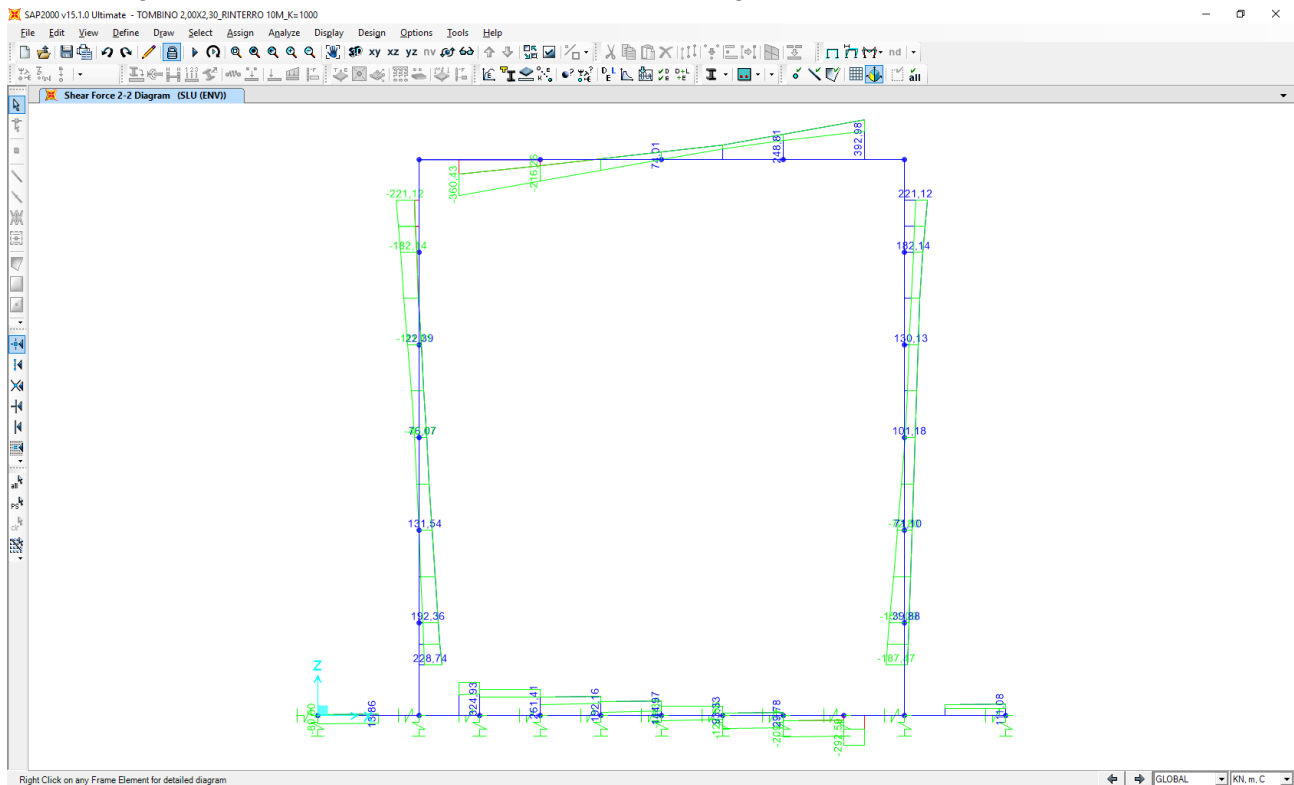


5.1.5 CASO 2 - $H_{RICOPRIMENTO} = 10,00 \text{ M} - K = 1.000,00 \text{ kN/M}^3$

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sollecitante:

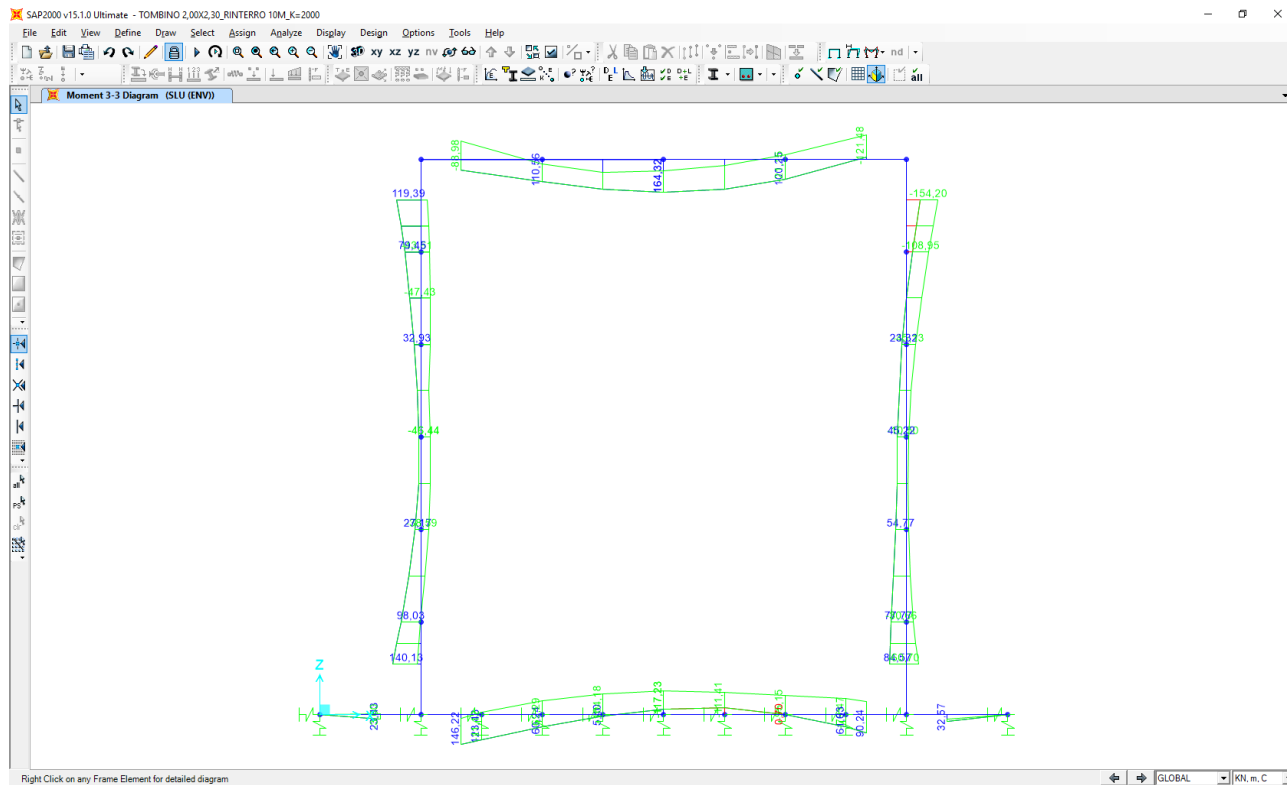


Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del taglio sollecitante:

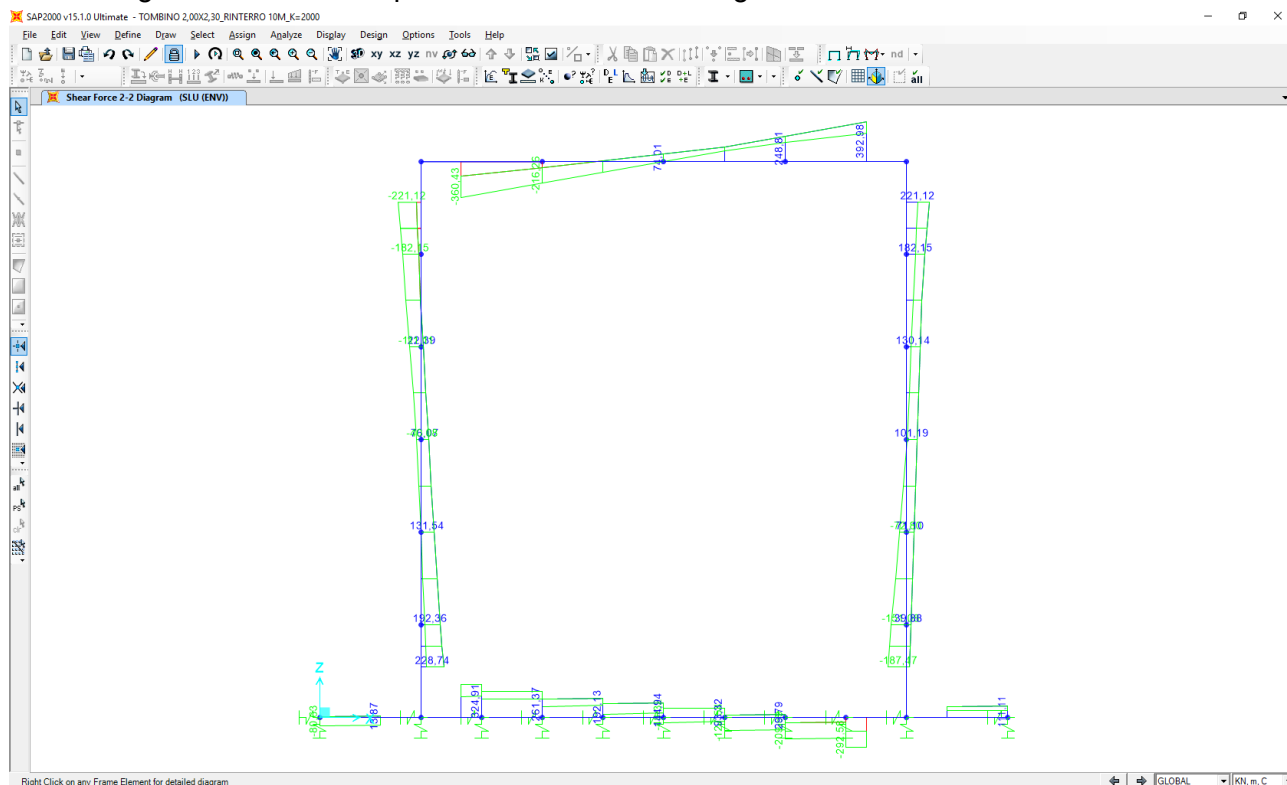


5.1.6 CASO 2 - $H_{RICOPRIMENTO} = 10,00 \text{ M} - K = 2.000,00 \text{ kN/M}^3$

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sollecitante:

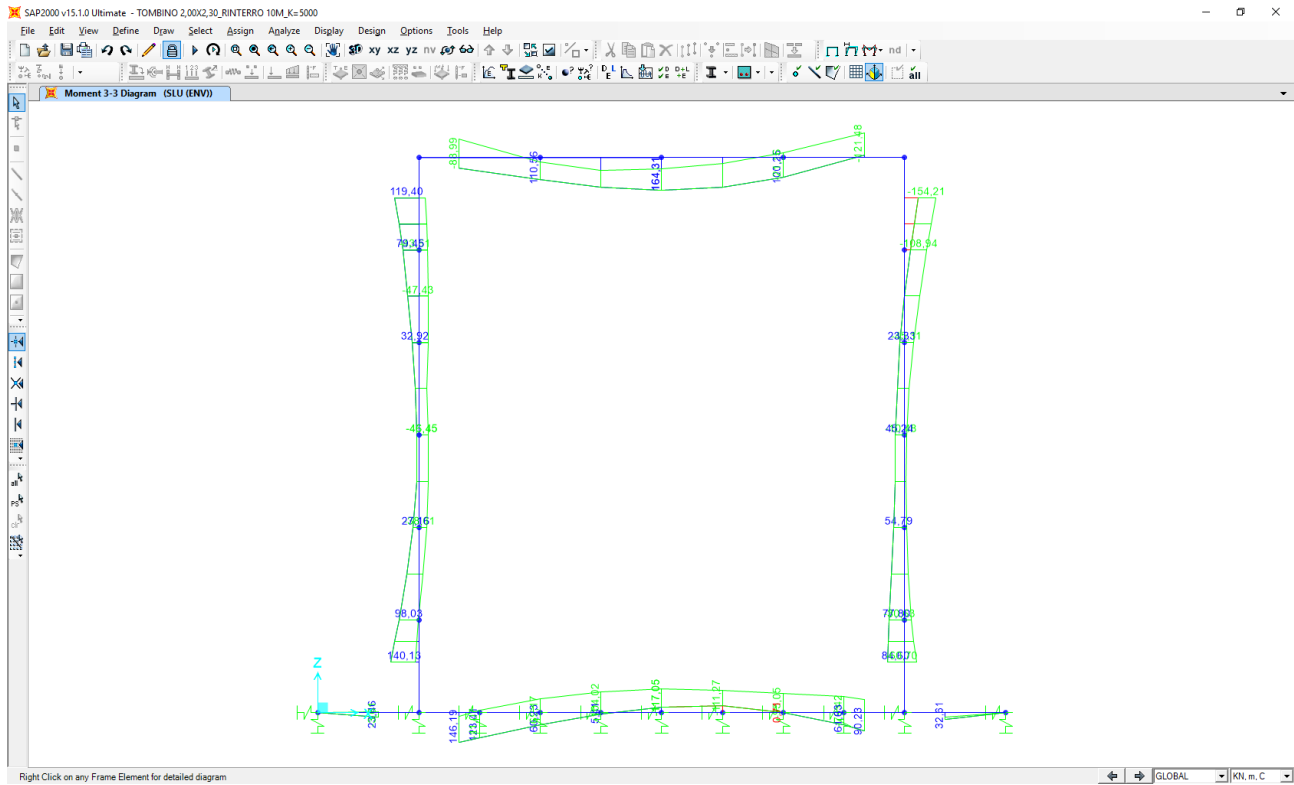


Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del taglio sollecitante:

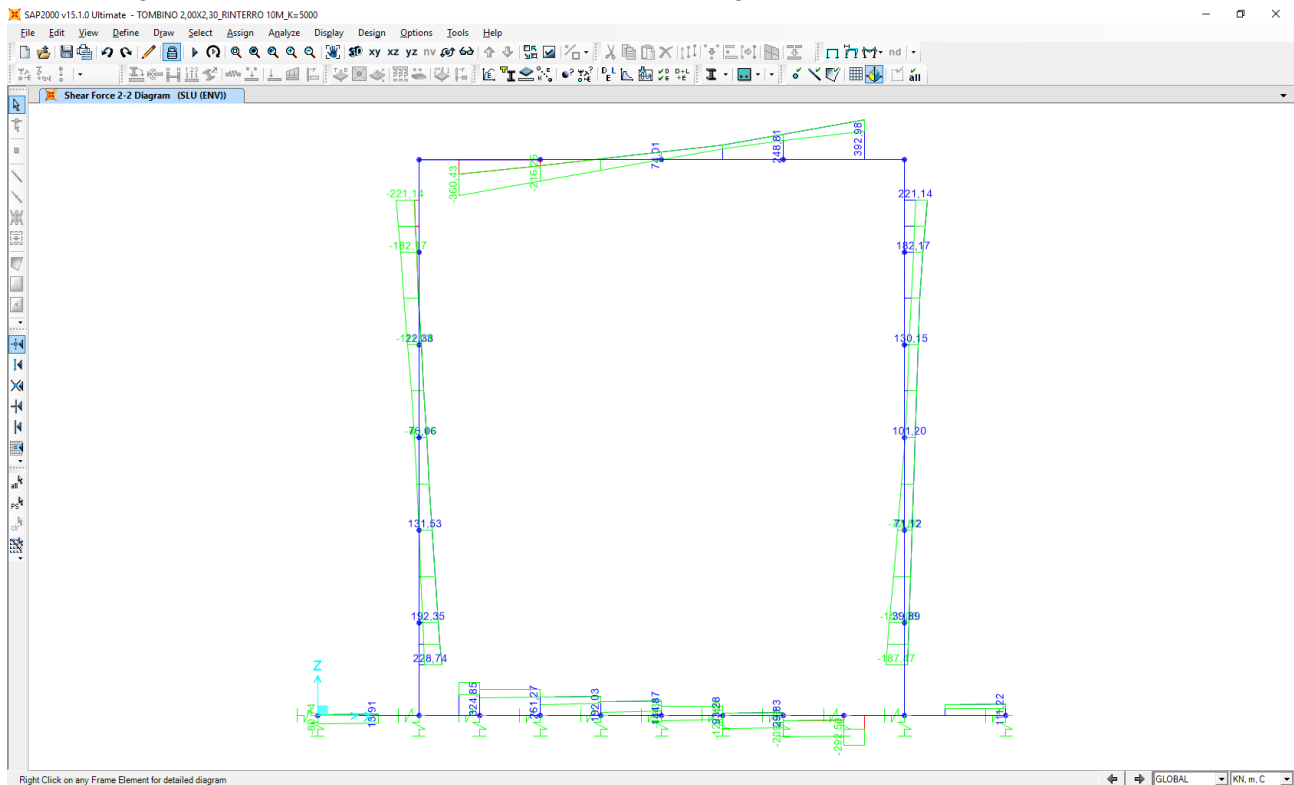


5.1.7 CASO 2 - $H_{RICOPRIMENTO} = 10,00 \text{ M} - K = 5.000,00 \text{ kN/M}^3$

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sollecitante:

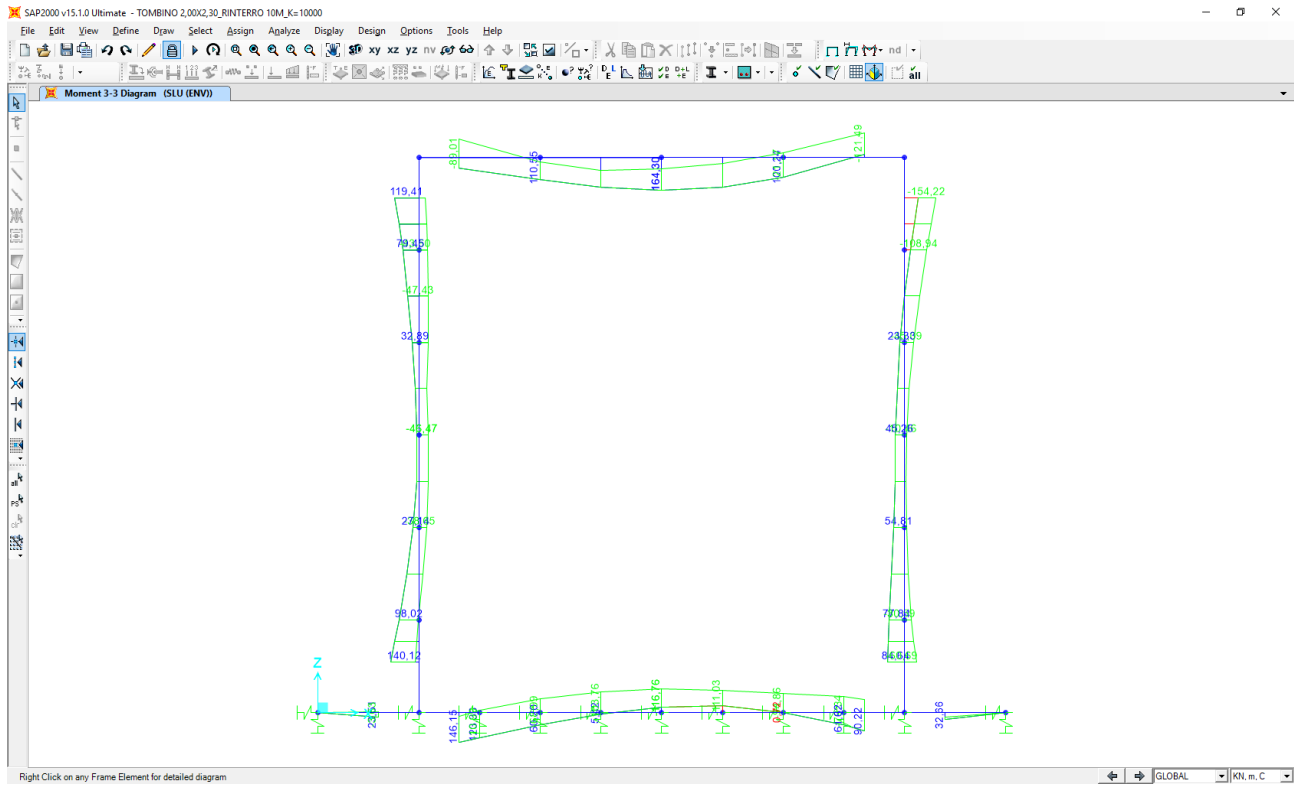


Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del taglio sollecitante:

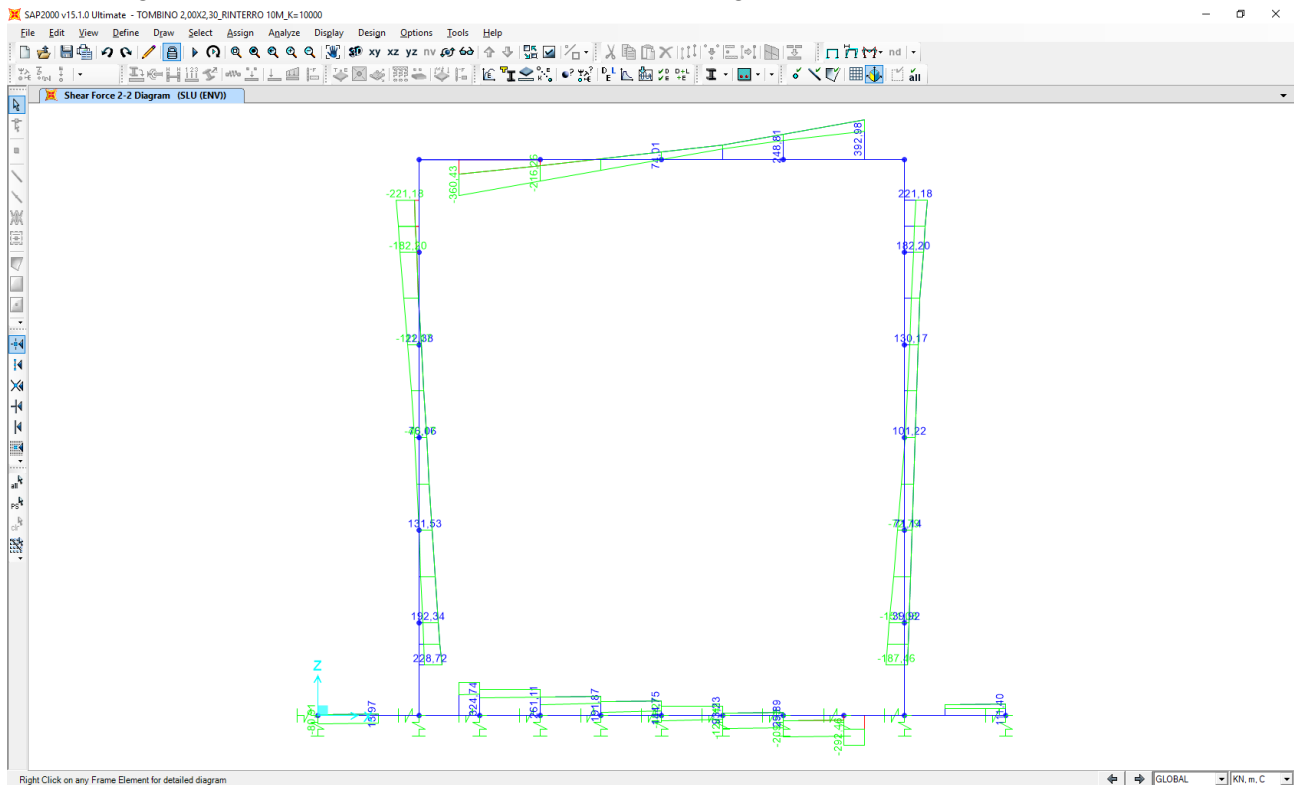


5.1.8 CASO 2 - $H_{RICOPRIMENTO} = 10,00 \text{ M} - K = 10.000,00 \text{ kN/M}^3$

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente sollecitante:



Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del taglio sollecitante:



6 ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA

6.1 IDENTIFICAZIONE DELLA LOCALITÀ E DEI PARAMETRI SISMICI GENERALI

L'area oggetto del presente intervento ricade all'interno del territorio del Comune di Tirano sito nella provincia di Sondrio.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta >>>

Variabilità dei parametri >>>

Elaborazioni

Tabella parametri >>>

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

6.2 DEFINIZIONE DELLA STRATEGIA PROGETTUALE

In riferimento al D.M. 17.01.2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", le opere sono progettate (in funzione dell'importanza strategica dell'infrastruttura) secondo i seguenti parametri:

- Vita Nominale dell'opera: **100 anni**

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

- Classe d'uso dell'opera: **III**

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

- Coefficiente di utilizzo dell'opera: **1,5**

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

- Vita di riferimento dell'opera: **150 anni**

2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad [2.4.1]$$

Qui di seguito si riporta la sintesi delle scelte progettuali adottati con i tempi di ritorno dell'azione sismica identificati in funzione del singolo stato limite.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

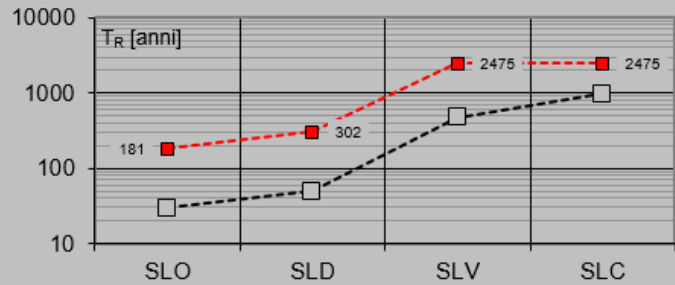
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="181"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="302"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="2475"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

6.3 PARAMETRI DI CALCOLO

6.3.1 PARAMETRI NUMERICI SISMICI

Nella tabella successiva sono riportati i parametri numerici sismici per i periodi di ritorno associati ai diversi Stati Limite:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	181	0,056	2,557	0,251
SLD	302	0,068	2,565	0,264
SLV	2475	0,136	2,625	0,292
SLC	2475	0,136	2,625	0,292

6.3.2 CATEGORIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Ai sensi di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e nei Profili geotecnici allegati al presente progetto esecutivo il terreno di fondazione è classificato simicamente come di **categoria B**.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

6.3.3 CATEGORIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Considerando che il territorio si presenta essenzialmente pianeggiante e privo di significati salti di quota la categoria topografica del sito è stata assunta pari a **categoria T2**.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

6.3.4 FATTORI DI STRUTTURA

A favore di sicurezza e visto il fatto che le opere in esame sono opere interrato, il calcolo e le verifiche sono state effettuate in campo elastico.

Il fattore di struttura è stato pertanto posto pari a $q = 1,00$.

Lo spettro di progetto adottato sarà pertanto identico allo spettro elastico.

6.3.5 DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI PROGETTO

Nell'immagine successiva è riportata la determinazione dei parametri dello spettro di risposta valutato per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLV ▼ info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo B ▼ info $S_S =$ 1,200 $C_C =$ 1,407 ▼ info

Categoria topografica T2 ▼ info $h/H =$ 0,000 $S_T =$ 1,000 ▼ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) 5 $\eta =$ 1,000 ▼ info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 1 Regol. in altezza sì ▼ info

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q 1 $\eta =$ 1,000 ▼ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta ▶▶▶

Parametri e punti spettri di risposta ▶▶▶

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

Nella tabella successiva sono riportati analiticamente i parametri sismici ed i valori delle accelerazioni normalizzate in funzione del periodo di vibrazione:

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,136 g
F_o	2,625
T_c	0,292 s
S_s	1,200
C_c	1,407
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,137 s
T_C	0,411 s
T_D	2,144 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

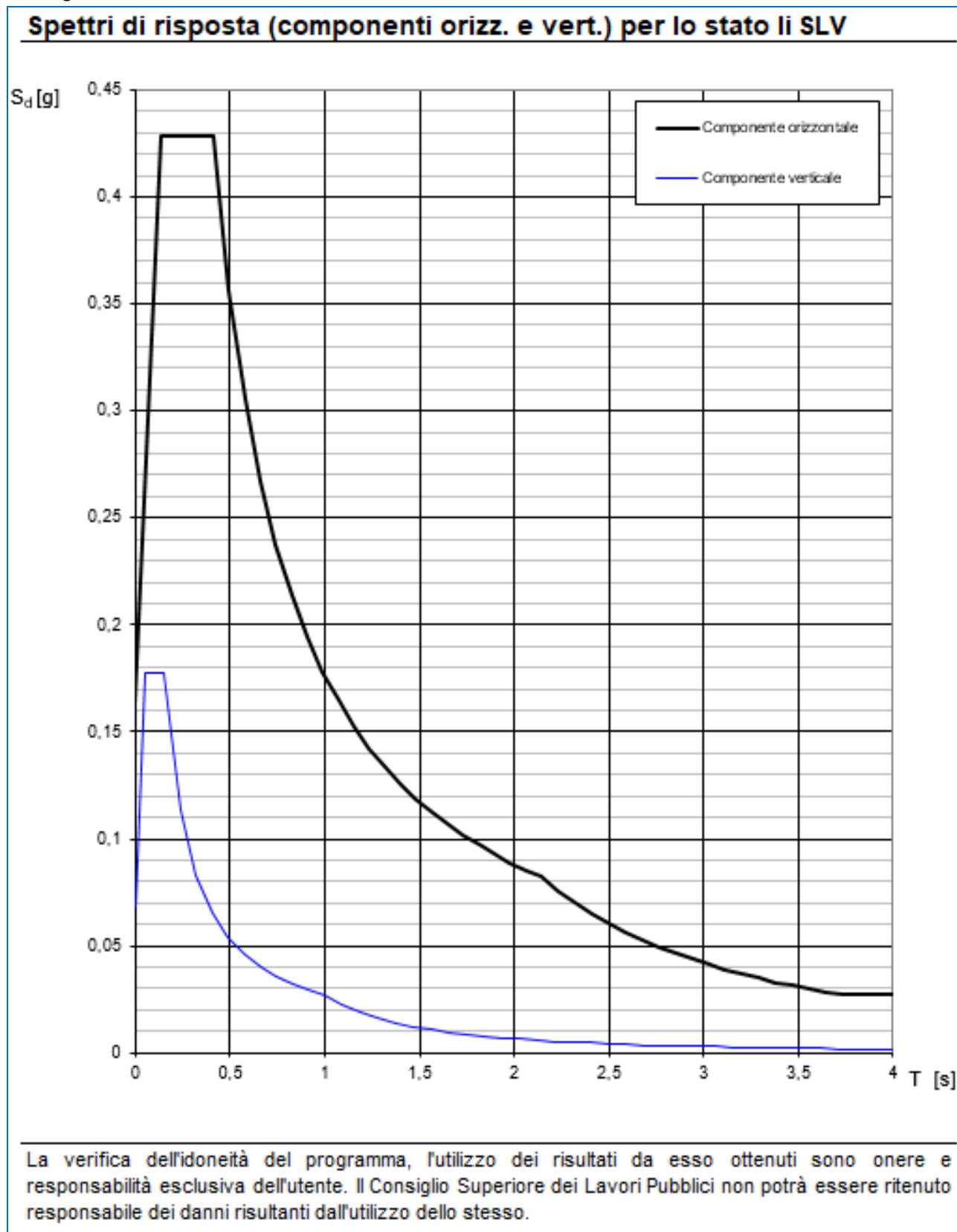
Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,163
T_B	0,137	0,428
T_C	0,411	0,428
	0,494	0,357
	0,576	0,306
	0,659	0,267
	0,741	0,238
	0,824	0,214
	0,906	0,194
	0,989	0,178
	1,071	0,164
	1,154	0,153
	1,236	0,142
	1,319	0,134
	1,401	0,126
	1,484	0,119
	1,566	0,112
	1,649	0,107
	1,731	0,102
	1,814	0,097
	1,896	0,093
	1,979	0,089
	2,061	0,085
T_D	2,144	0,082
	2,232	0,076
	2,321	0,070
	2,409	0,065
	2,497	0,061
	2,586	0,056
	2,674	0,053
	2,763	0,049
	2,851	0,046
	2,939	0,044
	3,028	0,041
	3,116	0,039
	3,205	0,037
	3,293	0,035
	3,381	0,033
	3,470	0,031
	3,558	0,030
	3,646	0,028
	3,735	0,027
	3,823	0,027
	3,912	0,027
	4,000	0,027

La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Nell'immagine successiva è riportato il diagramma dello spettro di risposta per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita:



6.4 DEFINIZIONE DEI COEFFICIENTI SISMICI DI CALCOLO

Il coefficiente sismico orizzontale è determinato mediante la seguente relazione:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

dove:

- a_{\max} → accelerazione orizzontale massima attesa al sito valutata mediante la seguente formulazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g / g = S_S \cdot S_T \cdot a_g / g = 1,20 \cdot 1,00 \cdot 0,136 = 0,163$$

- g → accelerazione di gravità

Il muro di sostegno può essere considerato come non libero di ruotare intorno al piede. Il coefficiente β_m viene pertanto determinato secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" – par. 7.11.6.2.1:

Il coefficiente β_m assume un valore pari all'unità per opere impedite di traslare e ruotare.

I coefficienti sismici in direzione orizzontale e verticale risultano dunque pari a:

$$K_h = 0,163$$

$$K_v = 0,0815$$

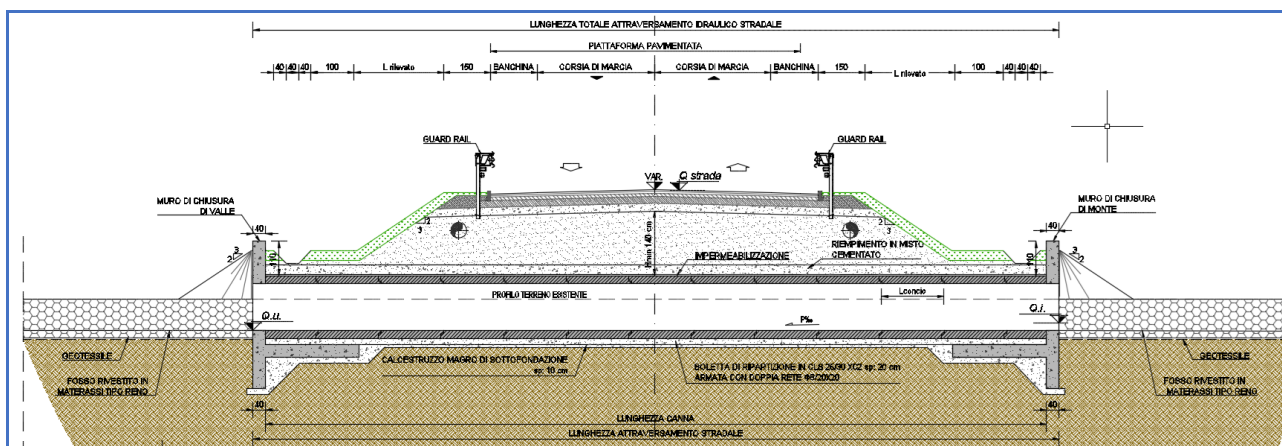
7 I TOMBINI SCATOLARE

Per gli attraversamenti idraulici degli assi stradali di progetto, ovunque i franchi lo consentissero è stata prevista la realizzazione di un tombino scatolare, realizzato con elementi prefabbricati a conci, di dimensioni interne variabili come riportato nella seguente tabella di riepilogo:

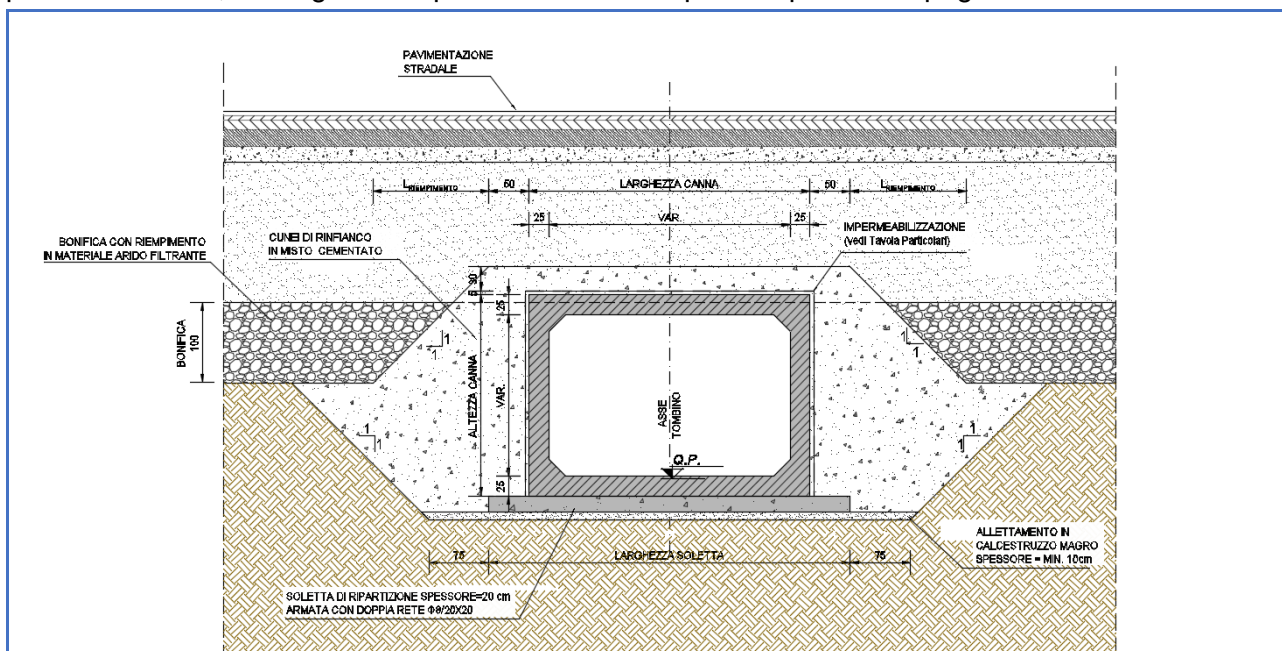
Tombino	Dimensioni interne	Progressiva
TM03a	4,00x3,00	0+475
TM03b	3x(4,00x3,00)	0+530
TM03c	4,00x3,00	0+294
TM08f	3,00x2,00	1+165
TM09	3,00x2,00	1+945
TM10c,d	3,00x2,00	1+985
TM12bdx	2,00x2,00	2+806
TM13bdx	2,00x2,00	3+036
TM16	4,00x3,00	3+350
TM16bdx	2,00x2,00	3+450
TM16sx	2(3,00x2,00)	0+297
TM17dx	2,00x2,00	3+565
TM17sx	2,00x2,00	0+200
TM18ddx,dsx	3,00x2,00	3+690
TM18fsx	3,00x2,00	3+360
TM20dx	3,00x2,00	5+031
TM22dx	3,00x2,00	6+483

Lo spessore degli elementi (soletta superiore ed inferiore e piedritti) è pari a 25cm (salvo diversi standard produttivi dei fornitori scelti che eventualmente dovranno essere riverificati in fase di fornitura).

Qui a seguire si riporta una tipica sezione longitudinale dell'opera di attraversamento in assenza di condizioni specifiche.



In via generale la sezione scatolare è prevista in parte interrata e in parti fuori terra. Lo scavo (maggiore di 30cm rispetto all'intradosso dell'elemento prefabbricato) è sempre stato misurato dal piano di bonifica, in via generale profondo 100cm rispetto al piano campagna.



Sul fondo dello scavo è stato previsto un allettamento di calcestruzzo magro dello spessore di 10cm circa su cui è posizionata una soletta di ripartizione di c.a. di spessore pari a 20cm e di larghezza pari a variabile in funzione della tipologia dell'elemento prefabbricato, armata con doppia rete elettrosaldata.

Tale soletta assicura una corretta ripartizione dei carichi verticali sul terreno sottostante minimizzando il rischio di cedimenti differenziali fra i vari conci.

L'opera è poi integralmente rinfiata ai lati e superiormente per 30cm (oltre il massetto) con misto cementato per garantire l'assenza di cedimenti differenziali del rilevato in approccio all'opera oltre che per una migliore realizzabilità in fase di cantiere (vitando operazioni di costipazione in prossimità del manufatto stesso) Nelle sezioni di scavo normale il riempimento dello scavo è anch'esso previsto in misto cementato.

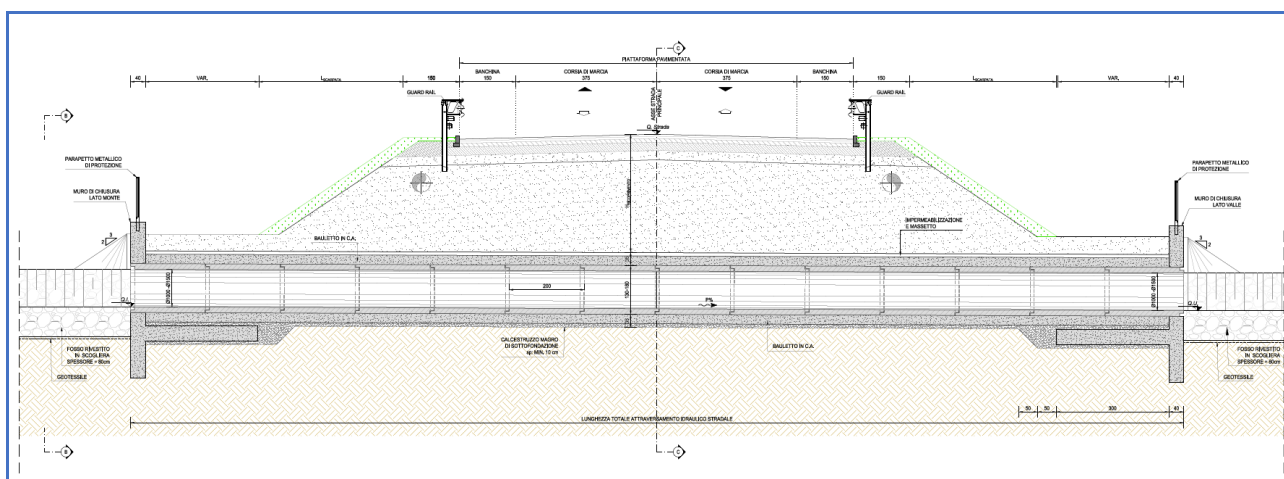
8 I TOMBINI CIRCOLARI

Laddove i franchi altimetrici non consentissero il passaggio degli scatolari (previa verifica idraulica) è stato previsto di attraversare il corpo stradale con tombini circolari in c.a. rotocompressi di diametro interno Ø1000 o Ø1500 con giunti a spessore.

Di seguito si riporta la tabella di riepilogo dei tombini circolari:

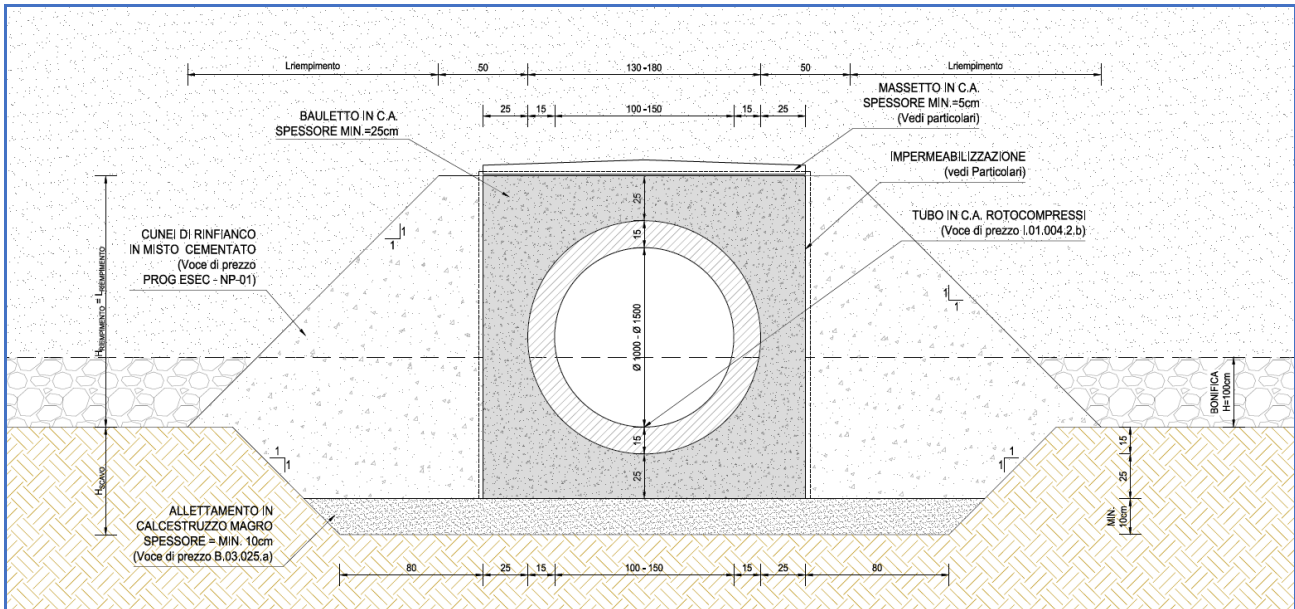
Tombino	Dimensioni interne	Progressiva
TM01sx	DN 1000	0+064
TM04c	DN 1000	0+183
TM05	DN 1000	0+938
TM08b	2xDN1000	0+580
TM08c	2xDN1000	0+272
TM08d	DN1000	0+251
TM10b	2xDN1000	2+119
TM10sx	DN 1000	0+412
TM11a	DN 1000	2+573
TM11c	DN 1000	0+337
TM12adx	DN1500	2+905
TM13adX	DN 1500	0+180
TM19	DN 1000	4+885

La filosofia progettuale di queste opere è in tutto e per tutto analogaa quella dei tombino scatolari



In luogo della soletta di ripartizione per i tombini circolari è stato progettato un vero e proprio bauletto in c.a. di protezione e ripartizione dei carichi

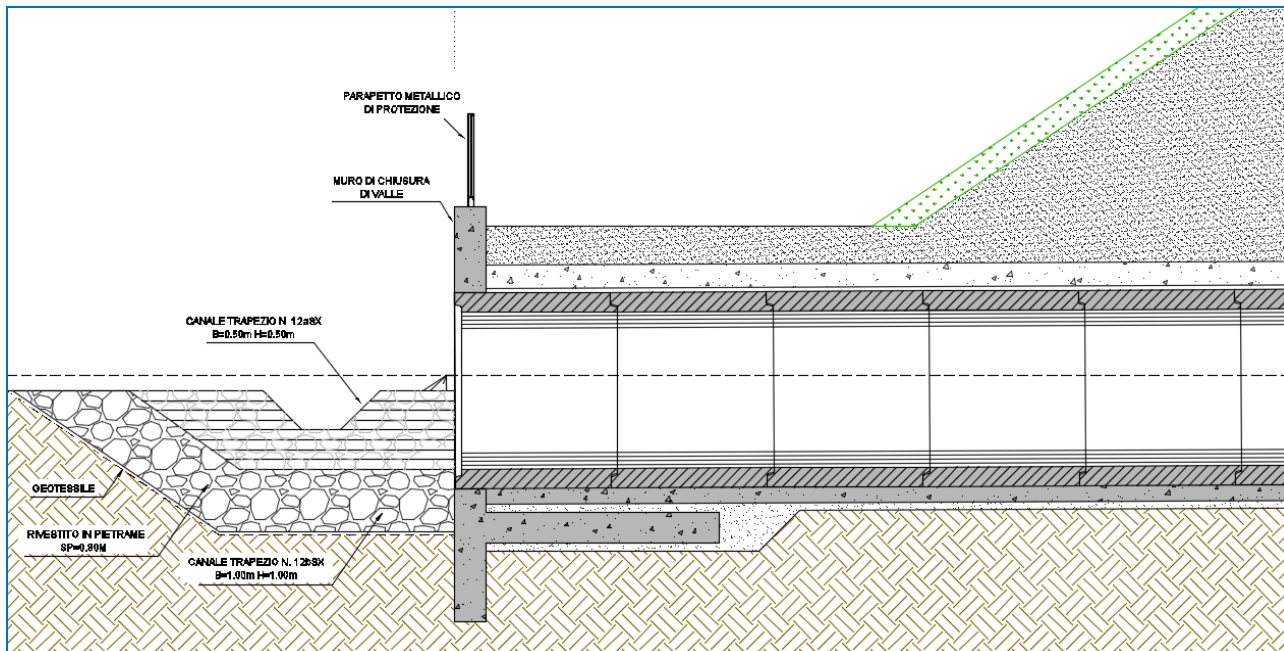
L'opera è poi rinfiata ai lati con misto cementato per garantire l'assenza di cedimenti differenziali del rilevato in approccio all'opera oltre che per una migliore realizzabilità in fase di cantiere (vitando operazioni di costipazione in prossimità del manufatto stesso) Nelle sezioni di scavo normale il riempimento dello scavo è anch'esso previsto in misto cementato.



Per quel che attiene le opere terminali le stesse sono state progettate con criteri analoghi a quelli appena descritti per il tombino scatolare.

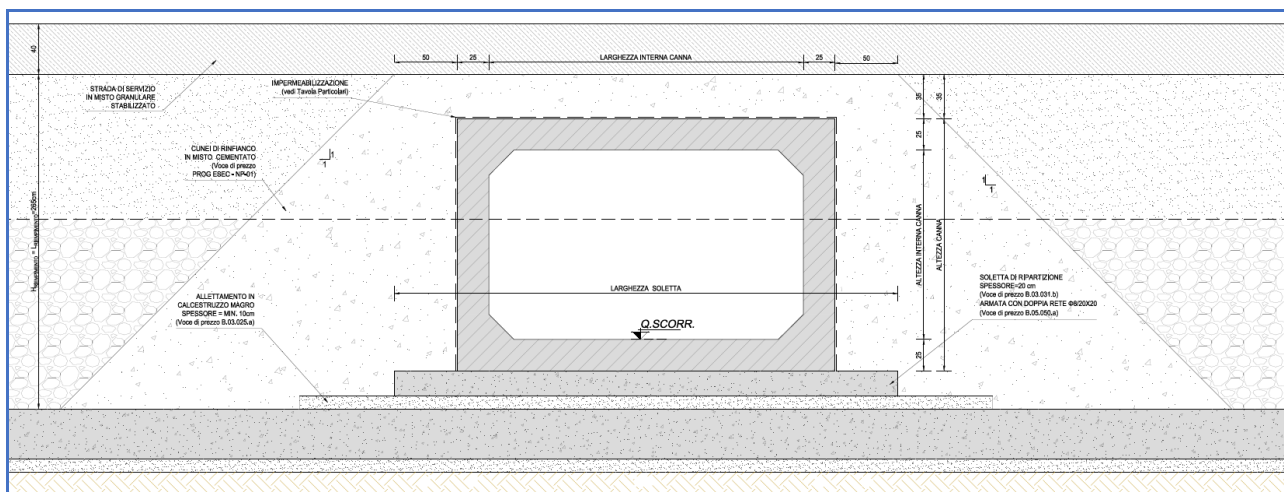
9 I MURI DI IMBOCCO E SBOCCO A "L"

I muri di imbocco e sbocco sono stati progettati come dei tradizionali muri a "L" con taglione. La ciabatta è posta a quota intradosso magrone così da consentire sia al magro che alla soletta di transizione di "poggiarsi sulla ciabatta del muro stesso".



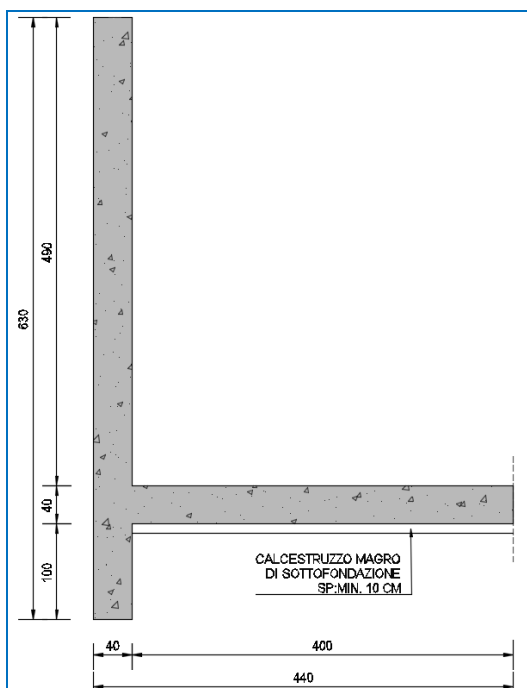
Il primo e l'ultimo concio si attestano sull'elevazione del muro d'ala così da garantire un comportamento monolitico del gruppo tombino/elementi terminali.

In corrispondenza delle ciabatte del muro i rinfianchi proseguono con la classica forma trapezionale sino a quota estradosso fondazione.



Il presente progetto prevede al suo interno 3 tipologie di muri aventi le seguenti dimensioni geometriche:

- **Tipologia 1**

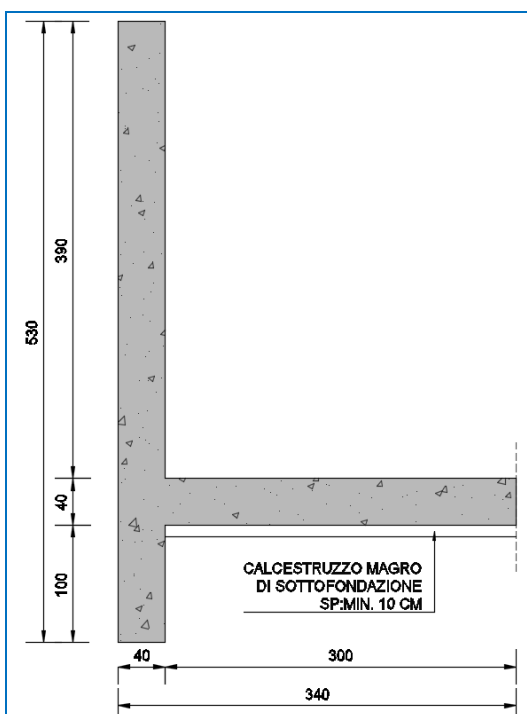


Le dimensioni della sezione trasversale sono di seguito riepilogate:

- Muro frontale in elevazione: **40 x 490 cm**
- Zattera di fondazione: **400 x 40 cm**

La fondazione è di tipo diretto.

- **Tipologia 2**

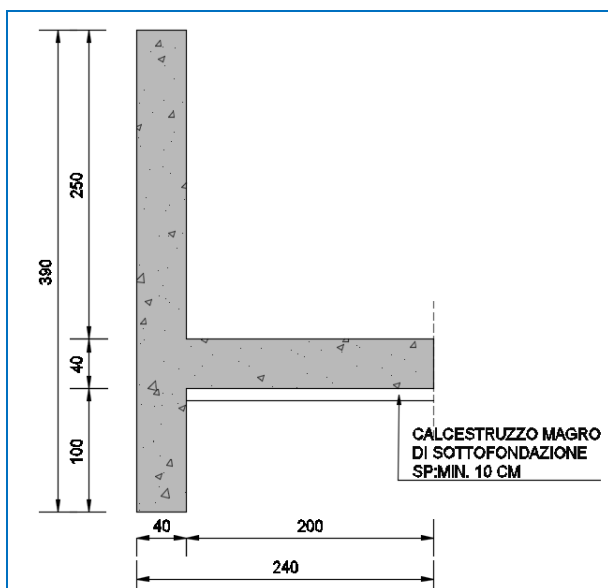


Le dimensioni della sezione trasversale sono di seguito riepilogate:

- Muro frontale in elevazione: **40 x 390 cm**
- Zattera di fondazione: **300 x 40 cm**

La fondazione è di tipo diretto.

- **Tipologia 3**



Le dimensioni della sezione trasversale sono di seguito riepilogate:

- Muro frontale in elevazione: **40 x 250 cm**
- Zattera di fondazione: **200 x 40 cm**

La fondazione è di tipo diretto.

Di seguito si riporta la tabella di riepilogo dei muri a "L":

Tombino	Dimensioni interne	Progressiva	Muro di imbocco	Muro di sbocco
TM03a	4,00x3,00	0+475	H=6,00	H=6,00
TM03b	3x(4,00x3,00)	0+530	H=6,30	H=6,30
TM03c	4,00x3,00	0+294	H=6,00	H=6,00
TM04c	DN 1000	0+183	H=4,15	-
TM05	DN 1000	0+938	H=4,15	-
TM08b	2xDN1000	0+580	H=4,15	H=4,15
TM08c	2xDN1000	0+272	-	H=4,15
TM08d	DN1000	0+251	-	H=4,15
TM10b	2xDN1000	2+119	-	H=4,15
TM12adx	DN1500	2+905	H=4,15	H=4,15
TM12bdx	2.00x2.00	2+806	H=5,30	H=5,30
TM13adX	DN 1500	0+180	-	H=4,15
TM13bdx	2.00x2.00	3+036	H=5,30	-
TM16	4.00x3.00	3+350	-	H=6,30
TM16bdx	2.00x2.00	3+450	H=5,30	H=5,30
TM16sx	2(3.00x2.00)	0+297	H=5,30	sbocco
TM17dx	2.00x2.00	3+565	H=5,30	H=5,30
TM17sx	2.00x2.00	0+200	H=5,10	H=5,10
TM18ddx,dx	3.00x2.00	3+690	-	H=5,30
TM18fsx	3.00x2.00	3+360	H=5,00	H=5,00

10 I MANUFATTI DI IMBOCCO E SBOCCO

Infine a monte e/o a valle dei tombini possono essere presenti dei manufatti di imbocco e sbocco con forma rettangolare o quadrata completamente gettati in opera.

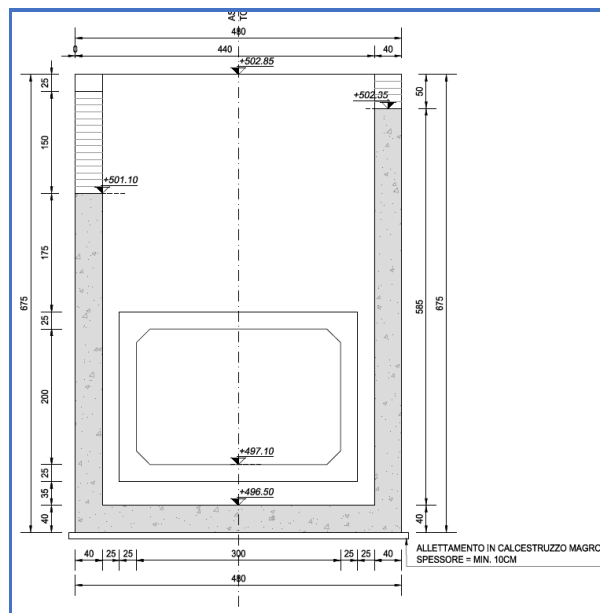
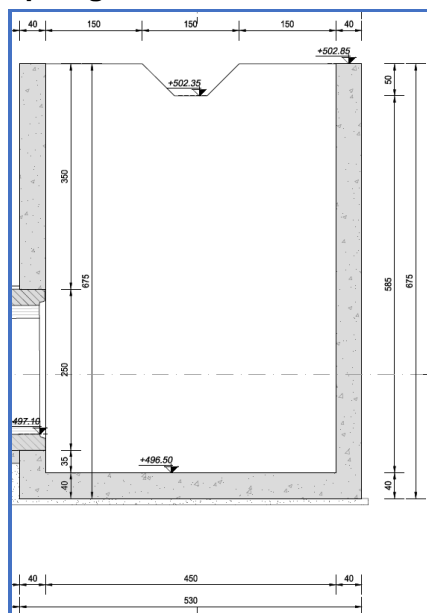
Di seguito si riporta la tabella di riepilogo dei manufatti di imbocco e sbocco:

Tombino	Manufatto di imbocco	Manufatto intermedio	Manufatto di sbocco	H _{MAX} manufatto di imbocco	H _{MAX} manufatto intermedio	H _{MAX} manufatto di sbocco	Spessore elementi strutturali
TM01sx	3,20x3,20	-	3,20x3,20	5,00	-	3,60	40
TM04c	-	-	3,20x3,20	-	-	2,00	40
TM05	-	-	5,50x3,20	-	-	2,00	40
TM08c	3,20x3,20	-	-	2,60	-	-	40
TM08d	3,20x3,20	-	-	2,60	-	-	40
TM08f	5,50x4,00	-	5,50x4,00	3,50	-	3,50	40
TM09	4,00x4,00	-	-	4,20	-	-	40
TM10b	3,00x2,00	-	-	3,10	-	-	40
TM10c,d	4,50x8,05	5,00x4,00	4,50x8,05	5,00	4,60	5,00	40-50
TM10sx	3,20x3,20	-	Prefabbricato	2,00	-	-	40
TM11a	3,00x2,00	-	3,00x2,00	8,25	-	2,50	60-40
TM11c	3,00x2,00	-	Prefabbricato	3,00	-	-	40
TM13adX	3,00x2,00	-	-	2,40	-	-	40
TM13bdx	-	-	3,20x3,20	3,20	-	-	40
TM16	5,00x5,00	-	-	4,60	-	-	40
TM18ddx,dxx	4,00x4,00	4,00x4,00	-	9,55	3,50	-	60-40
TM19	3,20x3,20	-	3,20x3,20	8,40	-	3,60	70-40
TM20dx	4,50x4,00	-	-	11,70	-	-	80
TM22dx	4,50x4,00	-	-	6,35	-	-	40
TM22sx	-	-	5,50x3,20	3,00	-	-	40

Il presente progetto prevede al suo interno 3 tipologie di manufatti diversificati in funzione dello spessore degli elementi strutturali ed inoltre per ogni singola tipologia ai fini del dimensionamento e delle verifiche strutturali e geotecniche sono stati considerati i manufatti aventi altezza massima dei setti perimetrali.

In dettaglio sono state considerate le seguenti dimensioni geometriche:

- Tipologia 1

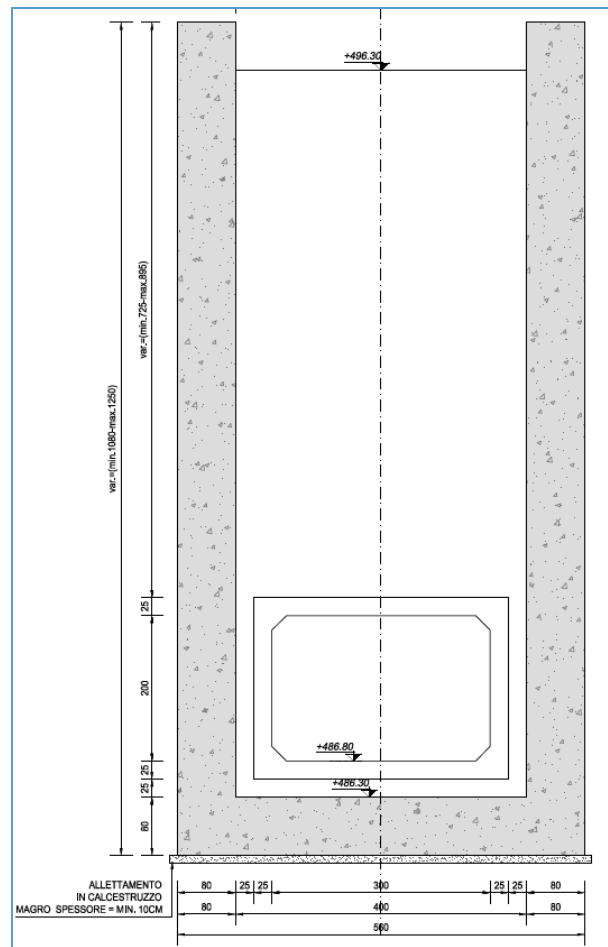
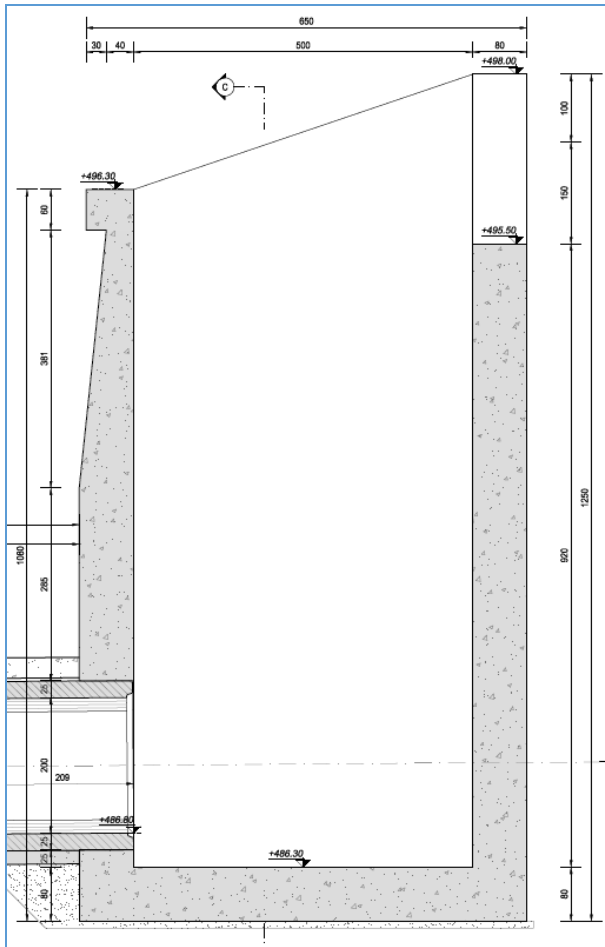


L'opera presenta le seguenti caratteristiche geometriche:

- spessore della soletta inferiore di **40 cm**;
- superficie totale in pianta pari a **5,30 m x 4,80m**;
- spessore dei setti perimetrali controterra pari a **40 cm**;
- altezza massima dei setti perimetrali controterra pari a **6,35 m**.

La fondazione è di tipo diretto.

- **Tipologia 3**



L'opera presenta le seguenti caratteristiche geometriche:

- spessore della soletta inferiore di **80 cm**;
- superficie totale in pianta pari a **6,60 m x 5,60m**;
- spessore dei setti perimetrali controterra pari a **80 cm**;
- altezza massima dei setti perimetrali controterra pari a **11,70 m**.

La fondazione è di tipo diretto.

Ai fini del dimensionamento e delle verifiche strutturali e geotecniche nella tipologia 2 rientrano anche le opere aventi spessore pari a 70cm.