

S.S.51 "ALEMAGNA"
VARIANTE DI LONGARONE

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

COD. VE407

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE e PRGETTISTA:

Dott. Ing. Massim Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma A26031)

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*
 Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*
 Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma A15138)

COORDINATORE ATTIVITA' DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Maria Antonietta Merendino (Ord. Ing. Prov. Roma A28481)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Ettore De Cesbron De La Grennelais

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:


MANDANTI:



OPERE D'ARTE MAGGIORI
GALLERIA CASTELLAVAZZO


Tratti in artificiale – Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	VE407_P00GN01STRRE01_A			
DPVE0407	D 21	CODICE ELAB.	P00GN01STRRE01	A	-
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	SETT. 2021	L.STARNA	G.PIAZZA	M.CAPASSO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO


S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 anas GRUPPO FS ITALIANE
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

INDICE

1	GENERALITA'	4
1.1	OGGETTO	4
1.2	DESCRIZIONE DELLE OPERE	4
1.3	VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'OPERA	7
1.3.1	<i>Vita Nominale Vn</i>	7
1.3.2	<i>Classi d'Uso</i>	7
1.3.3	<i>Periodo di Riferimento per l'azione sismica</i>	8
2	NORMATIVA E RIFERIMENTI	9
3	NORME TECNICHE	9
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO	10
4.1	CALCESTRUZZI	10
4.1.1	<i>Caratteristiche ai fini della durabilità</i>	10
4.1.2	<i>Copriferri nominali</i>	11
4.1.3	<i>Resistenze di progetto</i>	12
4.1.4	<i>Verifiche a fessurazione</i>	12
4.2	ACCIAIO IN BARRE PER CEMENTO ARMATO	14
4.2.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	14
4.2.2	<i>Resistenze di progetto</i>	14
5	PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	15
6	MODELLO DI CALCOLO	16
6.1	METODOLOGIA DI CALCOLO E DESCRIZIONE DEL MODELLO	16
6.2	CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI	20
7	AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO	21
7.1	ANALISI DEI CARICHI	21
7.1.1	<i>Carichi permanenti</i>	21
7.1.2	<i>Sovraccarichi accidentali</i>	21
7.1.3	<i>Spinta del terreno</i>	21
7.1.4	<i>Azioni sismiche</i>	21
7.2	COMBINAZIONI DI CARICO	24

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 anas GRUPPO FS ITALIANE
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

8	VERIFICHE STRUTTURALI	26
8.1	GALLERIA ARTIFICIALE	26
8.1.1	<i>Descrizione delle sezioni di calcolo</i>	26
8.1.2	<i>Riepilogo risultati delle analisi</i>	26
8.1.3	<i>Verifiche a presso-flessione</i>	29
8.1.4	<i>Verifiche a taglio</i>	49
8.1	GALLERIA DI EMERGENZA	50
8.1.1	<i>Descrizione delle sezioni di calcolo</i>	50
8.1.2	<i>Riepilogo risultati delle analisi</i>	51
8.1.3	<i>Verifiche a presso-flessione</i>	54
8.1.4	<i>Verifiche a taglio</i>	74
9	DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018)	76
9.1	TIPO DI ANALISI SVOLTE	76
9.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO	76
9.3	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO	76
9.4	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	76
9.5	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE	77
9.6	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	77

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

1 GENERALITA'

1.1 Oggetto

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche relative ai [tratti di galleria artificiale GN01 – Castellavazzo](#), poste agli imbocchi della galleria naturale prevista nell'ambito dei lavori di realizzazione della "[VE407 - SS 51 "Alemagna" - Variante di Longarone](#)".

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento della struttura di rivestimento definitiva. Per il dimensionamento delle opere di sostegno degli scavi si rimanda alla relazione specifica.

Le analisi e le verifiche statiche mirano al dimensionamento degli elementi principali per consentirne una piena definizione dal punto di vista prestazionale ed economico.

Le analisi e le verifiche degli aspetti di dettaglio, saranno sviluppate nella successiva fase di Progettazione.

1.2 Descrizione delle opere

Sono state state analizzate sia la galleria artificiale sull'asse principale, che la galleria di emergenza adiacente ad essa.

GALLERIA ARTIFICIALE

L'opera di rivestimento di cui trattasi presenta una configurazione di galleria policentrica.

Lo spessore del rivestimento in calotta è pari ad [1.00](#) m in chiave, e [2.27](#) m in corrispondenza dei reni. I piedritti hanno spessore variabile da [1.20](#) m a [1.60](#) m allo spiccatto degli stessi. Tra lo spiccatto dei piedritti e l'arco rovescio sono presenti delle murette in c.a. L'arco rovescio presenta spessore pari a [1.00](#) m.

GALLERIA DI EMERGENZA

L'opera di rivestimento di cui trattasi presenta una configurazione di galleria policentrica.

Lo spessore del rivestimento in calotta è pari ad [0.70](#) m in chiave, e [0.70](#) m in corrispondenza dei reni. I piedritti hanno spessore variabile da [0.75](#) m a [0.85](#) m allo spiccatto degli stessi. Tra lo spiccatto dei piedritti e l'arco rovescio sono presenti delle murette in c.a. L'arco rovescio presenta spessore pari a [0.70](#) m.

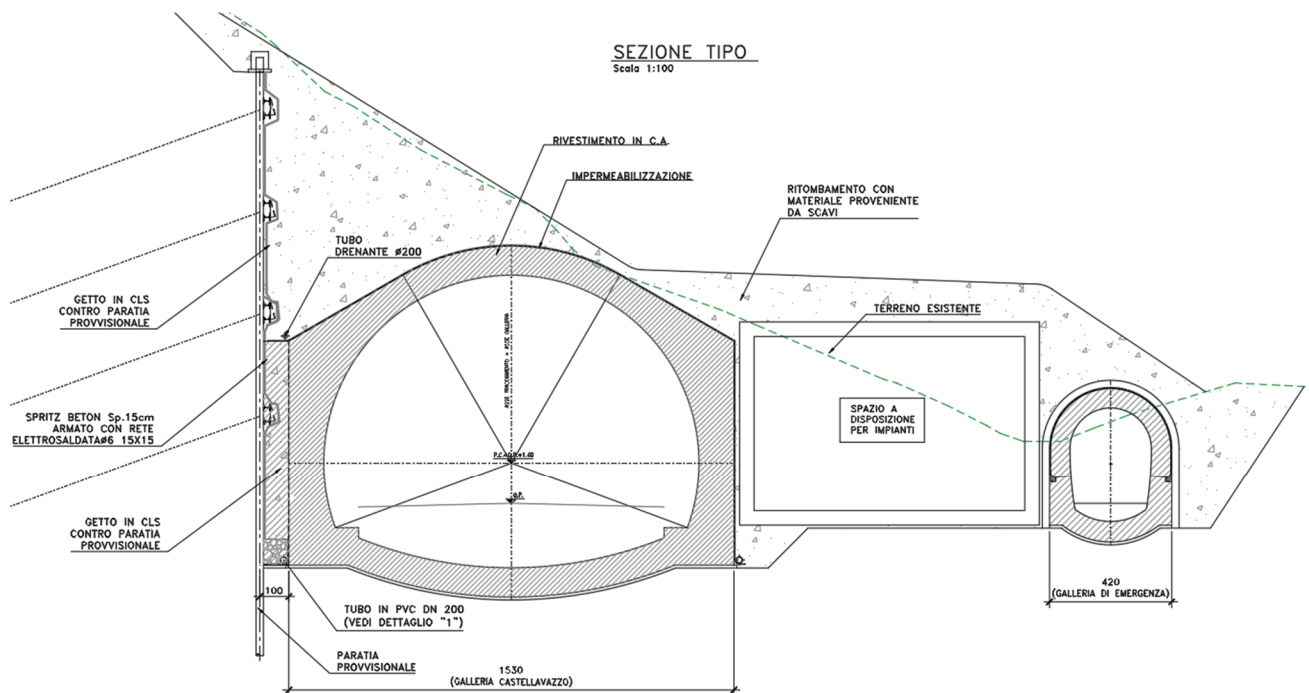


Figura 1.1 - Sezione trasversale galleria

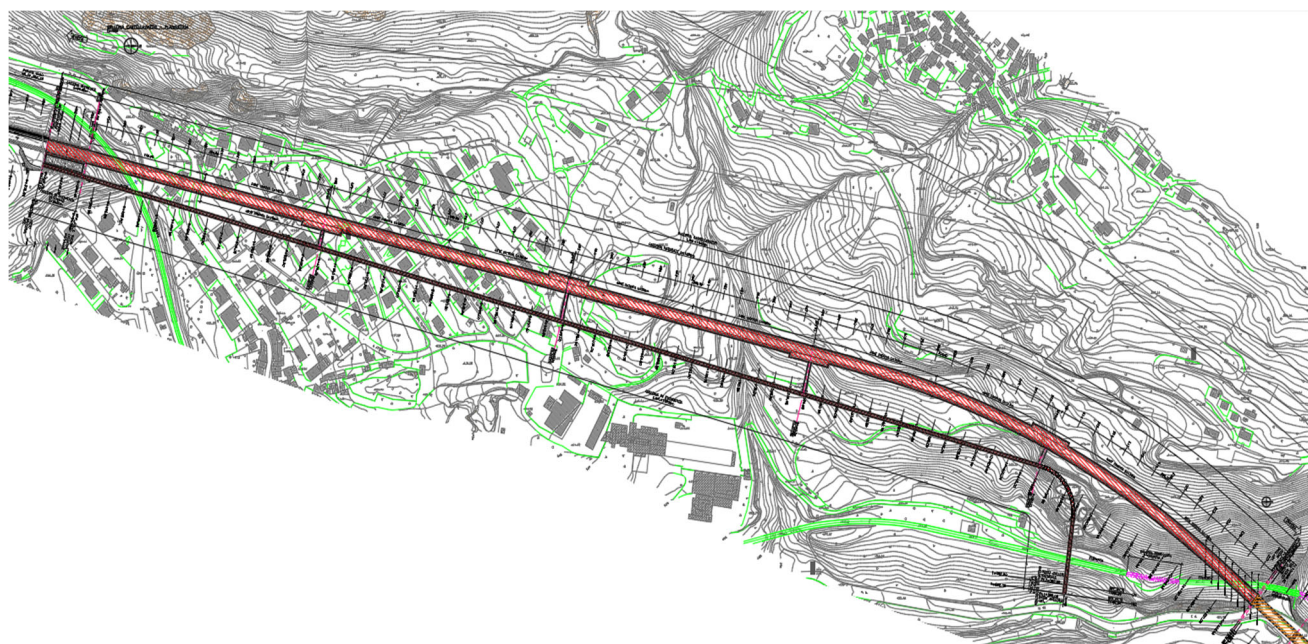


Figura 1.2 - Planimetria con ubicazione dell'opera



S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Figura 1.3 - Sezione longitudinale galleria

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 anas GRUPPO FS ITALIANE
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

1.3 Vita Nominale di progetto, Classe d'uso e Periodo di Riferimento dell'opera

1.3.1 Vita Nominale V_N

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. (§ 2.4.1 NTC2018). Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tabella 1.1 – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere (NTC2018)

In accordo con la Committenza Anas è stato assunto:

- Vita Nominale di progetto: $V_N = 50$ anni (costruzioni con livelli di prestazione ordinari).

1.3.2 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 (§2.4.2 NTC2018):

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

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

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.


Relativamente alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, delle opere di cui trattasi, vi si attribuisce:

- Classe d'Uso: **IV**;
- Coefficiente d'Uso: $C_U = 2.0$.

1.3.3 Periodo di Riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento, impiegato nella valutazione delle azioni sismiche risulta pari a:

- Periodo di Riferimento: $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 2.0 = 100$ anni.

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	


2 NORMATIVA E RIFERIMENTI

Le analisi e le verifiche delle strutture sono state effettuate nel rispetto della seguente normativa vigente:

- [D_1]. DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle <<Norme tecniche per le costruzioni>> (nel seguito indicate come NTC18).
- [D_2]. Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018, supplemento ordinario n° 5 alla G. U. n° 35 del 11/02/2019 (nel seguito indicate come CNTC18).
- [D_3]. Norma Europea UNI EN 206: Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità (Dicembre 2016).
- [D_4]. Norma Italiana UNI 11104: Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 (luglio 2016).
- [D_5]. Normative AFTES - *Tunnels et ouvrages souterrains*, 1993

3 NORME TECNICHE

Il metodo di calcolo adottato è quello semiprobabilistico agli stati limite, con applicazione di coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni, variabili in ragione dello stato limite indagato.

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 GRUPPO FS ITALIANE
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO

4.1 Calcestruzzi

4.1.1 Caratteristiche ai fini della durabilità

Al fine di valutare le caratteristiche vincolanti delle miscele di calcestruzzo nei confronti della durabilità viene fatto riferimento alle norme [D_3] e [D_4].


Relativamente alla scelta delle classi di esposizione tenuto conto che il tracciato si sviluppa entro i 2 km dalla linea di costa si è tenuto conto della classe XS (Corrosione indotta dai cloruri contenuti nell'acqua di mare).

In accordo alla "Classificazione del livello di rischio di attacco del gelo per aree climatiche del territorio italiano" contenuta nell'appendice A alla norma [D_4], che attribuisce alle Marche un livello di rischio Medio, è stata considerata l'applicazione della classe XF (Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti), e conseguentemente della classe XD (corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare).

Di seguito, per ciascun elemento viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, i range previsti per le dimensioni massime degli aggregati, la classe di consistenza, il valore massimo del rapporto acqua/cemento, il contenuto massimo i cloruri e il contenuto minimo di cemento:

CARATTERISTICHE DEI CALCESTRUZZI (UNI EN 206-1 / UNI 11104)			
CALCESTRUZZO PER	Magrone di sottofondazione	Galleria - solette di copertura e di fondo e riversamenti gallerie artificiali	Galleria - elevazioni
Classe di resistenza (fck/Rck) (Mpa)	C12/15	C32/40	C32/40
Classe di esposizione ambientale	-	XC2 - XA1	XC4
φ max inerti (mm)	Dupper	32	25
	Dlower	20	16
Classe di consistenza	-	S4	S4
Rapporto max acqua/cemento	-	0.5	0.5
Contenuto massimo di cloruri	-	0.20%	0.20%
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	150	340	340

Tabella 4.1 – Caratteristiche dei Calcestruzzi

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 GRUPPO FS ITALIANE
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

4.1.2 Copriferrini nominali

I valori minimi dello spessore dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferrino), ai fini della protezione delle armature dalla corrosione, sono riportati nella Tab. C4.1.IV delle circolari applicative §[D_2], nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tab. 4.1.IV delle NTC2018:

Tabella C4.1.IV Copriferrini minimi in mm

C_{min}	C_o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50


I valori della tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con Vita Nominale di 50 anni (tipo 2 della Tab. 2.4.1 delle NTC).

Per la definizione del calcestruzzo nominale, ai valori minimi di copriferrino vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

La tabella seguente illustra, i valori del calcestruzzo nominale, richiesti in base all'applicazione dei criteri sopra esposti e specializzati al caso in esame:

Elemento		Galleria - solette di fondo e rivestimento gallerie artificiali	Galleria - elevazioni
Tipo di armatura (1=barre da c.a.; 2=cavi da c.a.p.)		1	1
Elemento a piastra		SI	SI
Classe di esposizione		XC2 - XA1	XC4
Ambiente		aggressivo	aggressivo
Rck	Mpa	40	40
Check Rck min		OK	OK
copriferrino minimo (Tab. C4.1.IV NTC)	mm	30	30
incremento Per $V_n=100$ (tipo di costruzione 3)	mm	0	0
elem. prefabbricato con ver. Copriferrini*		NO	NO
riduzione per produzioni con ver. Copriferrini		0	0
Tolleranza di posa		10	10
copriferrino nominale	mm	40	40
* Elemento prefabbricato prodotto con sistema sottoposto a controllo di qualità che comprende			
copriferrino nominale di progetto	mm	40	40

Tabella 4.2 – Valori dei copriferrini nominali in base alle NTC2018

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

I valori effettivamente adottati per i copriferri nominali di progetto tengono conto anche di criteri di uniformità e della volontà di garantire valori maggiori dei minimi di norma per superfici contro-terra e particolarmente per le opere di sottofondazione. In questo caso, si è fatto riferimento alla indicazione dell'EC2 (EN 1992-1-1), che fissa a 75 mm il valore da garantire per il copriferro di opere gettate direttamente contro il terreno (diverso è il caso in cui il terreno a contatto con l'opera sia trattato).

4.1.3 Resistenze di progetto

Calcestruzzo C32/40 e C35/45

Caratteristiche Calcestruzzo	Var	unità	C32/40	C35/45
Resistenza a compressione caratteristica cubica	R_{ck}	Mpa	40	45
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	Mpa	32	35
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	Mpa	40.00	43.00
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	Mpa	3.02	3.21
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	Mpa	2.12	2.25
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	Mpa	3.93	4.17
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	Mpa	3.63	3.85
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	Mpa	33346	34077

STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità	C32/40	C35/45
coefficiente γ_c	γ_c		1.50	1.50
coefficiente α_{cc}	α_{cc}		0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	Mpa	18.13	19.83
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	Mpa	1.41	1.50

STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	unità	C32/40	C35/45
$\sigma_{c,max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c,max} = 0.60 f_{ck}$	Mpa	19.20	21.00
$\sigma_{c,max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c,max} = 0.45 f_{ck}$	Mpa	14.40	15.75
σ_t - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	Mpa	2.52	2.67

ANCORAGGIO DELLE BARRE	Var	unità	C32/40	C35/45
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 1.0 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	Mpa	3.18	3.37
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - non buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 0.7 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	MPa	2.22	2.36

4.1.4 Verifiche a fessurazione


Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2018:

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nel caso in esame si considerano:

- Condizioni **Aggressive**: per le verifiche a fessurazione di tutte le opere.

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 GRUPPO FS ITALIANE
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

La Tab. 4.1.IV stabilisce i criteri per la scelta degli stati limite di fessurazione in funzione delle condizioni ambientali e del tipo di armatura:

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Pertanto, nel caso in esame si ha:

- Verifiche a fessurazione – condizioni ambientali **Aggressive**– Armatura poco sensibile:
 - o Combinazione di azioni frequente: $w_k \leq w_2 = 0.3$ mm
 - o Combinazione di azioni quasi permanente: $w_k \leq w_1 = 0.2$ mm


In alcuni casi, in accordo al par. §4.1.2.2.4.5, le verifiche allo stato limite di apertura delle fessure sono state condotte senza calcolo diretto, verificando che la tensione di trazione dell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, sia contenuta entro i valori limite specificati nelle seguenti tabelle:

Tabella C4.1.II Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio σ_s [MPa]	Diametro massimo ϕ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

Tabella C4.1.III -Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio σ_s [MPa]	Spaziatura massima s delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 GRUPPO FS ITALIANE
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

In rapporto a quanto specificato nelle precedenti tabelle è possibile individuare le tensioni limite dell'acciaio per ciascun diametro delle barre:

Tensioni limite in funzione diametro barre			
Diametro barre ϕ [mm]	Tensione max acciaio σ_s [Mpa]		
	$w_3=0.4\text{mm}$	$w_2=0.3\text{mm}$	$w_1=0.2\text{mm}$
	40	160	114
36	180	137	111
32	200	160	129
30	207	171	138
28	213	183	147
26	220	194	156
24	227	204	164
22	233	213	173
20	240	222	182
18	260	231	191
16	280	240	200
14	300	260	220
12	320	280	240
10	360	320	260
8	360	360	280
6	360	360	320

4.2 Acciaio in barre per cemento armato

4.2.1 Qualità dell'acciaio

Acciaio in barre B450C in accordo a DM 17/01/2018 (Capitolo 11).

Le Reti Elettrosaldate (RES), potranno essere realizzate impiegando acciaio B450A con le limitazioni all'impiego previste nel capitolo 11 delle NTC2018.

4.2.2 Resistenze di progetto

Caratteristiche Acciaio per Calcestruzzo armato	Var	unità		
Qualità dell'acciaio			B450C	B450A
Tensione caratteristica di snervamento nominale	f_{yk}	Mpa	450	450
Tensione caratteristica a carico ultimo nominale	f_{tk}	Mpa	540	450
Modulo elastico	Es	Mpa	210000	210000
diametro minimo della barra impiegabile	ϕ_{min}	mm	6	5
diametro massimo della barra impiegabile	ϕ_{max}	mm	40	10
STATI LIMITE ULTIMI				
	Var	unità		
coefficiente γ_s	γ_s		1.15	1.15
Resistenza di calcolo	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$	Mpa	391.3	391.3
STATI LIMITE DI ESERCIZIO				
	Var	unità		
$\sigma_{s,max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{s,max}=0.8 f_{yk}$	Mpa	360.0	360.0

5 PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Di seguito si riporta uno stralcio del profilo geotecnico di progetto, relativo al tratto di tracciato in esame, dove è indicata la sezione di calcolo considerata:

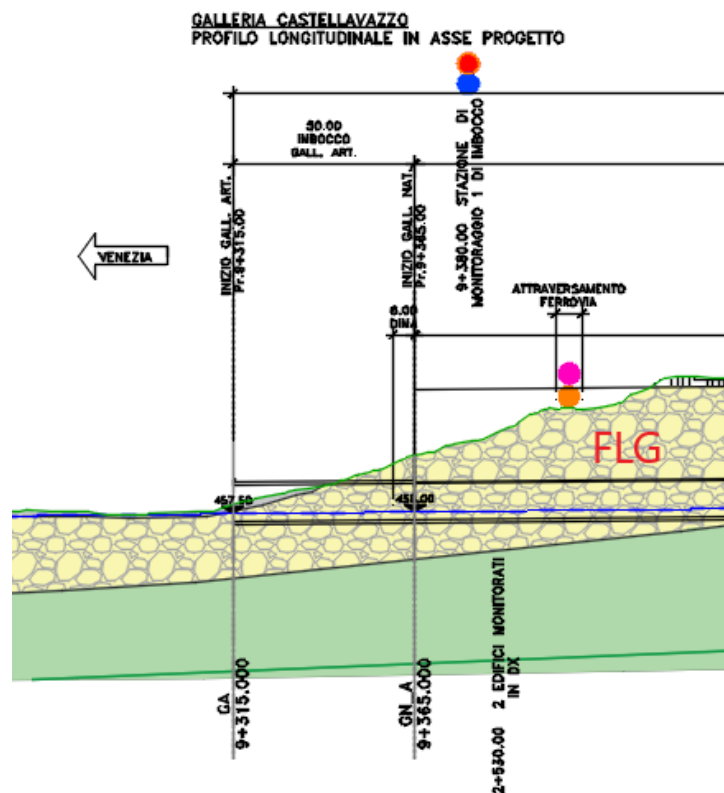


Figura 5.1: Profilo geotecnico di progetto dell'opera

L'assetto litologico che interessa la galleria artificiale in oggetto, è rappresentato dai depositi fluvio-glaciali "FLG" superficiali, seguito da uno strato di calcare "CdS" a profondità che risultano essere non rilevanti ai fini dei calcoli.

Per lo strato "FLG", sono stati adottati i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume – γ (kN/mc)	20
Angolo di attrito – ϕ' (°)	40
Coesione drenata – c' (kPa)	10
Modulo elastico – E_{op} (Mpa)	55

La falda risulta essere assente.

6 MODELLO DI CALCOLO

6.1 Metodologia di calcolo e descrizione del modello

Si adotta il modello "delle reazioni iperstatiche". Alla struttura viene applicato un sistema di carichi esterni assegnati (attivi) e di carichi di reazione del terreno indotti dalla deformazione del rivestimento stesso (passivi).

Il carico attivo (di entità prefissata) deriva dal peso proprio della struttura, dal carico verticale esercitato dal terreno gravante in calotta, dai sovraccarichi accidentali, dalle spinte ai lati della galleria esercitate dal terreno stesso e da eventuali sovraccarichi e carichi sismici.

L'azione di contenimento del terreno alla deformazione della struttura viene schematicamente considerata nel modello mediante una serie di molle orizzontali applicate ai piedritti della galleria di costante K_h e di molle verticali applicate in corrispondenza dell'arco rovescio, con coefficiente di reazione K_v .

Le analisi sono svolte per sezioni di profondità unitaria in direzione longitudinale.

La sezione della galleria policentrica è stata modellata attraverso elementi "shell" nel codice di calcolo agli elementi finiti SAP2000 e caricata nel suo piano.

Di seguito è riportato lo schema di calcolo con la numerazione degli elementi shell e dei nodi:

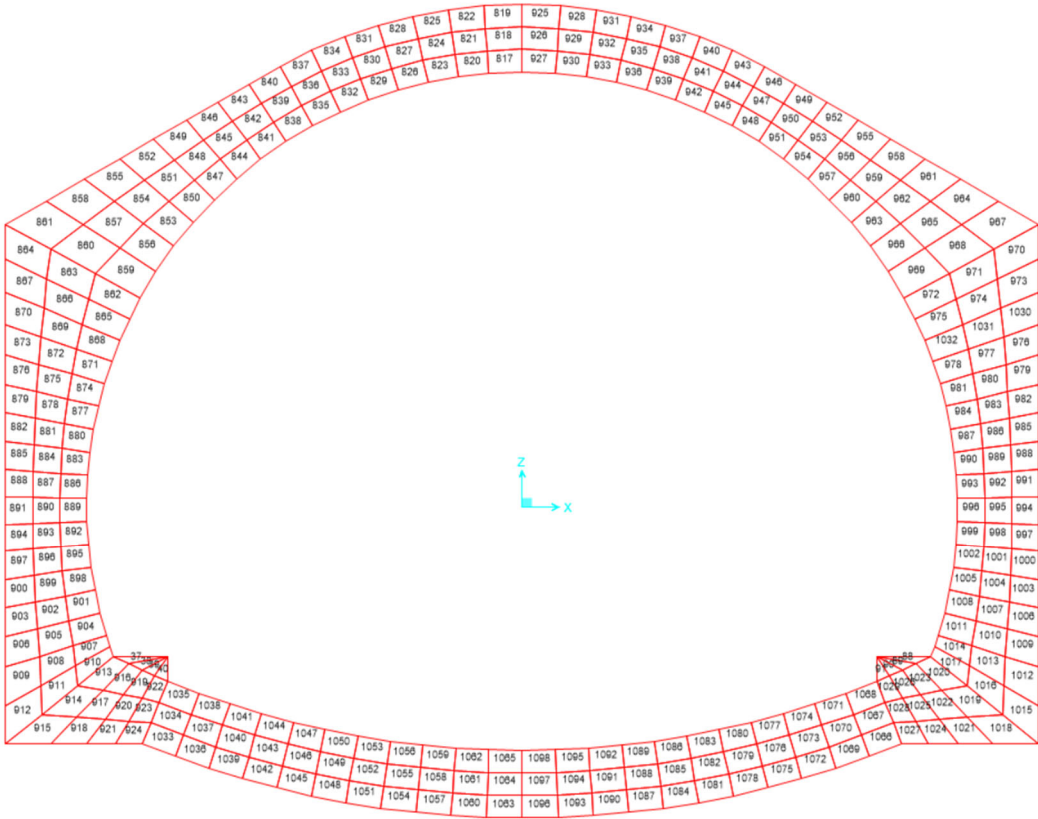


Figura 6.1 - Sezione di calcolo galleria artificiale - numerazione elementi "shell"

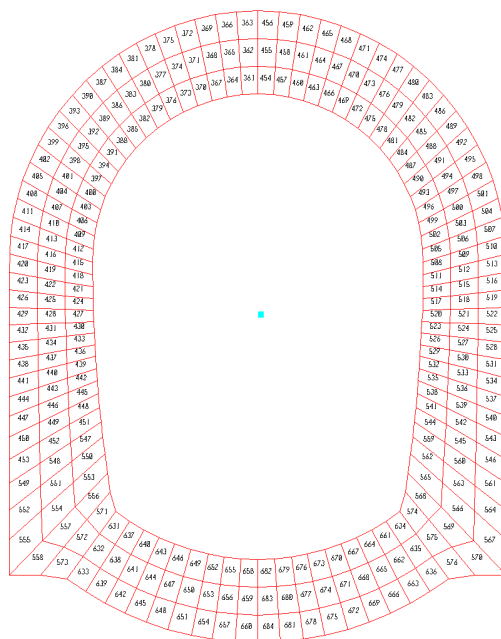


Figura 6.2 - Sezione di calcolo galleria d'emergenza - numerazione elementi "shell"

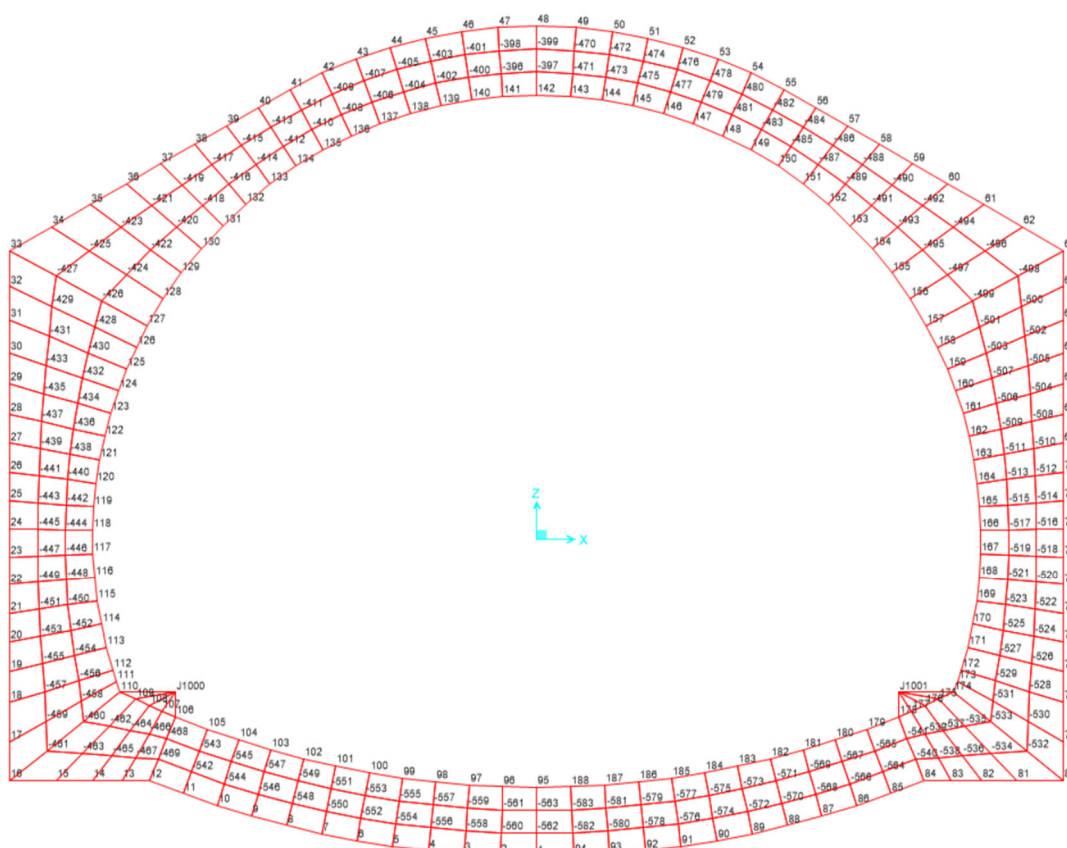


Figura 6.3 - Sezione di calcolo galleria artificiale - numerazione dei nodi

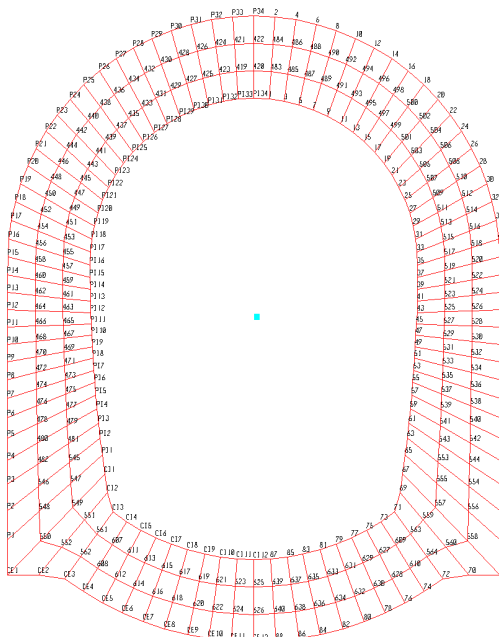


Figura 6.4 - Sezione di calcolo galleria d'emergenza - numerazione dei nodi

L'interazione terreno-struttura è stata schematizzata attraverso l'imposizione di vincoli elastici, soggetti a sola compressione, posti in corrispondenza dei nodi della struttura.

Si è considerata l'interazione in direzione orizzontale per l'arco di volta e per i piedritti, e in direzione verticale sotto l'arco rovescio.

I calcoli sono svolti iterativamente, al fine di disattivare le molle che risultano tese, in modo tale da poter effettuare un'analisi lineare sul software SAP2000.

Le costanti di reazione delle molle sono state determinate secondo le formule proposte nelle norme *AFTES (Tunnels et ouvrages souterrains, 1993)*:

Rigidezza molle per elementi curvi (Formola di Galërkin) $k = \frac{E}{(1+\nu) R}$

Rigidezza molle per elementi lineari (Formola di Boussinesq) $k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1+\nu^2) a}$

Rigidezza molle per elementi con grande raggio di curvatura $k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1+\nu^2) B}$

R: raggio calotta/arco rovescio;

a: semialtezza del piedritto;

B: semilarghezza dell'arco rovescio;

f=2.25 per elemento infinitivamente lungo;

f=1 per un piedritto lungo circa 2a;

Sono stati implementati 3 modelli distinti:

- 1) Condizioni statiche (massimizzando la spinta del terreno)
- 2) Condizioni statiche (minimizzando la spinta del terreno)
- 3) Condizioni sismiche (con sovraspinta sismica di Wood solamente da un lato)

Le configurazioni proposte servono a massimizzare una volta gli effetti dei carichi verticali e l'altra gli effetti dei carichi orizzontali.

Di seguito sono riepilogate le rigidzze delle molle disposte lungo il perimetro della sezione di calcolo rispettivamente della galleria e della galleria d'emergenza:

AFTES

$E_{\text{scarico/ricarico}}$ calotta (R)	MPa	20
$E_{\text{scarico/ricarico}}$ piedritto SX (FLG)	MPa	55
$E_{\text{scarico/ricarico}}$ piedritto DX (R)	MPa	20
$E_{\text{scarico/ricarico}}$ arco rovescio	MPa	55
coefficiente di Poisson ν		0.3
R ext calotta	m	7.45
R ext arco rovescio	m	14
a semialtezza del piedritto	m	2.97
Bp larghezza piedritti sollecitata	m	2.02
B semi larghezza dell'arco	m	5.63
f	1	2.25

Calotta	$k = \frac{E}{(1+\nu)R} =$ KN/m ²	2065
---------	--	------

Piedritti molle orizz.	$k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1-\nu^2)a} =$ KN/m ²	9043
------------------------	--	------

Piedritti molle vert.	$k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1-\nu^2)Bp} =$ KN/m ²	13267
-----------------------	---	-------

Piedritti molle orizz.	$k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1-\nu^2)a} =$ KN/m ²	3289
------------------------	--	------

Arco rovescio piatto o con grande raggio di curvatura	$k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1-\nu^2)B} =$ KN/m ²	4775
---	--	------

Arco rovescio con piccolo raggio di curvatura	$k = \frac{E}{(1+\nu)R} =$ KN/m ²	3022
---	--	------

Figura 6.5 – Galleria artificiale - rigidzze delle molle

AFTES

E scarico/ricarico calotta (R)	MPa	20
E scarico/ricarico piedritto SX (FLG)	MPa	55
E scarico/ricarico piedritto DX (R)	MPa	20
E scarico/ricarico arco rovescio	MPa	55
coefficiente di Poisson ν		0.3
R ext calotta	m	2.1
R ext arco rovescio	m	2.7
a semialtezza del piedritto	m	1.33
Bp larghezza piedritti sollecitata	m	0.48
B semi larghezza dell'arco	m	1.61
f	1	2.25

Calotta	$k = \frac{E}{(1+\nu)R} = \text{KN/m}^2$	7326
---------	--	-------------

Piedritti molle oriz	$k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1-\nu^2)a} = \text{KN/m}^2$	20273
----------------------	--	--------------

Piedritti molle vert	$k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1-\nu^2)Bp} = \text{KN/m}^2$	55654
----------------------	---	--------------

Piedritti molle oriz	$k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1-\nu^2)a} = \text{KN/m}^2$	7372
----------------------	--	-------------

Arco rovescio piatto o con grande raggio di curvatura	$k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1-\nu^2)B} = \text{KN/m}^2$	16698
---	--	--------------


Arco rovescio con piccolo raggio di curvatura	$k = \frac{E}{(1+\nu)R} = \text{KN/m}^2$	15670
---	--	--------------

Figura 6.6 – Galleria d'emergenza- rigidezze delle molle

6.2 Codici di calcolo utilizzati

I software utilizzati per i calcoli delle opere in esame sono di seguito elencati:

- SAP2000 per la modellazione della galleria artificiale
- RC SEC distribuito dalla GeoStru per la verifica delle sezioni in calcestruzzo armato.

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

7 AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO

7.1 Analisi dei carichi

7.1.1 Carichi permanenti

Il peso proprio dell'arco rovescio, dei piedritti e della calotta è computato in automatico dal codice di calcolo utilizzato con riferimento ad un peso specifico del calcestruzzo pari a **25.0** kN/m³.

Al terreno di ritombamento è stato assegnato un peso specifico pari a **19.0** kN/m³.

7.1.2 Sovraccarichi accidentali

L'elevata copertura di terreno che caratterizza la galleria artificiale in esame, rende trascurabili gli effetti di eventuali sovraccarichi accidentali a piano di campagna che pertanto non sono stati presi in considerazione nelle analisi.

7.1.3 Spinta del terreno

Le spinte del terreno sono state valutate con riferimento al coefficiente di spinta a riposo K_0 e al coefficiente di spinta attiva K_A .

7.1.4 Azioni sismiche

I parametri caratteristici del sito in esame sono riferiti alle seguenti coordinate geografiche:

Regione:	Veneto
Provincia:	Belluno
Latitudine:	46.28245
Longitudine:	12.30513

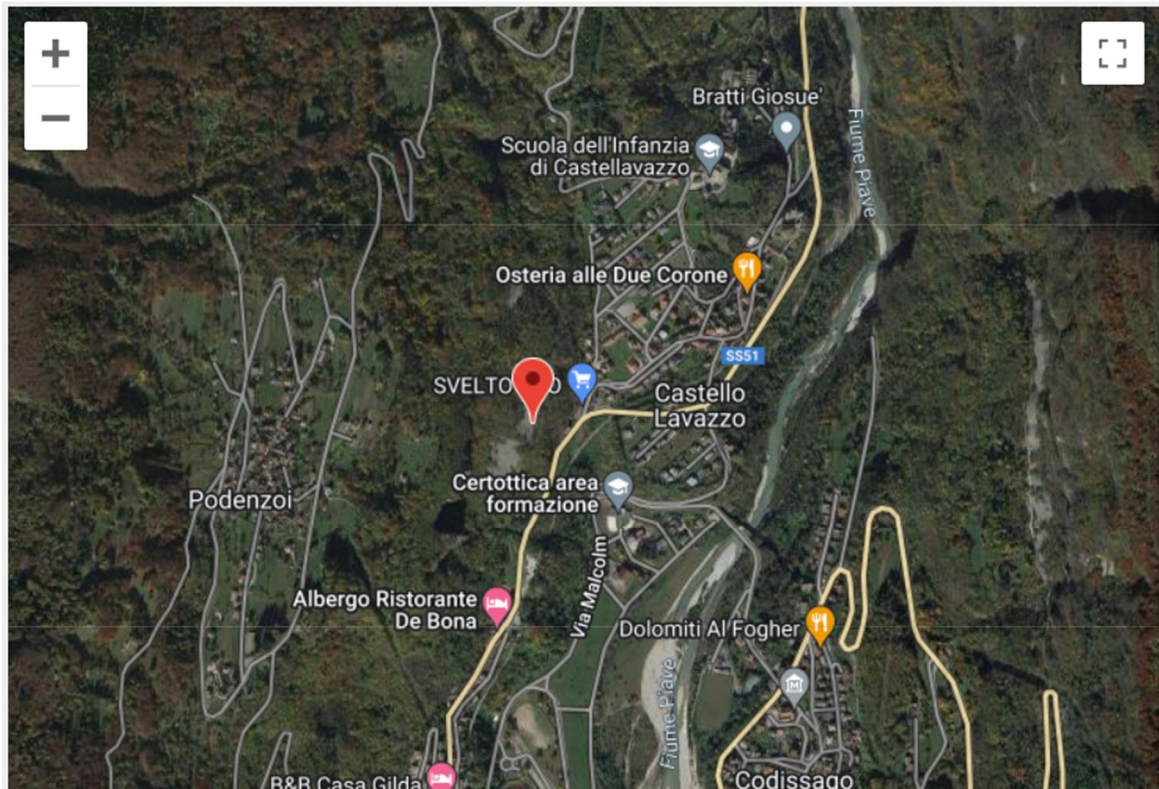


Figura 7.1 - Coordinate di riferimento per la determinazione dei parametri sismici di base (WGS84)

I parametri sismici fondamentali sono stati determinati con l'ausilio del software-free SPETTRI-NTC ver. 1.0.3 (prodotto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici www.cslp.it), con riferimento al sistema di coordinate ED50.

Gli effetti delle azioni sismiche sulle paratie sono stati determinati con metodo pseudostatico.

L'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo.

In accordo al §7.11.6.3.1 è stato trascurato l'effetto dell'azione sismica verticale.

L'accelerazione di picco è fornita da:

$$a_{max} = S \times a_g = S_s \times S_T \times a_g$$

dove:

a_g è l'accelerazione orizzontale massima al sito su suolo rigido, determinata in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} ;

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \times S_T$, essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 7.1), e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (Tabella 7.2), di cui al §3.2.3.2 delle NTC2018;

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 7.1 – Espressioni per S_S e C_C

Tabella 3.2.IV – 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 $i > 30^\circ$


S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 7.2 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Pertanto, nel caso in esame si ha:

- Categoria di sottosuolo: **B**
- Categoria stratigrafica: **T1**

Relativamente allo stato limite di Salvaguardia della Vita (**SLV**):

- $a_g = 0.242$ g accelerazione massima su sito rigido;
- $S_s = 1.1583$ coefficiente d'amplificazione stratigrafica;
- $S_T = 1.00$ coefficiente d'amplificazione topografica.
- $a_{max} = 0.242$ g x 1.1583 x $1.0 = 0.280$ accelerazione massima al suolo;
- $k_h = 0.280$ coefficiente sismico orizzontale;
- $k_v = \pm 0.50$ x $0.280 = \pm 0.140$ coefficiente sismico verticale.

L'incremento di spinta delle terre agente in fase sismica è stato valutato in accordo alla teoria di Wood. Secondo tale teoria l'incremento della spinta orizzontale dovuta al sisma è calcolato secondo la formula:

$$\Delta S = k_h \gamma H$$

Dove H è l'altezza complessiva della galleria più l'altezza del ricoprimento.

Si considera, inoltre, l'inerzia orizzontale e verticale dell'opera, applicata agli elementi strutturali rispettivamente con i fattori k_h e k_v .


7.2 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al Cap. 2 delle NTC.

Gli stati limite ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

I carichi sono denominati:

- G_k valore caratteristico del carico permanente, costituito dai pesi propri e dalla pressione del terreno;

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

- Q_k valore caratteristico di carichi accidentali di tipo stradale.
- E azione sismica

Le verifiche sono tutte effettuate nei riguardi degli stati limite ultimi SLU, sismici SLV e di esercizio SLE.

Gli stati limite introducono dei coefficienti moltiplicativi γ sulle azioni di calcolo, generalmente maggiori dell'unità.

Per i materiali per le resistenze dei materiali si introducono dei coefficienti riduttivi applicati alle resistenze dei materiali

- Combinazione fondamentale agli SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazioni agli SLE:

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

Frequente $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Quasi permanente $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Rara $\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

- Combinazione agli SLV:

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

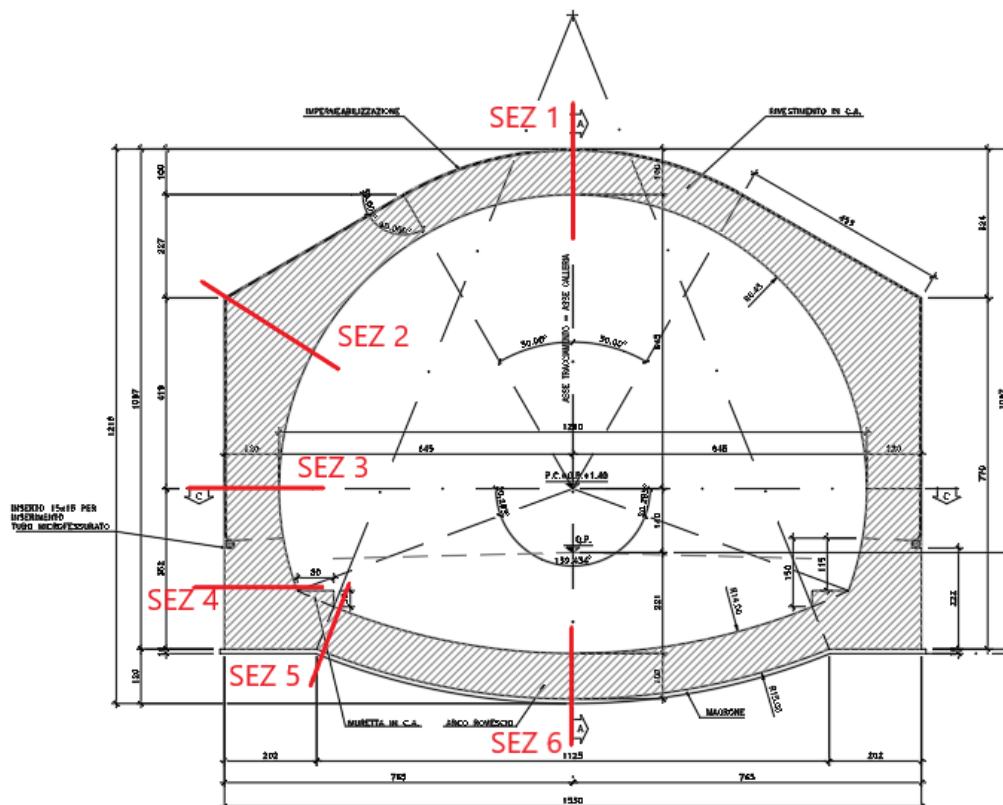
8 VERIFICHE STRUTTURALI

8.1 Galleria artificiale

8.1.1 Descrizione delle sezioni di calcolo

Le verifiche SLU ed SLE sono state effettuate in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate, di seguito riepilogate:

- Sez 1 - sezione in chiave di calotta: $s = 1.00$ m
 Sez 2 - sezione alle reni della calotta: $s = 2.27$ m
 Sez 3 - Sezione all'altezza del piano dei centri: $s = 1.20$ m
 Sez 4 - Sezione di spiccato dei piedritti: $s = 1.60$ m
 Sez 5 - Sezione di incastro arco rovescio: $s = 1.00$ m
 Sez 6 - Sezione in chiave arco rovescio : $s = 1.00$ m



8.1.2 Riepilogo risultati delle analisi

Di seguito si riportano le principali sollecitazioni agli SLE, SLU ed SLV ricavate dai modelli di calcolo:

VE407

Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo

		SEZ 1 - CHIAVE CALOTTA			
		<u>SLU_{max}</u>	<u>SLU_{min}</u>	<u>SLV (sx)</u>	<u>SLE</u>
h	cm	100	100	100	100
B	cm	100	100	100	100
σ_1	kN/mq	-1858	-4898	6582	-1429.2
σ_2	kN/mq	-1402	3378	-13758	-1078.5
F _{yy} = V	kN/m	20	29	220.5	-
A	mq	1	1	1	1
W	mc	0.166667	0.166667	0.166666667	0.166667
N	kN	-1630	-760	-3588	-1254
M	kNm	-38	-690	1695	-29
a.n.	cm	-307.5	40.8	67.6	-307.5

		SEZ 2 - RENI CALOTTA			
		<u>SLU_{max}</u>	<u>SLU_{min}</u>	<u>SLV (sx)</u>	<u>SLE</u>
h	cm	227	227	227	227
B	cm	100	100	100	100
σ_1	kN/mq	734	1077	-2922	564.6
σ_2	kN/mq	-3457	-4734	3207	-2659.2
F _{yy} = V	kN/m	480.1	682.1	2141.7	-
A	mq	2.27	2.27	2.27	2.27
W	mc	0.858817	0.858817	0.858816667	0.858817
N	kN	-3091	-4151	323	-2377
M	kNm	1800	2495	-2632	1384
a.n.	cm	187.2	184.9	118.8	187.2

		SEZ 3 - MEZZERIA PIEDRITTI			
		<u>SLU_{max}</u>	<u>SLU_{min}</u>	<u>SLV (sx)</u>	<u>SLE</u>
h	cm	120	120	120	120
B	cm	100	100	100	100
σ_1	kN/mq	3357	7498	-17359	2582.3
σ_2	kN/mq	-7685	-11605	16510	-5911.5
F _{yy} = V	kN/m	396	133.2	687.6	-
A	mq	1.2	1.2	1.2	1.2
W	mc	0.24	0.24	0.24	0.24
N	kN	-2597	-2464	-509	-1998
M	kNm	1325	2292	-4064	1019
a.n.	cm	83.5	72.9	58.5	83.5

VE407

Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo

SEZ 4 - SPICCATO PIEDRITTI


		<u>SLU_{max}</u>	<u>SLU_{min}</u>	<u>SLV (sx)</u>	<u>SLE</u>
h	cm	160	160	160	160
B	cm	100	100	100	100
σ_1	kN/mq	2047	2981	-3750	1574.6
σ_2	kN/mq	-7129	-6698	-1768	-5483.8
F _{yy} = V	kN/m	1128	862.4	1746.4	-
A	mq	1.6	1.6	1.6	1.6
W	mc	0.426667	0.426667	0.4267	0.426667
N	kN	-4066	-2974	-4414	-3127
M	kNm	1958	2065	-423	1506
a.n.	cm	124.3	110.7	-142.7	124.3

SEZ 5 - INCASTRO ARCO ROVESCIO

		<u>SLU_{max}</u>	<u>SLU_{min}</u>	<u>SLV (sx)</u>	<u>SLE</u>
h	cm	100	100	100	100
B	cm	100	100	100	100
σ_1	kN/mq	4941	3826	-777	3800.8
σ_2	kN/mq	-10000	-6031	-7321	-7692.3
F _{yy} = V	kN/m	354	594.5	213	-
A	mq	1	1	1	1
W	mc	0.166667	0.166667	0.166666667	0.166667
N	kN	-2530	-1103	-4049	-1946
M	kNm	1245	821	545	958
a.n.	cm	66.9	61.2	111.9	66.9

SEZ 6 - MEZZERIA ARCO ROVESCIO

		<u>SLU_{max}</u>	<u>SLU_{min}</u>	<u>SLV (sx)</u>	<u>SLE</u>
h	cm	100	100	100	100
B	cm	100	100	100	100
σ_1	kN/mq	-4544	-7871	1472	-3495.4
σ_2	kN/mq	1447	7096	-8564	1113.1
F _{yy} = V	kN/m	321	195	251.0	-
A	mq	1	1	1	1
W	mc	0.166667	0.166667	0.166666667	0.166667
N	kN	-1549	-388	-3546	-1191
M	kNm	-499	-1247	836	-384
a.n.	cm	24.2	47.4	85.3	24.2

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

8.1.3 Verifiche a presso-flessione

L'armatura del rivestimento è costituita da:

- $\phi 24/20$ disposti sul lato interno ed esterno della calotta;
- $\phi 26/10$ sul lato esterno, $\phi 24/10$ sul lato interno alle reni della calotta;
- 2 file di $\phi 26/10$ nella zona esterna (lato terreno) e $\phi 24/10$ sul lato interno dei piedritti in mezzeria;
- $\phi 24/10$ allo spiccato dei piedritti sia lato terreno che interno;
- $\phi 24/10$ lato interno ed esterno dell'arco rovescio, sia nelle sezioni di mezzeria che di incastro.

Di seguito si riportano le verifiche a presso flessione degli elementi strutturali.

Sez 1. Chiave di calotta

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE


N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	92.2	24
3	42.2	92.2	24
4	42.2	7.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	3	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia y

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x					
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1630.00	-38.00	0.00	0.00	0.00
2	760.00	-690.00	0.00	0.00	0.00
3	3588.00	1695.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione			
N°Comb.	N	Mx	My
1	1254.00	-29.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione			
N°Comb.	N	Mx	My
1	1254.00	-29.00 (0.00)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione			
N°Comb.	N	Mx	My
1	1254.00	-29.00 (0.00)	0.00 (0.00)


RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	18.7 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1630.00	-38.00	0.00	1630.17	-1484.64	0.00	39.07	22.6(17.9)
2	S	760.00	-690.00	0.00	760.00	-1123.38	0.00	1.63	22.6(17.9)
3	S	3588.00	1695.00	0.00	3587.85	2189.27	0.00	1.29	22.6(17.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.135	-50.0	0.0	0.00131	-42.2	7.8	-0.02244	-42.2	92.2
2	0.00350	0.099	-50.0	0.0	0.00052	-42.2	7.8	-0.03168	-42.2	92.2
3	0.00350	0.256	-50.0	100.0	0.00234	-42.2	92.2	-0.01020	-42.2	7.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000281308	0.003500000	0.135	0.700
2	0.000000000	-0.000381581	0.003500000	0.099	0.700
3	0.000000000	0.000148553	-0.011355284	0.256	0.759


COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.33	-50.0	0.0	15.7	21.1	92.2	---	---

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Cf Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (990.00)	0.00	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.33	-50.0	0.0	15.7	21.1	92.2	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	0.00	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.33	-50.0	0.0	15.7	21.1	92.2	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00


Sez 2. Reni della calotta

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	202.0
3	50.0	202.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.1	7.9	24
2	-42.1	194.1	26
3	42.1	194.1	26
4	42.1	7.9	24

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	8	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	3091.00	1800.00	0.00	0.00	0.00
2	4151.00	2495.00	0.00	0.00	0.00
3	-323.00	-2632.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2377.00	1384.00	0.00


COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2377.00	1384.00 (7001.12)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

N°Comb.	N	Mx	My
1	2377.00	1384.00 (7001.12)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.8 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	3091.00	1800.00	0.00	3090.88	6181.96	0.00	3.46	45.2(36.2)
2	S	4151.00	2495.00	0.00	4150.87	7060.66	0.00	2.85	45.2(36.2)
3	S	-323.00	-2632.00	0.00	-322.80	-3624.49	0.00	1.38	53.1(36.2)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)


N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.094	-50.0	202.0	0.00199	-42.1	194.1	-0.03366	-42.1	7.9
2	0.00350	0.130	-50.0	202.0	0.00240	-42.1	194.1	-0.02341	-42.1	7.9
3	0.00330	0.047	-50.0	0.0	0.00042	-42.1	7.9	-0.06750	-42.1	194.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000191431	-0.035169096	0.094	0.700
2	0.000000000	0.000138643	-0.024505806	0.130	0.700
3	0.000000000	-0.000364755	0.003299034	0.047	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.94	-50.0	202.0	-12.7	-23.4	7.9	1700	45.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00007	0.00000	0.500	24.0	67	0.00004 (0.00004)	381	0.014 (990.00)	7001.12	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.94	-50.0	202.0	-12.7	-23.4	7.9	1700	45.2

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00007	0.00000	0.500	24.0	67	0.00004 (0.00004)	381	0.014 (0.30)	7001.12	0.00


COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.94	-50.0	202.0	-12.7	-23.4	7.9	1700	45.2

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00007	0.00000	0.500	24.0	67	0.00004 (0.00004)	381	0.014 (0.20)	7001.12	0.00

Sez 3. Piedritti (piano dei centri)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	120.0
3	50.0	120.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	112.2	26
3	42.2	112.2	26
4	42.2	7.8	24
5	-42.2	100.6	26
6	42.2	100.6	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			


N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	8	26
3	5	6	8	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	2597.00	1325.00	0.00	0.00	0.00
2	2464.00	2292.00	0.00	0.00	0.00
3	509.00	-4064.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

N°Comb.	N	Mx	My
1	1998.00	1019.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1998.00	1019.00 (1877.15)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1998.00	1019.00 (1877.15)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.8 cm


VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	2597.00	1325.00	0.00	2597.02	3261.98	0.00	2.57	45.2(21.5)
2	S	2464.00	2292.00	0.00	2463.76	3205.41	0.00	1.41	45.2(21.5)
3	S	509.00	-4064.00	0.00	508.82	-4359.42	0.00	1.07	106.2(21.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.157	50.0	120.0	0.00195	42.2	112.2	-0.01878	-42.2	7.8
2	0.00350	0.154	50.0	120.0	0.00192	42.2	112.2	-0.01921	-42.2	7.8
3	0.00350	0.169	-50.0	0.0	0.00206	-42.2	7.8	-0.01717	-42.2	112.2

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000198616	-0.020333892	0.157	0.700
2	0.000000000	0.000202420	-0.020790374	0.154	0.700
3	0.000000000	-0.000184201	0.003500000	0.169	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.86	-50.0	120.0	-50.4	-32.8	7.8	1800	45.2


COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max*(e_sm - e_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00028	0.00000	0.500	24.0	66	0.00014 (0.00014)	387	0.056 (990.00)	1877.15	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.86	-50.0	120.0	-50.4	-32.8	7.8	1800	45.2

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 GRUPPO FS ITALIANE
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00028	0.00000	0.500	24.0	66	0.00014 (0.00014)	387	0.056 (0.30)	1877.15	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.86	-50.0	120.0	-50.4	-32.8	7.8	1800	45.2

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00028	0.00000	0.500	24.0	66	0.00014 (0.00014)	387	0.056 (0.20)	1877.15	0.00

Sez 4. Spiccato dei piedritti

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	135.0
3	50.0	135.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.1	7.9	24
2	-42.1	127.1	24
3	42.1	127.1	24
4	42.1	7.9	24


DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	8	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.

My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y

Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	4066.00	1958.00	0.00	0.00	0.00
2	2974.00	2065.00	0.00	0.00	0.00
3	4414.00	-423.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	3127.00	1506.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	3127.00	1506.00 (2444.97)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	3127.00	1506.00 (2444.97)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.7 cm

Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO


Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata

N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)

Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	4066.00	1958.00	0.00	4065.83	4402.92	0.00	2.25	45.2(24.2)
2	S	2974.00	2065.00	0.00	2973.99	3875.88	0.00	1.88	45.2(24.2)
3	S	4414.00	-423.00	0.00	4413.92	-4557.22	0.00	10.77	45.2(24.2)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.210	-50.0	135.0	0.00246	-42.1	127.1	-0.01316	-42.1	7.9
2	0.00350	0.154	-50.0	135.0	0.00208	-42.1	127.1	-0.01928	-42.1	7.9
3	0.00350	0.228	-50.0	0.0	0.00255	-42.1	7.9	-0.01185	-42.1	127.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000131072	-0.014194753	0.210	0.703
2	0.000000000	0.000179224	-0.020695195	0.154	0.700
3	0.000000000	-0.000120749	0.003500000	0.228	0.725


COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.75	-50.0	135.0	-47.4	-32.7	7.9	1600	45.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1 Esito della verifica
e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max * (e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00027	0.00000	0.500	24.0	67	0.00014 (0.00014)	372	0.050 (990.00)	2444.97	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.75	-50.0	135.0	-47.4	-32.7	7.9	1600	45.2

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00027	0.00000	0.500	24.0	67	0.00014 (0.00014)	372	0.050 (0.30)	2444.97	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.75	-50.0	135.0	-47.4	-32.7	7.9	1600	45.2

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00027	0.00000	0.500	24.0	67	0.00014 (0.00014)	372	0.050 (0.20)	2444.97	0.00

Sez 5. Incastro arco rovescio


CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	135.0
3	50.0	135.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.1	7.9	24

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

2	-42.1	127.1	24
3	42.1	127.1	24
4	42.1	7.9	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	8	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	4066.00	1958.00	0.00	0.00	0.00
2	2974.00	2065.00	0.00	0.00	0.00
3	4414.00	-423.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione


N°Comb.	N	Mx	My
1	3127.00	1506.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	3127.00	1506.00 (2444.97)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	3127.00	1506.00 (2444.97)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	4066.00	1958.00	0.00	4065.83	4402.92	0.00	2.25	45.2(24.2)
2	S	2974.00	2065.00	0.00	2973.99	3875.88	0.00	1.88	45.2(24.2)
3	S	4414.00	-423.00	0.00	4413.92	-4557.22	0.00	10.77	45.2(24.2)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO


ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.210	-50.0	135.0	0.00246	-42.1	127.1	-0.01316	-42.1	7.9
2	0.00350	0.154	-50.0	135.0	0.00208	-42.1	127.1	-0.01928	-42.1	7.9
3	0.00350	0.228	-50.0	0.0	0.00255	-42.1	7.9	-0.01185	-42.1	127.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000131072	-0.014194753	0.210	0.703
2	0.000000000	0.000179224	-0.020695195	0.154	0.700

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Sez 6. Mezzeria arco rovescio

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	92.2	24
3	42.2	92.2	24
4	42.2	7.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	8	24


CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1549.00	-499.00	0.00	0.00	0.00
2	388.00	-1247.00	0.00	0.00	0.00
3	3546.00	836.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

N°Comb.	N	Mx	My
1	1191.00	-384.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1191.00	-384.00 (-1614.47)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1191.00	-384.00 (-1614.47)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm


VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1549.00	-499.00	0.00	1549.02	-2194.91	0.00	4.40	45.2(17.9)
2	S	388.00	-1247.00	0.00	387.82	-1713.29	0.00	1.37	45.2(17.9)
3	S	3546.00	836.00	0.00	3546.05	2923.56	0.00	3.50	45.2(17.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.141	-50.0	0.0	0.00140	-42.2	7.8	-0.02127	-42.2	92.2
2	0.00350	0.106	-50.0	0.0	0.00071	-42.2	7.8	-0.02952	-42.2	92.2
3	0.00350	0.253	50.0	100.0	0.00233	42.2	92.2	-0.01036	-42.2	7.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000268611	0.003500000	0.141	0.700
2	0.000000000	-0.000358161	0.003500000	0.106	0.700
3	0.000000000	0.000150280	-0.011528013	0.253	0.756

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.01	-50.0	0.0	-13.4	32.8	92.2	950	45.2


COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 e1 Esito della verifica
 e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 kt = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 k2 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k3 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k4 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Cf Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 e sm - e cm Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 sr max Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 wk Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 Mx fess. Massima distanza tra le fessure [mm]
 My fess. Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_sm - e_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00009	0.00000	0.500	24.0	66	0.00004 (0.00004)	310	0.012 (990.00)	-1614.47	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

1 S 3.01 -50.0 0.0 -13.4 32.8 92.2 950 45.2

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00009	0.00000	0.500	24.0	66	0.00004 (0.00004)	310	0.012 (0.30)	-1614.47	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.01	-50.0	0.0	-13.4	32.8	92.2	950	45.2

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00009	0.00000	0.500	24.0	66	0.00004 (0.00004)	310	0.012 (0.20)	-1614.47	0.00


8.1.4 Verifiche a taglio

Le verifiche a taglio sono state effettuate sulle sezioni significative per quanto riguarda le sollecitazioni taglianti. Gli elementi strutturali costituenti la galleria policentrica presentano la seguente armatura specifica a taglio:

Spille $\phi 12/40 \times 40$ lungo la calotta, in mezzeria dei piedritti e dell'arco rovescio

Spille $\phi 16/40 \times 40$ alle reni, sullo spiccato dei piedritti e sull'incastro dell'arco rovescio

Di seguito si riportano le verifiche a taglio degli elementi strutturali:

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Dati	Var	unità	SEZ 1	SEZ 2	SEZ 3	SEZ 4	SEZ 5	SEZ 6
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	40	40	40	40	40	40
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	32	32	32	32	32	32
Coefficiente parziale γ_c	γ_c		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale α_{cc}	α_{cc}		0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450	450	450	451
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	392.2
Caratteristiche geometriche sezione								
Altezza	H	m	1.00	2.27	1.40	1.89	1.00	1.00
Larghezza	B	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m ²	1.00	2.27	1.40	1.89	1.00	1.00
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
altezza utile della sezione	d	m	0.92	2.19	1.32	1.81	0.92	0.92
Compressione agente nella sezione								
Sforzo normale di calcolo	N _{ed}	kN	3818.3	323.0	-509.0	-4414.0	-1103.0	-1549.0
Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio								
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si innesci nella sezione considerata								
Asl	mmq		4522	9828	15135	9043	9043	9043
Coefficiente k	k	m	1.47	1.30	1.39	1.33	1.47	1.47
vmin	vmin		0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_1		0.00490	0.00448	0.01145	0.00499	0.00981	0.00981
tensione media di compressione nella sezione	ocp	Mpa	3.63	0.14	-0.36	-2.34	-1.10	-1.55
Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	907.6	879.0	659.7	94.7	359.0	297.3
Elementi con armature trasversali resistenti al taglio								
<i>Verifica del conglomerato</i>								
Resistenza a taglio del conglomerato	V _{Rcd}	kN	5015.7	11924.5	7191.7	9857.3	5015.7	5015.7
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>								
diámetro staffe	fsw	mm	12	16	12	16	16	12
passo staffe	scp	m	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.50
numero di bracci	nb		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	283	503	283	503	503	226
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	deg	90	90	90	90	90	90
Inclinazione dei puntini in cls rispetto all'asse della trave	θ	deg	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8
tensione media di compressione nella sezione	ocp	kPa	3818	142	-364	-2335	-1103	-1549
coefficiente alpha	α_c		1.21	1.01	0.98	0.87	0.94	0.91
Resistenza a "taglio trazione"	V _{Rsd}	kN	573.8	2425.4	822.8	2004.9	1020.2	368.1
Resistenza a "taglio compressione"	V _{Rcd}	kN	3140.4	6215.9	3645.1	4441.7	2436.4	2372.6
Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	573.8	2425.4	822.8	2004.9	1020.2	368.1
Azione di calcolo	V	kN	220.5	2141.7	687.6	1746.4	594.5	321.0
Fattore di sicurezza	FS	-	2.6	1.1	1.2	1.15	1.72	1.1

8.1 Galleria di emergenza

8.1.1 Descrizione delle sezioni di calcolo

Le verifiche SLU ed SLE sono state effettuate in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate, di seguito riepilogate.

Sez 1 - sezione in chiave di calotta:	s= 0.70 m
Sez 2 - sezione alle reni della calotta:	s= 0.70 m
Sez 3 - Sezione di mezzeria dei piedritti:	s= 0.75 m
Sez 4 - Sezione di spiccato dei piedritti:	s= 0.85 m
Sez 5 - Sezione di incastro arco rovescio:	s= 0.70 m
Sez 6 - Sezione in chiave arco rovescio :	s= 0.70 m

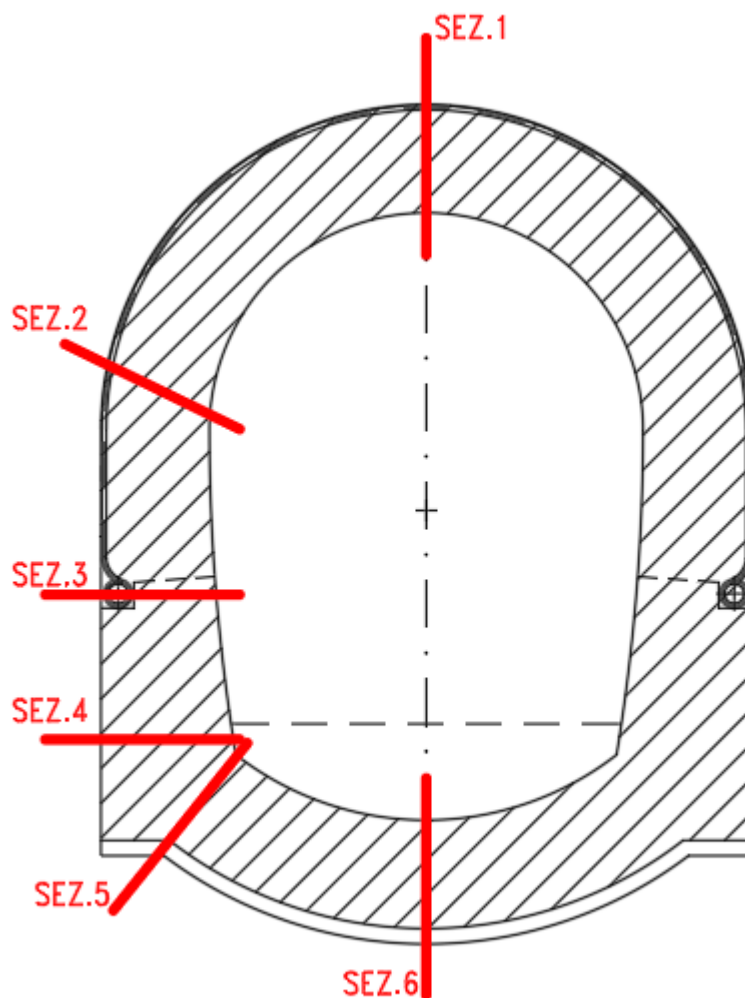


Figura 8.1 – Sezioni di verifica – galleria d'emergenza

8.1.2 Riepilogo risultati delle analisi

Di seguito si riportano le principali sollecitazioni agli SLE, SLU ed SLV ricavate dai modelli di calcolo relative alla galleria d'emergenza:

VE407

Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo

SEZ 1 - CHIAVE CALOTTA

		<u>SLU_{max}</u>	<u>SLU_{min}</u>	<u>SLV</u>	<u>SLE</u>
h	cm	70	70	70	70
B	cm	100	100	100	100
σ_1	kN/mq	-600	-629	300	-461.5
σ_2	kN/mq	311	648	-1575	239.2
F _{yy} = V	kN/m	3.15	3.5	29.75	-
A	mq	0.7	0.7	0.7	0.7
W	mc	0.081667	0.081667	0.081666667	0.081667
N	kN	-101	7	-446	-78
M	kNm	-37	-52	77	-29
a.n.	cm	23.9	35.5	58.8	23.9

SEZ 2 - RENI CALOTTA

		<u>SLU_{max}</u>	<u>SLU_{min}</u>	<u>SLV</u>	<u>SLE</u>
h	cm	70	70	70	70
B	cm	100	100	100	100
σ_1	kN/mq	70	160	290	53.8
σ_2	kN/mq	-843	-807	-1352	-648.5
F _{yy} = V	kN/m	94.9	91.0	-6.0	-
A	mq	0.7	0.7	0.7	0.7
W	mc	0.081667	0.081667	0.081666667	0.081667
N	kN	-271	-226	-372	-208
M	kNm	37	39	67	29
a.n.	cm	64.6	58.4	57.6	64.6

SEZ 3 - MEZZERIA PIEDRITTI

		<u>SLU_{max}</u>	<u>SLU_{min}</u>	<u>SLV</u>	<u>SLE</u>
h	cm	75	75	75	75
B	cm	100	100	100	100
σ_1	kN/mq	260	47	20	200.0
σ_2	kN/mq	-880	-886	-487	-676.9
F _{yy} = V	kN/m	82.5	73.1	112.5	-
A	mq	0.75	0.75	0.75	0.75
W	mc	0.09375	0.09375	0.09375	0.09375
N	kN	-233	-315	-175	-179
M	kNm	53	44	24	41
a.n.	cm	57.9	71.2	72.0	57.9

VE407

Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo

SEZ 4 - SPICCATO PIEDRITTI


		<u>SLU_{max}</u>	<u>SLU_{min}</u>	<u>SLV</u>	<u>SLE</u>
h	cm	85	85	85	85
B	cm	100	100	100	100
σ_1	kN/mq	-30	65	660	-23.1
σ_2	kN/mq	-1290	-860	-2300	-992.3
F _{yy} = V	kN/m	221.9	176.4	97.8	-
A	mq	0.85	0.85	0.85	0.85
W	mc	0.120417	0.120417	0.1204	0.120417
N	kN	-561	-338	-697	-432
M	kNm	76	56	178	58
a.n.	cm	87.0	79.0	66.0	87.0

SEZ 5 - INCASTRO ARCO ROVESCIO

		<u>SLU_{max}</u>	<u>SLU_{min}</u>	<u>SLV</u>	<u>SLE</u>
h	cm	70	70	70	70
B	cm	100	100	100	100
σ_1	kN/mq	150	65	1500	115.4
σ_2	kN/mq	-1140	-770	2200	-876.9
F _{yy} = V	kN/m	210	182	203.35	-
A	mq	0.7	0.7	0.7	0.7
W	mc	0.081667	0.081667	0.081666667	0.081667
N	kN	-347	-247	1295	-267
M	kNm	53	34	-29	41
a.n.	cm	61.9	64.6	220.0	61.9

SEZ 6 - MEZZERIA ARCO ROVESCIO

		<u>SLU_{max}</u>	<u>SLU_{min}</u>	<u>SLV</u>	<u>SLE</u>
h	cm	70	70	70	70
B	cm	100	100	100	100
σ_1	kN/mq	-1200	-1040	-420	-923.1
σ_2	kN/mq	560	650	-428	430.8
F _{yy} = V	kN/m	7.35	12.6	32.2	-
A	mq	0.7	0.7	0.7	0.7
W	mc	0.081667	0.081667	0.081666667	0.081667
N	kN	-224	-137	-297	-172
M	kNm	-72	-69	0	-55
a.n.	cm	22.3	26.9	3745.0	22.3

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

8.1.3 Verifiche a presso-flessione

L'armatura del rivestimento è costituita da $\phi 24/20$ disposti sul lato interno ed esterno della calotta e dell'arco rovescio. Lateralmente i piedritti, sono armati con $\phi 24/20$ nella zona esterna ed interna.

Di seguito si riportano le verifiche a presso flessione degli elementi strutturali.

Sez 1. Chiave di calotta

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Classe Calcestruzzo:	Forma del Dominio: Poligonale	
	C32/40	
N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	70.0
3	50.0	70.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	62.2	24
3	42.2	62.2	24
4	42.2	7.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE


N° Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N° Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N° Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N° Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	3	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia x				

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	101.00	-37.00	0.00	0.00	0.00
2	-7.00	-52.00	0.00	0.00	0.00
3	446.00	77.00	0.00	0.00	0.00

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	78.00	-29.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	78.00	-29.00 (-448.45)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	78.00	-29.00 (-448.45)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO


Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	18.7 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]								

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	101.00	-37.00	0.00	101.03	-561.83	0.00	15.18	22.6(12.5)
2	S	-7.00	-52.00	0.00	-7.11	-531.66	0.00	10.22	22.6(12.5)
3	S	446.00	77.00	0.00	445.75	657.53	0.00	8.54	22.6(12.5)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.117	-50.0	0.0	-0.00025	-42.2	7.8	-0.02643	42.2	62.2
2	0.00350	0.113	-50.0	0.0	-0.00040	-42.2	7.8	-0.02759	42.2	62.2
3	0.00350	0.132	50.0	70.0	0.00017	42.2	62.2	-0.02303	-42.2	7.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000481156	0.003500000	0.117	0.700
2	0.000000000	-0.000499809	0.003500000	0.113	0.700
3	0.000000000	0.000426528	-0.026356982	0.132	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)


Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $\beta_1 \cdot \beta_2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.53	-50.0	0.0	-8.0	21.1	62.2	1950	22.6	21.1	1.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e_1 + e_2) / (2 \cdot e_1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	$= 1 - \beta_1 \cdot 12 \cdot (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \beta_1 \cdot 12 \cdot (f_{ctm}/S_2)^2 = 1 - \beta_1 \cdot 12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot S_s/E_s$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
Mx fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot s_m \cdot s_{rm}$. Valore limite tra parentesi
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-----	------	-----	----	---------	---------

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

1 S -0.2 0.0 0.125 24 66 0.400 0.00002 (0.00002) 278 0.007 (990.00) -448.45 0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.53	-50.0	0.0	-8.0	21.1	62.2	1950	22.6	21.1	0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.2	0.0	0.125	24	66	0.400	0.00002 (0.00002)	278	0.007 (0.30)	-448.45	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.53	-50.0	0.0	-8.0	21.1	62.2	1950	22.6	21.1	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.2	0.0	0.125	24	66	0.400	0.00002 (0.00002)	278	0.007 (0.20)	-448.45	0.00

Sez 2. Reni della calotta


CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	45.0
3	50.0	45.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.1	7.9	24
2	-42.1	37.1	24
3	42.1	37.1	24
4	42.1	7.9	24

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	3	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	271.00	37.00	0.00	0.00	0.00
2	226.00	39.00	0.00	0.00	0.00
3	372.00	67.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	208.00	29.00	0.00


COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	208.00	29.00 (280.83)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	208.00	29.00 (280.83)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	18.7 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	271.00	37.00	0.00	270.89	353.22	0.00	9.55	22.6(8.1)
2	S	226.00	39.00	0.00	225.85	346.37	0.00	8.88	22.6(8.1)
3	S	372.00	67.00	0.00	371.94	368.52	0.00	5.50	22.6(8.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO


ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.210	-50.0	45.0	-0.00006	-42.1	37.1	-0.01320	-42.1	7.9
2	0.00350	0.206	-50.0	45.0	-0.00011	-42.1	37.1	-0.01347	-42.1	7.9
3	0.00350	0.217	-50.0	45.0	0.00006	-42.1	37.1	-0.01263	-42.1	7.9

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000450149	-0.016756690	0.210	0.702
2	0.000000000	0.000457432	-0.017084461	0.206	0.700
3	0.000000000	0.000434853	-0.016068369	0.217	0.711

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.23	-50.0	45.0	-4.1	-42.1	7.9	---	---	---	---

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} Esito della verifica
S1	Massima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.3	0.0	---	---	---	---	---	---	---	280.83	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.23	-50.0	45.0	-4.1	-42.1	7.9	---	---	---	---

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]


Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.3	0.0	---	---	---	---	---	---	---	280.83	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.23	-50.0	45.0	-4.1	-42.1	7.9	---	---	---	---

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.3	0.0	---	---	---	---	---	---	---	280.83	0.00

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Sez 3. Piedritti (piano dei centri)

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	42.2	24
3	42.2	42.2	24
4	42.2	7.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	3	24


CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	233.00	53.00	0.00	0.00	0.00
2	315.00	44.00	0.00	0.00	0.00
3	175.00	24.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

N°Comb.	N	Mx	My
1	179.00	41.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	179.00	41.00 (249.32)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	179.00	41.00 (249.32)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.7 cm


VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	233.00	53.00	0.00	233.09	398.25	0.00	7.51	22.6(9.0)
2	S	315.00	44.00	0.00	314.93	412.79	0.00	9.38	22.6(9.0)
3	S	175.00	24.00	0.00	175.27	387.95	0.00	16.16	22.6(9.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.180	-50.0	50.0	-0.00009	-42.2	42.2	-0.01590	-42.2	7.8
2	0.00350	0.186	-50.0	50.0	0.00002	-42.2	42.2	-0.01535	-42.2	7.8
3	0.00350	0.177	-50.0	50.0	-0.00016	-42.2	42.2	-0.01630	-42.2	7.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000459830	-0.019491491	0.180	0.700
2	0.000000000	0.000446740	-0.018837018	0.186	0.700
3	0.000000000	0.000469278	-0.019963892	0.177	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.42	-50.0	50.0	-14.5	-42.2	7.8	1250	22.6	21.1	1.00


COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica
S1 Massima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2 Minima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]
wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm$. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.5	0.0	0.125	24	66	0.400	0.00003 (0.00003)	241	0.011 (990.00)	249.32	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.42	-50.0	50.0	-14.5	-42.2	7.8	1250	22.6	21.1	0.50

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 GRUPPO FS ITALIANE
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.5	0.0	0.125	24	66	0.400	0.00003 (0.00003)	241	0.011 (0.30)	249.32	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.42	-50.0	50.0	-14.5	-42.2	7.8	1250	22.6	21.1	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.5	0.0	0.125	24	66	0.400	0.00003 (0.00003)	241	0.011 (0.20)	249.32	0.00

Sez 4. Spiccato dei piedritti

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	60.0
3	50.0	60.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.1	7.9	24
2	-42.1	52.1	24
3	42.1	52.1	24
4	42.1	7.9	24


DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	3	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	561.00	76.00	0.00	0.00	0.00
2	338.00	56.00	0.00	0.00	0.00
3	697.00	178.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	432.00	58.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	432.00	58.00 (1060.70)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	432.00	58.00 (1060.70)	0.00 (0.00)


RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.7 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.7 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	561.00	76.00	0.00	560.74	571.73	0.00	7.52	22.6(10.7)
2	S	338.00	56.00	0.00	338.23	521.55	0.00	9.31	22.6(10.7)
3	S	697.00	178.00	0.00	696.73	602.14	0.00	3.38	22.6(10.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.165	-50.0	60.0	0.00029	-42.1	52.1	-0.01770	-42.1	7.9
2	0.00350	0.153	-50.0	60.0	0.00002	-42.1	52.1	-0.01942	-42.1	7.9
3	0.00350	0.173	-50.0	60.0	0.00044	-42.1	52.1	-0.01671	-42.1	7.9

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000406893	-0.020913564	0.165	0.700
2	0.000000000	0.000440013	-0.022900782	0.153	0.700
3	0.000000000	0.000387864	-0.019771868	0.173	0.700


COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.48	-50.0	60.0	0.2	-42.1	7.9	----	----	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 S1 Esito della verifica
 Massima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

S2	Minima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * sm * srm$. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.2	0.0	----	----	----	----	----	----	----	1060.70	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.48	-50.0	60.0	0.2	-42.1	7.9	----	----	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.2	0.0	----	----	----	----	----	----	----	1060.70	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.48	-50.0	60.0	0.2	-42.1	7.9	----	----	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.2	0.0	----	----	----	----	----	----	----	1060.70	0.00


Sez 5. Incastro arco rovescio

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	70.0
3	50.0	70.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	62.2	24

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

3	42.2	62.2	24
4	42.2	7.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	3	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	347.00	53.00	0.00	0.00	0.00
2	247.00	34.00	0.00	0.00	0.00
3	-1295.00	-29.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	267.00	41.00	0.00


COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	267.00	41.00 (1602.47)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	267.00	41.00 (1602.47)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.7 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	347.00	53.00	0.00	347.13	630.23	0.00	11.89	22.6(12.5)
2	S	247.00	34.00	0.00	246.74	602.38	0.00	17.72	22.6(12.5)
3	S	-1295.00	-29.00	0.00	-1294.84	-160.18	0.00	5.52	45.2(12.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO


ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.127	-50.0	70.0	0.00005	-42.2	62.2	-0.02398	-42.2	7.8
2	0.00350	0.123	-50.0	70.0	-0.00007	-42.2	62.2	-0.02496	-42.2	7.8
3	0.00350	0.050	50.0	0.0	-0.00525	42.2	7.8	-0.06631	-42.2	62.2

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000441851	-0.027429541	0.127	0.700
2	0.000000000	0.000457573	-0.028530081	0.123	0.700
3	0.000000000	-0.001122293	0.003500000	0.050	0.700

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.78	-50.0	70.0	0.0	-42.2	7.8	0	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0.00000	0.000	.0	66	0.00000 (0.00000)	0	0.001 (990.00)	1602.47	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.78	-50.0	70.0	0.0	-42.2	7.8	0	0.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]


Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0.00000	0.000	.0	66	0.00000 (0.00000)	0	0.001 (0.30)	1602.47	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.78	-50.0	70.0	0.0	-42.2	7.8	0	0.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0.00000	0.000	.0	66	0.00000 (0.00000)	0	0.001 (0.20)	1602.47	0.00

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Sez 6. Mezzeria arco rovescio

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	70.0
3	50.0	70.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	62.2	24
3	42.2	62.2	24
4	42.2	7.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	3	24


CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	224.00	-72.00	0.00	0.00	0.00
2	137.00	-69.00	0.00	0.00	0.00
3	297.00	0.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	172.00	-55.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	172.00	-55.00 (-488.74)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	172.00	-55.00 (-488.74)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.7 cm


VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	224.00	-72.00	0.00	224.14	-596.10	0.00	8.28	22.6(12.5)
2	S	137.00	-69.00	0.00	137.06	-571.86	0.00	8.29	22.6(12.5)
3	S	297.00	0.00	0.00	296.96	616.33	0.00	999.00	22.6(12.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.122	-50.0	0.0	-0.00010	-42.2	7.8	-0.02519	42.2	62.2
2	0.00350	0.118	-50.0	0.0	-0.00021	-42.2	7.8	-0.02607	42.2	62.2
3	0.00350	0.125	50.0	70.0	-0.00001	42.2	62.2	-0.02446	-42.2	7.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000461303	0.003500000	0.122	0.700
2	0.000000000	-0.000475426	0.003500000	0.118	0.700
3	0.000000000	0.000449445	-0.027961158	0.125	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$


N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.00	-50.0	0.0	-11.9	21.1	62.2	1750	22.6	21.1	1.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Esito della verifica
 S1 Massima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
 S2 Minima tensione [MPa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
 k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
 Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 Psi = $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
 srm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.3	0.0	0.125	24	66	0.400	0.00002 (0.00002)	267	0.010 (990.00)	-488.74	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.00	-50.0	0.0	-11.9	21.1	62.2	1750	22.6	21.1	0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.3	0.0	0.125	24	66	0.400	0.00002 (0.00002)	267	0.010 (0.30)	-488.74	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.00	-50.0	0.0	-11.9	21.1	62.2	1750	22.6	21.1	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.3	0.0	0.125	24	66	0.400	0.00002 (0.00002)	267	0.010 (0.20)	-488.74	0.00

8.1.4 Verifiche a taglio

Le verifiche a taglio sono state effettuate sulle sezioni significative per quanto riguarda le sollecitazioni taglienti. Gli elementi strutturali costituenti la galleria d'emergenza presentano la seguente armatura specifica a taglio:

Spille $\phi 12/40 \times 40$ lungo la calotta, i piedritti e l'arco rovescio


Spille $\phi 16/40 \times 40$ allo spiccato dei piedritti e sull'incastro dell'arco rovescio

Di seguito si riportano le verifiche a taglio degli elementi strutturali:

VE407

Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo

Dati	Var	unità	SEZ 2	SEZ 3	SEZ 4	SEZ 5		
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	40	40	40	40		
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	32	32	32	32		
Coefficiente parziale γ_c	γ_c		1.50	1.50	1.50	1.50		
Coefficiente parziale α_{cc}	α_{cc}		0.85	0.85	0.85	0.85		
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	18.1	18.1	18.1	18.1		
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450	450		
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3	391.3		
Caratteristiche geometriche sezione								
Altezza	H	m	0.70	0.75	0.85	0.70		
Larghezza	B	m	1.00	1.00	1.00	1.00		
Area calcestruzzo	Ac	m ²	0.70	0.75	0.85	0.70		
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00	1.00		
copriferro	c	m	0.078	0.078	0.078	0.078		
altezza utile della sezione	d	m	0.62	0.67	0.77	0.62		
Compressione agente nella sezione								
Sforzo normale di calcolo	N _{Ed}	kN	226.0	175.0	338.0	247.0		
Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio								
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata								
	Asl	mmq	2261	2261	2261	2261		
Coefficiente k	k	m	1.57	1.55	1.51	1.57		
vmin	vmin		0.4	0.4	0.4	0.4		
rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_1		0.00363	0.00336	0.00293	0.00363		
tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	Mpa	0.32	0.23	0.40	0.35		
Resistenza a taglio			V_{Rd}	kN	295.1	298.7	340.8	297.9
Elementi con armature trasversali resistenti al taglio								
<i>Verifica del conglomerato</i>								
Resistenza a taglio del conglomerato	V _{Rcd}	kN	3383.7	3655.7	4199.7	3383.7		
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>								
diámetro staffe	fsw	mm	12	12	12	12		
passo staffe	scp	m	0.40	0.40	0.40	0.40		
numero di bracci	nb		2.5	2.5	2.5	2.5		
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	283	283	283	283		
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	deg	90	90	90	90		
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	θ	deg	21.8	21.8	21.8	21.8		
tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	kPa	323	233	398	353		
coefficiente alpha	α_c		1.02	1.01	1.02	1.02		
Resistenza a "taglio trazione"	V _{Rsd}	kN	387.1	418.2	480.5	387.1		
Resistenza a "taglio compressione"	V _{Rcd}	kN	1781.2	1915.1	2219.8	1784.1		
Resistenza a taglio			V_{Rd}	kN	387.1	418.2	480.5	387.1
Azione di calcolo	V	kN	95.0	112.6	221.9	210.0		
Fattore di sicurezza	FS	-	4.1	3.7	2.17	1.84		

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone		
Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

9 DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018)

9.1 Tipo di analisi svolte

Le analisi strutturali e le verifiche per il dimensionamento delle strutture sono state condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato ricorrendo a modelli tridimensionali in cui gli elementi strutturali sono stati schematizzati come elementi piani tipo "plate".

I vincoli esterni sono costituiti da cerniere o incastri.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui le opere saranno soggette.

9.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

ANALISI STRUTTURALE

Nome del Software: SAP2000 14 Advanced

Produttore CSI Computer & Structures, Inc 1995 University Avenue Berkley, CA

Licenza concessa a VIA INGEGNERIA s.r.l. – Licenza N° S15307

Verifiche di elementi in c.a.

Software: RC-SEC

Produttore: GeoStru


Licenza: Via Ingegneria srl – numero 7OKKI-NF2UO-EOJXZ-3PW5K.

9.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori del software contiene esaurienti descrizioni delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati con l'individuazione dei campi d'impiego.

9.4 Modalità di presentazione dei risultati

Le relazioni di calcolo strutturale presentano i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. Le relazioni di calcolo illustrano in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

S.S. 51 "Alemagna" – Variante di Longarone Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
VE407	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

9.5 Informazioni generali sull'elaborazione

Il software consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

9.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, il Progettista delle Strutture asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.