



energie

SOCIETÀ PER AZIONI
SEDE LEGALE E DIREZIONE
VIA DELLA RENA 20/11
39100 BOLZANO

Centrale idroelettrica di Fenestrelle Bacino di Pourrières

**VARIANTI IN CORSO D'OPERA AL PROGETTO
AUTORIZZATO CON PROVVEDIMENTO
AUTORIZZATIVO UNICO N. 32/2008
Documentazione tecnico-progettuale integrativa**

**COMUNE DI USSEAUX: SBARRAMENTO DI POURRIERES
Interventi di adeguamento della carrabilità (I° categoria)
Integrazione relazione ingegneristico-strutturale**

CODICE DOCUMENTO

ELABORATO

2 2 9 0 - 0 1 - 0 1 2 0 0 . D O C A S 1.5

00	GIU.09	R.BARTOLOZZI	R.DUTTO	C.MALERBA	
REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE	MODIFICHE

RIPRODUZIONE O CONSEGNA A TERZI SOLO DIETRO SPECIFICA AUTORIZZAZIONE

INDICE

1.	GENERALITÀ	1
2.	CONSIDERAZIONI GENERALI	1
3.	INDAGINI GEOGNOSTICHE	2
4.	ASPETTI PROGETTUALI	6
5.	ASPETTI SICUREZZA	6
6.	FASI DI CANTIERE	7
7.	NORMATIVA VIGENTE	7
8.	RELAZIONE DI CALCOLO	7
8.1	Strutture prefabbricate	7
8.2	Strutture gettate in opera	7
8.2.1	Materiali previsti	7
	Opere di sottofondazione – magrone	7
	Opere in c.a.	7
	Acciaio in barre per conglomerato cementizio armato	8
	Reti d'armatura per conglomerato cementizio armato	8

ALLEGATO 1 - Calcoli e verifiche strutturali degli interventi finalizzati alla carrabilità dello sbarramento

1. GENERALITÀ

In seguito alla domanda della Società Energie S.p.A., con sede legale in Bolzano, Via Della Rena n.20/11, presentata allo Sportello Unico per le attività produttive della Comunità Montana Valli Chisone e Germanasca che ha dato avvio al procedimento unico semplificato di cui all'art. 4 del regolamento approvato con D.P.R. 447/98 e s.m.i., avvio avvenuto il 06.11.2007, è stato emesso il Provvedimento Autorizzativo Unico n. 32/2008, in base al quale sono stati autorizzati gli interventi finalizzati all'ammodernamento dell'impianto idroelettrico di Fenestrelle, il relativo cantiere e tutti gli interventi a carattere temporaneo necessari all'operazione, facenti capo ai Comuni di Roure, Fenestrelle e Usseaux.

Durante l'esecuzione dei lavori si era riscontrata la necessità di presentare una richiesta di autorizzazione per alcune varianti in corso d'opera che riguardavano:

- l'edificio principale della centrale idroelettrica – Comune di Fenestrelle;
- la camera valvola in sommità della condotta forzata - Comune di Fenestrelle;
- l'opera di sbarramento in località Pourrières – Comune di Usseaux.

La richiesta di autorizzazione per le varianti in corso d'opera venne presentata nell'ottobre 2008.

Tra gli interventi di cui si richiedeva l'autorizzazione in variante vi erano quelli previsti per l'adeguamento della carrabilità del coronamento dello sbarramento. In fase di cantiere, infatti, preso atto dello stato di conservazione di alcune strutture si era proceduto a un riesame più approfondito dei disegni originali delle opere in esame. Si era quindi riscontrato che la sommità dello sbarramento era stata calcolata per un sovraccarico totale di 1.000 kg/m² e quindi, oggi, tale struttura non è idonea a sopportare i carichi indotti dal transito di mezzi di cantiere o stradali significativi.

In merito agli interventi previsti per rendere idoneo il coronamento della diga a carichi stradali di I^a categoria, i responsabili della Regione Piemonte chiesero di ricevere dei documenti integrativi che consentissero di comprendere meglio le opere in progetto e le loro modalità di realizzazione. Il presente documento è l'integrazione della relazione ingegneristico – strutturale, presentata con la richiesta di autorizzazione per le varianti in corso d'opera nell'ottobre 2008 e di seguito sono illustrate e descritte le scelte progettuali, le opere e le fasi di cantiere previste per adeguare il coronamento dello sbarramento ai carichi stradali previsti per le opere di I^a categoria. Sono inoltre riportati i calcoli e le verifiche strutturali degli elementi principali in cemento armato.

Gli interventi in progetto ricadono nel territorio comunale di Usseaux (classe sismica 2).

2. CONSIDERAZIONI GENERALI

Tenuto conto che le due sponde del lago artificiale sono collegate solo dalla strada che corre in sommità al coronamento dello sbarramento l'utilità di rendere quest'ultimo percorribile da mezzi anche di notevole peso risulta evidente.

Ad ottobre del 2008 quando fu avanzata la richiesta di autorizzazione in variante anche per questi interventi la situazione era ancora tale da consentire di prevederne la realizzazione prima della messa in servizio della centrale. Ciò avrebbe consentito sia di contenere i costi sia eseguire gli interventi senza particolari vincoli legati ad interferenze. All'epoca per non modificare la quota del cordolo di sostegno dei parapetti laterali si era ipotizzato di realizzare una struttura tipo a "solettone" con travi prefabbricate e precomprese a "T", accostate,

con larghezza alla base di 50 cm, in sommità 14 cm ed altezza di 30 cm per la campata da 7.0 m (di seguito denominata "campata sifoni"), 40 cm per la campata da 8.0 m (di seguito denominata "campata settore") e 49 cm di altezza per la campata da 10 m (di seguito denominata "ponte"). Al di sopra delle travi prefabbricate era previsto un getto di completamento, armato, di 20 cm di spessore, in modo da ottenere un'altezza complessiva di 50 cm per la campata sifoni, 60 cm per la campata settore e 70 cm per il ponte (struttura a solettone con travi tipo "TR della RDB"; successivamente, preso contatto con i tecnici della RDB, siamo stati informati che la tipologia di trave individuata praticamente era stata appena messa fuori produzione e non era più prodotta dalla loro ditta). Tale struttura comportava che nel locale ove ora sono collocati i dispositivi per la movimentazione della paratoia a settore l'intradosso venisse ribassato di una ventina di centimetri. Si era inizialmente ipotizzato di adeguare ai carichi di I° categoria la sommità dell'opera per tutta la sua estensione, ma la campata tra la paratoia sghiaiatrice e la spalla destra sarebbe stata troppo lunga e non si sarebbe riusciti a rispettare contemporaneamente le quote attuali del cordolo del coronamento e l'altezza minima interna dei locali, per questo motivo già all'epoca si intendeva raccordarsi con l'avandiga disponendo dei dissuasori che impedissero ai mezzi di transitare sulla soletta tra la paratoia sghiaiatrice e la spalla destra.

Per motivi legati alle tempistiche dei lavori, che sono proseguiti nonostante l'inverno particolarmente nevoso, il Committente, per riuscire ad entrare in servizio con la centrale nella primavera del 2009, ha dovuto far iniziare la realizzazione degli impianti ai primi di febbraio e quindi non avendo potuto dare prima il via agli interventi di adeguamento ai carichi stradali del coronamento questi dovranno essere eseguiti con l'impianto in funzione.


























Preso atto di tale situazione la Committenza ha dato l'indicazione ai progettisti di procedere per individuare una soluzione che consentisse da un lato di non modificare la quota del cordolo del coronamento e contemporaneamente salvaguardasse sia l'impianto elettrico sia quello oleodinamico che erano già staffati all'intradosso dei locali. Inizialmente si è ipotizzato di non toccare la soletta esistente ma di utilizzarla come un cassero a perdere di una nuova struttura di caratteristiche adeguate. La soluzione individuata era sostanzialmente una struttura metallica che sarebbe poi stata inglobata da getti in opera di calcestruzzo; il ponte era comunque un discorso a parte in quanto non è interferente con gli impianti. L'impalcato metallico sarebbe stato costituito da travi HEM 100 accostate tra loro e saldate della lunghezza di 1/3 delle campate dei sifoni e del settore. L'impalcato sarebbe stato appoggiato su travi intermedie e quindi su pilastri in modo tale da non gravare con i carichi sulla soletta sottostante. Per sopportare i nuovi carichi la trave che sostiene la soletta calpestabile dei locali di manovra avrebbe dovuto essere sostituita da una trave metallica senza demolire la soletta stessa ma anzi sostenendola collegandosi ad essa. Tecnicamente la soluzione dal punto di vista strutturale era anche stata calcolata ed era sostenibile ma i progettisti hanno ritenuto che in campo la sua realizzazione sarebbe stata molto difficile ed onerosa e la soluzione è stata abbandonata. Si è quindi ipotizzato di smantellare la copertura esistente mediante una serie di tagli e carotaggi proteggendo adeguatamente le linee elettriche ed idrauliche interne in modo tale da garantire la funzionalità dell'opera in ogni fase di cantiere e dei lavori. Questa è la soluzione che è di seguito illustrata.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per fornire le necessarie indicazioni ai progettisti sulle caratteristiche dei materiali sui quali si appoggerà il nuovo ponte sono stati eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo.

I sondaggi sono stati eseguiti a rotazione con carotaggio continuo utilizzando una sonda idraulica tipo CMV "MK 600 D" montata su carro cingolato; per tutta la lunghezza si sono utilizzati carotieri semplici e doppi aventi Ø 131 e 101 mm. Per stabilizzare in corso d'opera le pareti del foro sono stati impiegati rivestimenti metallici provvisori diam 127 mm.

Il sondaggio (denominato S1) eseguito presso lo sbarramento, sulla spalla sinistra, è stato spinto fino alla profondità di m 15.00 dal piano campagna ed in corso d'opera sono state eseguite n°5 prove SPT; le risultanze e le quote di esecuzione sono riportate nella stratigrafia di seguito riportata. Il livello statico della falda rilevato alla fine delle operazioni di cantiere è riportato nella scheda stratigrafica.

			<div>Committente <u>Energie S.p.A.</u></div> <div>Cantiere <u>Sbarramento - Spalla sinistra</u></div> <div>Località <u>Frazione Pourrieres - Usseaux (TO)</u></div> <div>Data Inizio <u>30/03/09</u> Data Fine <u>31/03/09</u></div>					<div>SONDAGGIO</div> <div>S1</div>		<div>FOGLIO</div> <div>1/1</div>			
									Quota (p.c.)				
Profondità'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
	2.10			Terreno di riporto limoso sabbioso ghiaioso; colore grigio bruno.		131							
2.10				Terreno di riporto ghiaioso con piccoli ciottoli in matrice sabbiosa sciolta; colore bruno rossiccio.								3.10	
3.30	1.20			Terreno parzialmente rimaneggiato sabbioso ghiaioso ciottoloso sciolto; colore grigiastro.								3-1-5 p.a.	
	3.20											6.00	
6.50												4-3-4 p.a.	
	3.00			Ghiaia eterometrica subarrotondata in matrice sabbioso fine limosa, a tratti abbondante, addensata; colore grigio nocciola chiaro.		127		90				9.30	
9.50												40-34-24 p.c.	
	2.70			Ghiaia eterometrica da subarrotondata ad arrotondata con ciottoli (diam. max 10-12 cm) in subordinata matrice sabbiosa grossolana, a tratti debolmente limosa; colore grigio.	9.50	101						12.20	
12.20												13-17-23 p.c.	
	2.50			Sabbie fini limose e limi sabbiosi con ghiaia eterometrica, a tratti debolmente alterata, addensata; colore bruno grigiastro. Alla base predominanza di sabbie e sabbie limose.								15.00	
14.70												6-8-10 p.a.	
15.00	0.30												

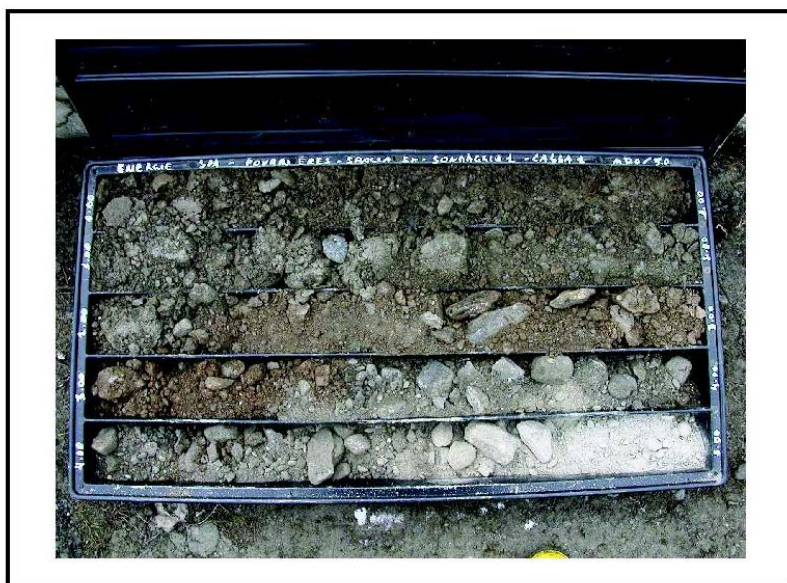


Foto 5: Sondaggio S1 (sbarramento – spalla sinistra) - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



Foto 6: Sondaggio S1 (sbarramento – spalla sinistra) - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.




Foto 7: Sondaggio S1 (sbarramento – spalla sinistra) - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



Foto 8: Posizionamento sondaggio S1 (sbarramento – spalla sinistra).

Il secondo sondaggio è stato eseguito, a partire dal coronamento, in corrispondenza dello sperone che costituisce la spalla destra del ponte esistente. Il carotaggio (denominato anch'esso S1), è stato spinto fino alla profondità di m 5.00 dal piano carrabile, per verificare la qualità e la composizione del calcestruzzo dello sperone stesso e le sue risultanze sono riportate nella stratigrafia seguente.

	Committente	Energie S.p.A.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Sbarramento - Sperone sinistro	S1	1/1
	Località	Frazione Pournieres - Usseaux (TO)	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	31/03/09	Data Fine	01/04/09

Profondità'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
1.50	1.50	1	xxxxxx	Calcestruzzo facilmente disagiabile con inerti a pezzatura variabile.									
1.50	1.50	2	xxxxxx	Calcestruzzo mediamente compatto, con inerti a pezzatura variabile. Presenza di porosità millimetriche diffuse. Alla base ripresa di getto.		101		90					
3.00	0.30	3	xxxxxx	Calcestruzzo compatto con inerti grossolani. Alla base ripresa di getto.									
3.30	1.70	4	xxxxxx	Calcestruzzo compatto con inerti a pezzatura variabile. Sporadica presenza di ridotte porosità millimetriche.									
5.00		5	xxxxxx										

Perforazione eseguita con doppio carotiere tipo T6 diam. 101 mm munito di:
- corona widia da 0 - 1.50 m;
- corona diamantata da 1.50 - 5.00 m.



Foto 9: Carotaggio S1 (sbarramento – sperone sinistro) - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.

4. ASPETTI PROGETTUALI

Spiegazioni tecniche strutture, fondazioni, micropali ecc.

5. ASPETTI SICUREZZA

Piene

Spiegazioni tecniche circa protezioni dell'olio, franco idraulico

Parapetti, fessurazioni cls

6. FASI DI CANTIERE

con il progetto di variante in corso d'opera degli interventi di ristrutturazione dell'impianto idroelettrico di Fenestrelle ha unicamente lo scopo di fornire chiarimenti in merito agli interventi di adeguamento della carrabilità della sommità dello sbarramento di Pourrières.

7. NORMATIVA VIGENTE

- Legge 5.11.1971 n. 1086 – "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica";
- D.M. 14 gennaio 2008 – "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare 2 febbraio 2009 , n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

8. RELAZIONE DI CALCOLO

8.1 Strutture prefabbricate

8.2 Strutture gettate in opera

8.2.1 Materiali previsti

8.2.1.1 Calcestruzzo

Opere di sottofondazione – magrone

Conglomerato cementizio con resistenza caratteristica a compressione su provino cubico a 28 gg. non inferiore a $R_{ck} \geq 15$ MPa.

Opere in c.a.

Conglomerato cementizio con resistenza caratteristica a compressione su provino cubico a 28 gg. non inferiore a $R_{ck} 30$ MPa.

- | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| - Cemento tipo 425 | | |
| - $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$ | $= 24.90 \text{ N/mm}^2$ | resistenza caratteristica cilindrica |
| - $f_{cd} = f_{ck} : \gamma_c (1.6)$ | $= 15.56 \text{ N/mm}^2$ | resistenza a compressione di calcolo |

- $f_{ctk} = 0.27 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$ = 2.30 N/mm² resistenza a trazione caratteristica
- $f_{ctd} = 0.7 f_{ctk} : \gamma_c (1.6)$ = 1.01 N/mm² resistenza a trazione di calcolo
- E = modulo elastico = 5700 $\sqrt{R_{ck}}$ = 31220 N/mm²
- Classe di consistenza: S3
- Classe di esposizione ambientale. Le condizioni di esposizione ambientale previste per le opere, secondo la classificazione UNI EN-206-1 sono quelle corrispondenti alla classe XC2.

Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti, in grossezza da 0.3 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni sino a 20 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra, salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche un pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di Sali (cloruri e solfuri).

Potranno essere impiegati additivi fluidi fluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

8.2.1.2 Acciaio

Acciaio in barre per conglomerato cementizio armato

Si utilizza acciaio in barre ad aderenza migliorata del tipo FeB44K.

Le principali caratteristiche sono riportate nel prospetto seguente

TIPO D'ACCIAIO		FeB44K
Tensione caratteristica a snervamento N/mm ²	≥	430
Tensione caratteristica a rottura N/mm ²	≥	540
Rapporto f_y / f_{yk}	≤	1.35
Rapporto (f_t / f_y) medio	≥	1.13
Allungamento A_s %	≥	12
Fino a 12 mm piegamento a 180° su mandrino		
avente diametro D	≥	3 Φ
Oltre 12 mm sino a 18 mm *	≥	8 Φ
Oltre 18 mm sino a 25 mm *	≥	10 Φ
Oltre 25 mm sino a 30 mm *	≥	12 Φ

* Piegamento e raddrizzamento su mandrino avente diametro D

Reti d'armatura per conglomerato cementizio armato

Le principali caratteristiche delle reti aventi diametro compreso tra i 5 ed i 12 mm sono riportate nel prospetto seguente (tratto dal prospetto 4-I del D.M. 9 gennaio 1996).

Tensione f_{yk} ovvero $f(0.2)k$ N/mm ²	≥	390
Tensione caratteristica f_{tk} N/mm ²	≥	440

Rapporto f_y / f_{yk}	\geq	1.35
Rapporto $(f_t / f_y)_{medio}$	\geq	1.13
Rapporto dei diametri dei fili dell'ordito Φ_{min} / Φ_{max}	\geq	0.60
Allungamento A10 %	\geq	8
Rapporto f_{tk} / f_{yk}	\geq	1.10

- Acciaio per carpenteria metallica tipo Fe 360
- Tensione di rottura = 360 N/mm²
- Tensione di snervamento = 235 N/mm²

ALLEGATO 1

**Calcoli e verifiche strutturali degli interventi
finalizzati alla carrabilità dello sbarramento**

1. RICOSTRUZIONE DELLA VIABILITA' SULLA SOMMITA' DEL PARAMENTO DELLA DIGA POURRIERES

1.1 Generalità

E' previsto il rifacimento della viabilità sull'estradosso della diga in quanto, dai disegni del progetto originario, si è riscontrato che il sovraccarico previsto era di 1000 kg/m² compreso il peso della massicciata e quindi la soletta attuale non è in grado di sopportare il sovraccarico stradale previsto dall'uso della strada. Inoltre le condizioni delle strutture della soletta appaiono in pessime condizioni con calcestruzzo ammalorato e ferri d'armatura affioranti, arrugginiti.

La ricostruzione interessa le tre campate di luce rispettivamente 10.0 – 8.0 – 7.0 m.

L'impalcato previsto ha le medesime caratteristiche geometriche dell'esistente, con una carreggiata di 3.0 m di larghezza e due cordoli di 25 cm di larghezza, sui quali è montato il parapetto, per una larghezza complessiva di 3.50 m.

La relazione di calcolo esecutiva sarà fornita dalla Ditta Prefabbricatrice tuttavia si riportano di seguito i carichi e le varie sollecitazioni.

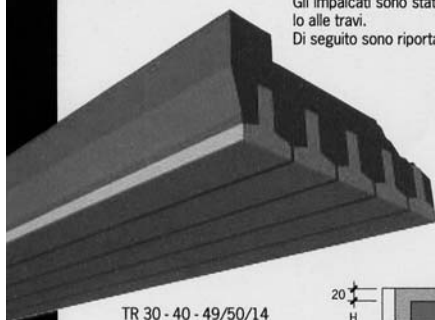
1.3 Scheda tecnica della trave prefabbricata precompressa

Strutture a solettone con travi tipo TR

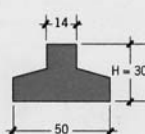
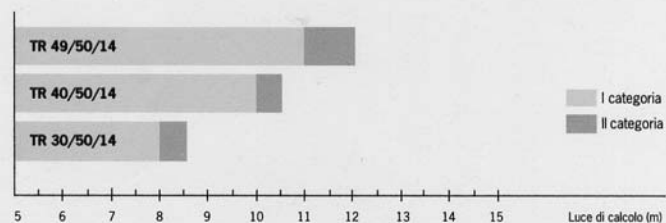
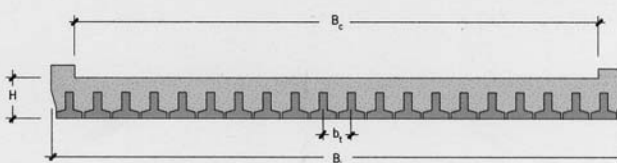
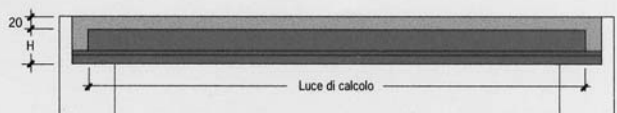
La presente tabulazione illustra gli impalcati da ponte stradali da realizzarsi con strutture a solettone mediante l'impiego di travi tipo TR.

Gli impalcati sono stati verificati per viabilità stradale di I e di II categoria con senso di traffico parallelo alle travi.

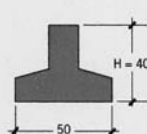
Di seguito sono riportati gli schemi statici utilizzati nei calcoli.



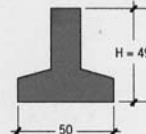
TR 30 - 40 - 49/50/14



Caratteristiche sezione corrente TR 30/50/14			
Casseratura	m ² /m	1,39	
Calcestruzzo	m ³ /m	0,10	
Peso	kN/m	2,50	
Area	cm ²	996	
Baricentro Y _i	cm	10,97	
Mom. d'inerzia	cm ⁴	55'931	



Caratteristiche sezione corrente TR 40/50/14			
Casseratura	m ² /m	1,59	
Calcestruzzo	m ³ /m	0,114	
Peso	kN/m	2,84	
Area	cm ²	1136	
Baricentro Y _i	cm	13,94	
Mom. d'inerzia	cm ⁴	127'942	



Caratteristiche sezione corrente TR 49/50/14			
Casseratura	m ² /m	1,77	
Calcestruzzo	m ³ /m	0,126	
Peso	kN/m	3,15	
Area	cm ²	1262	
Baricentro Y _i	cm	16,95	
Mom. d'inerzia	cm ⁴	234'740	