

da pagarsi all'Impresa esecutrice salvo superiore approvazione del presente Atto.

Il Collaudatore

15 Novembre 2002


DEL DEBBIO spa
Amm.re Unico
Debbio Marco





COMUNE di STAZZEMA

Provincia di LUCCA

VERBALE DI DELIBERAZIONE

DELLA

GIUNTA COMUNALE

CL. PP.

Del Reg. N° 150

Data: 2.08.2001

OGGETTO: **Messa in sicurezza idraulica e sistemazione zona industriale in Loc. Col del Cavallo inter. 2401.2. Approvazione Progetto.**

Il giorno **2 (due)** del mese di **Agosto** dell'anno **duemilauno** ore **18.00** nella sala delle adunanze del Comune suddetto, convocata con appositi avvisi, la Giunta Municipale si è riunita con la presenza dei Signori:

		PRESENTE	ASSENTE
Lorenzoni Gian Piero	Sindaco	X	
Fini Michele	Assessore	X	
Poli Daniele	Assessore		X
Rossi Giuseppe	Assessore	X	
Cecconi Aldo	Assessore	X	

LP

e con l'assistenza del Segretario Comunale Signor **LUZZETTI dr. Lucio**.

Il Sindaco in qualità di Presidente, constatato che gli intervenuti sono in numero legale, dichiara aperta la riunione ed invita i convocati a deliberare sull'oggetto sopraindicato.

LA GIUNTA COMUNALE

Premesso che:

con deliberazione della G.C. n° 117 del 28.06.2001 è stato dato incarico professionale all'Arch. Mauro Ciampa, Arch. Piero Lazzeroni, allo Studio Ingegneri Associati rappresentato dal Prof. Ugo Maione nonché all'Ing. Riccardo Gaddi per la progettazione, D.L. contabilità ed assistenza al collaudo relativo ai lavori di "messa in sicurezza idraulica e sistemazione zona industriale in Loc. Col del Cavallo - 2° lotto - Int. n° 2401.2";

Visto che l'intervento rientra nel Piano di completamento degli interventi infrastrutturali di emergenza e prevenzione di cui alla L. 677/96 - 4° stralcio - 2° fase per un importo di £. 7.930.000.000;

Visto che il Comune di Stazzema è stato individuato come Ente attuatore;

Visto il progetto esecutivo predisposto nella seguente documentazione:

- Relazione generale
- Relazione tecnica
- Relazione idraulica
- Elenco prezzi unitari
- Computo metrico estimativo
- Capitolato speciale d'appalto
- Piano parcellare di esproprio
- Piano di sicurezza
- Tavole progettuali (A - B - C - D1 - D2 - E1 - E2 - E3 - E4 - E5 - E6 - F1 - F2 - F3 - G - H - I - L - M - N - O)

Comportante una spesa complessiva di £. 7 930.000.000 così suddivisa:

Sommano oneri generali, lavori a misura ed economia		£. 5.551.605.470
Compenso a corpo per oneri sicurezza		£. 50.000.000
Compenso proporzionale alla formazione ed informazione		£. 2.500.000
Oneri per piano di sicurezza		£. 52.500.000
IMPORTO LAVORI E FORNITURE		£. 5.604.105.470
SOMME A DISPOSIZIONE		
Attività per responsabile procedimento, dei lavori e di supporto	£. 10.000.000	
Acquisizione arere o immobili	£. 300.000.000	
Imprevisti ed arrotondamenti	£. 50.073.436	
Spese tecniche per progettazione e D.L	£. 635.000.000	
Spese per Coordinamento sicurezza	£. 160.000.000	
Spese per consulenza ed indagini geognostiche	£. 50.000.000	
I.V.A.20%	£. 1.120.821.094	
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE	£. 2.325.894.530	£. 2.325.894.530
TOTALE GENERALE		£. 7.930.000.000

Dato atto che i lavori in parola sono finanziati con : Piano per gli interventi alluvionali 4° stralcio - 2° fase - D.L. 576/96 convertito in L. 677/96;

Tenuto conto che è stata indetta conferenza dei servizi con gli Enti interessati per il giorno 02.07.2001 ore 10,00 ma alla stessa non si è presentato nessuno facendo però pervenire i propri pareri favorevoli con note sottoelencate:

PR

Mc
Ca

AP

UF

Ai
reg

Sta

Vis
D.I
deli

Sta

Che
sud
fina

Sta

- Amm.ne Prov.le Servizio Agricoltura, Bonifiche e Foreste : nota via fax a firma del Dirigente Dott. Mario Satti pervenuta in data 28.06.01 ns. prot. n° 5698;
- Amm.ne Prov.le Settore Caccia e Pesca : nota via fax a firma del Dott. Mario Satti pervenuta in data 28.06.01 ns. prot. n° 5698;
- Regione Toscana Ufficio del Genio Civile di Lucca : nota via fax a firma del Dirigente Dott. Ing. Luigi Macchi datata 02.07.2001 prot. n° 8520 pervenuta in data 02.07.2001 ns. prot. n° 5871;
- Soprintendenza BB.AA. : nota prot. n° 5427 del 03.07.01 a firma Arch. Guglielmo M.Malchiodi pervenuta in data 10.07.01 ns. prot. n° 6151;

Attesa pertanto l'opportunità di procedere all'approvazione del progetto in parola;

Acquisiti i pareri favorevoli sulla proposta della presente deliberazione da parte del responsabile del servizio ai sensi dell'art. 49 del D.Leg. n° 267/2000;

Con voti unanimi favorevoli resi nelle forme di legge

DELIBERA

- 1)- di approvare, come approva, il progetto esecutivo dei lavori di " messa in sicurezza e sistemazione funzionale della zona industriale posta in Loc. Col del Cavallo -Int. 2401.2", che comporta una spesa complessiva di £. 7.930.000.000, anche se non materialmente allegato;
- 2)- di dare atto che l'approvazione suddetta equivale a dichiarazione di pubblica utilità, indifferibilità ed urgenza dell'opera di che trattasi, a norma dell'art. 1 della Legge 3.1.78 n° 1;
- 3)- di finanziare la spesa di £. 7.930.000.000 mediante finanziamento del Piano per gli interventi alluvionali 4° stralcio - 2° fase (D.L. 576/96 convertito in L. 677/96;
- 4)- di procedere all'indizione della gara mediante trattativa privata, previa gara ufficiosa tra 15 ditte, con il sistema del massimo ribasso sui prezzi unitari, di cui al D.P.G.R. n° 26/2001;
- 5)- di dichiarare la presente deliberazione, a seguito separata votazione, immediatamente eseguibile ai sensi dell'art. 134, 4° comma del D.Leg. n° 267/2000.

Delib. approvazione progetto.2401.2.col del cavallo.

Il presente verbale viene letto, approvato e sottoscritto.

IL PRESIDENTE
f.to Lorenzoni Arch. Gian Piero

IL SEGRETARIO
f.to Dott. Luzzetti Lucio

CERTIFICATO DI PUBBLICAZIONE

- 3 AGO 2001

La presente è copia conforme all'originale ed un esemplare è stato pubblicata all'Albo Pretorio il giorno _____
per rimanervi 15 giorni consecutivi, ai sensi del 1° comma dell'art. 124 del D. Lgs. 267/2000

- 3 AGO 2001

Addì _____

IL SEGRETARIO COMUNALE
Dott. Luzzetti Lucio

Si attesta che della presente deliberazione, contestualmente all'affissione all'Albo Pretorio,

È stata trasmessa al Co. Re. Co. ,ai sensi dell'art.126 del D.L.gs 267/2000

È stata trasmessa al Co. Re. Co. a richiesta dei Consiglieri Comunali (art.127 c.1 del D.L.gs.267/2000)

È stata trasmessa al Co. Re. Co. per iniziativa della Giunta (art.127 c.3 del D.L.gs 267/2000)

È stata data comunicazione ai Capigruppo Consiliari, ai sensi dell'art.125 del D.L.gs.267/2000.

- 3 AGO 2001

Addì _____

IL SEGRETARIO COMUNALE
Dott. Lucio Luzzetti

CERTIFICATO DI ESECUTIVITÀ

Divenuta esecutiva il _____

la presente deliberazione, non soggetta a controllo preventivo di legittimità, è stata pubblicata nelle forme di legge all'Albo Pretorio di questo Comune, senza riportare, entro 10 giorni dalla affissione, denunce di vizi di legittimità o di competenza, per cui la stessa è divenuta esecutiva ai sensi dell'art. 134 c.3 del D.L.gs.267/2000;

la presente deliberazione è divenuta immediatamente eseguibile a seguito di separata unanime votazione, ai sensi dell'art.134 c.4 del D.L.gs.267/2000.

Addì _____

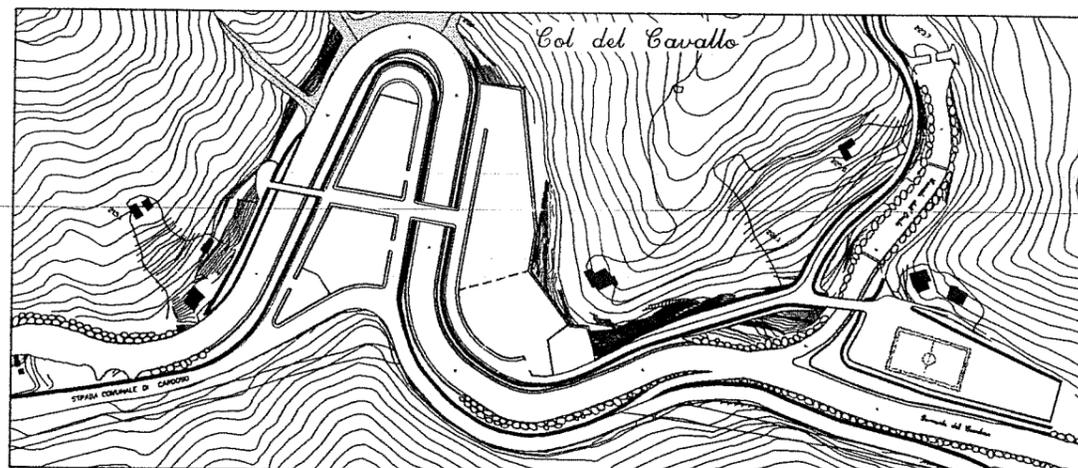
IL SEGRETARIO COMUNALE
Dott. Lucio Luzzetti

COMUNE DI STAZZEMA

Piazza Europa - 55040 PONTETAZZEMESE (LU)

**OPERE PER LA MESSA IN SICUREZZA E
SISTEMAZIONE FUNZIONALE DELLA ZONA INDUSTRIALE -
ARTIGIANALE POSTA IN LOCALITA' COL DEL CAVALLO
INT: 2401 SECONDA FASE**

PROGETTO ESECUTIVO



RELAZIONE TECNICA

I PROGETTISTI:

Prof. Ing. Armando BRATH

Dott. Ing. Denis CERLINI

Prof. Ing. Ugo MAIONE

Dott. Ing. Riccardo GADDI

Dott. Arch. Mauro CIAMPA

Dott. Arch. Piero LAZZERONI

Indice

1. *Descrizione delle strutture e modalità costruttive*

2. *Materiali impiegati*

3. *Normative di riferimento*

4. *Verifiche di sicurezza*

A) Muri di difesa spondale

B) Passerella pedonale

C) Ponte sul torrente Cardoso

D) Ponte sul canale Oreto

Il collegamento tra il cassone in acciaio e calcestruzzo è assicurato da connettori a piolo disposti secondo il perimetro interno del cassone cosicché l'impalcato, dal punto di vista statico, si comporta come una sezione in cemento armato normale.

La via di scorrimento presenta una larghezza utile di 8.00m, esclusi i due marciapiedi laterali larghi 1.50m cadauno. Le sottostrutture, infine, sono ricavate dai muri di sponda sottostanti e sono del tipo ordinario e diretto.

1.3 Ponte sul canale Oreto

Il ponte in oggetto, a via superiore, è realizzato in cemento armato gettato in opera. Tipologicamente si tratta di un ponte a cavalletto avente luce complessiva di 34.00m: le due campate laterali hanno luce di circa 13.00m mentre la parte centrale risulta di circa 8.00m.

La larghezza complessiva di impalcato risulta di 6.00m, compresi i due cordoli laterali di 50cm; l'altezza di impalcato varia lungo l'asse, raggiungendo in prossimità della campata centrale il valore di 80cm.

Le stampelle del ponte scaricano le azioni provenienti dalle sovrastrutture su plinti collegati a micropali ($\phi=200$) che trasmettono i carichi in profondità. Le due campate laterali trovano, invece, appoggio su spalle le quali trasmettono le azioni al terreno a mezzo di micropali.

1.4 Muri di difesa spondale

Per la realizzazione delle difese spondali sono stati progettati muri a gravità con paramento esterno in pietra a faccia vista. L'inclinazione del muro ed il suo peso assicurano la stabilità del terrapieno anche nel caso di rapido svuotamento del canale con sovrappressione a tergo.

1.4 Modalità costruttive

Passerella pedonale: nella prima fase avviene l'infissione dei micropali; successivamente vengono gettati i due blocchi di ammaro in calcestruzzo dai quali sono lasciati fuoriuscire i tirafondi ottenuti da barre dywidag $\phi=30$ e necessari a conferire il

necessario grado di rigidità ai vincoli di estremità del ponte. Il cassone in acciaio viene poi posizionato sui blocchi a mezzo di gru ed ad essi reso solidale tramite serraggio. Infine vengono disposte le coppelle ed eseguito il getto di completamento della soletta.

Ponte sul torrente Cardoso: in questo caso il ponte trova appoggio sui muri di sponda eretti per la sistemazione idraulica del torrente Cardoso ed attualmente in fase di esecuzione. Una volta avvenuto il varo del cassone metallico a mezzo di gru, vengono posizionati sia la prima fila di coppelle che i tre tubi di alleggerimento e gettato il calcestruzzo; in seguito viene posizionata la seconda fila di coppelle ed eseguito il getto di completamento. Lo scorrimento relativo dei vari strati è impedito a mezzo di connettori disposti lungo tutto il perimetro interno del cassone metallico e nel getto.

Ponte sul canale Oreto: nella prima fase sono infissi i micropali e realizzate le sottostrutture. Successivamente viene gettato il ponte mediante banchinaggio su centina. Le restanti fasi esecutive non si discostano da lavori simili per tipologia e dimensioni.

Muri di difesa spondale: la realizzazione dei muri avviene in via tradizionale utilizzando come pianale di lavoro del terrapieno movimentato utilizzando il materiale in loco. L'avanzamento dei lavori consente di costruire il muro a fasce di altezza di circa 1-1.50 metri in piena sicurezza.

2) MATERIALI IMPIEGATI

- Calcestruzzo : $R_{ck} \geq 35 \text{ MPa}$
 $E_c = 5700 \times \sqrt{35} = 33720 \text{ MPa}$
- Acciaio da cemento armato : FeB44 K $\rightarrow \sigma_{amm} \geq 260 \text{ MPa}$
 $E_s = 206000 \text{ MPa}$
- Acciaio per carpenteria : Fe 510 C
- Connettori a piolo : $\phi 22$ in acciaio Fe 430 C
- Acciaio per profilati : Fe 430 C

3) NORMATIVE

D.M. 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali".

C.N.R. 10011-85 "Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".

C.N.R. 10016-85 "Travi composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni".

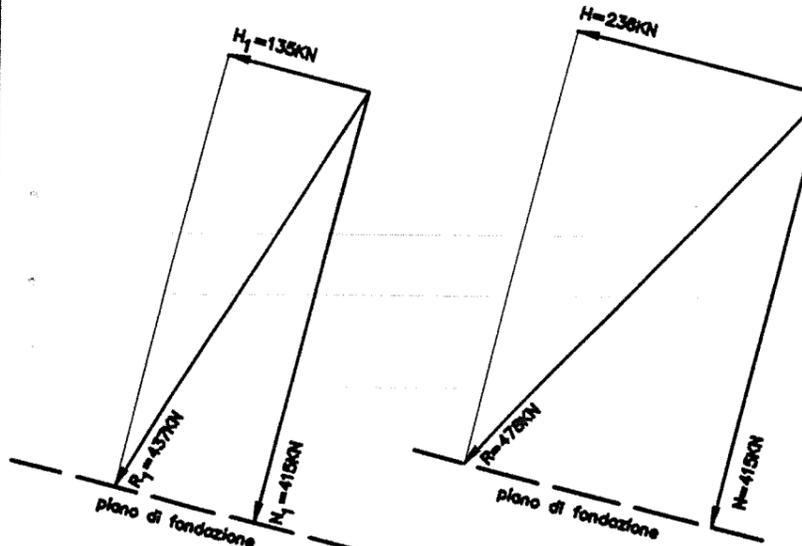
C.N.R. 10030-87 "Anime inquadrate di travi a pareti piene".

D.M. 9 gennaio 1996 "Norme tecniche per il progetto, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".

I°Condizione:
Torrente in magra

II°Condizione:
Torrente in rapido
deflusso di piena

MURO DI SOTTOSCARPA/SPONDA.



$q=20\text{KN/m}^2$

IPOTESI DI CARICO

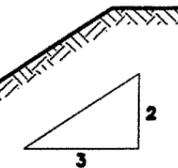
PARAMETRI:

Sovraccarico accidentale	q	20KN/m ²
Peso unitario del terreno	γ_t	20KN/m ³
Peso unitario del muro	γ_c	24KN/m ³

VALORI RICAVATI:

Peso del muro	P_m	332.20KN
Spinta dell'acqua	S_w	101.30KN
Spinta attiva del terreno	S_a	235.00KN
Angolo di attrito interno	φ	35°
Angolo di attrito muro-fondazione	δ	23°

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:



Modulo della Spinta attiva

Livello di massima piena

VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

I°Condizione

II°Condizione

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

$$\frac{M_s}{M_R} = 2.59 > 1.50$$

$$\frac{M_s}{M_R} = 1.78 > 1.50$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

$$\varphi_a > 22.9^\circ$$

$$\varphi_a > 36.5^\circ \quad \tau_a < 1\text{daN/cm}^2$$

VERIFICA ALLO SCHIACCIAMENTO

VERIFICA ALLO SCHIACCIAMENTO

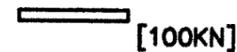
$$\sigma < 0$$

$$\sigma < 0$$

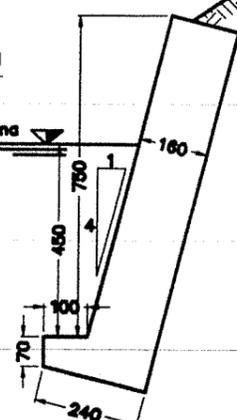
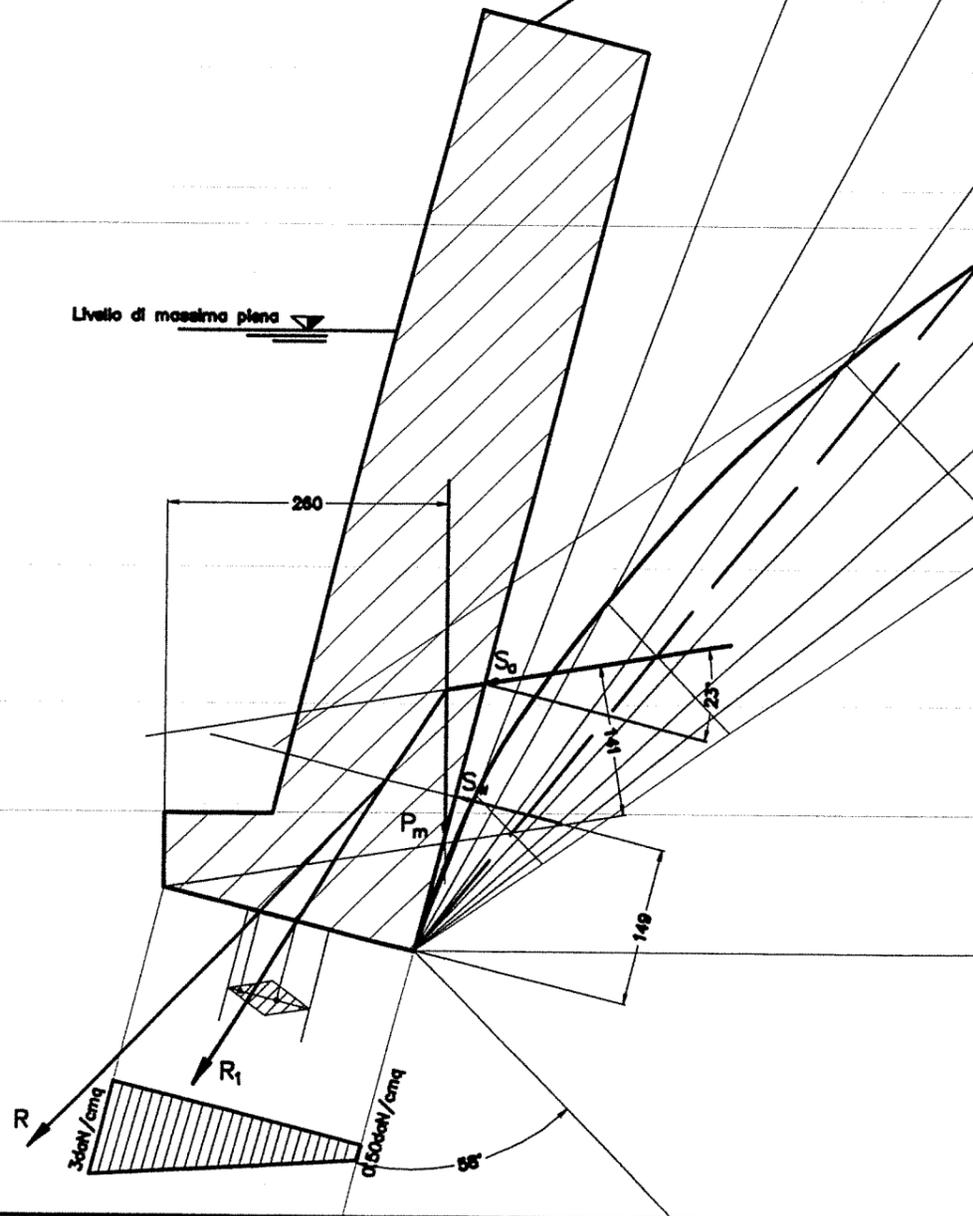
$$\sigma_{mh} = -1.67\text{daN/cm}^2$$

$$\sigma_{mh} = -0.50\text{daN/cm}^2$$

SCALA DELLE FORZE



SCALA DEL DISEGNO 1:25



A) Passerella Pedonale

ANALISI DEI CARICHI

(q₁) Peso Proprio delle strutture

p.p. Trave in acciaio : $2,50 \times 4,00 = 10 \text{ KN/m}$

p.p. solette in cls : $25 \times 4,00 \times 0,25 = 25 \text{ ''}$

(q₂) Carichi Permanenti Portati

p.p. pavimentazione : $3,00 \times 3,50 = 10,50 \text{ KN/m}$

p.p. muricci : $2,00 \times 1,00 = 2,00 \text{ ''}$

(q₁) Carichi mobili

carico folle unif. ripartito : $4,00 \times 3,50 = 14 \text{ KN/m}$

(q₂) Effetto dinamico dei carichi mobili

$$q_2 = q_1 (\phi - 1) \quad \phi = 1,4 - (L - 10) / 150$$

$$L = 31,00 \text{ m} \rightarrow \phi = 1,26$$

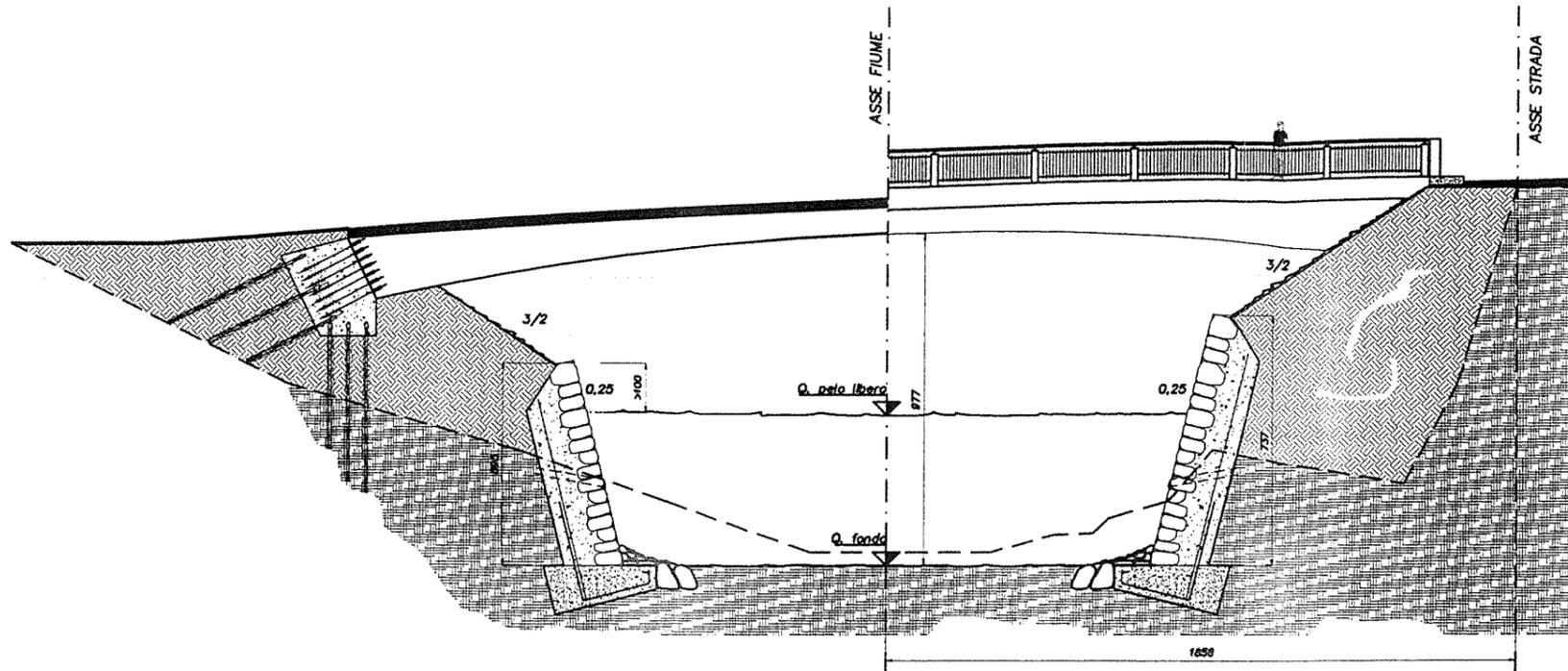
PARAMETRI CARATTERISTICI.

$$E_s = 206000 \text{ MPa} \quad E_c = 33721 \text{ MPa}$$

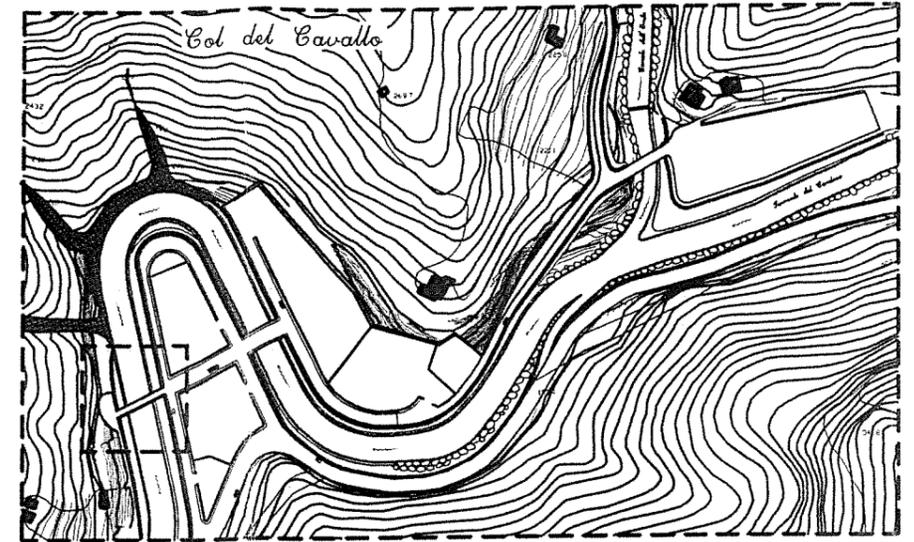
$$m_0 = E_s / E_c = 6,10$$

$$m_{00} = m_0 (1 + \phi_{00}) \quad \phi_{00} = 2$$

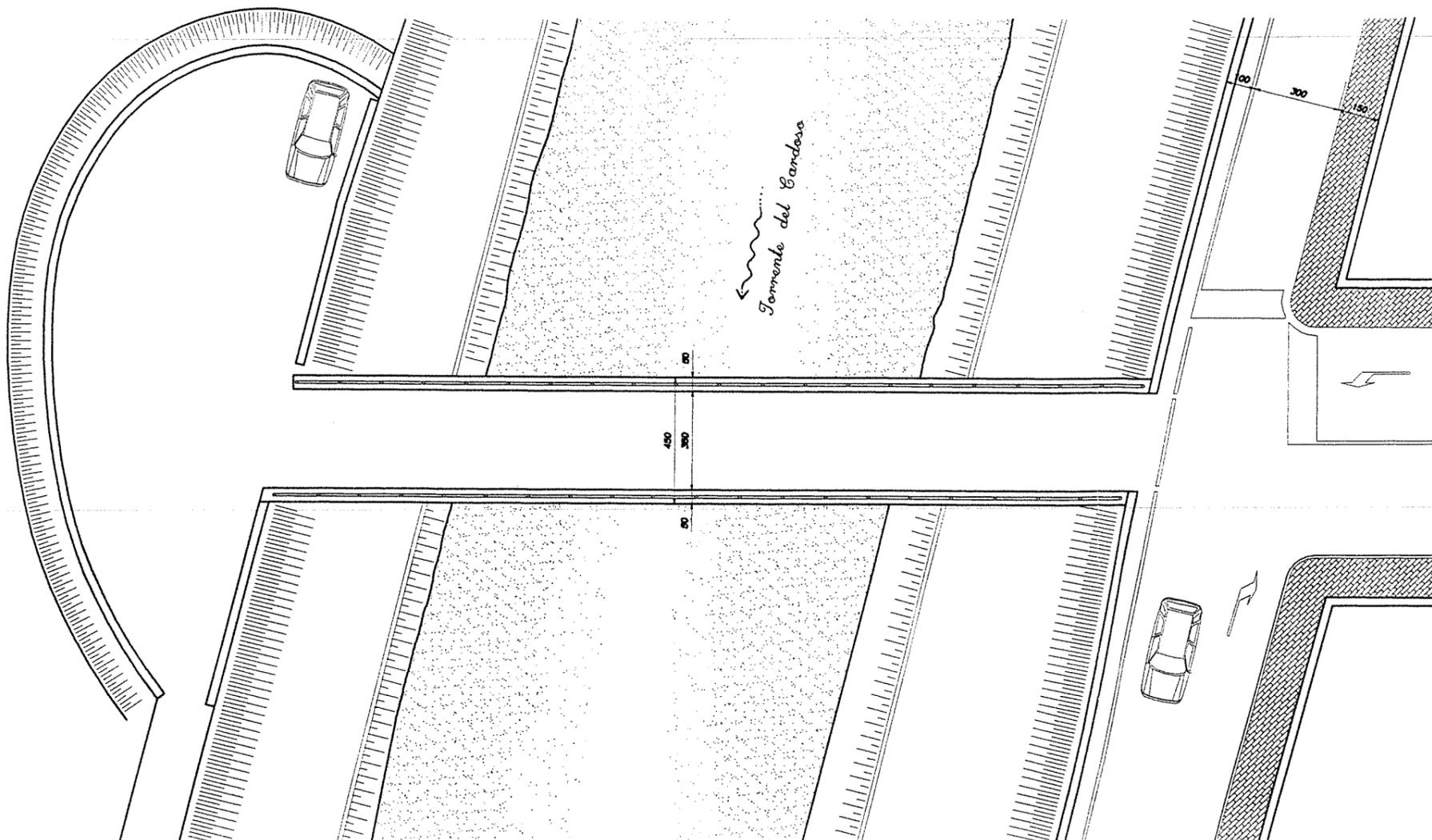
$$m_{00} = 3 m_0 = 18,30$$



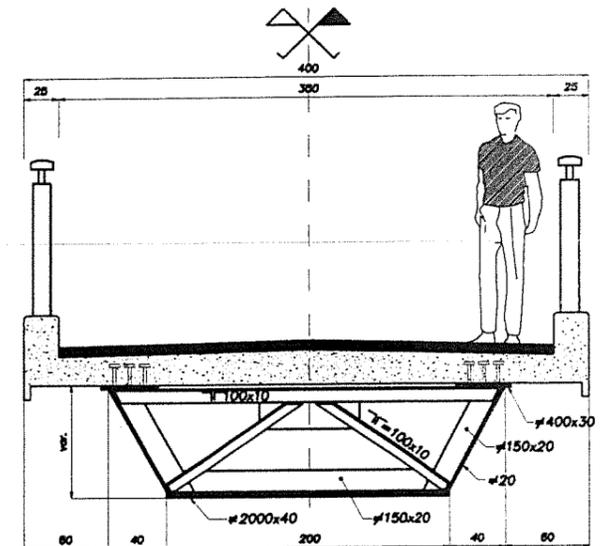
SEZIONE / PROSPETTO, 1:100



PLANIMETRIA, 1:2000



PIANTA, 1:100



SEZIONE TRASVERSALE TIPO, 1:25

MATERIALI:

- Calcestruzzo $f_{ck} > 36 \text{ MPa}$
- Acciaio da c.a. FeB44k $f_{yk} > 460 \text{ MPa}$
- Acciaio da carpenteria:

Lamiere	Fe510C
Profili L C	Fe430C

COMUNE DI STAZZEMA
Piazza Europa - 55040 PONTETAZZEMESE (LU)

OPERE PER LA MESSA IN SICUREZZA E SISTEMAZIONE FUNZIONALE DELLA ZONA INDUSTRIALE - ARTIGIANALE POSTA IN LOCALITA' COL DEL CAVALLO INT: 2401 PRIMA FASE E SECONDA FASE

PROGETTO ESECUTIVO

tavola: L	titolo: PASSERELLA SUL TORRENTE CARDOSO	data: GIUGNO 2001
------------------	--	--------------------------

I PROGETTISTI:

Prof. Ing. Armando BRATH	Dott. Ing. Riccardo GADDI
Dott. Ing. Denis CERLINI	Dott. Arch. Mauro CIAMPA
Prof. Ing. Ugo MAJONE	Dott. Arch. Piero LAZZERONI

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE DI MEZZERIA.

Sezione trasversale: MEZZERIA → $n=\alpha$

Caratteristiche geometriche - (unita' di misura : cm)

Area= 1372.96240 Xg= 100.000 Yg= 22.709
Angolo direzioni principali = 269.9997
Jx = 11197117.0000
Jy = 1339153.2500
Jt (Bredt) = 0.0000
Area racchiusa = 0.0000

Moduli resistenti					
N.	X	Y	Wx	Wy	Wt
1	-45.000	78.000	-77221.359	-24220.537	0.000
2	0.000	-2.000	-111971.289	54195.230	0.000

Sezione trasversale: MEZZERIA → $n=6.10$

Caratteristiche geometriche - (unita' di misura : cm)

Area= 3012.96240 Xg= 100.000 Yg= 53.921
Angolo direzioni principali = 269.9995
Jx = 33063782.0000
Jy = 3798616.0000
Jt (Bredt) = 0.0000
Area racchiusa = 0.0000

Moduli resistenti					
N.	X	Y	Wx	Wy	Wt
1	-45.000	78.000	-228025.828	-157760.859	0.000
2	0.000	-2.000	-330639.063	67927.797	0.000
3	-45.000	103.000	-228025.563	-77399.070	0.000

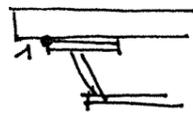
Sezione trasversale: MEZZERIA → $n=18.30$

Caratteristiche geometriche - (unita' di misura : cm)

Area= 1920.96240 Xg= 100.000 Yg= 39.067
Angolo direzioni principali = 269.9996
Jx = 18503784.0000
Jy = 2627031.5000
Jt (Bredt) = 0.0000
Area racchiusa = 0.0000

Moduli resistenti					
N.	X	Y	Wx	Wy	Wt
1	-45.000	78.000	-127612.102	-67477.406	0.000
2	0.000	-2.000	-185038.281	63968.293	0.000
3	-45.000	103.000	-127611.969	-41091.016	0.000

2) PIATTABANDA SUPERIORE



$$\sigma = \sigma_{M_{G1}} + \sigma_{M_{G2}} + \sigma_{M_{(R1+R2)}} \quad \text{con:}$$

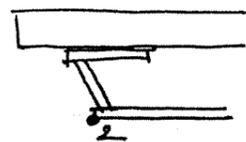
$\sigma_{M_{G1}}$: calcolato sulle sezioni di nodo ecciso $\rightarrow W = \infty$

$\sigma_{M_{G2}}$: " " " omogenee con $W = 18.30$

$\sigma_{M_{(R1+R2)}}$: " " " " " $W = 6.10$

$$\sigma = -58 - 7 - 4 = -69 \text{ MPa}$$

3) PIATTABANDA INFERIORE

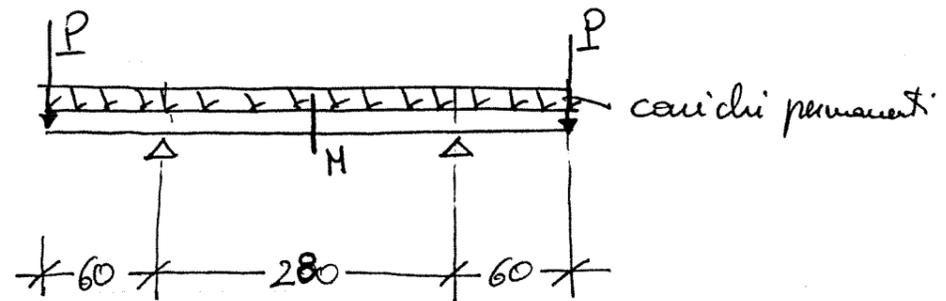


$$\sigma = 26 + 8 + 10 = 44 \text{ MPa}$$

VERIFICHE LOCALI

VERIFICA DELLA SOLETTA IN CALCESTRUZZO

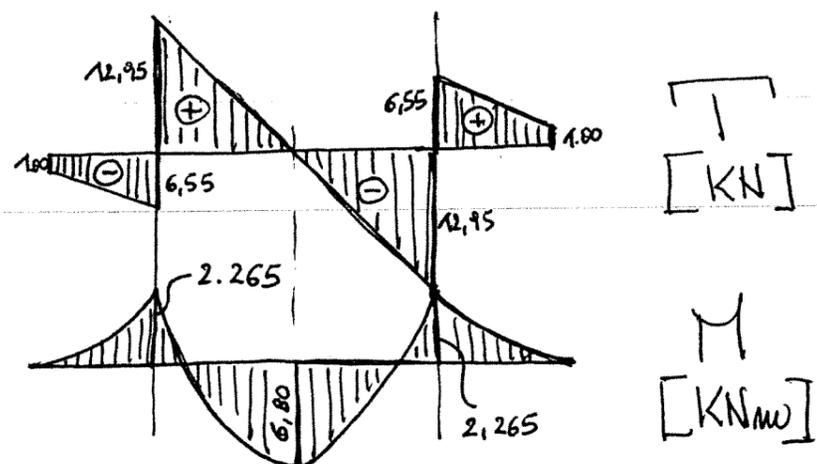
ANALISI DEI CARICHI



- P.P. solette in cls: $0.25 \times 25 = 6.25 \text{ KN/m}$
 - P.P. pavimentazione: 3.00 KN/m
- SOMMARIO : 9.25 KN/m

- P.P. guardievie : 1.00 KN

Diagrammi delle caratteristiche delle soll.



VERIFICA DI RESISTENZA DELLA SOLETTA

Verifica della sezione : **mezzeria**

*** Sezione rettangolare .

Altezza utile $H_u = 22.00$ cm. , Bordo compresso $B = 100.00$ cm.

Ricoprimento armature $H_r = 3.00$ cm. Asse neutro $X = 6.2$ cm.

Armatura tesa $A_f = 10.16$ cm² Armatura compressa $A'_f = 10.16$ cm²

Calcestruzzo classe R'_{ck} 35.00 Mpa

$\sigma_{mac} = 11.00$ Mpa $\tau_{uc0} = 0.67$ Mpa $\tau_{uc1} = 1.97$ Mpa

Acciaio di armatura σ_{amm} 260.00 Mpa

Coefficiente di omogeneizzazione $N = 15$

---> Condizione di carico : $G_1 + G_2$

Mom Flet. = 680.0000 KN*cm Taglio = 0 KN

Tensioni ricavate :

- Compressione nel calcestruzzo 0.89 Mpa

- Compressione nell'armatura sup. 6.85 Mpa

- Trazione nell'armatura inf. 33.90 Mpa

- Ten. tangenziale massima 0.00 Mpa

$\Rightarrow \phi 18/25''$ (Armature sup. e inferiore)

Tensione Tangenziale massima.

$$I = 12.95 \text{ KN}$$

$$\tau_{max} = \frac{I}{0.9bH_u} = \frac{12.95}{0.9 \cdot 100 \cdot 22} = 0.007 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 0.07 \text{ MPa}$$

B) Ponte sul Torrente Cardoso

ANALISI DEI CARICHI

(g₁) Peso Proprio delle strutture

p.p. Trave in acciaio: $2.50 \times 11 = 27,50 \text{ KN/m}$

p.p. calcestruzzo: $25 \times (11 \times 0,25 + 8 \times 0,25 + 4,4 \times 0,80) = 206,8 \text{ KN/m}$ (sezione nei
alleggerite)

Tubi di alleggerimento: $3 \phi 600 \text{ mm} \Rightarrow A_{\text{tot}} = 0,848 \text{ m}^2$

p.p. calcestruzzo: $25 \times (8,27 - 0,848) = 185,6 \text{ KN/m}$ (sezione alleggerite)

(g₂) Carichi Permanenti Portati:

p.p. pavimentazione: $3,00 \times 8,00 = 24 \text{ KN/m}$

p.p. sicurezze: $2 \times 1,00 = 2 \text{ KN/m}$

(g₁) Carichi mobili:

Vengono presi in considerazione i seguenti

carichi mobili:

q_{1,e}: mezzo convenzionale e 3 assi da 600 kN

q_{1,b}: carico ripartito pari a 30 KN/m.

N. di lane di carico: $\frac{8,00}{3,50} = 2$.

$Q_{1,A} = 200 + 0,50 \times 200 = 300 \text{ KN}$

$Q_{1,B} = 30 + 0,50 \times 30 = 45 \text{ KN}$

Luce teorica del ponte: $L = 20 \text{ m}$.

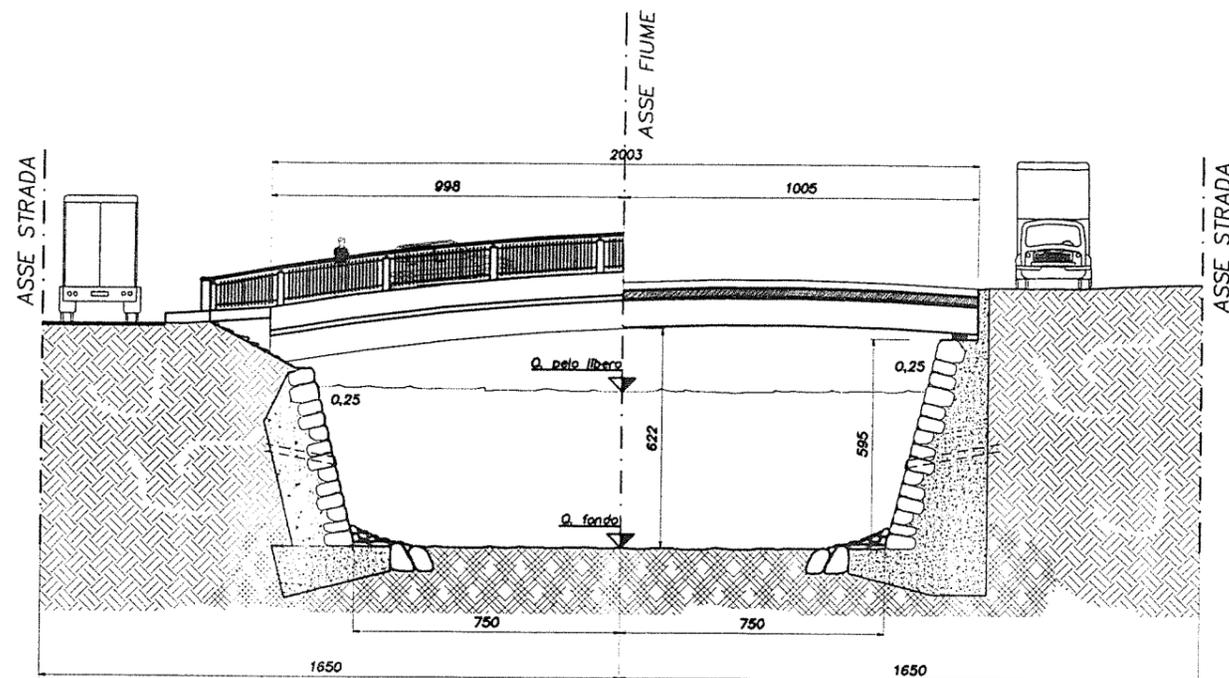
Il carico equivalente e uniformemente distribuito
dato dai carichi q_{1A}, q_{1B} risulta:

$$q_1^* = 83,82 \text{ kN/m}$$

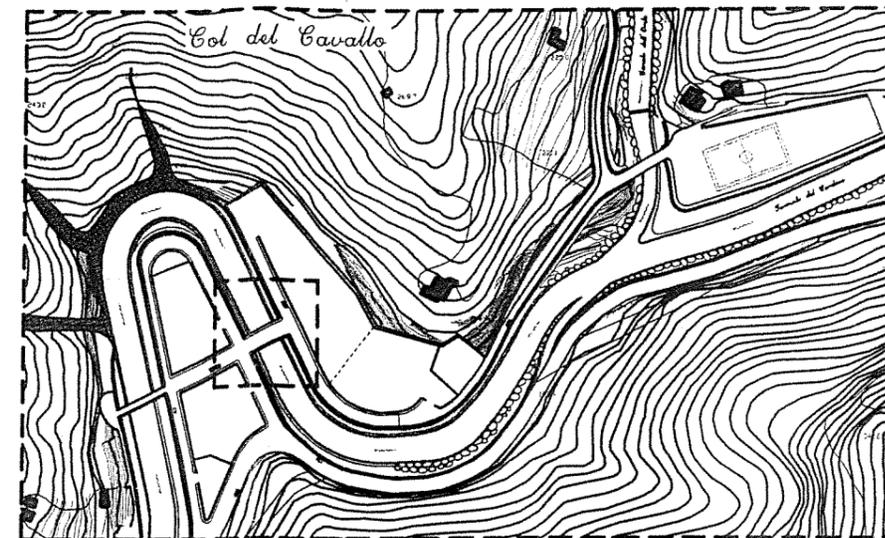
$q_{1,e}$: caricoolle uniformemente distribuito
 $4,00 \times 1,50 = 6,00 \text{ kN/m}$.

(92) EFFETTO DINAMICO DEI CARICHI MOBILI

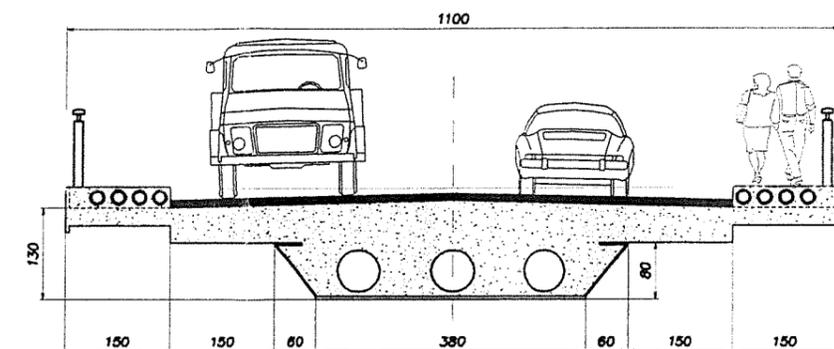
$$q_2 = q_1 (\phi - 1) \rightarrow \phi = 1,4 - (L - 10)/150$$
$$\phi = 1,33$$



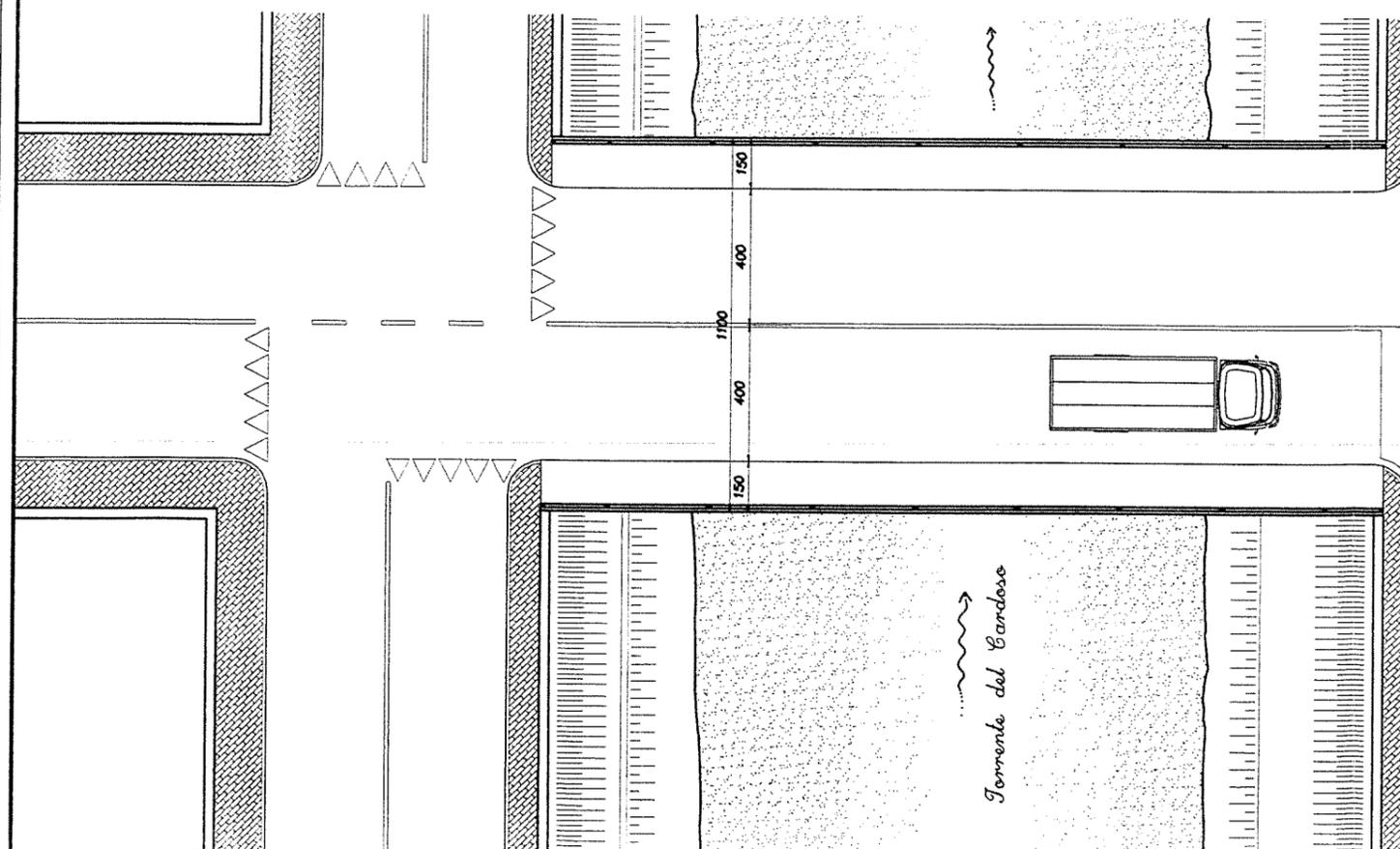
PROSPETTO / SEZIONE, 1:100



PLANIMETRIA, 1:2000



SEZIONE TRASVERSALE, 1:50



PIANTA, 1:100

MATERIALI:

- Calcestruzzo $R'_{ck} > 35 \text{ MPa}$
- Acciaio da c.a. FeB44k $R_{yk} > 280 \text{ MPa}$
- Acciaio da carpenteria:
- Lamiere $Fe510C$
- Profili L C $Fe430C$

COMUNE DI STAZZEMA

Piazza Europa - 55040 PONTETAZZEMESE (LU)

OPERE PER LA MESSA IN SICUREZZA E SISTEMAZIONE FUNZIONALE DELLA ZONA INDUSTRIALE - ARTIGIANALE POSTA IN LOCALITA' COL DEL CAVALLO INT: 2401 PRIMA FASE E SECONDA FASE

PROGETTO ESECUTIVO

tabella: **H**

tabella: PONTE SUL TORRENTE CARDOSO

data: GIUGNO 2001

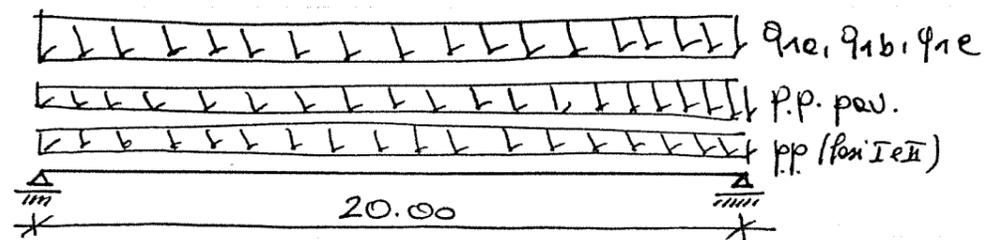
I PROGETTISTI:

- Prof. Ing. Armando BRATH
- Dott. Ing. Denis CERLINI
- Prof. Ing. Ugo MAIONE
- Dott. Ing. Riccardo GADDI
- Dott. Arch. Mauro CIAMPA
- Dott. Arch. Piero LAZZERONI

ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

SCHEMA STATICO : Trave semplicemente appoggiata

LUCETORICA : $L = 20.00 \text{ m}$.



POSIZIONE DELLA SEZIONE : MEZZEVA.

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA.

$$M_{q1}^I = \frac{(27.50 + 116.8) \times 20^2}{8} = 7215 \text{ KNm}$$

$$M_{q1}^{II} = \frac{68.75 \times 20^2}{8} = 3438 \text{ KNm}$$

$$M_{q2} = \frac{26 \times 20^2}{8} = 1300 \text{ KNm}$$

$$M_{(q1+q2)} = \frac{127.44 \times 20^2}{8} = 6372 \text{ KNm}$$

SEZ. DI MEZZERIA → SOLO ACCIAIO

Sezione trasversale

Caratteristiche geometriche - (unita' di misura : cm)

Area= 2137.97363 Xg= 190.000 Yg= 15.394
Angolo direzioni principali = 269.9996
Jx = 49211416.0000
Jy = 1628252.6250
Jt (Bredt) = 0.0000
Area racchiusa = 0.0000

Moduli resistenti					
N.	X	Y	Wx	Wy	Wt
1	440.000	78.000	196845.906	-26007.410	0.000
2	380.000	-2.000	259007.313	93615.148	0.000

Verifiche di resistenza.

Verifica della sezione : MEZZERIA

*** Sezione rettangolare .

Altezza utile $H_u = 89.60$ cm. , Bordo compresso $B = 440.00$ cm.
Ricoprimento armature $H_r = 0.00$ cm. Asse neutro $X = 62.7$ cm.
Armatura tesa $A_f = 2138.00$ cm² Armatura compressa $A'_f = 0.00$ cm²

Calcestruzzo classe R'ck 35.00 Mpa
 $\sigma_{mac} = 11.00$ Mpa $\tau_{uc0} = 0.67$ Mpa $\tau_{uc1} = 1.97$ Mpa
Acciaio di armatura $\sigma_{amm} = 240.00$ Mpa
Coefficiente di omogeneizzazione $N = 15$

---> Condizione di carico : G1 - II FASE

Mom Flet. = 343800.0000 KN*cm Taglio = 0.000 KN

Tensioni ricavate :

- Compressione nel calcestruzzo 3.63 Mpa
- Compressione nell'armatura sup. 0.00 Mpa
- Trazione nell'armatura inf. 23.40 Mpa
- Ten. tangenziale massima 0.00 Mpa

Verifica della sezione : MEZZERIA

*** Sezione rettangolare .

Altezza utile $H_u = 114.60$ cm. , Bordo compresso $B = 440.00$ cm.
Ricoprimento armature $H_r = 0.00$ cm. Asse neutro $X = 75.5$ cm.
Armatura tesa $A_f = 2138.00$ cm² Armatura compressa $A'_f = 0.00$ cm²

Calcestruzzo classe R'ck 35.00 Mpa
 $\sigma_{mac} = 11.00$ Mpa $\tau_{uc0} = 0.67$ Mpa $\tau_{uc1} = 1.97$ Mpa
Acciaio di armatura $\sigma_{amm} = 240.00$ Mpa
Coefficiente di omogeneizzazione $N = 15$

---> Condizione di carico : G2

Mom Flet. = 130000.0000 KN*cm Taglio = 0.000 KN

Tensioni ricavate :

- Compressione nel calcestruzzo 0.88 Mpa
- Compressione nell'armatura sup. 0.00 Mpa
- Trazione nell'armatura inf. 6.80 Mpa
- Ten. tangenziale massima 0.00 Mpa

Verifica della sezione : MEZZERIA

*** Sezione rettangolare .

Altezza utile $H_u=114.60$ cm. , Bordo compresso $B=440.00$ cm.

Ricoprimento armature $H_r= 0.00$ cm. Asse neutro $X= 75.5$ cm.

Armatura tesa $A_f=2138.00$ cm² Armatura compressa $A'_f= 0.00$ cm²

Calcestruzzo classe R'ck 35.00 Mpa

$\sigma_{mac}= 11.00$ Mpa $\tau_{uc0}= 0.67$ Mpa $\tau_{uc1}= 1.97$ Mpa

Acciaio di armatura $\sigma_{amm.}$ 240.00 Mpa

Coefficiente di omogeneizzazione $N=15$

---> Condizione di carico : $Q_1 + Q_2 + Q_E$

Mom Flet.=637200.0000 KN*cm Taglio = 0.000 KN

Tensioni ricavate :

- Compressione nel calcestruzzo 4.29 Mpa

- Compressione nell'armatura sup. 0.00 Mpa

- Trazione nell'armatura inf. 33.33 Mpa

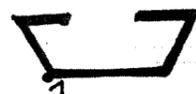
- Ten. tangenziale massima 0.00 Mpa

VERIFICA DI RESISTENZA.

1) GETTO DEL CALCESTRUZZO : FASE I.

SEZIONE RESISTENTE : SOLO ACCIAIO.

$$\sigma_1 = \frac{721500}{93615} = 77 \text{ MPa}$$



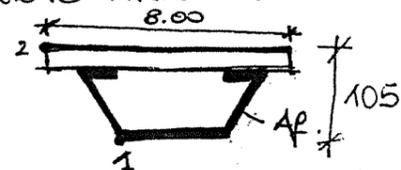
2) GETTO DI COMPLETAMENTO DEL CALCESTRUZZO : FASE II

SEZIONE RESISTENTE :

CEMENTO ARMATO.

$$\sigma_1 = 23.40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c(2)} = 4 \text{ MPa}$$

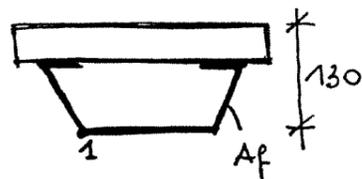


$$3) G_2 + [(Q_1 + Q_2) + Q_E]$$

SEZIONE RESISTENTE : CEMENTO ARMATO

$$\sigma_1 = 7 + 33 = 40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c, \text{max}} = 4 + 1 = 5 \text{ MPa}$$



TENSIONE MASSIMA DI TRAZIONE NELLA PATTI. INFERIORE

$$\sigma = 77 + 23.40 + 40 = \underline{140 \text{ MPa}}$$

2) Ponte sul canale Orto

ANALISI DEI CARICHI

(q₁) Peso Proprio delle strutture.

$$\text{p.p. impalcato} : 2,78 \times 25 = 69,5 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

(q₂) Carichi Permanenti Partiti:

$$\text{p.p. pavimentazione} : 3,00 \times 5,00 = 15 \text{ KN/m}$$

$$\text{" " muricci} : 2 \times 1,00 = 2 \text{ KN/m}$$

(q₁) Carichi mobili

Vengono presi in considerazione i seguenti carichi mobili:

q_{1a}: mezzo convenzionale a 3 assi da 600 kN

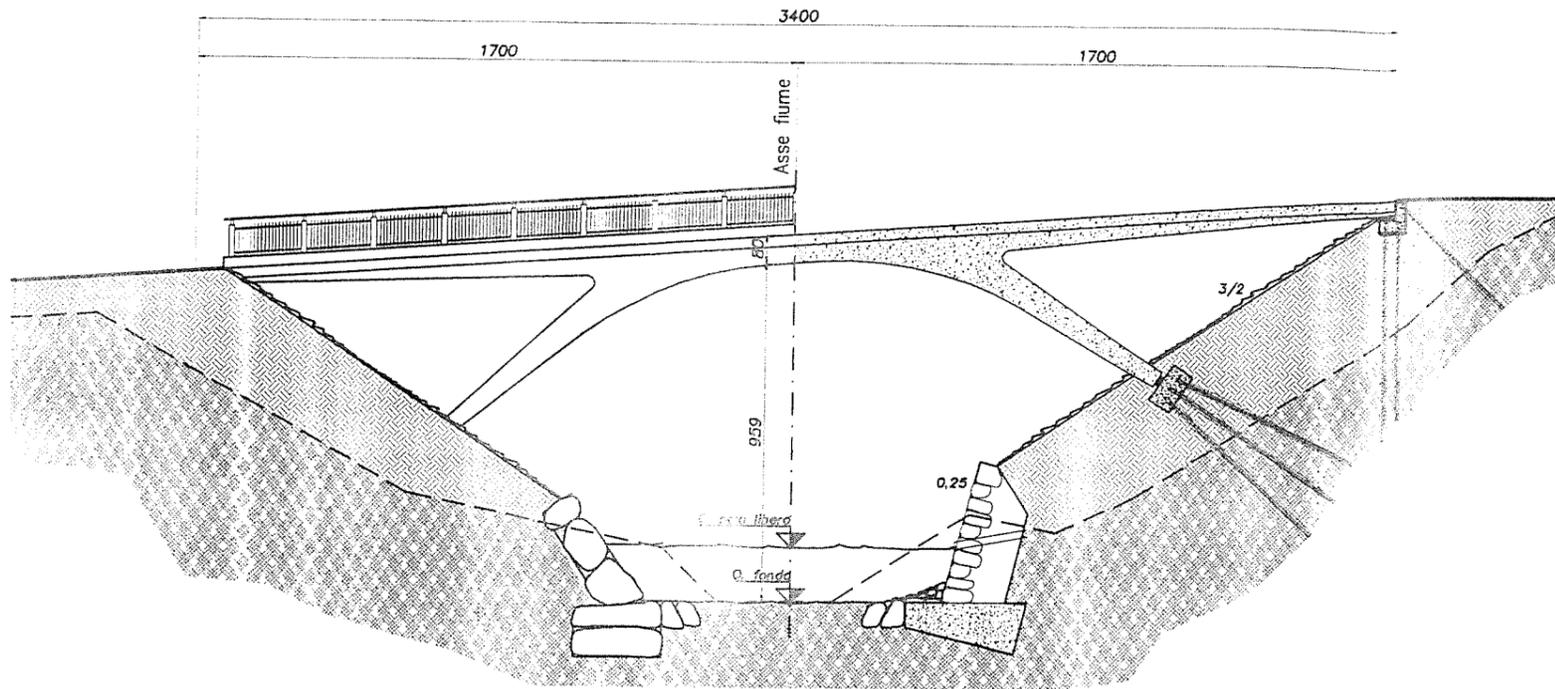
q_{1b}: carico ripartito pari a 30 kN/m

$$N^{\circ} \text{ colonne di carico} : \frac{5,00}{3,50} = 1$$

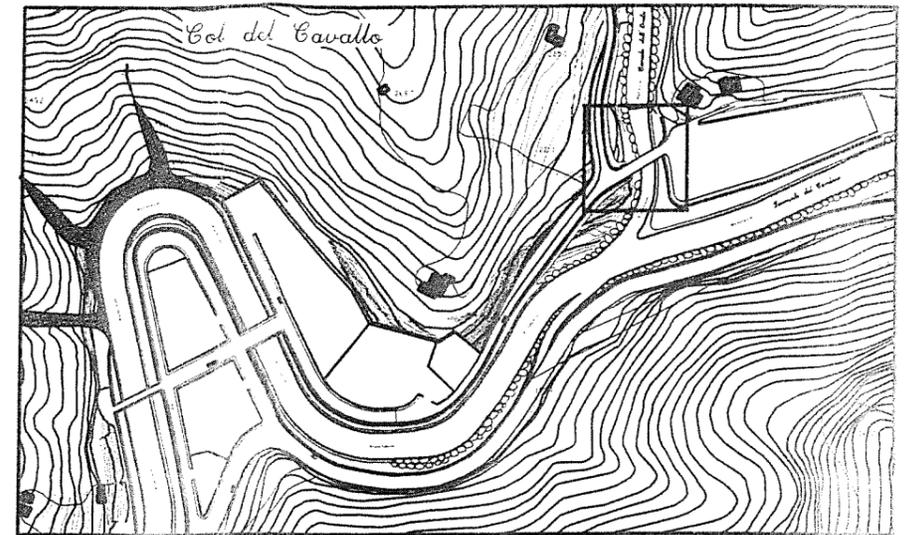
Carico equivalente uniformemente distribuito

dei carichi q_{1a} e q_{1b} risulta:

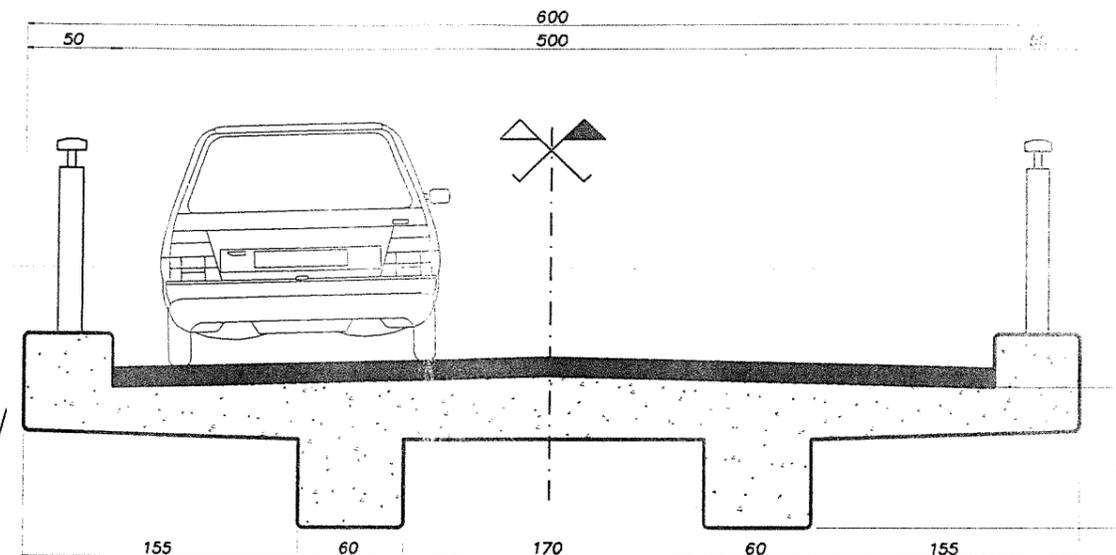
$$q_1^* = 42,59 \text{ KN/m}$$



PROSPETTO/SEZIONE, 1:100



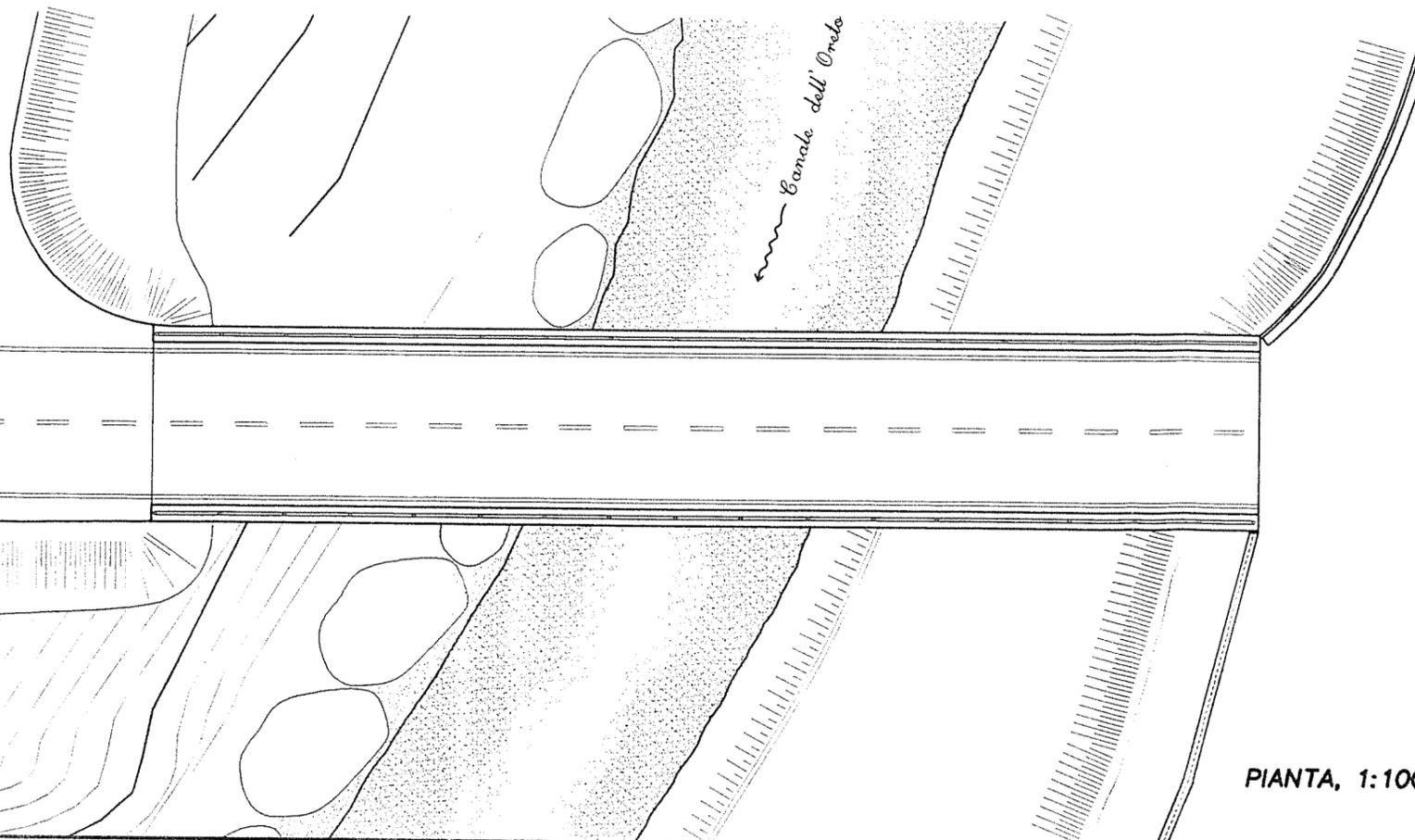
PLANIMETRIA, 1:2000



SEZIONE TIPO, 1:20

MATERIALI:

- Calcestruzzo R'ck > 35MPa
- Acciaio da c.a. FeB44k C_{min} > 280MPa
- Acciaio da carpenteria:
- Lamiere Fe610C
- Profili L C Fe430C



PIANTA, 1:100

COMUNE DI STAZZEMA

Piazza Europa - 55040 PONTSTAZZEMESE (LU)

OPERE PER LA MESSA IN SICUREZZA E SISTEMAZIONE FUNZIONALE DELLA ZONA INDUSTRIALE - ARTIGIANALE POSTA IN LOCALITA' COL DEL CAVALLO INT: 2401 PRIMA FASE E SECONDA FASE

PROGETTO ESECUTIVO

I	PONTE SUL CANALE ORETO	GIUGNO 200
----------	------------------------	------------

I PROGETTISTI:

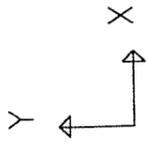
- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Prof. Ing. Armando BRATH | Dott. Ing. Riccardo GADDI |
| Dott. Ing. Denis CERLINI | Dott. Arch. Mauro CIAMPA |
| Prof. Ing. Ugo MAIONE | Dott. Arch. Piero LAZZERONI |

(q₂) Effetto dinamico dei carichi mobili

$$q_2 = q_1(\phi - 1) \quad \phi = 1.4$$

ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

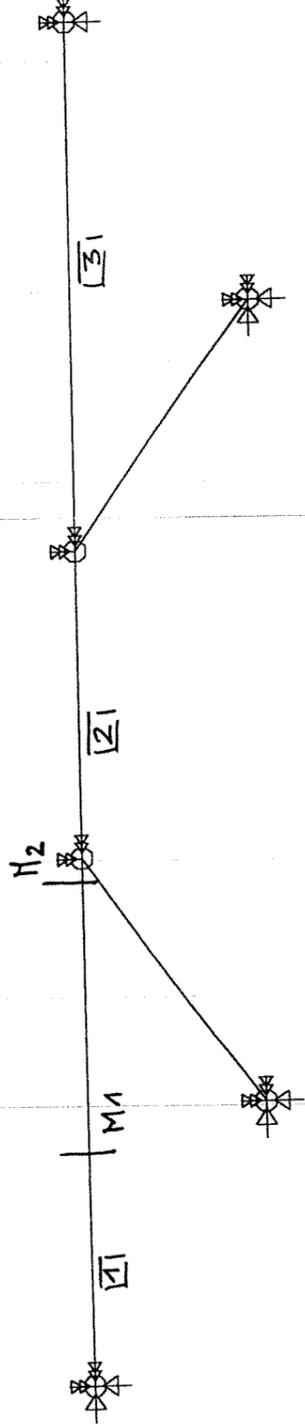
Le sollecitazioni sono state calcolate con l'aiuto del codice di calcolo agli elementi finiti SAP90.



PONTE
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
RESTRAINTS
WIRE FRAME

SAP90



PONTE SUL CANALE ORETO

C UNITA' DI MISURA: KN - cm

SYSTEM

C NUMERO DELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI
C 1 - PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA
C 2 - CARICO PERMANENTE PORTATO
C 3 - EFFETTO DINAMICO DEI CARICHI MOBILI SU TUTTO IMPALCATO
C 4 - EFFETTO DINAMICO DEI CARICHI MOBILI SU CAMPATA CENTRALE
C 5 - EFFETTO DINAMICO DEI CARICHI MOBILI SU CAMPATE LATERALI
L=5

JOINTS

1	X=	0.0	Y=	0.0	Z=0.0
2	X=	1317.0	Y=	0.0	Z=0.0
3	X=	2083.0	Y=	0.0	Z=0.0
4	X=	3400.0	Y=	0.0	Z=0.0
5	X=	701.0	Y=-	441.0	Z=0.0
6	X=	2699.0	Y=-	441.0	Z=0.0

RESTRAINTS

C VINCOLI DI PIANO
1,6,1 R=0,0,1,1,1,0
C VINCOLI ESTERNI
1 R=1,1,1,1,1,0
4 R=0,1,1,1,1,0
5 R=1,1,1,1,1,0
6 R=1,1,1,1,1,0

FRAME

NM=1 NL=3
1 A=1 I=1 E=1
C PESO STRUTTURALE
1 WG=0,-0.695,0
C CARICHI PERMANENTI PORTATI
2 WG=0,-0.170,0
C EFFETTO DINAMICO DEI CARICHI MOBILI
3 WG=0,-0.426,0
1,1,2 M=1 LP=1,0 NSL=1,2,3,0,3
2,2,3 M=1 LP=1,0 NSL=1,2,3,3,0
3,3,4 M=1 LP=1,0 NSL=1,2,3,0,3
4,5,2 M=1 LP=1,0 NSL=0,0,0,0,0
5,6,3 M=1 LP=1,0 NSL=0,0,0,0,0

\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$
\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$
\$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$
\$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$
\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$
\$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$
\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$
\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$

STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS

VERSION 5.40

Copyright (C) 1978-1992
EDWARD L. WILSON
All rights reserved

PONTE SUL CANALE ORETO

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COND	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE	1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT		SHEAR	MOMENT	
1								
1	.000	.000			.083			
	.000	.000	366.052					
	526.697		-.002	96398.799				
	1317.000		-549.263	-120643.969				
	1317.000				.083			
2	.000	.000			.020			
	.000	.000	89.538					
	526.697		-.000	23579.562				
	1317.000		-134.352	-29510.035				
	1317.000				.020			
3	.000	.000			.051			
	.000	.000	224.372					
	526.697		-.001	59087.609				
	1317.000		-336.670	-73948.677				
	1317.000				.051			
4	.000	.000			.021			
	.000	.000	-4.072	.000				
	1317.000		-4.072	-5362.598				
	1317.000				.021			
5	.000	.000			.030			
	.000	.000	228.443					
	536.255		-.001	61251.677				
	1317.000		-332.599	-68586.079				
	1317.000				.030			
2								
1	.000	.000			-1020.561			
	.000	.000	266.204	-68420.257				
	383.029		-.001	-17438.403				
	766.000		-266.166	-68405.404				
	766.000				-1020.561			
2	.000	.000			-249.634			
	.000	.000	65.115	-16735.890				
	383.029		-.000	-4265.509				
	766.000		-65.105	-16732.257				
	766.000				-249.634			
3	.000	.000			-625.552			
	.000	.000	163.170	-41938.172				
	383.029		-.001	-10688.863				
	766.000		-163.146	-41929.068				
	766.000				-625.552			
4	.000	.000			-254.715			
	.000	.000	163.163	-14684.531				
	383.013		-.001	16562.080				
	766.000		-163.153	-14680.824				
	766.0				-254.715			
	767.0							

5	.000			-370.837
	.000	.007	-27253.641	
	766.000	.007	-27248.244	
	766.000			-370.837
3	-----			
1	.000			.000
	.000	549.260	-120639.908	
	790.304	-.002	96400.423	
	1317.000	-366.055	.000	
	1317.000			.000
2	.000			.000
	.000	134.351	-29509.042	
	790.304	-.000	23579.960	
	1317.000	-89.539	.000	
	1317.000			.000
3	.000			.000
	.000	336.668	-73946.188	
	790.304	-.001	59088.605	
	1317.000	-224.374	.000	
	1317.000			.000
4	.000			.000
	.000	4.071	-5361.585	
	1317.000	4.071	.000	
	1317.000			.000
5	.000			.000
	.000	332.597	-68584.604	
	780.748	-.001	61252.278	
	1317.000	-228.445	.000	
	1317.000			.000
4	-----			
1	.000			-1304.588
	.000	68.934	.000	
	757.586	68.934	52223.711	
	757.586			-1304.588
2	.000			-319.108
	.000	16.862	.000	
	757.586	16.862	12774.145	
	757.586			-319.108
3	.000			-799.646
	.000	42.253	.000	
	757.586	42.253	32010.505	
	757.586			-799.646
4	.000			-304.477
	.000	-12.305	.000	
	757.586	-12.305	-9321.933	
	757.586			-304.477
5	.000			-495.169
	.000	54.558	.000	
	757.586	54.558	41332.438	
	757.586			-495.169
5	-----			
1	.000			-1304.496
	.000	-68.949	.000	
	757.586	-68.949	-52234.505	
	757.586			-1304.496

2	.000			-319.085
	.000	-16.865	.000	
	757.586	-16.865	-12776.785	
	757.586			-319.085
3	.000			-799.590
	.000	-42.262	.000	
	757.586	-42.262	-32017.121	
	757.586			-799.590
4	.000			-304.454
	.000	12.301	.000	
	757.586	12.301	9319.239	
	757.586			-304.454
5	.000			-495.136
	.000	-54.563	.000	
	757.586	-54.563	-41336.360	
	757.586			-495.136

VERIFICHE DI SICUREZZA

Verifica della sezione : **M1**

*** Sezione rettangolare .
Altezza utile $H_u = 70.00$ cm. , Bordo compresso $B = 400.00$ cm.
Ricoprimento armature $H_r = 5.00$ cm. Asse neutro $X = 19.6$ cm.
Armatura tesa $A_f = 116.82$ cm² Armatura compressa $A'_f = 53.10$ cm²
22φ26 *10φ26*
Calcestruzzo classe R'ck 35.00 Mpa
 $\sigma_{mac} = 11.00$ Mpa $\tau_{uc0} = 0.67$ Mpa $\tau_{uc1} = 1.97$ Mpa
Acciaio di armatura $\sigma_{amm} = 260.00$ Mpa
Coefficiente di omogeneizzazione $N = 15$

---> Condizione di carico : $G1 + G2 + (Q1 + Q2)$
Mom Flet. = 181232.0000 KN*cm Taglio = 0.000 KN
Tensioni ricavate :
- Compressione nel calcestruzzo 6.31 Mpa
- Compressione nell'armatura sup. 70.51 Mpa
- Trazione nell'armatura inf. 243.63 Mpa
- Ten. tangenziale massima 0.00 Mpa

Verifica della sezione : **M2**

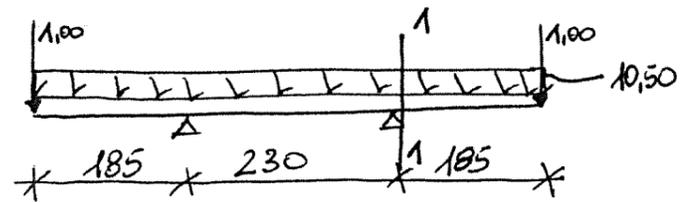
*** Sezione rettangolare .
Altezza utile $H_u = 75.00$ cm. , Bordo compresso $B = 120.00$ cm.
Ricoprimento armature $H_r = 5.00$ cm. Asse neutro $X = 31.8$ cm.
Armatura tesa $A_f = 159.30$ cm² Armatura compressa $A'_f = 106.20$ cm²
30φ26 *20φ26*
Calcestruzzo classe R'ck 35.00 Mpa
 $\sigma_{mac} = 11.00$ Mpa $\tau_{uc0} = 0.67$ Mpa $\tau_{uc1} = 1.97$ Mpa
Acciaio di armatura $\sigma_{amm} = 260.00$ Mpa
Coefficiente di omogeneizzazione $N = 15$

---> Condizione di carico :
Mom Flet. = 224103.0000 KN*cm Taglio = 0.000 KN
Tensioni ricavate :
- Compressione nel calcestruzzo 10.34 Mpa
- Compressione nell'armatura sup. 130.67 Mpa
- Trazione nell'armatura inf. 210.86 Mpa
- Ten. tangenziale massima 0.00 Mpa

VERIFICHE LOCALI

VERIFICA DELLA SOLETTA IN CALCESTRUZZO

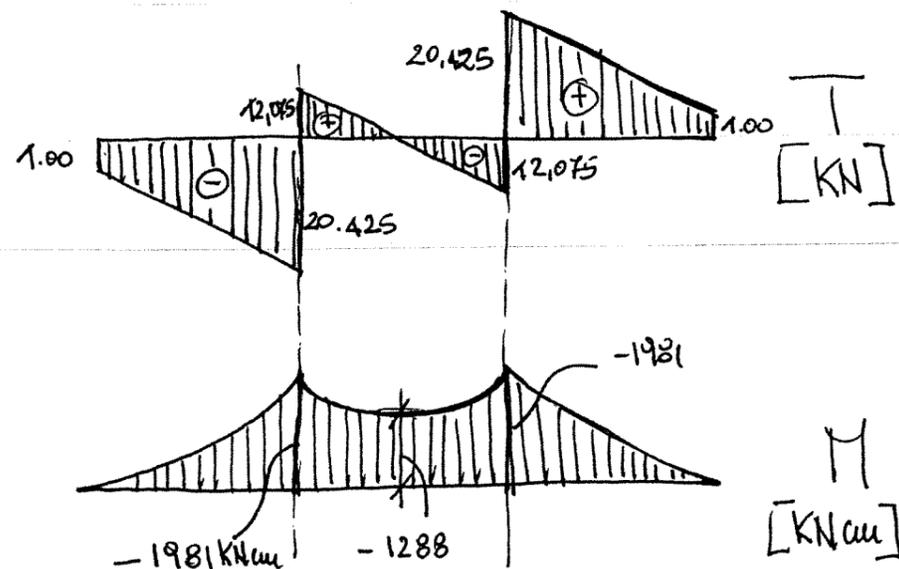
ANALISI DEI CARICHI



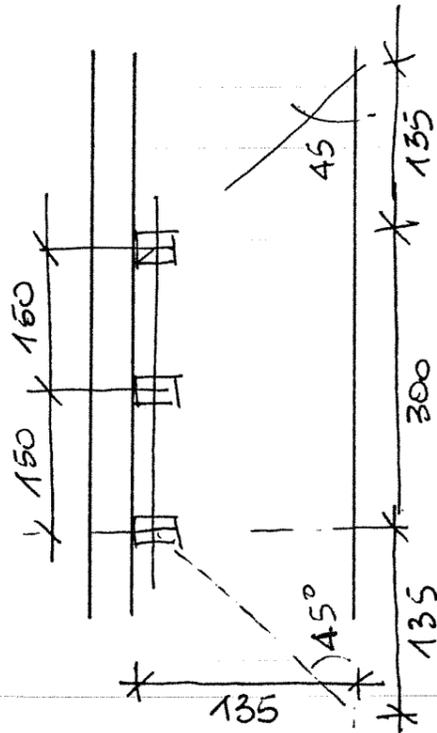
- P.P. soletta in ds: $0.30 \times 25 = 7.50 \text{ KN/m}$
- P.P. pavimentazione: 3.00 u
- Sommario: 10.50 KN/m

- P.P. guardiola: 1.00 KN

Diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione.



CARICHI ACCIDENTALI



$$T = \frac{100 \times 3 \times 1.40}{5.70} = 73.70 \text{ KN}$$

$$M^- = \frac{100 \times 3 \times 1.40 \times 1.20}{5.70} = -88.42 \text{ KNm}$$

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

$$T = 20.425 + 73.70 = 94.13 \text{ KN}$$

$$M = -1981 - 88.42 = -2069.42 \text{ KNm}$$

Armature: $\phi 22/20$ - (superiore e inferiore)

Verifica della sezione : 1-1

*** Sezione rettangolare .

Altezza utile $H_u = 27.00$ cm. , Bordo compresso $B = 100.00$ cm.

Ricoprimento armature $H_r = 3.00$ cm. Asse neutro $X = 8.6$ cm.

Armatura tesa $A_f = 19.00$ cm² Armatura compressa $A'_f = 19.00$ cm²

Calcestruzzo classe R'ck 35.00 Mpa

$\sigma_{mac} = 11.00$ Mpa $\tau_{auc0} = 0.67$ Mpa $\tau_{auc1} = 1.97$ Mpa

Acciaio di armatura $\sigma_{amm} = 260.00$ Mpa

Coefficiente di omogeneizzazione $N = 15$

---> Condizione di carico : $G_1 + G_2 + (Q_1 + Q_2)$

Mom Flet. = 10823.0000 KN*cm Taglio = 94.130 KN

Tensioni ricavate :

- Compressione nel calcestruzzo 7.32 Mpa

- Compressione nell'armatura sup. 71.36 Mpa

- Trazione nell'armatura inf. 236.34 Mpa

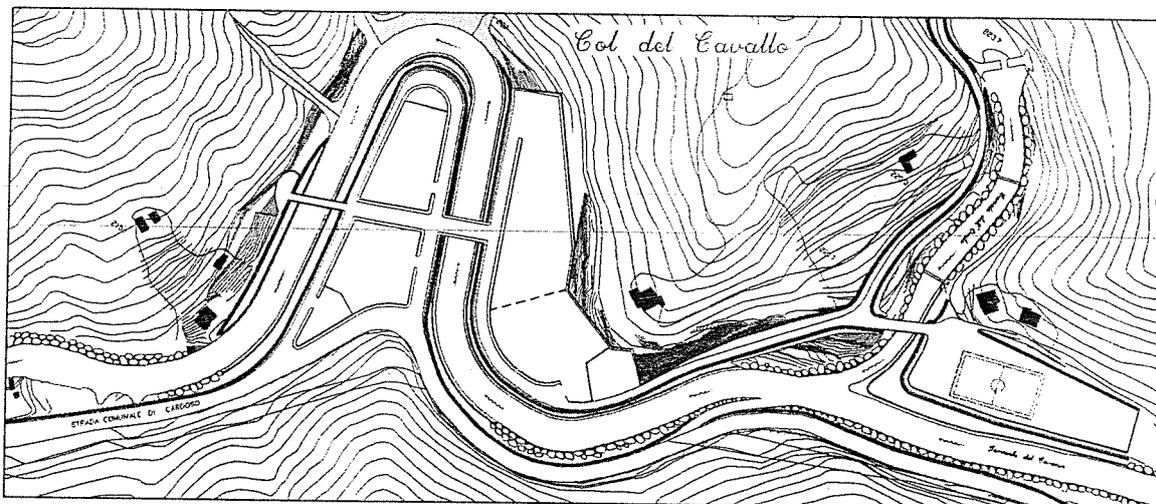
- Ten. tangenziale massima 0.39 Mpa

COMUNE DI STAZZEMA

Piazza Europa - 55040 PONTETAZZEMESE (LU)

OPERE PER LA MESSA IN SICUREZZA E
SISTEMAZIONE FUNZIONALE DELLA ZONA INDUSTRIALE -
ARTIGIANALE POSTA IN LOCALITA' COL DEL CAVALLO
INT: 2401 SECONDA FASE

PROGETTO ESECUTIVO



RELAZIONE IDRAULICA

I PROGETTISTI:

Prof. Ing. Armando BRATH

Dott. Ing. Denis CERLINI

Prof. Ing. Ugo MAIONE

Dott. Ing. Riccardo GADDI

Dott. Arch. Mauro CIAMPA

Dott. Arch. Piero LAZZERONI

RELAZIONE IDRAULICA

1. INTRODUZIONE

Per la verifica della sicurezza idraulica dell'intervento in progetto, sono stati ripresi gli studi idrologico-idraulici in precedenza eseguiti. La disponibilità di un più accurato rilievo topografico dell'alveo e delle zone contermini ha consentito di affinare le verifiche idrauliche, condotte in precedenza.

La base conoscitiva di partenza è costituita dalle risultanze degli "Studi di base a carattere idrologico, idraulico, geologico e geotecnico per la sistemazione del Torrente Cardoso", di seguito indicati come studi di base, svolti per conto dell'Ufficio del Commissario da due degli scriventi professionisti, e precisamente i Proff. Ingg. Armando Brath e Ugo Maione. Tali studi hanno costituito infatti la base di riferimento per la ricostruzione delle portate di piena verificatesi durante l'evento del 19 giugno 1996 nelle varie sezioni di interesse lungo quella parte del corso del T.Cardoso e lungo gli affluenti laterali che interessano la zona di previsto insediamento in località Colle del Cavallo, nonché per la valutazione su base statistica delle portate di progetto associabili, nelle medesime sezioni, a prefissati valori del tempo di ritorno.

2. CORSI D'ACQUA E BACINI IMBRIFERI INTERESSATI DALL'INTERVENTO IN PROGETTO

La zona di previsto insediamento si sviluppa in prossimità dell'ansa descritta dal Torrente Cardoso nella località Col del Cavallo; in tale zona il corso d'acqua, che mantiene altrove un percorso caratterizzato da limitate divagazioni planimetriche, piega in destra idrografica descrivendo un'ansa relativamente ampia in relazione alle caratteristiche morfologiche della vallata. Percorsa tale ansa, il corso d'acqua riassume il proprio andamento pressoché privo di divagazioni planimetriche significative.

I corsi d'acqua che presentano interferenze con la prevista area di insediamento industriale, visibili nella corografia riportata nell'allegata Tavola A, sono il Torrente Cardoso che la lambisce tutta, parte in destra e parte in sinistra idrografica, ed alcuni affluenti dello stesso torrente che vi confluiscono in destra idrografica, fra cui spicca per importanza il Torrente Oreto.

La prima porzione del previsto insediamento è posta in destra idrografica del Torrente Cardoso, immediatamente a monte della confluenza del Torrente Oreto nel Torrente Cardoso, ove la superficie del bacino idrografico di quest'ultimo torrente risulta pari a circa 10.67 kmq; la seconda parte, che è quella più estesa, si sviluppa sempre in destra idrografica a valle della predetta confluenza, ove la superficie del bacino imbrifero sotteso è pari a circa 12.25 kmq, per effetto dell'incremento dovuto all'apporto del bacino del T. Oreto, la cui superficie è pari a 1.575 kmq. La terza porzione si sviluppa invece sulla sinistra idrografica del Torrente Cardoso, all'interno dell'ansa che quest'ultimo descrive in località Colle del Cavallo. I principali affluenti ricevuti dal Torrente Cardoso lungo il percorso si sviluppano tutti in destra idrografica e, con l'eccezione del T. Oreto di cui si è detto in precedenza, sono corsi d'acqua di dimensioni molto modeste.

Nelle Figure 1, 2 e 3 sono riportate le curve ipsografiche rispettivamente del bacino del T. Cardoso chiuso immediatamente a monte della confluenza del Torrente Oreto, del bacino del T. Oreto chiuso alla confluenza col T. Cardoso e del bacino del T. Cardoso a valle della confluenza del T. Oreto, utili per la caratterizzazione morfologica dei bacini di interesse. Date le piccole dimensioni dei bacini dei rimanenti affluenti, quest'ultima curva ipsografica si può ritenere sufficientemente rappresentativa anche per il bacino complessivo, chiuso al termine del tratto di interesse. Date le modeste dimensioni dei bacini degli affluenti laterali, l'incremento della superficie del bacino idrografico del T. Cardoso tra la sezione posta immediatamente a valle della confluenza con il Torrente Oreto e quella finale

dell'insediamento previsto è alquanto ridotta, essendo l'estensione del bacino idrografico sotteso pari a 12.75 kmq all'estremità di valle del tratto di intervento.

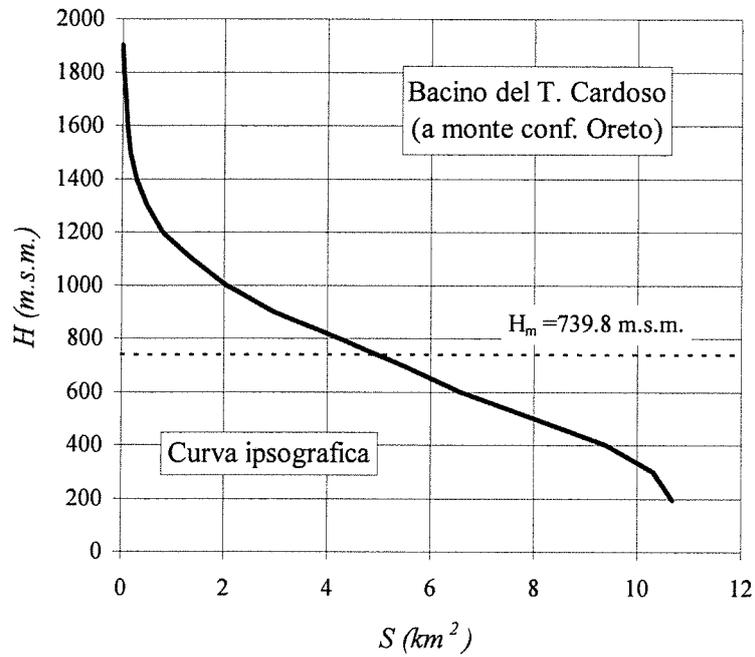


Figura 1- Curva ipsografica del Torrente Cardoso a monte della confluenza col T. Oreto.

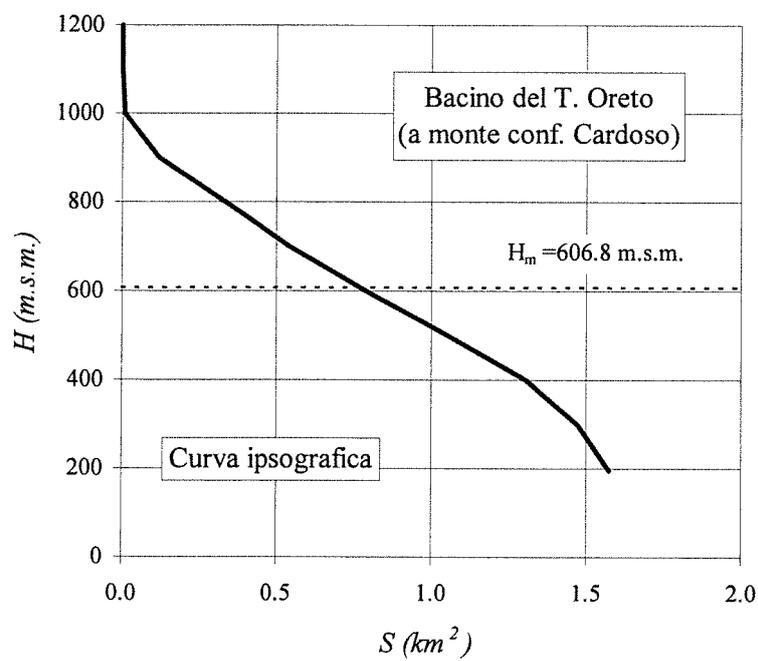


Figura 2 - Curva ipsografica del Torrente Oreto a monte della confluenza nel T. Cardoso.

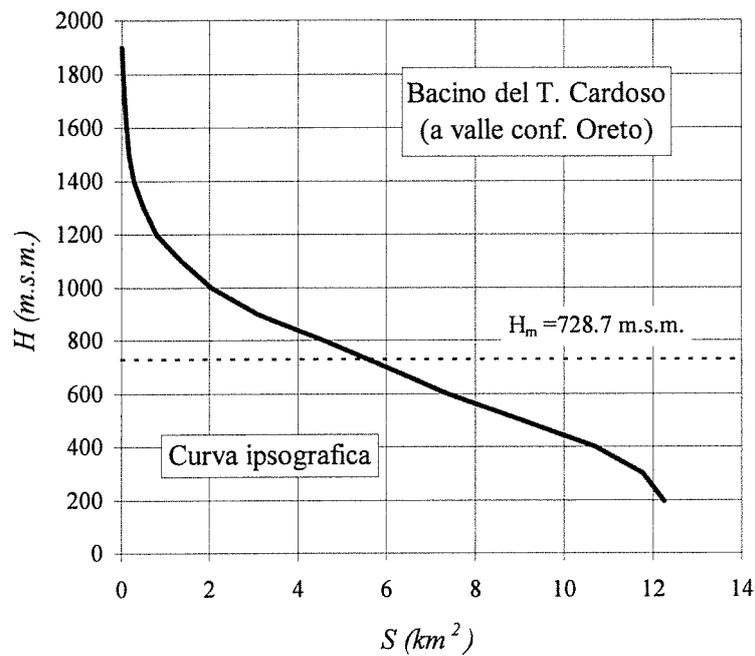


Figura 3 - Curva ipsografica del Torrente Cardoso a valle della confluenza col T. Oreto.

In conseguenza di quanto detto in precedenza, le valutazioni idrologiche di interesse per le finalità del presente studio riguardano la stima delle portate di massima piena del Torrente Cardoso lungo la parte di asta che lambisce l'area di insediamento, dalla sezione immediatamente a monte della confluenza del Torrente Oreto alla sezione posta immediatamente a valle dell'ansa del Col del Cavallo, nonché delle portate di massima piena dei corsi d'acqua minori affluenti in destra idrografica del corso d'acqua principale.

3. SCENARI DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE IDRAULICHE E PORTATE DI PROGETTO

Gli elementi necessari per i calcoli idrologici ed idraulici relativi al corso d'acqua principale ed a quelli minori di interesse per il presente studio scaturiscono dagli Studi di base, menzionati al paragrafo precedente.

Coerentemente con le indicazioni contenute nell'ordinanza 2449/96 del Ministero dell'Interno e per il Coordinamento della Protezione Civile, lo scenario cui fare riferimento per le verifiche idrauliche è quello del verificarsi nelle varie sezioni di interesse di una portata pari a quella massima stimata per l'evento del 19 giugno 1996. Per quanto riguarda l'asta del Torrente Cardoso, negli Studi di base sono state ricostruite queste ultime portate in alcune sezioni ritenute particolarmente significative; l'ubicazione di tali sezioni è desumibile dalla planimetria degli interventi di sistemazione idraulica in progetto riportata nell'allegata Tavola E1. I risultati di interesse per il presente studio vengono riassunti per maggiore comodità di lettura nella Tabella 1.

Tabella 1 - Stime delle portate al colmo transitate nelle sezioni di interesse del Torrente Cardoso durante l'evento del 19 giugno 1996

Corso d'acqua	Sezione	S (km ²)	Q ₁₉₉₆ (m ³ /s)
Cardoso	7 (a monte confluenza Oreto)	10.67	389
	9 (a valle confluenza Oreto)	12.25	438
	45 (termine tronco esaminato)	12.75	450

Oltre a tale scenario, per il presente progetto ne sono stati presi in considerazione altri due che prevedono il transito nelle varie sezioni delle portate di tempo di ritorno T=100 e 200 anni rispettivamente. Per quanto riguarda l'asta del Torrente Cardoso, i valori di tali portate possono essere direttamente desunti dalle stime effettuate negli Studi di base e sono riassunti in Tabella 2.

Tabella 2 - Stime delle portate di tempo di ritorno T=100 e 200 anni nelle sezioni di interesse del T.Cardoso

Corso d'acqua	Sezione	S (km ²)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)
Cardoso	7 (a monte confluenza Oreto)	10.67	197	246
	9 (a valle confluenza Oreto)	12.25	216	270
	45 (termine tronco esaminato)	12.75	217	271

Per quanto riguarda invece i corsi d'acqua affluenti del Torrente Cardoso nel tratto di interesse, vale a dire il Torrente Oreto ed i rimanenti affluenti minori, le stime delle relative portate al colmo transitate durante l'evento e di quelle di frequenza probabile assegnata (T=100 e 200 anni) nelle sezioni di confluenza col T. Cardoso non risultano direttamente disponibili negli Studi di base; esse sono state ottenute in questa sede, applicando alle sezioni di interesse le medesime metodologie delineate negli Studi di base. In particolare, per la stima delle portate di colmo dell'evento si è ritenuto applicabile un contributo unitario, indipendente dalla superficie sottesa, pari a 44 m³/(s km²), corrispondente al massimo valore stimato nei già citati Studi di base per l'evento del 1996, mentre per il calcolo delle stime delle portate al colmo di tempo di ritorno T=100 e 200 anni si è applicata la metodologia di regionalizzazione descritta anch'essa negli Studi di base. Nella Tabella 3 vengono riportate le stime della portata al colmo dell'evento ottenute per le sezioni di chiusura dei vari affluenti del T. Cardoso, mentre nella Tabella 4 vengono riportate le stime delle portate di 100 e 200 anni di tempo di ritorno per le medesime sezioni.

Tabella 3 - Stime delle portate al colmo transitate nelle sezioni di chiusura degli affluenti del Torrente Cardoso durante l'evento del 19 giugno 1996

Corso d'acqua	S (km ²)	Q ₁₉₉₆ (m ³ /s)
Oreto	1.575	69.3
Afluente tra sezione 26 e 27	0.024	1.1
Afluente tra sezione 27 e 29	0.130	5.7
Afluente tra sezione 29 e 30	0.090	4.0

L'ubicazione delle sezioni indicate nelle Tabelle 1, 2, 3 e 4 può essere desunta dalla planimetria generale degli interventi di sistemazione d'alveo in progetto, riportata nell'allegata Tavola E1.

Tabella 4 - Stime delle portate al colmo di tempo di ritorno T=100 e 200 anni nelle sezioni di chiusura degli affluenti del T. Cardoso

Corso d'acqua	S (km ²)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)
Oreto	1.575	55.5	67.7
Afluente tra sezioni 26 e 27	0.024	3.9	4.7
Afluente tra sezioni 27 e 29	0.130	11.3	13.8
Afluente tra sezioni 29 e 30	0.090	9.0	10.9

4. VERIFICHE IDRAULICHE

4.1 Impostazione delle verifiche idrauliche

Le verifiche idrauliche sono state condotte con riferimento all'alveo del T. Cardoso, ipotizzando condizioni di moto permanente con portata costante nei vari tronchi in cui può considerarsi suddivisibile l'alveo, variabile da tronco a tronco in ragione dell'apporto liquido fornito dagli affluenti che confluiscono nell'asta principale lungo il percorso.

I calcoli sono stati effettuati con modello apposito modello idraulico che, tramite la risoluzione delle equazioni differenziali di De Saint-Venant, consente di determinare i profili di corrente in condizione sia di moto vario che di moto permanente. Per maggiori dettagli sullo schema computazionale si rimanda alla Relazione idrologica ed idraulica (allegato VRSB 1) degli Studi di base più volte citati.

Per il calcolo delle resistenze idrauliche di tipo continuo si è fatto riferimento alla formula di Chezy:

$$Q = \chi A \cdot R^{1/2} \cdot J^{1/2}$$

dove J [-] è la pendenza del pelo libero e χ [$m^{1/2} \cdot s^{-1}$] il coefficiente di resistenza, che è stato valutato secondo l'espressione di Gauckler-Strickler:

$$\chi = k_S \cdot R^{1/6}$$

in cui k_S [$m^{1/3} \cdot s^{-1}$] è il cosiddetto coefficiente di resistenza di Gauckler-Strickler.

Le verifiche idrauliche dell'asta principale, condotte con riferimento all'assetto finale del corso d'acqua previsto nella presente progettazione, sono state riferite sia allo scenario relativo all'evento alluvionale del giugno 1996 sia a scenari che prevedono il transito nelle varie sezioni delle portate di periodo di ritorno T pari a 100 e 200 anni.

4.2. Risultati delle verifiche idrauliche

Le verifiche idrauliche sono state condotte con riferimento ad una schematizzazione di moto permanente in alveo, considerando l'alveo stesso indeformabile ed uno scenario di assenza di trasporto solido. Tale scenario, per quanto ipotetico, corrisponde ad una schematizzazione usuale nella prassi progettuale, a causa delle note difficoltà di ottenere

valutazioni tecnicamente affidabili degli apporti solidi e di conseguenza della loro influenza sul deflusso idrico. La schematizzazione adottata si può peraltro ritenere accettabile anche in considerazione dei prevedibili effetti di trattenuta del trasporto solido esercitati dalle briglie selettive realizzate sull'asta e sugli affluenti principali, nonché di quelli degli interventi di tipo estensivo sul bacino montano.

Nell'impossibilità pratica di mettere adeguatamente in conto gli effetti dovuti alla presenza del trasporto solido e quelli causati dal modellamento del fondo, fenomeni che invece sono sicuramente attivi durante la piena ed il cui effetto è quello di aumentare, anche in misura considerevole, le resistenze al moto, si è comunque ritenuto ragionevole assumere valori cautelativi del coefficiente di resistenza k_s e del franco di sicurezza. Nelle verifiche si è infatti adottato un valore del franco minimo di 1.00 m con riferimento allo scenario dell'evento del giugno 1996, che corrisponde, per il tratto in esame, a franchi di sicurezza ancora maggiori nel caso degli scenari di 100 e 200 anni di tempo di ritorno. Tale indicazione progettuale consente di ottenere le quote minime da rispettare nell'intradosso delle opere di attraversamento e nella sommità delle sponde dell'alveo.

Va rilevato che il valore del franco di sicurezza adottato nel presente progetto risulta più elevato rispetto a quelli assunti nelle progettazioni di massima della sistemazione dell'alveo in precedenza citate, che prevedevano invece un franco minimo di 0.50 m con riferimento allo scenario dell'evento del giugno 1996 e di 1 m con riferimento alla portata di 100 anni di tempo di ritorno. Tale scelta, come già discusso nello Studio di fattibilità relativo alla sistemazione idraulica e funzionale del Colle del Cavallo, deriva essenzialmente dalla considerazione dell'opportunità di garantire all'area industriale un livello di sicurezza idraulica ancora maggiore di quello ritenuto accettabile in altre parti del corso d'acqua. Ciò appare ragionevole in considerazione del fatto che, a seguito dell'insediamento, nella zona si verrà a realizzare una concentrazione di attività produttive e di presenze antropiche ben maggiore di quella media della vallata. Di conseguenza, la vulnerabilità dell'area a seguito di un'eventuale esondazione del corso d'acqua potrebbe risultare, anche per la particolare conformazione topografica dell'area stessa, ben maggiore in termini di valore economico dei beni danneggiati e di presumibile danno alle persone di quella tipica delle altre zone della vallata.

Nelle verifiche idrauliche è stata posta particolare attenzione ai tratti in curva, controllando che il sovrizzo del pelo libero che si determina a seguito dell'inclinazione trasversale della superficie libera risulti inferiore al franco di sicurezza disponibile nella sezione stessa.

La Tabella 4 evidenzia i valori della quota del pelo libero della corrente relativi al transito di una portata pari a quella stimata per l'evento del giugno 1996, risultanti dal calcolo idraulico di moto permanente prescindendo dagli effetti esercitati dalla curvatura dell'alveo. Per i tratti in curva, i valori di altezza liquida riportati nella successiva Tabella 5 tengono invece conto di detti effetti.

Tabella 4 – Quote del pelo libero per evento di piena di portata pari a quella del 19 giugno 1996 (alveo rettificato)

Numero sezione	Progressiva [km]	Quota pelo libero (m.s.m.)
1	0.000	200.75
2	0.027	199.31
3	0.051	198.30
4	0.081	197.17
5	0.105	196.36
6	0.129	195.60
7	0.153	194.86
8	0.179	194.03
9	0.200	193.41
10	0.228	192.48
11	0.259	191.53
12	0.288	190.51
13	0.311	189.61
14	0.329	188.96
15	0.336	188.77
16	0.354	188.26
17	0.376	187.73
18	0.397	187.25
19	0.423	186.44
20	0.437	186.01
21	0.471	184.98
22	0.492	184.39
23	0.518	183.64
24	0.537	183.09
24bis	0.560	182.44
25	0.567	182.25
26	0.580	181.88
27	0.603	181.25
28	0.628	180.56
29	0.648	180.02
30	0.670	179.41
31	0.705	178.28
32	0.727	177.64
33	0.762	176.63
34	0.785	175.94
35	0.812	175.03
36	0.828	174.33
37	0.846	173.60
38	0.856	173.24
39	0.873	172.77
40	0.897	172.16
42	0.923	171.62
44	0.982	170.21
45	1.005	168.55

Nel tronco di alveo oggetto della presente progettazione esecutiva si riscontra infatti la presenza di numerose curve; le situazioni di interesse ai fini della suddetta verifica idraulica sono costituite dalla curva posta tra le sezioni 9 e 12, che presenta un raggio di curvatura R pari a 85.02 m, dalla quella compresa tra le sezioni 15 e 16, il cui raggio di curvatura è pari a 23.80 m, dalla curva compresa tra le sezioni 17 e 21, avente un raggio di curvatura di 59.74 m, da quella compresa tra le sezioni 24 bis e 29, che risulta composta da due archi di cerchio, il primo avente $R=29.37$ m e il secondo $R=41.11$ m, ed infine da quella compresa tra le sezioni 34 e 35, avente $R=37.83$ m.

Applicando le formule empiriche disponibili per il calcolo del sovralzato in curva per correnti veloci, si sono ottenuti i seguenti valori del sopralzo in curva e dell'altezza idrica per le sezioni di interesse:

Tabella 5 – Quota del pelo libero nei tratti in curva
per evento di piena di portata pari a quella del 19 giugno 1996

Numero sezione	Progressiva [m]	Quota fondo [m s.l.m.]	Quota liquida alveo rettilineo [m s.l.m.]	Altezza idrica [m]	Sovralzo [m]	Quota liquida [m s.l.m.]
9	199.86	190.20	193.41	3.21	3.94	194.14
10	228.26	189.31	192.48	3.17	3.94	193.25
11	259.09	188.33	191.53	3.20	3.94	192.27
12	287.84	187.48	190.51	3.03	3.94	191.42
15	335.55	185.92	188.77	2.85	4.89	190.81
16	353.57	185.34	188.26	2.92	4.89	190.23
17	376.16	184.62	187.73	3.11	4.23	188.85
18	396.94	183.96	187.25	3.29	4.23	188.19
19	423.36	183.12	186.44	3.32	4.23	187.35
20	436.93	182.69	186.01	3.32	4.23	186.92
21	471.33	181.59	184.98	3.39	4.23	185.82
24 bis	560.47	179.04	182.44	3.40	4.94	183.98
25	567.29	178.85	182.25	3.40	4.94	183.79
26	580.07	178.48	181.88	3.40	4.94	183.42
27	603.03	177.83	181.25	3.42	4.94	182.77
28	627.54	177.13	180.56	3.43	4.94	182.07
29	648.42	176.51	180.02	3.51	4.94	181.45
34	785.41	172.34	175.94	3.60	5.38	177.72
35	812.42	171.86	175.03	3.17	5.38	177.24

Si sono infine calcolati i franchi idraulici residui nei tratti in curva nel caso in cui vengano applicati i sopralzi precedentemente determinati. Nella Tabella 6 vengono

confrontate le quote liquide derivanti dall'applicazione dei predetti sopralzi con quelle delle sommità spondali destra e sinistra dei tratti in curva, al fine di verificare che la corrente sia contenuta all'interno dell'alveo anche in tale ipotesi di calcolo e di valutare i valori residui del franco di sicurezza.

Tabella 6 – Calcolo del franco di sicurezza residuo nei tratti in curva per evento di piena di portata pari a quella del 19 giugno 1996

Numero sezione	Progressiva [m]	Quota fondo [m s.l.m.]	Quota liquida [m s.l.m.]	Sommità sponda sx [m s.l.m.]	Sommità sponda dx [m s.l.m.]	Franco sponda sx [m]	Franco sponda dx [m]
9	199.86	190.20	194.14	194.41	196.90	0.27	2.76
10	228.26	189.31	193.25	193.48	195.88	0.23	2.63
11	259.09	188.33	192.27	192.53	194.83	0.26	2.56
12	287.84	187.48	191.42	192.01	193.92	0.59	2.50
15	335.55	185.92	190.81	191.27	192.25	0.46	1.44
16	353.57	185.34	190.23	190.76	191.60	0.53	1.37
17	376.16	184.62	188.85	189.11	190.84	0.26	1.99
18	396.94	183.96	188.19	188.45	190.11	0.26	1.92
19	423.36	183.12	187.35	187.62	189.30	0.27	1.95
20	436.93	182.69	186.92	187.19	189.00	0.27	2.08
21	471.33	181.59	185.82	186.49	188.19	0.67	2.37
25	567.29	178.85	183.79	185.75	roccia	1.96	-
26	580.07	178.48	183.42	185.48	"	2.06	-
27	603.03	177.83	182.77	185.13	"	2.36	-
28	627.54	177.13	182.07	183.88	"	1.81	-
29	648.42	176.51	181.45	184.01	"	2.56	-
34	785.41	172.34	177.72	178.34	178.34	0.62	0.62
35	812.42	171.86	177.24	177.63	177.90	0.39	0.66

Nel tratto in curva compreso tra le sezioni 25 e 30 la sponda è costituita da una parete rocciosa molto alta, che è previsto rimanga non rivestita; per tale ragione in Tabella 6 non viene indicato il valore della sommità spondale destra né quello del relativo franco, non essendovi possibilità di esondazione della corrente lungo tale sponda.

Come si può notare, la sistemazione in progetto garantisce ancora un certo margine di sicurezza residuo lungo tutti i tratti in curva previsti nel progetto. Vista la natura alquanto cautelativa delle ipotesi fatte (utilizzo di formulazioni di calcolo prudenziali per la stima del sopralzo in curva, applicazione dello stesso ad entrambe le sponde interna ed esterna, scenario di evento di portata pari a quella del 1996), i valori del franco residuo risultanti dal calcolo, seppur contenuti in qualche caso in poche decine di centimetri, appaiono accettabili.

Si può quindi concludere che anche nei tratti in curva la sistemazione idraulica in progetto garantisce adeguati margini di sicurezza nei confronti dei fenomeni di esondazione della corrente fluviale.