

COMUNE DI SANTO STEFANO BELBO

PROVINCIA DI CUNEO

PROGETTO ESECUTIVO DELLE OPERE DI
SISTEMAZIONE IDRAULICA DELL'ASTA FLUVIALE
DEL TORRENTE TINELLA E DEI SUOI AFFLUENTI

I° LOTTO
II° STRALCIO

RELAZIONE GENERALE SUI CRITERI PROGETTUALI
SULLE MODALITA' DI INTERVENTO
E SULL'INSERIMENTO AMBIENTALE DELLE OPERE

PROGETTISTA:

DOTT. ING.

FULVIO BERNABEI



GRUPPO DI LAVORO:

DOTT. ING. ATTILIO BARBERI

DOTT. ING. FIAMMETTA VALENTINI



DATA
MARZO 1997

COMM. N°
ESEC_TIN REDAZ.
VAL

ORD. N° CONTR.

FILE N°
STR2REL.ZIP APPR.

DIZETA INGEGNERIA STUDIO ASSOCIATO

Viale Romagna, 71 - 20133 MILANO
Tel. 02-70600125 Fax 02-70600014

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDAZ.	CONTR.	APPR.

INDICE

1. GENERALITÀ	1
2. ASPETTI IDROLOGICI E IDRAULICI	3
3. CRITERI PROGETTUALI	11
4. MODALITÀ E CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI	13
5. RIEPILOGO DELLA SPESA	15

1. Generalità

Il presente progetto fa seguito all'incarico professionale conferito dal Comune di S. Stefano Belbo allo scrivente Dott. Ing. Fulvio Bernabei ed inerente la progettazione esecutiva delle opere di sistemazione idraulica dell'asta fluviale del Torrente Tinella e dei suoi affluenti nel territorio comunale.

Le opere progettate costituiscono il primo lotto del Progetto Generale relativo alla sistemazione dell'intera asta del torrente Tinella; il Progetto Generale cui qui ci si riferisce, fu redatto, sempre dallo scrivente, nel marzo 1996 e fu a suo tempo approvato dal Comune di S. Stefano, dai competenti uffici regionali e dall'Autorità di Bacino con parere n° 36/17 del 7/11/1996.

Essendosi oggi resi disponibili una parte del finanziamento necessario, lo scrivente è stato incaricato di redigere il progetto esecutivo di un primo lotto, che, per la diversa natura dei finanziamenti, viene a sua volta diviso in due stralci: la presente relazione e gli elaborati allegati costituiscono il secondo stralcio *"Opere di presidio strada provinciale e sponda di Tinella, a monte della zona stazione FFSS, ed opere di presidio impianto di depurazione"* del primo lotto esecutivo.

Le opere qui previste risultano conformi a quanto già previsto nel Progetto Generale.

Nella presente relazione vengono dunque illustrati, con riferimento agli specifici elaborati, gli interventi previsti per la sistemazione del corso d'acqua ed il presidio delle sponde.

Vengono di seguito richiamati gli aspetti idrologici e idraulici che governano l'intervento, i criteri progettuali seguiti nella definizione delle tipologie delle opere, le modalità previste per le singole opere, ed i criteri di inquadramento ambientale.

Per i dettagli costruttivi delle opere si rimanda alle tavole di progetto ed all'allegato Capitolato Speciale d'Appalto.

Va infine sottolineato che, nell'ambito della presente progettazione esecutiva, si è ritenuto di dover procedere ad un nuovo, dettagliato rilievo topografico che fosse coerentemente "agganciato" alle stesse quote assolute cui fa riferimento il progetto dei "Lavori di sistemazione delle opere idrauliche del Torrente Belbo per la difesa dell'abitato di S. Stefano" (PS45 MA-0-SP-09); per tale motivo, le quote delle sezioni e dei livelli d'acqua contenuti nei presenti elaborati differiscono, in alcuni casi in modo anche sostanziale, da quelle utilizzate nel Progetto Generale del marzo 1996. Si sottolinea comunque che la differenza di quote non inficia in alcun modo la correttezza né del Progetto Generale, né del presente primo lotto - secondo stralcio.

2. Aspetti idrologici e idraulici

Gli aspetti idrologici ed idraulici che caratterizzano il bacino ed il corso del torrente Tinella, sono stati già ampiamente trattati nell'ambito della redazione del Progetto Generale del marzo 1996; si riportano, nel seguito, soltanto le principali considerazioni effettuate per la stima delle portate del torrente Tinella.

Per quanto riguarda il calcolo delle portate sul torrente Belbo (per il dimensionamento degli argini presso il depuratore), si rimanda invece al progetto di sistemazione delle opere del Belbo redatto, sempre dallo scrivente in ambito PS45.

Nel determinare l'evento pluviometrico da utilizzare per la modellazione della piena di riferimento per il torrente Tinella, si è tenuto conto delle seguenti considerazioni:

- è noto che la stima dell'altezza di pioggia effettuata mediante l'uso di curve di possibilità climatica, per quanto tale analisi possa essere condotta in modo rigoroso e corretto, risulta comunque affetta da un margine d'errore prodotto da una serie di assunzioni introdotte nel calcolo dei parametri delle curve stesse (rappresentatività e significatività dei campioni di dati utilizzati, capacità della legge probabilistica utilizzata per la regolarizzazione statistica di adattarsi al campione, corretta interpolazione dei dati puntuali forniti dalla citata legge probabilistica); l'utilizzo di curve di possibilità climatica areali, inoltre, pur consentendo l'individuazione di aree climatologicamente omogenee, non garantisce che all'interno di queste non vi siano piccoli bacini, come potrebbe essere quello del Tinella, in cui particolarità geografiche e/o climatiche locali generino comportamenti non correttamente interpretati dalla curva globale;
- considerare come evento con tempo di ritorno centenario, sul bacino del Tinella, un evento caratterizzato da un'altezza di pioggia pari a circa 165 mm (valore fornito

dalla curva di possibilità climatica indicata nel PS45 per una precipitazione di 24 ore con tempo di ritorno di 200 anni), avrebbe significato sostenere che all'evento del 1994 (con un'altezza di pioggia in 24 ore pari a 230 mm) è associato un tempo di ritorno all'incirca millenario;

- le altezze di pioggia calcolate attraverso le curve di possibilità climatica ricavate in base ai dati puntuali degli strumenti di Castagnole Lanze, Cengio e Nizza Monferrato, al contrario, indicherebbero che l'altezza di pioggia dell'evento del 1994 è molto vicina all'altezza di pioggia di un evento bicentenario;
- dai dati dei pluviometri totalizzatori sembrerebbe che altezze totali di pioggia tra i 200 e i 300 mm in 72 ore si siano già verificate sull'area in studio in un passato relativamente recente (1968);
- la portata che si genera in un bacino a seguito di un evento pluviometrico, a parità di altezza di pioggia totale h , dipende in modo sostanziale dalla distribuzione cronologica con cui si verifica la precipitazione; in pratica, quindi, la conoscenza della curva di possibilità climatica e quindi dell'altezza di precipitazione con assegnato tempo di ritorno, potrebbe non essere sufficiente a fornire una stima della portata di deflusso che una pioggia con tale altezza può generare.
- l'evento del 1994, a prescindere dalla propria rarità, ha rappresentato comunque, come già affermato in precedenza, un evento molto oneroso per l'intero bacino in esame; inoltre, essendo un evento reale, costituisce sicuramente una delle possibili distribuzioni temporali di pioggia che possono verificarsi sul bacino del Tinella.

Alla luce delle precedenti considerazioni, e rimandando alla Relazione Idrologica del Progetto Generale per ulteriori dettagli sull'argomento, si può quindi concludere che, piuttosto che affidare la stima della precipitazione bicentenaria ad una curva di possibilità climatica che potrebbe sottostimare tale fenomeno, non essendo disponibili ulteriori informazioni né di tipo pluviometrico né, tantomeno, di tipo idrometrico, si è ritenuto corretto utilizzare l'evento del novembre 1994 come evento

di riferimento per il calcolo della portata di progetto a S.Stefano Belbo mediante l'applicazione di un modello di trasformazione "afflussi-deflussi".

Sorvolando, in questa sede, sui dettagli della modellazione, si rammenta soltanto che, come portata di riferimento per la sezione di chiusura del bacino in prossimità dell'immissione in Belbo, è stata valutata una portata pari a 180 m³/s.

Per i calcoli idraulici è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-2 sviluppato dall'US Army Corps of Engineers già utilizzato con successo in numerose situazioni di analoga complessità.

Il codice di calcolo è basato sostanzialmente sull'integrazione dell'equazione dell'energia di una corrente:

$$\frac{dE}{dS} = i - j$$

dove:

dE = variazione di energia della corrente

dS = distanza tra due sezioni lungo l'alveo

i = pendenza del fondo alveo

J = cadente idraulica calcolata secondo una delle varie formule esistenti

In particolare, HEC-2 utilizza lo "standard step method" per integrare la precedente equazione discretizzata nella forma seguente:

$$z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + \Delta H$$

dove:

z_2 = quota assoluta del pelo libero nella sezione 2 (incognita)

α_2 = coefficiente di velocità alla sezione 2 (incognito)

V_2 = velocità alla sezione 2 (incognita)

g = accelerazione di gravità

ΔH = perdita di carico tra le sezioni 1 e 2

le grandezze con pedice 1 hanno analogo significato, ma con riferimento alla sezione 1 e sono

tutte quantità note

Il termine ΔH rappresenta le perdite di carico tra una sezione e l'altra dovute alla scabrezza dell'alveo ed è calcolata utilizzando la ben nota espressione di Chezy:

$$J = \frac{V^2}{C^2 R}$$

che, utilizzando per il coefficiente di scabrezza "C", la forma proposta da Manning, si trasforma nella:

$$J = n^2 \frac{V^2}{R^{4/3}}$$

dove:

J	= cadente idraulica
n	= coefficiente di scabrezza secondo Manning
V	= velocità media nella sezione
R	= raggio idraulico della sezione

La geometria delle sezioni può essere qualsiasi e così pure l'assegnazione dei coefficienti di scabrezza.

Il calcolo avviene in condizioni di moto permanente e può essere effettuato sia per condizioni di corrente lenta che di corrente veloce.

Come condizione al contorno di valle per il tronco di calcolo lungo il Tinella, è stata considerata una quota pari a 166.55 m slm, quota coincidente con quella calcolata nella stessa sezione nell'ambito del già citato progetto di sistemazione delle opere del torrente Belbo rientranti nell'ambito del PS45.

Essendone previsto il rifacimento da parte della Provincia di Cuneo, non sono stati considerati gli effetti sulla corrente dei due ponti stradali di attraversamento sul Tinella in località Stazione; è stato invece calcolato l'effetto di rigurgito del ponte della Provinciale in località Fornace.

I risultati dei calcoli idraulici per il tratto lungo il Tinella, sono riassunti, nella tabella che segue.

Il significato dei simboli della tabella è il seguente:

SECNO = numero della sezione

XLCH = distanza progressiva lungo l'alveo in M

Q = portata nella sezione di interesse in m³/s

ELMIN = quota assoluta del fondo alveo in m slm

CWSEL = quota assoluta del pelo libero in m slm

CRIWS = quota assoluta del pelo libero in m slm corrispondente allo stato

critico

VCH = velocità dell'acqua in m/s

AREA = area della sezione bagnata in m²

Risultati dei calcoli idraulici lungo il torrente Tinella

HEC-2 WATER SURFACE PROFILES

Version 4.6.2; May 1991

THIS RUN EXECUTED 2APR97 9:56:58

SUMMARY PRINTOUT

SECNO	XLCH	Q	ELMIN	CWSEL	CRIWS	VCH	EG	AREA
38.000	0.00	180.00	161.37	166.55	0.00	2.30	166.82	78.33
37.000	27.86	180.00	161.75	166.55	0.00	2.46	166.86	73.27
36.000	27.53	180.00	161.82	166.55	0.00	2.69	166.92	66.81
35.000	32.17	180.00	161.99	166.59	0.00	2.72	166.97	66.80
34.000	28.49	180.00	161.96	166.62	0.00	2.79	167.02	64.69
33.000	31.28	180.00	162.38	166.65	0.00	2.92	167.08	61.79

32.000	33.94	180.00	162.53	166.69	0.00	3.01	167.16	59.75
31.000	16.66	180.00	162.70	166.91	0.00	2.39	167.20	76.25
30.000	26.83	180.00	162.86	166.84	0.00	2.98	167.28	63.22
29.000	24.42	180.00	162.99	166.87	0.00	2.99	167.33	60.20
28.000	30.24	180.00	163.12	166.93	0.00	3.01	167.39	59.96
27.000	24.82	180.00	163.26	166.87	0.00	3.52	167.50	51.55
26.000	40.95	180.00	163.34	167.11	0.00	3.19	167.63	57.91
25.000	28.18	180.00	163.28	167.48	0.00	2.11	167.69	87.60
24.000	36.85	180.00	163.43	167.45	0.00	2.48	167.76	72.47
23.000	33.86	180.00	163.57	167.59	0.00	2.09	167.80	93.34
22.000	24.32	180.00	163.64	167.64	0.00	1.93	167.82	99.47
21.000	34.28	180.00	163.52	167.62	0.00	2.23	167.87	84.74
20.000	29.02	180.00	163.59	167.64	0.00	2.31	167.91	81.73
19.000	27.78	180.00	163.80	167.67	0.00	2.30	167.93	79.10
18.000	29.21	180.00	163.55	167.72	0.00	2.23	167.97	86.16
17.000	28.97	180.00	163.63	167.75	0.00	2.22	167.99	87.91
16.000	68.51	180.00	164.06	167.72	0.00	2.83	168.13	66.36
15.000	56.86	180.00	164.14	167.82	0.00	2.84	168.23	65.96
14.000	57.31	180.00	163.88	168.01	0.00	2.51	168.33	73.90
13.000	51.01	180.00	164.43	167.98	0.00	3.08	168.46	58.40
12.000	87.94	180.00	165.30	167.94	0.00	4.44	168.95	40.52
11.000	61.55	180.00	165.11	168.78	0.00	2.83	169.19	64.40
10.000	67.43	180.00	166.23	169.11	169.11	4.08	169.94	47.21
9.000	54.66	180.00	165.84	169.47	0.00	3.74	170.18	48.17
8.000	72.48	180.00	166.20	169.73	0.00	3.80	170.47	47.41
7.000	46.31	180.00	166.20	170.07	0.00	3.32	170.63	54.29
6.010	13.84	180.00	166.48	169.88	0.00	4.21	170.79	42.73
6.000	2.00	180.00	166.48	168.94	168.80	6.70	171.22	26.86
6.020	10.00	180.00	166.48	171.01	169.46	2.96	171.46	60.80
5.000	30.25	180.00	167.19	171.34	0.00	2.01	171.52	102.61
4.000	66.46	180.00	167.53	171.47	0.00	1.80	171.57	142.03
3.000	74.75	180.00	167.82	171.50	0.00	2.06	171.66	119.02
2.000	47.13	180.00	167.76	171.49	0.00	2.71	171.75	93.26
1.000	61.58	180.00	168.17	171.73	171.73	3.15	172.11	83.91

Per la sistemazione dell'area del depuratore, il profilo idraulico è stato eseguito, sempre secondo le stesse metodologie, utilizzando circa 10 sezioni rilevate lungo l'asta del torrente Belbo e prendendo in considerazione le condizioni di portata descritte nel già citato Progetto di sistemazione del torrente Belbo cui si rimanda per i dettagli; si ricorda qui soltanto che la portata assunta per i calcoli è quella caratterizzata da un tempo di ritorno di 200 anni e pari a $930 \text{ m}^3/\text{s}$ nell'ipotesi di assenza della cassa di laminazione prevista a monte dell'abitato.

3. Criteri progettuali

Gli obiettivi assunti alla base della progettazione degli interventi possono essere così sintetizzati:

- messa in sicurezza delle infrastrutture che possono essere danneggiate o interrotte in occasione di piene del Tinella;
- difesa degli edifici e delle aree di pertinenza in sponda di Tinella, a rischio di inondazione in caso di piena;
- realizzazione di opere di difesa spondale, durature e bene inserite dal punto di vista ambientale;
- manutenzione del corso d'acqua per ottenere sezioni di deflusso adeguate alla portata di piena;
- utilizzo, ove possibile, di tecniche di ingegneria naturalistica.

Con le opere del presente secondo stralcio si mira essenzialmente alla difesa delle infrastrutture, che non possono, come avvenuto nel recente passato, essere interrotte per le piene, repentine ed imponenti, del Tinella, ovvero per rigurgito in tale torrente da parte dei livelli delle piene che hanno luogo nel Belbo.

Pertanto, a partire da monte dell'abitato, è prevista la protezione del tratto di strada provinciale S. Stefano Belbo-Asti a monte del ponte sul Tinella, tratto che attualmente si trova sotto al livello di piena; la protezione è ottenuta con argini in terra, di altezza non superiore a m 2.00, a lato della strada; a valle del ponte invece l'argine a difesa della strada provinciale è realizzato in sponda destra di Tinella, sempre con altezze contenute ma tali da assicurare il franco minimo di un metro.

L'altro fronte di intervento del secondo stralcio riguarda l'impianto di depurazione del Comune, situato a valle della confluenza del Tinella, in sponda sinistra di Belbo: tale impianto è a rischio di inondazione sia direttamente, dalla sponda del

Belbo, che indirettamente, per sommersione della vasta area compresa tra l'impianto ed il cavalcavia della Provinciale: con conseguenze inaccettabili sia dal punto di vista igienico-sanitario, che di tutela ambientale, che di funzionamento dell'impianto stesso.

Si prevede pertanto una vera e propria "recinzione", costituita da argini in terra, su tre lati dell'impianto; lungo il quarto lato l'impianto confina con il rilevato ferroviario, di altezza sufficiente ad assicurare un franco adeguato, salvo un modesto tratto a valle, lungo il quale si prevede di risvoltare il nuovo argine.

Il franco fissato nella zona del depuratore è di m 1.50, coerentemente con quello fissato per le opere idrauliche sul torrente Belbo.

E' infine prevista una modesta ricalibratura di un tratto del torrente Tinella per circa 400 metri: con questo si raggiunge sia lo scopo di allargare la sezione di deflusso, diminuendo contestualmente la velocità della corrente, sia di ricavare il materiale per la costruzione degli argini, con sensibile risparmio da parte dell'Amministrazione.

Per gli argini in terra è previsto il rivestimento con geotessile in agave, completamente biodegradabile, e la idrosemina di essenze erbacee per favorire l'inerbimento a breve termine delle opere.

4. Modalità e caratteristiche degli interventi

Vengono di seguito descritte le opere previste nel presente progetto.

In sponda di Tinella le opere previste, indicate schematicamente in tav. 2.1.B "Planimetria degli interventi" e 3.B "Profilo longitudinale di progetto: Tinella", sono:

- in sponda sinistra, a lato della strada provinciale, argine in terra fino al ponte a monte dell'abitato; le dimensioni (peraltro modeste, essendo l'altezza inferiore a m 1.60), e la lunghezza del tratto sono dovute al fatto che in caso di piena si ha rigurgito a monte del ponte esistente (del quale non è prevista la sostituzione); sempre in sx, ma sul lato opposto della strada, perpendicolarmente ad essa, un tratto di circa 50 metri di argine in terra collega i rilevati stradale e ferroviario, e protegge un edificio articolato immediatamente a monte.
- in sponda destra l'argine, lungo l'alveo, è continuo dal ponte alla fine dello stralcio, dove si intesta contro un edificio costruito in fregio all'alveo stesso.
- la ricalibratura, con larghezza a quota fondo alveo di 12-14 metri, copre un tratto di oltre 400 metri, risalendo dall'estremo di valle dello stralcio.

Nella zona dell'impianto di depurazione gli interventi sono così articolati:

- lungo i lati "monte" e "Belbo" dell'impianto, il rilevato arginale è munito di difesa con materassi Reno, ancorati al piede ad un cordolo in cemento armato; questo affonda nel terreno per tre metri, con funzione anti-sifonamento.

Sulla superficie rivestita di materassi Reno è previsto il rivestimento con almeno cm 20 di terra agraria, per favorire lo sviluppo a breve termine del manto vegetale.

- lungo il lato valle dell'impianto l'argine è invece realizzato con lo stesso criterio che sul Tinella, e segue praticamente il tracciato di un fosso di scolo, che ne viene ricoperto; viene aperta una nuova sede del fosso, che è alimentato da un tombino di sottopasso della linea ferroviaria, al piede di un rilevato esistente poco più a valle; dato che l'altezza del rilevato ferroviario, presso il tombino, non è sufficiente ad assicurare il franco richiesto, si prevede il prolungamento del tombino stesso con manufatto scatolare in c.a., ed il ricoprimento di questo con il nuovo rilevato arginale: in tal modo l'eventuale esondazione dal fosso resta imprigionata tra il rilevato esistente, il nuovo argine a lato valle dell'impianto, ed il risvolto di quest'ultimo.
- l'accesso all'impianto avviene dal lato monte: il rilevato viene qui fatto risvoltare per un tratto, parallelo alla massicciata ferroviaria, lungo il quale vengono create le rampe di salita della strada e di discesa verso l'ingresso dell'impianto. La pendenza delle rampe è contenuta (non superiore all'8%), tenendo conto della possibilità di accesso anche di mezzi pesanti; alla sommità della rampa, che coincide con la quota della testa d'argine, è previsto un tratto in piano.

5. Riepilogo della spesa

Importo lavori a base d'asta	L. 706.000.000
Somme a disposizione dell'Amministrazione	
IVA 19% sui lavori	L. 134.140.000
Spese tecniche	L. 70.600.000
INARCASSA 2% e IVA 19% su spese tecniche	L. 15.094.280
Imprevisti, espropri e servitu'	L. 74.165.720
<hr/>	
Totale progetto I lotto - II stralcio	L. 1.000.000.000

Il progettista
(Dott. Ing. Fulvio Bernabei)



Milano, marzo 1997

ELENCO ELABORATI

Relazioni

- Relazione generale sui criteri progettuali, sulle modalità di intervento e sull'inserimento ambientale delle opere.
- Documentazione fotografica.
- Capitolato Speciale d'Appalto ed Elenco Prezzi.
- Analisi prezzi.
- Computo metrico e stima dei lavori.
- Piano particellare di esproprio.

Tavole

TAV. 1.B - Corografia - scala 1:5000

TAV. 2.1.B - Planimetria degli interventi: Tinella - scala 1:500

TAV. 2.2.B - Planimetria degli interventi: depuratore - scala 1:500

TAV. 3 .B - Profilo longitudinale di progetto - scala 1:200/1:500

TAV. 4.1.B - Sezioni 1/12 - scala 1:200

TAV. 4.2.B- Sezioni 13/17 - A/D - scala 1:200

TAV. 5.B - Sezioni tipo e particolari costruttivi - scala 1:50