

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

Adeguamento S.P. 160 di Val Lemme

Relazione Idraulica

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. G. Guagnozzi	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	R I	N V 1 5 0 X	0 0 2	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	ITEC engineering 	17/09/2012	Ing. F. Colla 	19/09/2012	E. Pagani 	21/09/2012	Ing. E. Ghislandi

n. Elab.:	File: IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00
-----------	---------------------------------------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00
	Foglio 3 di 18

INDICE

INDICE.....	3
1. PREMESSA	4
2. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE	4
3. RISPONDENZA AL PROGETTO DEFINITIVO	5
4. CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA INTERFERENTI	5
5. INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI	7
6. INTERVENTI PREVISTI	8
7. METODOLOGIA DI CALCOLO.....	9
7.1. Verifiche idrauliche globali	9
7.2. Verifiche puntuali	11
7.3. Analisi dei fenomeni di erosione	12
8. VERIFICHE IDRAULICHE	13
8.1. Portate di progetto	13
8.2. Verifiche idrauliche.....	14
8.3. Calcolo dell'erosione e dimensionamento delle opere di protezione	16
8.4. Fase di cantiere	16
8.4.1. Portate di verifica	16
8.4.2. Verifiche idrauliche	16
9. ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO	17

ALLEGATO A1 – PLANIMETRIE CON INDICAZIONE ATTRAVERSAMENTI STATO ATTUALE – STATO DI PROGETTO

ALLEGATO A2 – VERIFICHE IDRAULICHE TORRENTE LEMME

ALLEGATO A3 – VERIFICHE IDRAULICHE PUNTUALI

ALLEGATO A4 – RISCHIO IDRAULICO

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00
	Foglio 4 di 18

1. PREMESSA

La presente relazione riporta le verifiche delle interferenze idrauliche minori della strada provinciale S.P. 160 della Val Lemme (AL) e la verifica idraulica di un tratto del torrente Lemme in località Maddalena nel comune di Gavi (AL).

Lo studio è finalizzato alla verifica di compatibilità idraulica degli attraversamenti presenti lungo il tracciato e del nuovo ponte in località Maddalena, nell'ambito del progetto esecutivo Tratta A.V./A.C. Milano-Genova Terzo valico dei Giovi, Adeguamento SP n 160 di Val Lemme.

Gli interventi consistono sostanzialmente nell'adeguamento di manufatti di attraversamento esistenti lungo il tracciato stradale e nella realizzazione di un nuovo ponte sul torrente Lemme alla confluenza con il rio Ardana.

Le verifiche e il dimensionamento idraulico delle opere connesse alla viabilità stradale, interferenti con il reticolo idrografico minore del torrente. Lemme, sono state condotte mediante verifiche idrauliche a carattere puntuale.

Al fine di rettificare il tracciato della SP n 160 a monte dell'abitato di Gavi, nei pressi della confluenza del rio Ardana col t. Lemme, è prevista la realizzazione di un nuovo ponte a 4 campate con andamento planimetrico obliquo rispetto al corso d'acqua. E' prevista la demolizione del ponte esistente.

Le verifiche idrauliche del t. Lemme in corrispondenza della confluenza con il rio Ardana sono state condotte attraverso il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente variato nella configurazione attuale dell'alveo e nello stato di progetto.

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po con DPCM del 24/5/01, pubblicato sulla G.U. n 183 del 8/8/01.

Lo studio ha dimostrato la compatibilità idraulica dell'intervento.

2. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE

In fase di approvazione del Progetto Definitivo del Terzo valico dei Giovi – linea AV/AC Milano-Genova – con delibera CIPE 80/2006 sono state indicate nella parte 1° dell'allegato 1le prescrizioni del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti.

In particolare facendo riferimento al capitolo 6 – Integrazioni progettuali – Idraulica ed idrologia al capo k viene prescritto: "Rivedere l'analisi idrologica del Torrente Lemme sulla base di dati pluviometrici recenti al fine di una migliore rappresentazione e dimensionamento delle opere. In particolare in relazione al Progetto di rifacimento del Ponte della Maddalena e il prolungamento del tombino sul rio Frascio dovranno essere recepite le osservazioni della regione Piemonte – Direzione OOPP".

Nel dettaglio per il ponte della Maddalena vengono fatte le seguenti prescrizioni:

- Verifica idraulica aggiornata con nuovi calcoli idrologici per accertare l'esistenza del franco di sicurezza con portata di piena centennale

Per quanto concerne il torrente Lemme, e più in particolare la verifica del nuovo ponte della Maddalena, vista la mancanza di serie di dati pluviometrici recenti a disposizione, si è proceduto, come concordato con i tecnici dell'ufficio OO.PP. della regione Piemonte, con l'aggiornamento dell'analisi idrologica utilizzando i valori di pioggia provenienti dalla media pesata delle celle regionalizzate su griglia 4 km², indicate nelle Norme di attuazione dei PAI, ricadenti all'interno del bacino del torrente Lemme alla sezione di chiusura.

Per il bacino oggetto di studio la curva di probabilità pluviometrica, per un periodo di ritorno pari a 200 anni, è espressa nella forma $h = 84.14 \cdot t^{0.437}$, cui corrisponde una portata alla sezione di chiusura di 608 m³/s, valutata mantenendo essenzialmente le stesse ipotesi fatte nel progetto definitivo (vedi capitolo 6). Il nuovo valore di

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00
	Foglio 5 di 18

portata è inferiore a quello utilizzato per le verifiche del ponte della Maddalena nell'ambito del progetto definitivo 628 m³/s.

Inoltre quest'ultimo valore di portata di piena 200-ennale (628 m³/s) risulta superiore di circa il 13% del valore di portata di piena centennale (553 m³/s), cui fa riferimento la prescrizione della direzione OO.PP. della regione Piemonte, valutata a partire dalla media pesata delle curve di probabilità pluviometrica delle celle di regionalizzazione del PAI.

Al fine della progettazione del nuovo ponte della Maddalena sono stati mantenuti i valori di piena duecentennale valutati nell'ambito del progetto definitivo del Terzo Valico dei Giovi in quanto tale scelta permette di operare a favore di sicurezza.

Per il rio Frascio viene richiesto che l'intradosso del nuovo manufatto sia posto a quota superiore alla massima quota del manufatto esistente. Tale prescrizione è stata recepita.

3. RISPONDEZZA AL PROGETTO DEFINITIVO

Il progetto esecutivo oggetto della presente relazione risponde a quanto previsto nel precedente livello di progettazione definitiva; in questa ulteriore fase sono stati sviluppati gli elaborati conformemente al livello progettuale esecutivo per fornire i necessari elementi di dettaglio.

4. CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA INTERFERENTI

Attraversamenti minori

Il tratto della SP 160 oggetto di verifica, compreso tra gli abitati di Voltaggio (AL) e la località La Maddalena in Comune di Gavi (AL), ha una lunghezza complessiva pari a circa 7 Km e si sviluppa in direzione N-S lungo il versante sinistro del torrente Lemme con andamento a mezza costa.

Il tracciato stradale, a partire dall'abitato di Voltaggio, è caratterizzato dalla presenza di 25 interferenze con il reticolo idrografico minore e relativi manufatti di attraversamento.

I bacini sottesi di tali rivi minori variano tra 0.2 ha e 70 ha circa, con l'esclusione del Rio Frascio e del Rio Pomaiolo che hanno una superficie drenante rispettivamente pari a 150 e 145 ha.

Il bacino del rio Frascio presenta una forma arrotondata, mentre gli altri compreso il bacino del rio Pomaiolo, presentano una forma allungata con direzione prevalente E-O, con quote comprese tra 260 m s.l.m. e 600 m s.l.m.

Il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato da aste principali con lunghezza variabile tra 100 m e 1.9 Km circa e pendenze medie pari al 20%.

La pendenza media dei versanti è del 30 % circa.

L'area comprendente i bacini oggetto di verifica non risulta urbanizzata.

I manufatti di attraversamento sono costituiti da tubazioni in calcestruzzo o in PVC e da scatolari rettangolari o con volta a botte in cls o in mattoni; il solo attraversamento del Rio Frascio è costituito da un ponte ad arco.

Nella planimetria dell'allegato A1 sono indicate le varie tipologie e le dimensioni degli attraversamenti presenti lungo la strada provinciale.

Tutti i corsi d'acqua, con l'esclusione del rio Frascio o Brigna, non risultano inseriti nell'elenco delle acque pubbliche e l'indagine catastale ha evidenziato che si tratta di corsi d'acqua "privati".

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 6 di 18</p>

Ponte sul Torrente Lemme in località Maddalena di Gavi (AL)

La SP160 attraversa il t. Lemme in località Maddalena nel comune di Gavi alla confluenza con il t. Ardana.

Il torrente Lemme alla confluenza con il torrente Ardana, alla quota di 220 m s.l.m., sottende un bacino di 68.1 km² e il suo territorio appartiene amministrativamente ai Comuni di Voltaggio, Carrosio e Gavi, mentre il t. Ardana ha un bacino pari a 12.2 km² ricadente nel Comune di Bosio e Gavi.

Entrambi i bacini presentano una forma allargata con direzione prevalente N-S.

Il bacino del torrente Lemme è delimitato ad O dal bacino del torrente Ardana, ad E dal bacino del torrente Scrivia e a S dal bacino del torrente Verde, appartenente al versante tirrenico.

Il bacino del torrente Ardana è delimitato ad E dal bacino del torrente Lemme, ad O dal bacino del torrente Orba e a S dal bacino del lago della Lavagnina.

La cima più alta del bacino del torrente Lemme è rappresentata dal Monte delle Figne, a quota 1172 m s.l.m, all'estremità meridionale del bacino; la quota media del bacino risulta essere pari a 594 m s.l.m..

La cima più alta del bacino del torrente Ardana è rappresentata dal Monte Lanzone, a quota 804 m s.l.m, all'estremità meridionale del bacino; la quota media del bacino risulta essere pari a 459 m s.l.m..

Il reticolo idrografico di superficie del t. Lemme è caratterizzato dalla presenza di un'asta principale e da una serie di affluenti minori su entrambe le sponde fra cui si distingue, per importanza, il rio Carbonasca (superficie 9.3 km²); l'asta principale ha una lunghezza di circa 15 km, con una pendenza media pari al 5 % circa; la pendenza media dei versanti è pari al 40 % circa.

Il reticolo idrografico di superficie del t. Ardana è caratterizzato dalla presenza di un'asta principale e da una serie di affluenti minori su entrambe le sponde; l'asta principale ha una lunghezza di circa 7 km, con una pendenza media pari al 4% circa; la pendenza media dei versanti è pari al 40 % circa.

Il fondovalle dei due bacini risulta urbanizzato: si distinguono gli abitati di Voltaggio e Carrosio sul t. Lemme e di Bosio sul t. Ardana. I versanti risultano scarsamente urbanizzati.

Nel tratto indagato, in corrispondenza della confluenza dei due corsi d'acqua, le sezioni risultano di forma regolare con larghezze al fondo variabili tra 50 m e 60 m circa per il torrente Lemme e di circa 30 m per il torrente Ardana.

La pendenza media del fondo alveo è pari allo 0.8 % circa per il torrente Lemme nel tratto di monte, 0.3 % circa nel tratto di valle e di 1 % circa per il torrente Ardana.

Il fondo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni e risulta sgombero da grossi depositi e con scarsa vegetazione arborea e arbustiva.

La confluenza tra i 2 torrenti avviene con un angolo di incidenza pari a 30° e in corrispondenza della stessa vi è un'area golenale allagabile

Il ponte esistente, di lunghezza totale pari circa 54 m ed asse ortogonale al torrente, ha struttura portante in muratura costituita da 3 arcate, con luce di circa 18 m ciascuna, sorrette da due pile centrali collocate all'interno dell'alveo.

La larghezza della carreggiata è pari a 6.5 m; verso Gavi, in direzione nord, il ponte è seguito da una curva a sinistra pressoché ad angolo retto con raggio di curvatura pari a 18.5 m.

I due corsi d'acqua sono inseriti nell'elenco delle acque pubbliche.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00 Foglio 7 di 18

5. INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI

La normativa idraulica di riferimento per il versante padano è costituita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), adottato con delibera di Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001 ed approvato con DPCM del 24 maggio 2001, pubblicato sulla G.U. n 183 del 8/8/01.

Il PAI è sovraordinato a tutti gli altri strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica vigenti e costituisce la norma a cui attenersi per l'esecuzione di opere e infrastrutture che interferiscano con il reticolo idrografico.

Esso fornisce i valori delle portate di piena da assumere alla base delle verifiche idrauliche per alcune sezioni significative del reticolo idrografico padano; fornisce altresì le indicazioni per il calcolo delle portate di piena nelle sezioni non indagate sulla base delle curve di probabilità pluviometrica per assegnato periodo di ritorno elaborate per tutto il territorio di competenza.

Il PAI contiene inoltre i criteri a cui attenersi per il dimensionamento delle opere in funzione della tipologia e dei vincoli esistenti.

I criteri adottati nel dimensionamento idraulico delle opere tengono conto delle norme di attuazione del PAI e degli indirizzi e delle indicazioni emerse nel corso dei colloqui con il competente Ufficio provinciale del Genio Civile di Alessandria della Regione Piemonte.

Da un punto di vista generale, per quanto riguarda la viabilità, si distinguono i casi di adeguamento della viabilità esistente e di realizzazione di nuova viabilità.

Nei casi in cui l'adeguamento della viabilità esistente, pur se a raso, si limita ad un semplice intervento di manutenzione senza interferenze con l'attuale assetto idraulico dell'alveo e delle aree adiacenti, non è prevista alcuna sistemazione idraulica, anche se l'intervento dovesse ricadere in area inondabile.

Nei casi in cui tale adeguamento comporti invece la realizzazione di opere interferenti con il corso d'acqua e/o con le sponde (muri di sostegno, argini, sbalzi ecc.), e nei casi di realizzazione di nuovi tratti di viabilità e/o nuovi attraversamenti, l'intervento previsto, pur nel rispetto dei vincoli imposti dalla progettazione stradale, è stato comunque orientato a garantire il deflusso della portata 200-ennale in condizioni di sicurezza lungo tutto il tronco del corso d'acqua interessato, anche attraverso una nuova sistemazione dell'alveo e delle sponde.

Da un punto di vista generale le sistemazioni idrauliche sono limitate allo stretto necessario alla funzionalità dell'opera nel rispetto dell'attuale configurazione dei corsi d'acqua interferenti; si è verificato che gli interventi non comportassero in nessun caso restringimenti di alveo e non inducessero in generale effetti peggiorativi sul regime idraulico del corso d'acqua, con particolare riferimento agli effetti indotti sulla sponda opposta.

Al fine di preservare le opere dai possibili fenomeni erosivi della corrente, le fondazioni dei muri d'argine e delle opere in alveo in genere quali briglie, spalle e pile dei ponti, sono impostate ad una quota adeguatamente inferiore alla quota minima del fondo alveo (Talweg) e, quando necessario, protette con strutture elastiche quali scogliere di massi naturali, materassi tipo "Reno" o gabbioni, mantenendo per quanto possibile la naturalità dell'alveo e delle sponde.

Lungo i tratti di viabilità di cui è previsto l'adeguamento è stata effettuata la verifica idraulica dei manufatti di attraversamento esistenti al fine di individuare quelli ritenuti sufficienti al deflusso della portata 200-ennale, che possono pertanto essere mantenuti, e quelli di cui è opportuno prevedere il rifacimento perché insufficienti.

Il criterio adottato è quello di un franco minimo di 0.5 m rispetto all'intradosso per ponti, ponticelli e scatolari per i corsi d'acqua significativi (con superficie del bacino sotteso superiore a 0.2 Km²) e di un rapporto d'invaso inferiore a 0.75 per i manufatti di attraversamento dei corsi d'acqua minori (superficie del bacino inferiore a 0.2 Km²).

Nel caso di nuova viabilità a raso è stato adottato ovunque un franco rispetto al deflusso della portata di piena 200-ennale di 1.0 m rispetto al piano viabile anche in presenza di un'eventuale struttura a sbalzo.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00 Foglio 8 di 18

Nel caso di nuovi attraversamenti dei corsi d'acqua significativi si è preferito anche in questo caso, ove possibile, l'adozione di struttura a campata unica senza ingombri in alveo; il franco minimo rispetto all'intradosso è stato assunto pari a 1.0 m e comunque non inferiore alla metà del carico cinetico della corrente; in accordo a quanto indicato nel P.A.I. tale valore deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia orizzontale e comunque per almeno 40 m nel caso di luci superiori a tale valore; nel caso di ponti e ponticelli si è assunto comunque un valore minimo dell'altezza libera di 2 m; per gli scatolari si è assunta una dimensione minima di 2x2 m.

Per i corsi d'acqua secondari, in mancanza di specifiche indicazioni contenute nel P.A.I. o fornite direttamente dagli Uffici tecnici competenti, si è assunta quale dimensione minima dei manufatti di attraversamento una tubazione Ø 1000.

6. INTERVENTI PREVISTI

Attraversamenti minori

Il nuovo sedime ricalca in buona parte la strada esistente e delle 25 interferenze con il reticolo idrografico minore solo 4 non risultano verificati per la condizione di deflusso della portata al colmo di piena, comprensiva del franco minimo richiesto.

In questo caso si prevede pertanto la sostituzione con manufatti idraulicamente adeguati.

In particolare non risultano verificati 3 condotte DN 500, per le quali è prevista la sostituzione con tubazioni DN 1000, e uno scatolare rettangolare delle dimensioni 1.7 x 0.4 m per il quale è previsto la sostituzione con uno scatolare 2 x 1 m, previa verifica in fase esecutiva dell'eventuale interrimento della struttura esistente.

Si precisa che il tratto compreso tra le progressive 0 e -1+267.94 – NV156, per quanto riguarda la viabilità, non presenta particolari criticità e non necessita pertanto di interventi strutturali di adeguamento; fa eccezione un breve tratto in corrispondenza della progressiva -1+150 in cui è prevista la messa in opera di un muro di sostegno per allargare la carreggiata esistente.

In corrispondenza di tale allargamento si trova un tombino costituito da una condotta DN800, idraulicamente idonea allo smaltimento delle acque di competenza, di cui si prevede la pulizia e il prolungamento verso valle mantenendone l'attuale sezione.

Ponte sul Torrente Lemme in località Maddalena di Gavi (AI)

Il progetto della nuova viabilità prevede la demolizione del ponte attuale e di parte del rilevato di accesso in sponda sinistra con conseguente allargamento della sezione di deflusso.

L'opera d'arte in progetto ha una lunghezza da spalla a spalla di 126 m ed una larghezza complessiva dell'impalcato di 12.5 m; la struttura è costituita da 3 campate, con luci di 42 m ciascuna, sostenute da 2 pile con sezione circolare di diametro 3.5 m.

L'asse del torrente è inclinato di 38° rispetto al ponte.

La luce libera rispetto all'alveo di magra del t. Lemme è variabile fra 4.8 m in sponda destra e 5.50 m in sponda sinistra.

E' prevista la protezione della sponda sinistra con una scogliera in massi naturali da 1 a 3 tonnellate di altezza variabile tra 1 e 3 m.

La sponda destra orografica del torrente Lemme, dove si attesta la spalla del ponte, è protetta da un muro in C.A. rivestito in pietra, che si raccorda al muro esistente a valle del ponte attuale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00 Foglio 9 di 18

7. METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche idrauliche dei vari tronchi d'alveo esaminati sono state condotte secondo due tipi d'approccio, uno a carattere più esteso, riferito al tratto d'alveo nel suo insieme, e l'altro a carattere locale, riferito ad un singolo manufatto o una singola sezione.

Le verifiche di tipo esteso hanno riguardato i tratti dei corsi d'acqua di maggior rilevanza per i quali si disponeva di un rilievo sufficientemente esteso dell'asta.

Le verifiche di tipo locale hanno riguardato singole sezioni in prossimità di ponti e tombature lungo i tratti medio vallivi dei corsi d'acqua minori e lungo i tratti dei rivi principali per i quali non sia stato possibile effettuare altri tipi di verifiche.

Per quanto riguarda le caratteristiche dimensionali dell'alveo e dei manufatti con esso interferenti, si è fatto riferimento ad una serie di rilievi topografici, effettuati nell'ambito dell'attività di indagine propedeutica alla progettazione definitiva degli interventi.

I rilievi di dettaglio sono stati integrati, ove necessario, con la cartografica tecnica disponibile e con una serie di rilievi diretti in sito effettuati nel corso dei sopralluoghi di ricognizione

Si è anche provveduto alla verifica dei fenomeni di erosione in alveo dovuta alla presenza di elementi rigidi o ad elementi di protezione delle sponde e del fondo alveo.

7.1. Verifiche idrauliche globali

Le verifiche idrauliche di tipo globale sono state effettuate mediante l'ausilio di un *software*¹ per il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali che consente anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombature, briglie, stramazzi, aree golenali, ecc.

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde, mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni, in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni d'inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

¹. HEC-RAS, Haestad Methods Inc. - Waterbury USA

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00 Foglio 10 di 18

$$J = \left[\frac{Q}{K} \right]^2$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove $A[m^2]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{-1/3} s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e $V_2 [m/s]$ sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombature (*culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.).

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalco dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di Yarnell per correnti lente.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[m^2]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00
	Foglio 11 di 18

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita sulla soglia di larghezza $L[m]$ e $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalco del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazze e defluite al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

La verifica del nodo di confluenza è eseguita mediante l'applicazione del teorema della quantità di moto.

In particolare è stato individuato un volume di controllo definito dalla superficie di contorno del tratto in esame in cui è applicabile la relazione generale:

$$F_e + G = M_u - M_e$$

dove F_e è la risultante delle forze di superficie (spinta idrostatica e attrito del fondo e delle pareti) agenti dall'esterno sul volume di controllo, G è la risultante delle forze di massa (in genere la forza peso), M_u ed M_e le quantità di moto delle masse che nell'unità di tempo entrano ed escono dal volume di controllo.

La metodologia di calcolo è applicabile al caso specifico di due rami che confluiscono in un terzo e alla confluenza di un affluente nel corso d'acqua principale secondo un angolo di incidenza α rispetto alla direttrice principale di deflusso.

Il volume di controllo è individuato dalle due sezioni poste a monte della confluenza (individuate dai pedici 1 e 2 rispettivamente) ed una posta a valle (pedice 3).

Proiettando l'equazione della quantità di moto secondo l'asse del corso d'acqua di valle, che forma un angolo α_{1-2} e α_{1-3} con gli assi dei due corsi d'acqua a monte, vale la relazione:

$$(my + mq)_3 = (my + mq)_1 \cdot \cos \alpha_{1-3} + (W - F_f)_{1-3} + (my + mq)_{2-3} \cdot \cos \alpha_{2-3} + (W - F_f)_{2-3}$$

avendo indicato con:

$my = A \cdot Y =$ prodotto dell'area per la distanza verticale tra il pelo libero e il centro di gravità delle sezioni di deflusso.

$$mq = \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

$F_f =$ forza dovuta all'attrito sul fondo e sulle pareti.

$W_x =$ forza peso nella direzione del flusso.

Ai fini della risoluzione dell'equazione dei momenti sono state fatte le seguenti assunzioni:

- rigurgito in corrente lenta con profondità del pelo libero nota nella sezione di valle;
- uguaglianza tra le quote del pelo libero nelle sezioni di monte del corso d'acqua principale e in quella dell'affluente;
- calcolo delle componenti di attrito e del peso come media pesata dei valori tra le sezioni di monte del corso d'acqua principale, dell'affluente e di valle, in funzione delle portate e dell'angolo di incidenza.

7.2. Verifiche puntuali

Le verifiche idrauliche sono state condotte secondo un tipo d'approccio a carattere locale riferito ad un singolo manufatto o una singola sezione.

In assenza di variazioni significative della forma e delle dimensioni dell'alveo sono state determinate le caratteristiche della corrente in condizioni di moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00 Foglio 12 di 18

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove Q [m^3/s] è la portata, χ [$m^{1/2} s^{-1}$] il coefficiente di attrito, A [m^2] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, i_f la pendenza dell'alveo.

Le pendenze medie dell'alveo sono state calcolate sulla base dei rilievi di dettaglio o sulla base cartografica disponibile alle diverse scale.

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

dove n [$m^{-1/3} s$] è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione della natura dell'alveo.

La determinazione della profondità di moto uniforme è stata effettuata per pendenze del fondo sino al 10%, considerato il valore limite per l'applicabilità del metodo.

In mancanza di informazioni sulla pendenza del fondo e in casi particolari quali ad esempio le tombinate realizzate al di sotto di rilevati e/o discariche di materiali inerti, anche in presenza di pendenze significative, è stata comunque calcolata la profondità critica corrispondente al minimo contenuto energetico della corrente.

Le condizioni critiche sono state determinate imponendo uguale a 1 il numero di Froude della corrente:

$$\frac{Q}{A} = \sqrt{g \cdot \frac{A}{b}}$$

dove Q [m^3/s] è la portata, A [m^2] l'area e b [m] la larghezza del pelo libero, g [m/s^2] l'accelerazione di gravità. Nel caso di sezioni rettangolari è possibile calcolare direttamente la profondità critica Y_c [m] mediante la:

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \cdot \left(\frac{Q}{b}\right)^2}$$

In presenza di restringimenti dovuti alla particolare conformazione dell'alveo o alla presenza di manufatti artificiali, si è ipotizzato il moto con transizione attraverso lo stato critico all'interno della sezione ristretta ed è stata calcolata la profondità nella sezione di monte dovuta al rigurgito in corrente lenta.

Il calcolo è stato eseguito mediante l'utilizzo della formula di Marchi, valida per sezioni rettangolari:

$$Y_m = K \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b_m^2 \cdot F_L^2}}$$

dove K è un fattore di forma, b_m [m] è la larghezza della sezione di monte e F_L è il valore del numero di Froude limite tabulato in funzione del rapporto di restringimento.

Il valore di K è stato assunto per tutte le verifiche uguale a 1.14, corrispondente alla situazione più sfavorevole di pile con fronti squadrati.

7.3. Analisi dei fenomeni di erosione

Erosioni in alveo

Ai fini della valutazione dell'erosione in alveo dovuta alla presenza di elementi rigidi (platee, fondazioni di argini, briglie ecc.) si fa riferimento al caso più significativo del deflusso attraverso una soglia a stramazzo (o briglia).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00 Foglio 13 di 18

Per la determinazione della massima profondità di erosione al piede si è fatto riferimento alla formula di Schoklitsch², alla base di tutti i successivi studi di settore, espressa nella seguente forma:

$$y_s = 4.75 \cdot H^{0.2} \cdot q^{0.57} \cdot d_{90}^{-0.32} - y_0$$

dove $H[m]$ è la differenza fra i peli liberi a monte e a valle della briglia, $q[m^2/s]$ è la portata per unità di larghezza della briglia, $d_{90}[mm]$ è il diametro del vaglio che consente il passaggio del 90% in peso del materiale che costituisce il fondo e $y_0[m]$ è la profondità della corrente a valle della briglia.

Opere di protezione in massi naturali

Nei casi in cui sia necessario realizzare delle opere di protezione delle sponde o del fondo di un corso d'acqua con strutture permeabili, deformabili e isolate, quali le scogliere in pietrame sciolto, gabbioni, o materassi Reno, occorre determinare le condizioni di equilibrio del singolo masso soggetto alle forze idrodinamiche della corrente che tendono a metterlo in movimento.

Si tratta cioè di determinare le dimensioni minime del singolo masso, e conseguentemente il suo peso, in grado di garantire le condizioni di stabilità in presenza di una corrente caratterizzata da una velocità media v .

Le formule di uso più comune, derivate dagli studi di Shields sul trasporto solido, definiscono la velocità critica v_{cr} che dà luogo al moto in funzione del diametro equivalente d della particella immersa nella corrente secondo la seguente espressione

$$v_{cr} = k \cdot d^{0.5}$$

con v_{cr} espresso in m/s e d in metri.

Il coefficiente k assume valori variabili fra 4 e 8; nella comune pratica progettuale si assume per $k=5^3$.

Quando k supera il valore di 8 si determinano le condizioni di movimento del singolo masso: pertanto, per il dimensionamento di massi cementati sul fondo dell'alveo, cautelativamente si assume un valore di k pari a 8.

Assumendo come velocità critica la velocità della corrente e risolvendo l'espressione secondo d , si ottiene la dimensione minima del masso da utilizzare nel caso esaminato.

La velocità che interessa è quella al fondo: nel caso in cui il battente idrico sia molto maggiore della dimensione del materiale la velocità al fondo può essere assunta pari al 75% della velocità media; nel caso in cui invece la dimensione del materiale sia confrontabile con la profondità della corrente è bene assumere come velocità al fondo la velocità media.

Analogamente alle soluzioni con massi naturali, sarà possibile fare ricorso a sistemi di gabbioni di dimensioni tali da garantire i pesi corrispondenti ai dimensionamenti precedentemente indicati, privilegiando la dimensione standard 1.0x1.0x2.0 m o materassi reno di spessore pari a 0.5 m.

8. VERIFICHE IDRAULICHE

8.1. Portate di progetto

Con riferimento allo Studio Idrologico al quale si rimanda per ogni indicazione di dettaglio circa la metodologia di analisi e di calcolo adottata, le verifiche globali in moto permanente sono state effettuate nella condizione più significativa di piena sul t. Lemme a valle della confluenza, con i seguenti valori di portata:

² A.Schoklitsch: Kolkbildung unter Überfallstrahlen, Die Wassewirtschaft (1932)

A. Schoklitsch: Stauraumverlandung und Kolkabwehr, Julius Springer, Wien (1935)

³ L. Da Deppo-C. Datei-P. Salandin: Sistemazione dei corsi d'acqua, Cortina edizioni, Padova 1997.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00 Foglio 14 di 18

- t. Lemme a valle della confluenza con il t. Ardana Q= 741 m³/s
- t. Lemme a monte della confluenza con il t. Ardana Q= 628 m³/s
- t. Ardana a monte della confluenza con il t. Lemme Q= 113 m³/s.

Per i corsi d'acqua minori interferenti, la portata di progetto è stata determinata applicando la formula razionale come previsto dal PAI: i risultati sono riportati nella Relazione idrologica.

8.2. Verifiche idrauliche

Ponte sul Torrente Lemme in località Maddalena nel Comune di Gavi

Le verifiche idrauliche del t. Lemme in corrispondenza della confluenza con il rio Ardana sono state condotte attraverso il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente variato nella configurazione attuale dell'alveo e nello stato di progetto.

Le informazioni di carattere topografico ai fini della verifica sono state desunte da un rilievo plano-altimetrico dell'alveo e delle aree adiacenti eseguito nell'ambito del progetto generale.

Lungo l'asta del corso d'acqua sono state individuate una serie di sezioni trasversali numerate dalla 1 alla 6, in funzione delle caratteristiche plano altimetriche del fondo, delle sponde e del ponte attuale e di progetto.

Nelle sezioni di calcolo del profilo quale quota di riferimento della sommità degli argini è stata assunta, quando presente, quella del piano viabile delle strade adiacenti.

Le verifiche sono state effettuate nell'ipotesi di sponde infinite qualora il livello di piena superi le quote di sommità arginali.

Ai fini del calcolo è stato assunto un valore del coefficiente di scabrezza equivalente n pari a 0.03 corrispondente alla situazione di alveo naturale con presenza di ciottoli e ghiaia, sezioni di forma sostanzialmente regolare, presenza di ostruzioni in alveo quali pile di ponti, basamenti di tralicci ecc., scarsa presenza di vegetazione.

A favore di sicurezza si è preferito integrare i profili di rigurgito per la sola corrente lenta da valle verso monte, imponendo come condizione al contorno la profondità critica nella sezione di valle assunta come sezione di controllo.

I risultati sono riassunti in forma numerica e grafica per ciascuna configurazione esaminata nei seguenti elaborati riportati in Allegato A2:

Stato attuale:

- Schema planimetrico dell'alveo con l'indicazione delle sezioni idrauliche di calcolo in scala 1:1000;
- Profilo di rigurgito in scala 1:1500/1:100;
- Tabella riassuntiva dei risultati;
- Sezioni trasversali di calcolo in scala 1:500/1:150 con l'indicazione delle quote del pelo libero.

Stato di progetto:

- Schema planimetrico dell'alveo con l'indicazione delle sezioni idrauliche di calcolo in scala 1:1000;
- Profilo di rigurgito in scala 1500/100;
- Tabelle riassuntive dei risultati;
- Sezioni trasversali di calcolo in scala 1:500/1:150 con l'indicazione delle quote del pelo libero.

Confronto attuale / progetto:

- Profilo di rigurgito in scala 1:1500/1:100.
- Sezioni trasversali di calcolo in scala 1:1000/1:150 con l'indicazione delle quote del pelo libero.

Di seguito si riporta una descrizione dei risultati delle verifiche per le due configurazioni esaminate.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00 Foglio 15 di 18

Stato attuale

La confluenza con il torrente Ardana genera sul t. Lemme un rigurgito in corrente lenta verso monte con altezze del pelo libero comprese tra 3.0 m a valle e 4.35 m a monte e velocità comprese tra 2.8 e 5 m/s.

Il deflusso attraverso il ponte avviene in corrente lenta, con quota del pelo libero prossima alla quota di imposta degli archi con una distanza di oltre 3 m rispetto alla sommità degli stessi.

Il livello di piena, in corrispondenza della confluenza, è superiore alle quote dei terreni adiacenti in sponda sinistra senza interessare il piano viabile della SP 160.

Stato di progetto

Gli interventi previsti nell'ambito del progetto della nuova viabilità non modificano sostanzialmente l'attuale assetto idraulico del corso d'acqua.

Il profilo presenta un abbassamento del livello a monte della sezione del vecchio ponte di circa 0.5 m, provocato dall'allargamento della sezione di deflusso.

Il deflusso attraverso il nuovo ponte avviene con velocità pari a circa 2.8 m/s e profondità della corrente pari a circa 4.4 m.

Il franco rispetto all'intradosso varia tra 0.5 e 2.6 m: come prescritto dal PAI, risulta garantito un franco superiore a 1 m per oltre i 2/3 della luce del ponte.

I franchi di sicurezza rispetto alla quota della nuova viabilità spondale risultano ovunque superiori a 1.5 m.

Attraversamenti minori

Nelle verifiche idrauliche è stato assunto un valore n [$m^{-1/3}s$] del coefficiente dimensionale di scabrezza pari a 0.015 per le condotte in PVC, 0.02 per le opere in calcestruzzo e 0.03 per gli alvei naturali regolari in terra o rivestito con pareti di cemento solo in parte intonacate o con muratura irregolare, con depositi al fondo.

Nelle verifiche sono assunti come idraulicamente adeguati le tubazioni con un rapporto d'invaso inferiore a 0.75 e i manufatti con un franco superiore a 0.5 m rispetto all'intradosso.

In tabella dell'allegato A3, di ciascun attraversamento sono indicate la tipologia, le caratteristiche geometriche attuali, l'altezza di moto uniforme, il rapporto d'invaso la velocità e il numero di Froude.

Nei casi in cui la verifica idraulica non risulta soddisfatta sono altresì indicati la tipologia e le dimensioni del nuovo attraversamento.

Su un totale di 24 attraversamenti in 4 casi non è verificata la condizione di deflusso della portata al colmo di piena, comprensiva del franco minimo richiesto.

In particolare non risultano verificati 3 condotte DN 500 (attraversamenti 1, 7, 8), per le quali è prevista la sostituzione con tubazioni DN 1000 e uno scatolare rettangolare 1.7 x 0.4 m (attraversamento 2) per il quale è previsto la sostituzione con uno scatolare 2 x 1 m, previa verifica in posa esecutiva dell'eventuale interrimento della struttura.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00 Foglio 16 di 18

8.3. Calcolo dell'erosione e dimensionamento delle opere di protezione

Per il ponte sul t. Lemme si è provveduto a determinare il valore dell'erosione massima nel caso di pile in alveo secondo metodologia proposta nel paragrafo 7.3: i risultati ottenuti sono stati applicati anche alle protezioni spondali previste in prossimità delle spalle.

Il calcolo è stato eseguito con riferimento ai parametri idraulici della sezione in corrispondenza del ponte da cui risulta che il transito della corrente avviene con velocità pari a 2.8 m/s e un'altezza pari a 4.4 m.

Le pile in progetto sono di forma circolare con diametro pari a 3.5 m.

Assumendo i valori sopra indicati, un diametro caratteristico del materiale sul fondo (d_{50}) pari a 300 mm e un peso specifico dello stesso pari a 2700 kg/m³, il valore della massima erosione risulta pari a 2 m.

L'intradosso della fondazione delle pile e delle arginature in massi naturali dovrà pertanto essere posto ad una profondità minima rispetto al fondo alveo superiore a 2 metri, mentre l'estradosso della stessa dovrà avere un ricoprimento minimo di almeno 1 metro.

I massi naturali da utilizzarsi per le protezioni delle spalle e delle fondazioni delle pile dovranno avere un peso compreso fra 1 e 3 tonnellate.

8.4. Fase di cantiere

Sebbene le arginature provvisorie necessarie all'esecuzione dei lavori in alveo siano previste in materiale sciolto, facilmente movimentabile dalle correnti idriche che dovessero sormontare gli argini stessi eliminando di fatto la parziale ostruzione rappresentata da tali opere, cautelativamente si è proceduto alla verifica idraulica della fase di cantiere in presenza degli argini provvisori ipotizzati stabilmente in posto.

8.4.1. Portate di verifica

Facendo riferimento alla Relazioni idrologica cui si rimanda, le verifiche idrauliche globali relative alle fasi di cantiere sono state effettuate nella condizione più significativa di piena sul t. Lemme a valle della confluenza, con i valori di portata 200-ennale di cui al paragrafo 8.1 e con i seguenti valori di portata 20-ennale:

- t. Lemme a valle della confluenza con il t. Ardana Q= 498 m³/s
- t. Lemme a monte della confluenza con il t. Ardana Q= 422 m³/s
- t. Ardana a monte della confluenza con il t. Lemme Q= 76 m³/s

8.4.2. Verifiche idrauliche

Le verifiche idrauliche sono state condotte con le stesse metodologie utilizzate per le verifiche di progetto.

In questa fase le sezioni idrauliche sono state definite rispetto allo stato attuale dell'alveo in presenza delle arginature provvisorie (si veda Allegato A2).

Si è inoltre provveduto ad individuare la portata massima contenuta entro le arginature provvisorie.

Dall'analisi dei risultati riportati in allegato A2 si evidenzia quanto segue:

- verifica con portata 200-ennale: i livelli idrici si mantengono sostanzialmente uguali alle condizioni dello stato attuale; si può pertanto affermare che le arginature provvisorie, anche nel caso in cui non fossero rimosse dalla piena, non influiscono negativamente sul deflusso della portata 200-ennale;
- verifica con portata 20-ennale: il deflusso della portata avviene con battenti idrici compresi fra 2 e 3 m circa e velocità variabili fra 2.3 e 4.4 m/s; la portata non risulta contenuta entro le arginature provvisorie;
- la portata massima contenuta entro le arginature provvisorie, che non provoca pertanto l'allagamento delle aree di cantiere, risulta pari a circa 70 m³/s, di cui 60 m³/s quale contributo del t. Lemme e 10 m³/s

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00 Foglio 17 di 18

del t. Ardana, che transitano con velocità variabili fra 1 e fra 2.5 m/s circa e a cui si può far corrispondere una frequenza inferiore al mese.

9. ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO

Di seguito si riportano alcune valutazioni in merito all'analisi del rischio idraulico connesso alle fasi realizzative degli interventi di realizzazione del ponte sul torrente Lemme.

Il generico rischio $R(t)$ è funzione dell'entità dei beni soggetti al rischio, della loro vulnerabilità, dell'intervallo temporale considerato e del tempo di ritorno associato all'evento critico.

Da ciò deriva che l'analisi di rischio non può prescindere da una adeguata conoscenza dei parametri socio-economici propri dell'area interessata dall'evento.

In mancanza di informazioni relative ai beni soggetti a rischio e alla loro eventuale vulnerabilità, si è proceduto all'individuazione di uno scenario di variazione della pericolosità a seguito di interventi temporanei (cantieri) interferenti con i corsi d'acqua.

È importante sottolineare che, al di là dei risultati che si possono ottenere con la metodologia proposta, la realizzazione dei lavori non potrà comunque prescindere da una corretta e oculata gestione del cantiere volta a garantire la massima sicurezza a cose e persone, siano esse coinvolte o meno nell'esecuzione dei lavori, anche nel rispetto delle prescrizioni che saranno impartite dagli Enti interessati.

Le valutazioni riportate nel seguito hanno pertanto un valore orientativo finalizzato a fornire un quadro di riferimento per gli operatori.

In tale contesto il rischio idraulico, inteso come pericolosità, viene definito come la frequenza di superamento di un evento critico in un determinato orizzonte temporale in relazione alle caratteristiche del sistema idraulico e del complesso infrastrutturale interferente.

Il sistema si intende idraulicamente in crisi ogniqualvolta si manifestano eventi che causano l'esondazione di parte della portata.

Definito il tempo di ritorno T espresso in anni, il rischio residuale R_n che in n anni venga superata la variabile idraulica di riferimento è espresso dalla seguente formula:

$$R_n = 1 - (1 - T^{-1})^n$$

A ciascun valore delle portate con associato tempo di ritorno, indicate nel Piano di Bacino, è stato associato il relativo rischio residuale o grado di pericolosità riferito ad un orizzonte temporale di 3 anni, assunto quale valore di riferimento per la durata presunta del cantiere.

Alla portata 20-ennale risulta associata una probabilità di superamento in tre anni del 14%, alla portata 100-ennale del 3%, alla portata 200-ennale dell'1.5% e alla portata 500-ennale dello 0.6%.

Al fine di valutare la variazione di pericolosità indotta da modifiche anche temporanee della configurazione dell'alveo durante le fasi realizzative, si sono costruite le curve di pericolosità nell'ipotesi di diversi gradi di restringimento delle sezioni di deflusso.

Tali curve sono state ricavate nell'ipotesi semplificativa, ma sufficientemente realistica, di dipendenza lineare tra la portata e la relativa sezione di deflusso (velocità costante).

Nel grafico in Allegato A4 sono riportate le curve di pericolosità per diversi gradi di restringimento.

L'analisi di tali grafici mostra che una riduzione delle sezioni di deflusso del 10% induce un aumento medio della pericolosità di circa 2 volte, una riduzione del 20% induce un aumento medio della pericolosità di circa 3 volte e una riduzione del 30% induce un aumento medio della pericolosità di circa 6 volte.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00</p>	<p>Foglio 18 di 18</p>

In altri termini, ciò significa che l'evento a cui è associata una uguale pericolosità della portata 200-ennale nelle condizioni attuali risulterebbe essere quello con tempo di ritorno pari a circa 110 anni nel primo caso, pari a circa 60 anni nel secondo caso e a 30 anni nel terzo.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

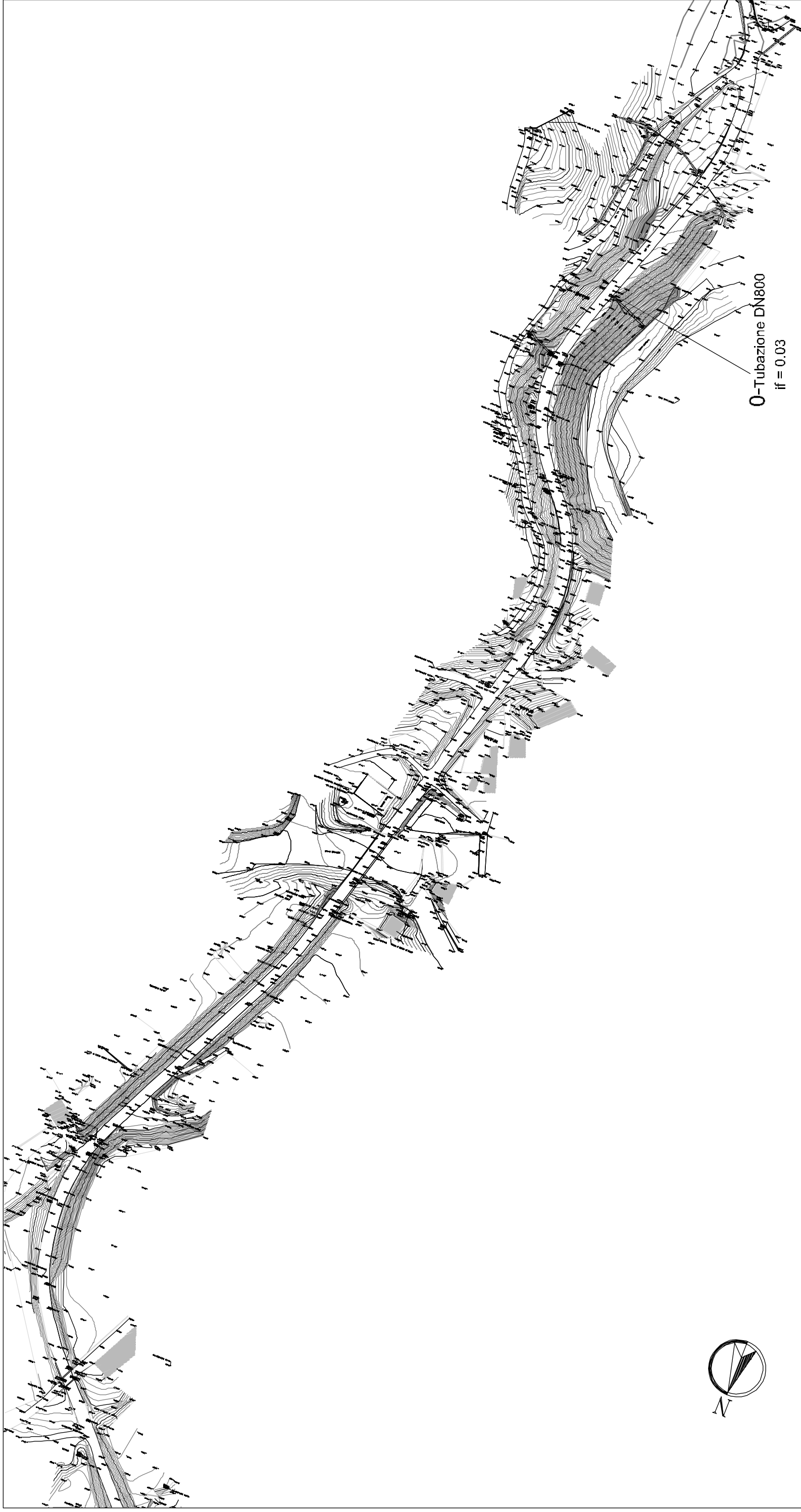


IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00.DOC

Foglio

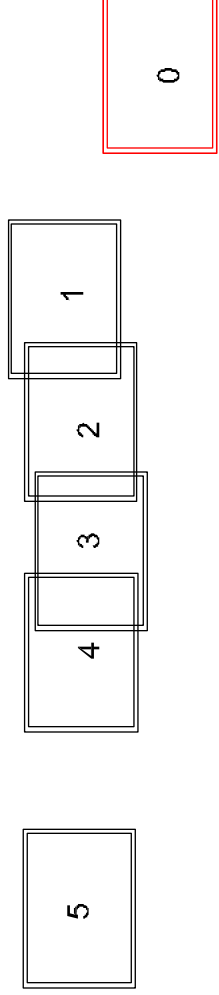
ALLEGATO A1

**PLANIMETRIE CON INDICAZIONE ATTRAVERSAMENTI
STATO ATTUALE – STATO DI PROGETTO**

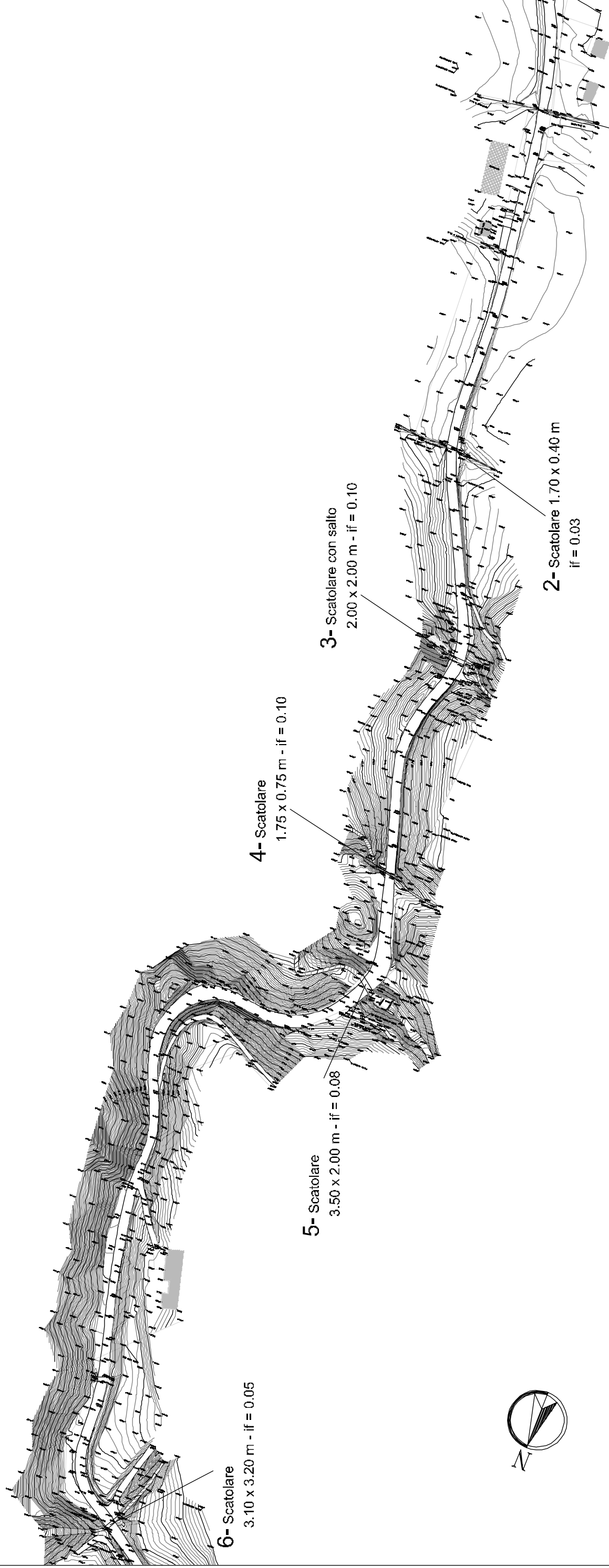


0-Tubazione DN800
if = 0.03

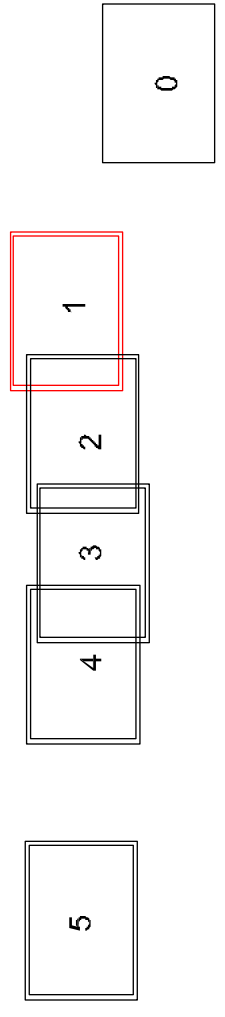
QUADRO D'UNIONE



ADEGUAMENTO S.P. 160 DI VAL LEMME
PLANIMETRIA CON INDICAZIONE
ATTRAVERSAMENTI 0/6
STATO ATTUALE
Scala 1:2500 / 1:200



QUADRO D'UNIONE

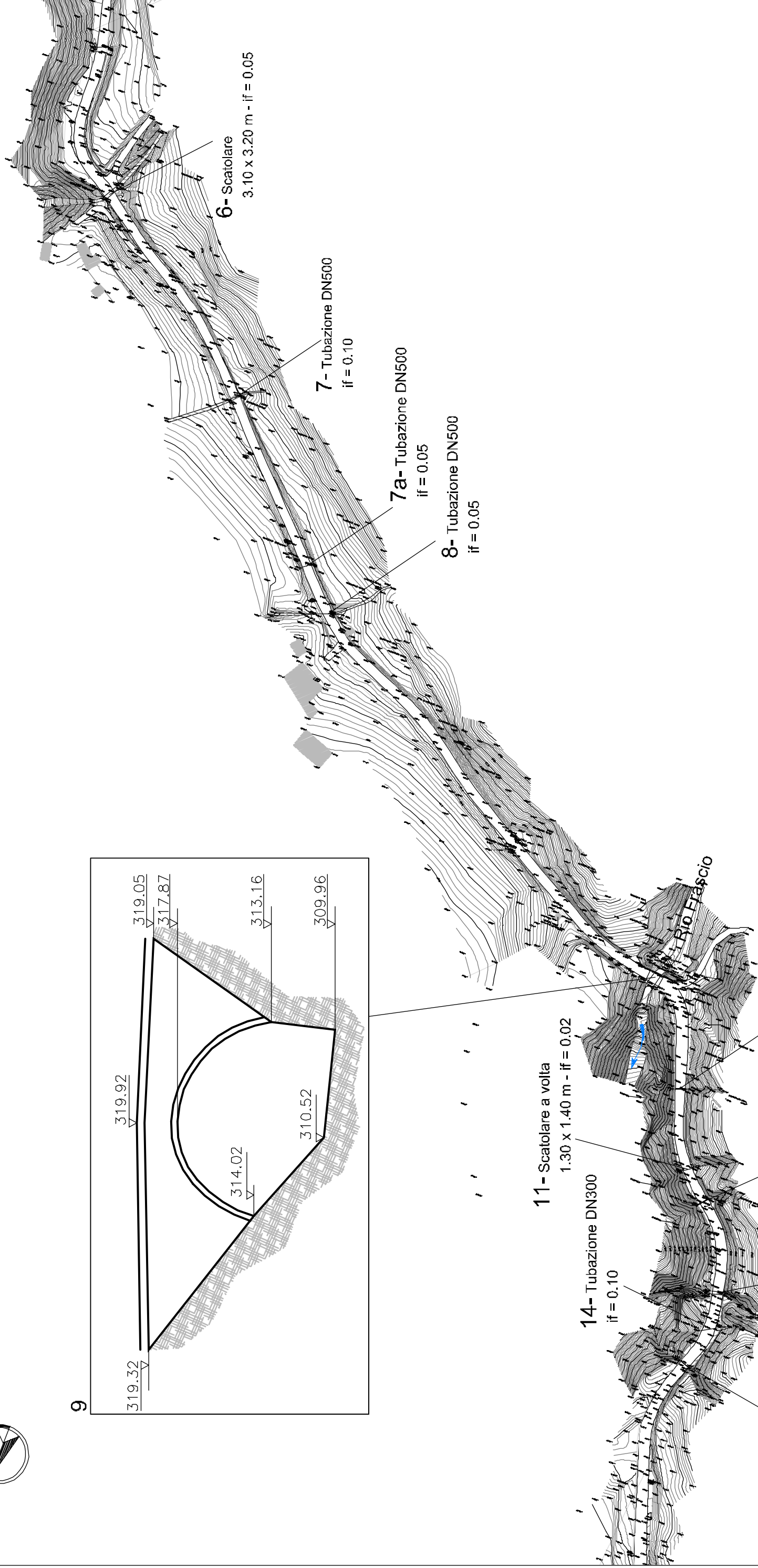
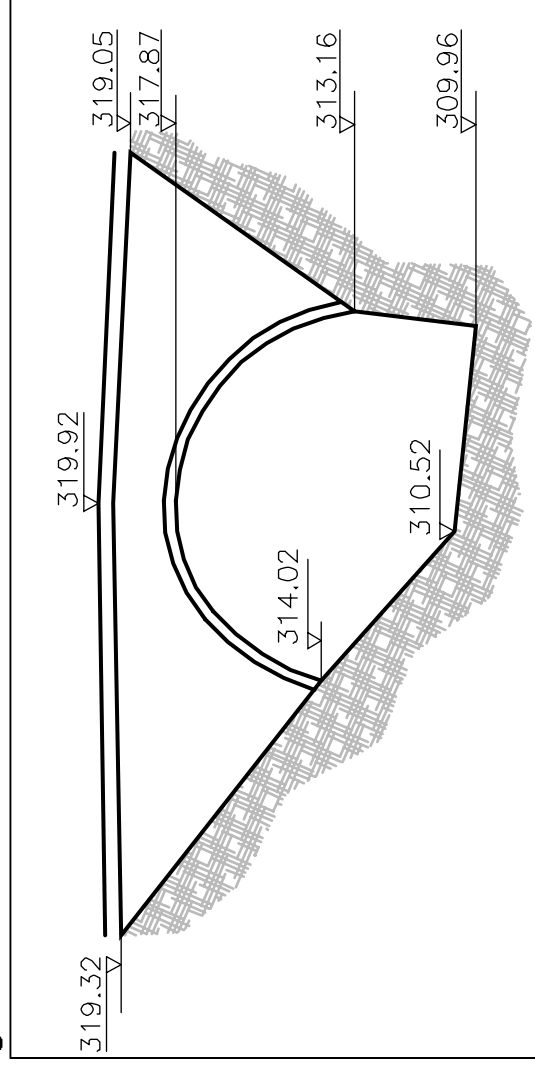


ADEGUAMENTO S.P. 160 DI VAL LEMME
 PLANIMETRIA CON INDICAZIONE
 ATTRAVERSAMENTI 1/6
 STATO ATTUALE
 Scala 1:2500 / 1:200

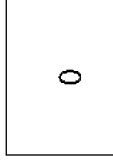
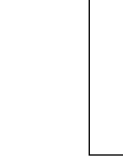
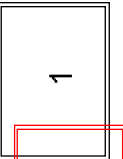
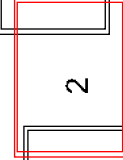
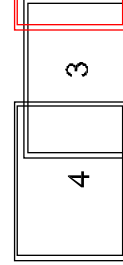
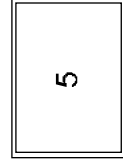
0



9



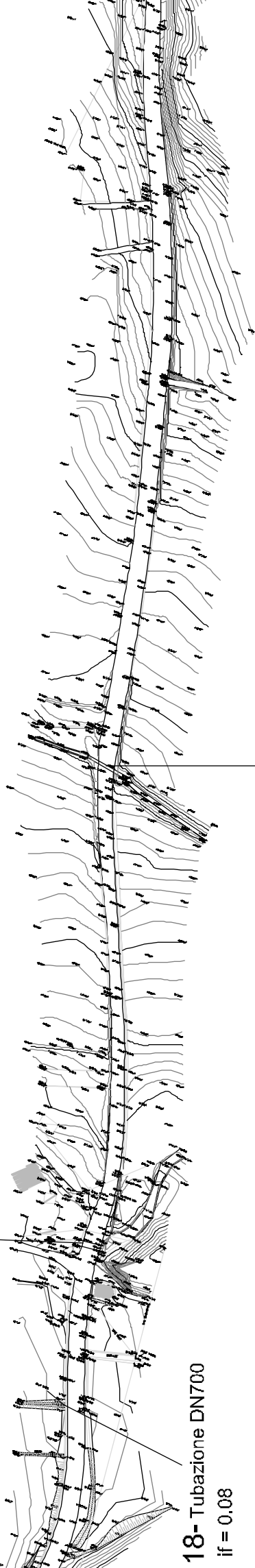
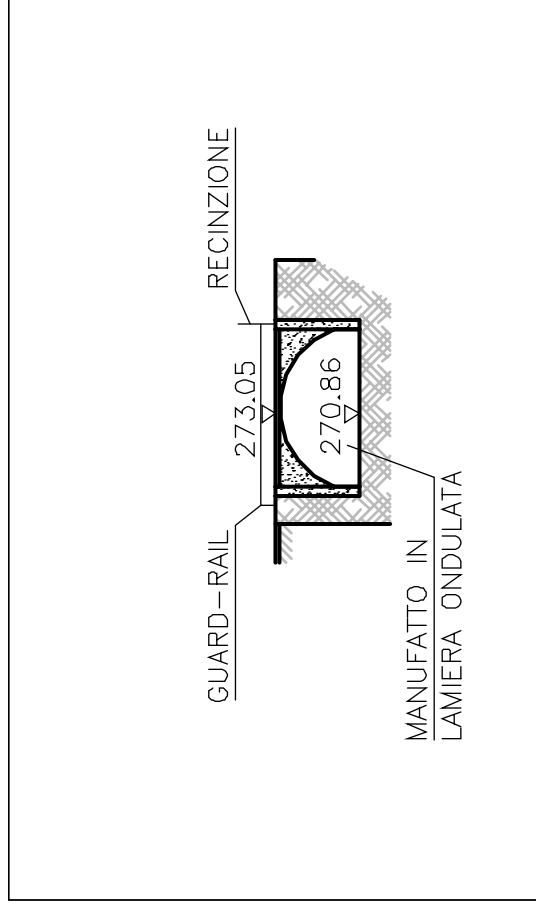
QUADRO D'UNIONE



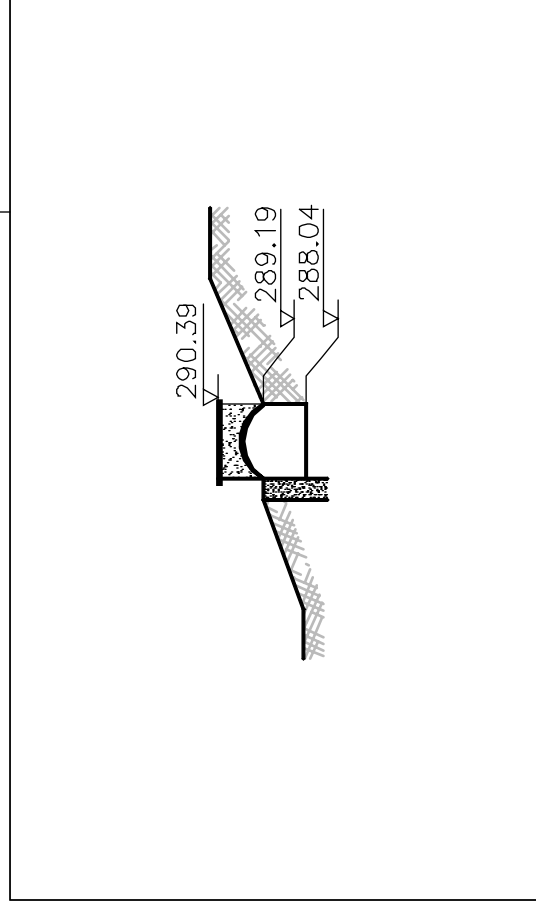
ADEGUAMENTO S.P. 160 DI VAL LEMME
PLANIMETRIA CON INDICAZIONE
ATTRAVERSAMENTI 2/6
STATO ATTUALE
Scala 1:2500 / 1:200



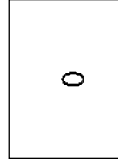
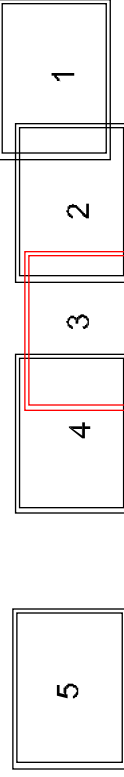
17

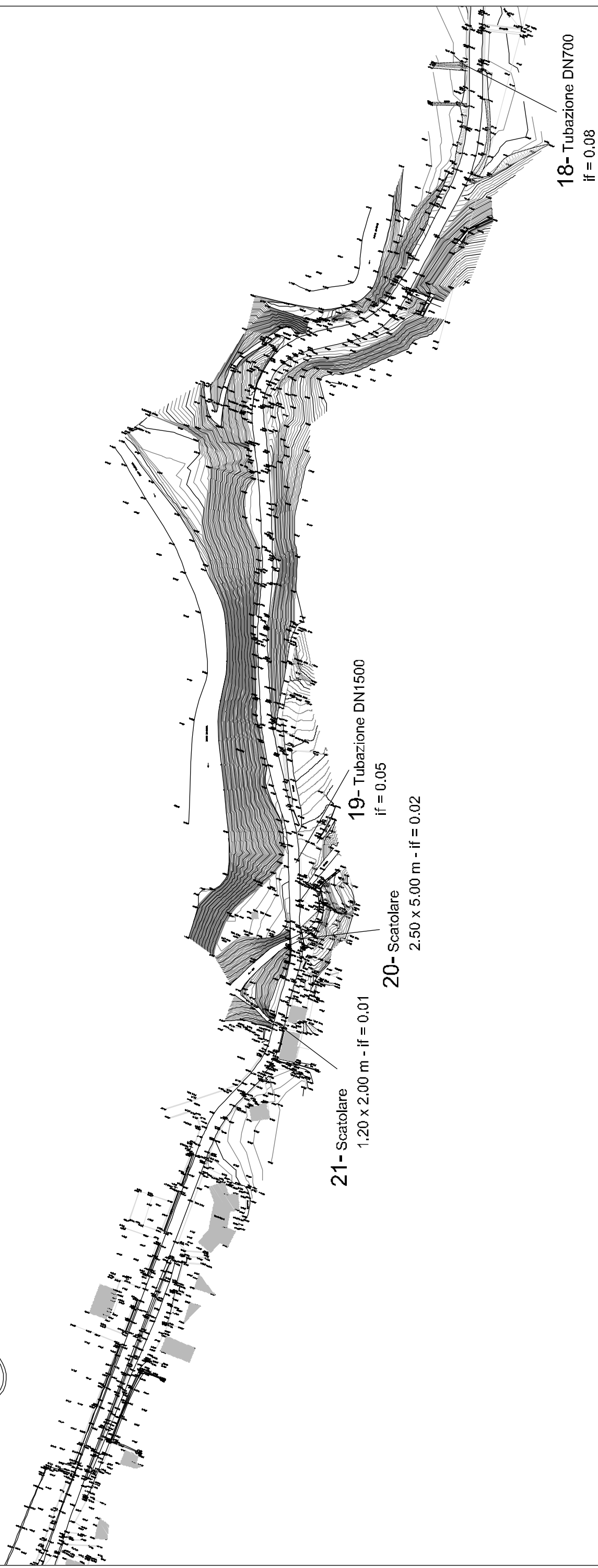


16

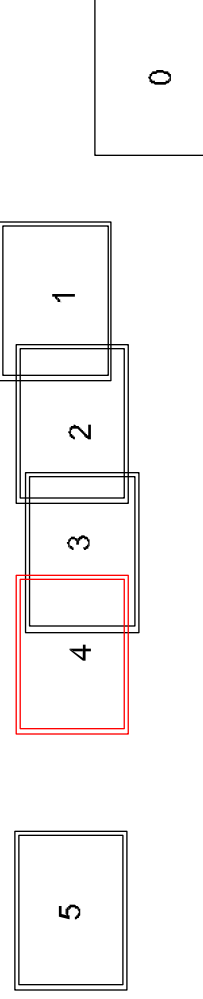


QUADRO D'UNIONE





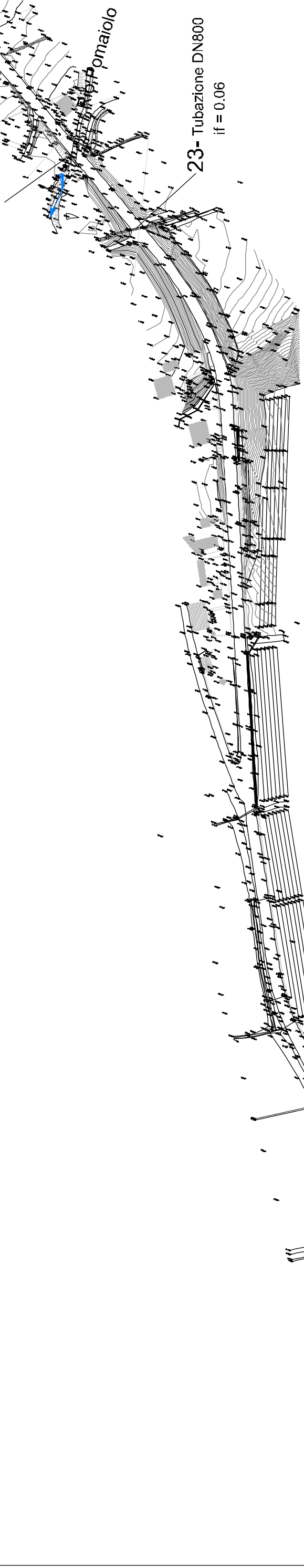
QUADRO D'UNIONE



ADEGUAMENTO S.P. 160 DI VAL LEMME
PLANIMETRIA CON INDICAZIONE
ATTRAVERSAMENTI 4/6
STATO ATTUALE
Scala 1:2500 / 1:200

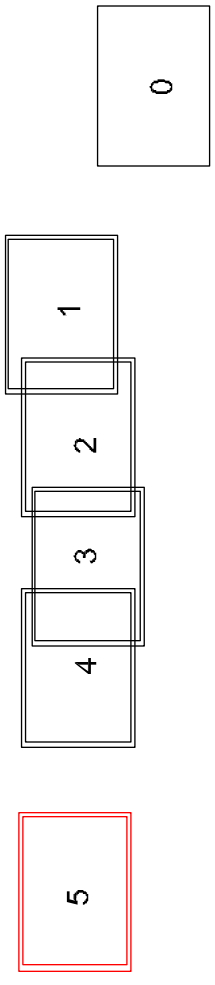


22- Scatolare
3.00 x 3.00 m - if = 0.02

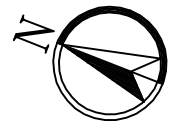
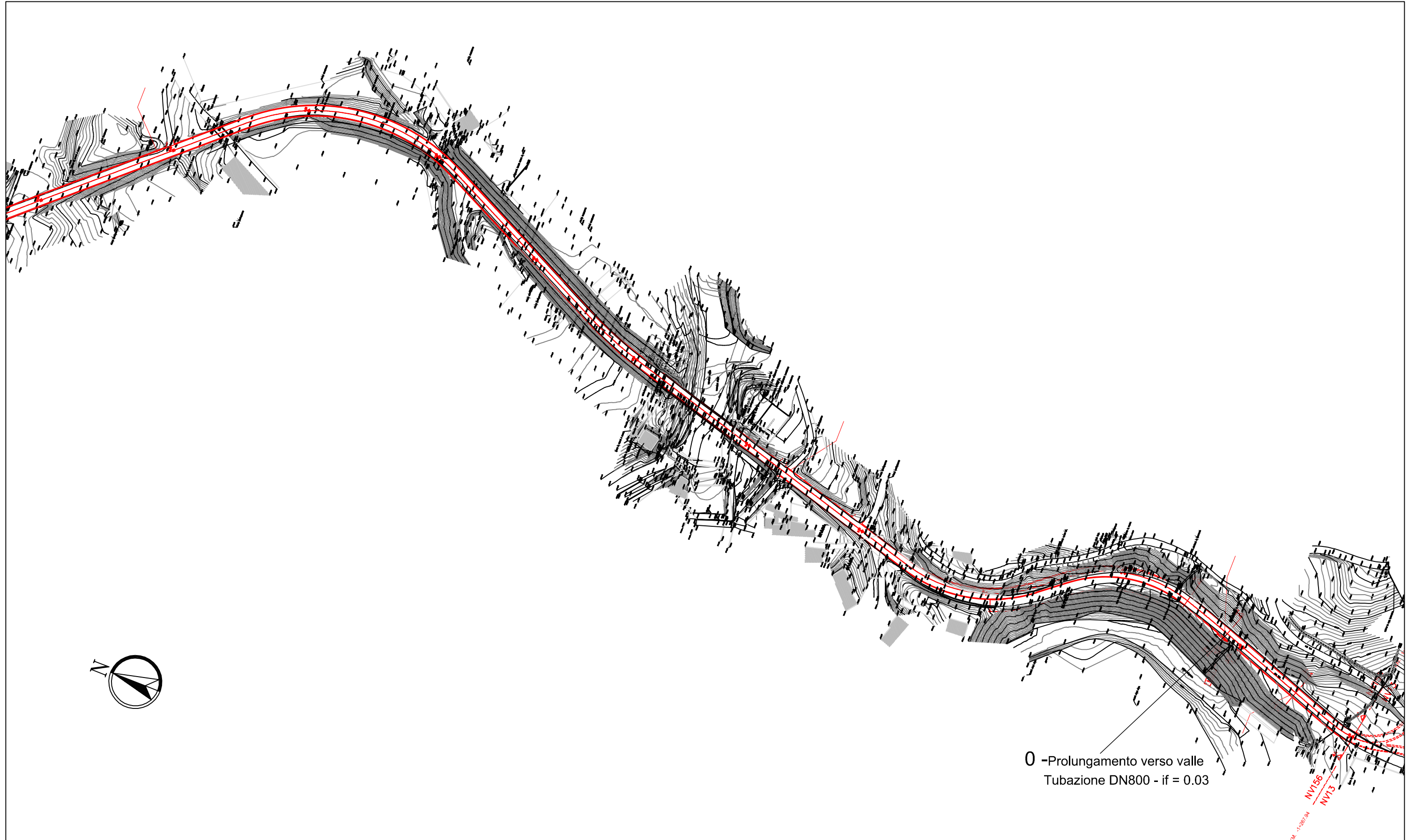


24- Scatolare
3.00 x 6.00 m - if = 0.01

QUADRO D'UNIONE



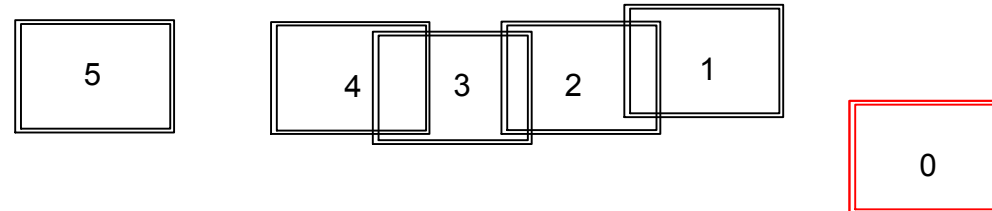
ADEGUAMENTO S.P. 160 DI VAL LEMME
PLANIMETRIA CON INDICAZIONE
ATTRAVERSAMENTI 5/6
STATO ATTUALE
Scala 1:2500 / 1:200



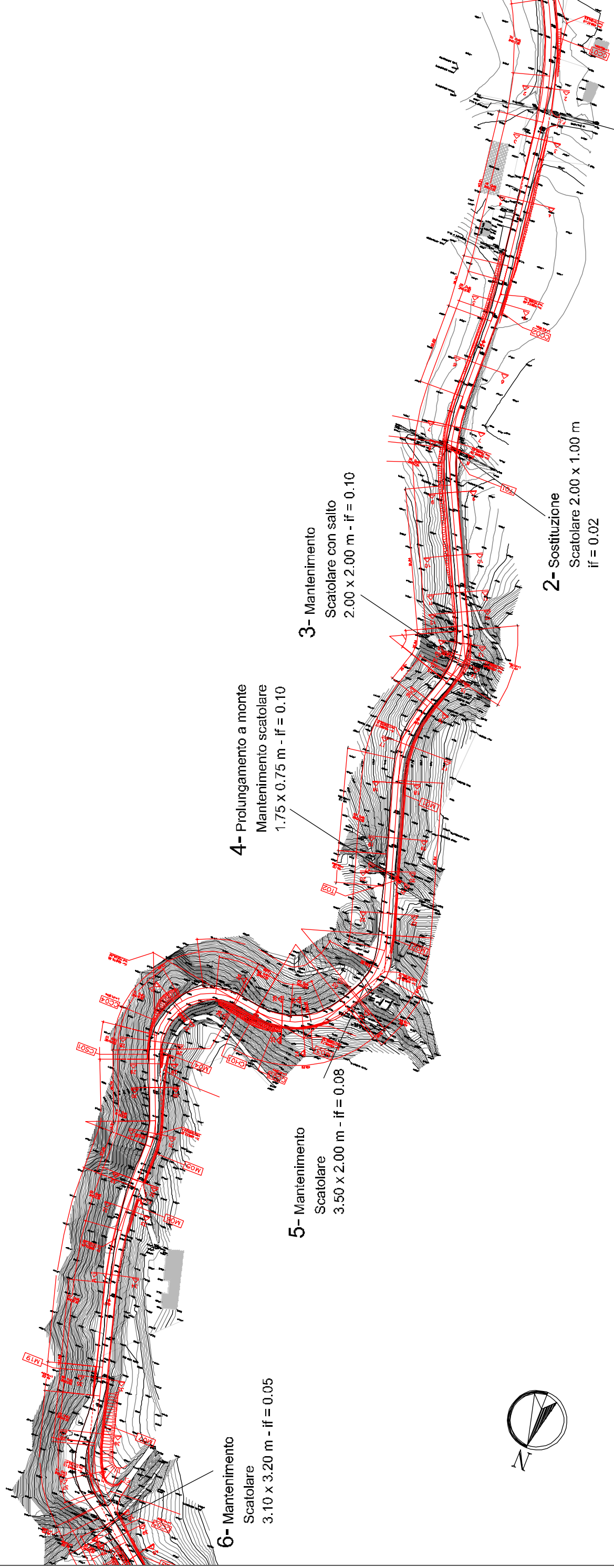
0 -Prolungamento verso valle
Tubazione DN800 - if = 0.03

NV156
NV73

QUADRO D'UNIONE



ADEGUAMENTO S.P.160 DI VAL LEMME
PLANIMETRIA CON INDICAZIONE
ATTRAVERSAMENTI 0/6
STATO DI PROGETTO
Scala 1:2500 / 1:200



6- Mantenimento
 Scatolare
 3.10 x 3.20 m - if = 0.05

5- Mantenimento
 Scatolare
 3.50 x 2.00 m - if = 0.08

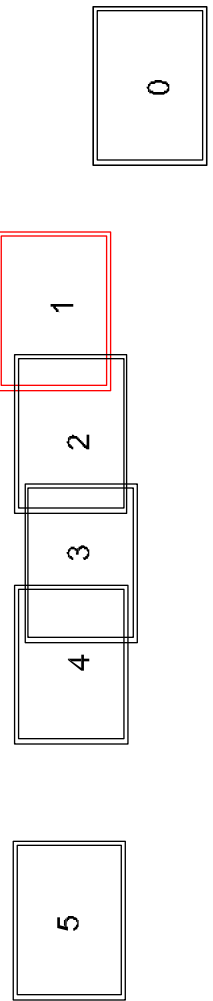
4- Prolungamento a monte
 Mantenimento scatolare
 1.75 x 0.75 m - if = 0.10

3- Mantenimento
 Scatolare con salto
 2.00 x 2.00 m - if = 0.10

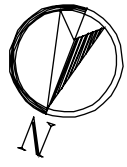
2- Sostituzione
 Scatolare 2.00 x 1.00 m
 if = 0.02

1- Sostituzione
 Tubazione DN1000 - if = 0.02

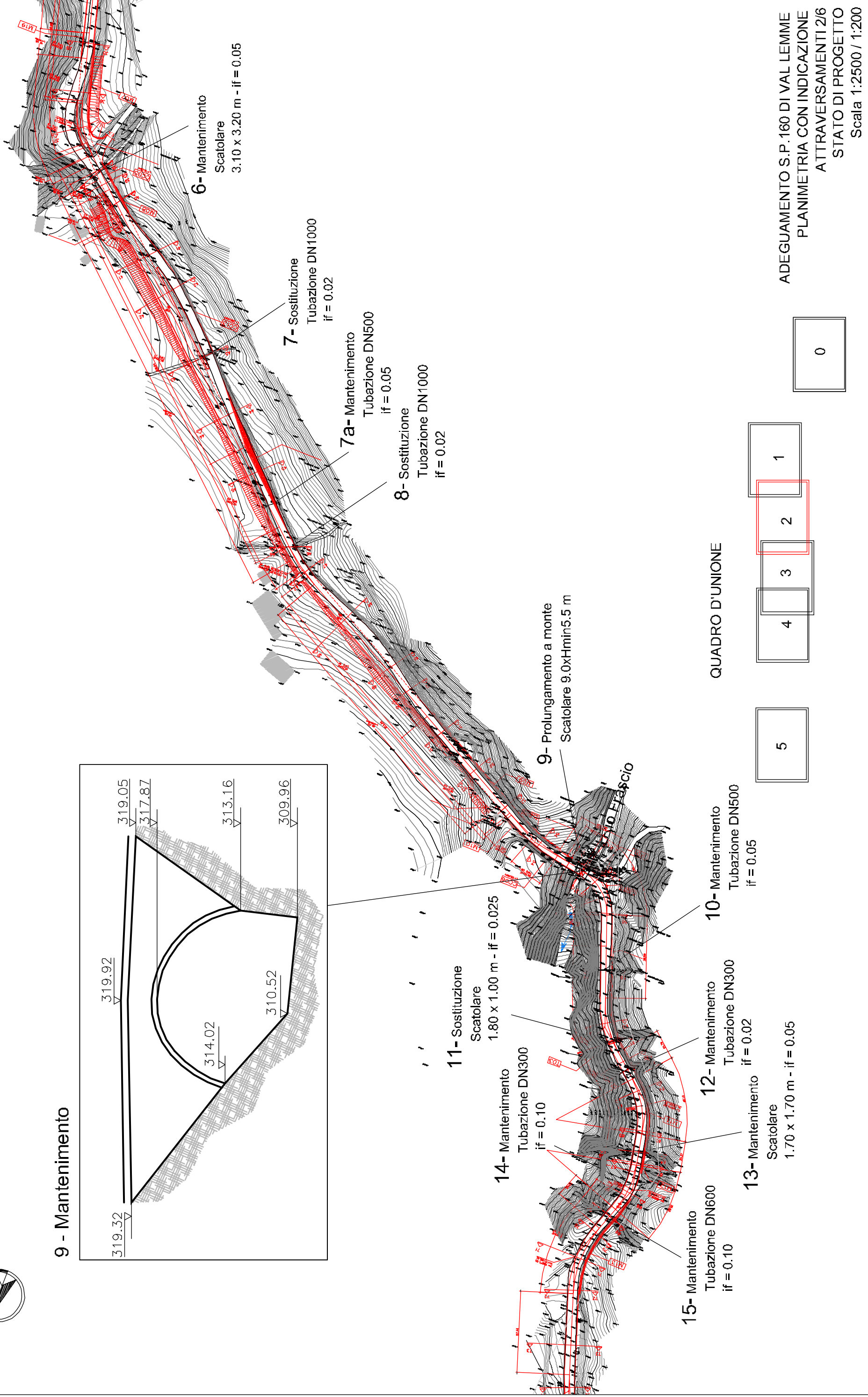
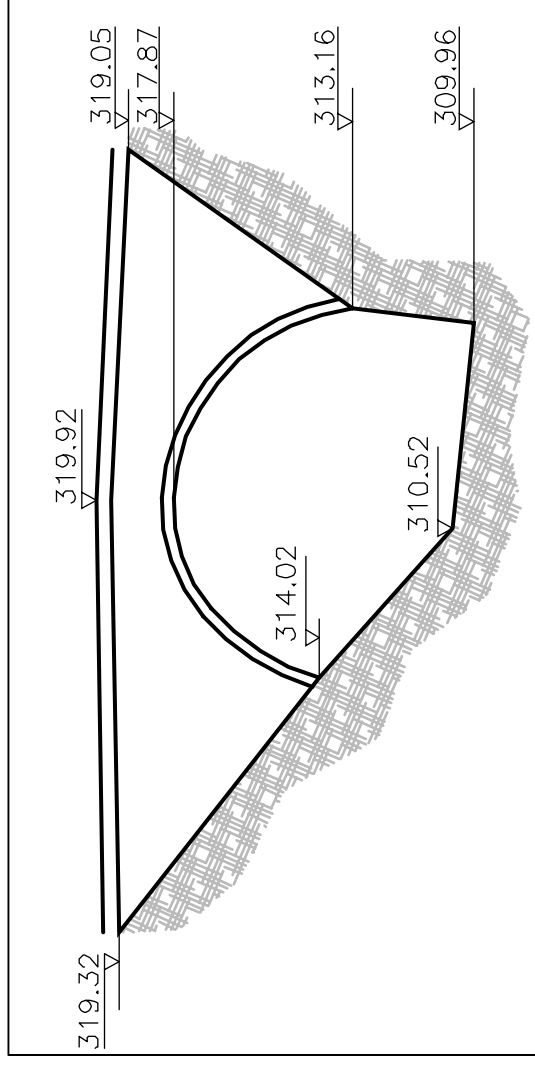
QUADRO D'UNIONE



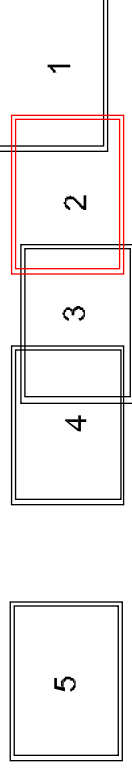
ADEGUAMENTO S.P. 160 DI VAL LEMME
 PLANIMETRIA CON INDICAZIONE
 ATTRAVERSAMENTI 1/6
 STATO DI PROGETTO
 Scala 1:2500 / 1:200



9 - Mantenimento

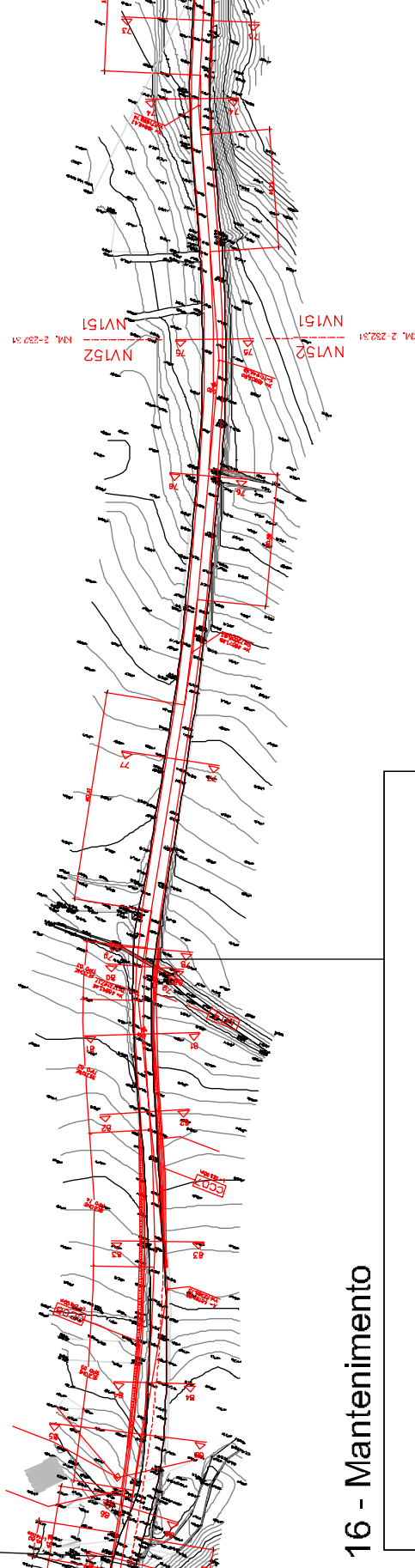
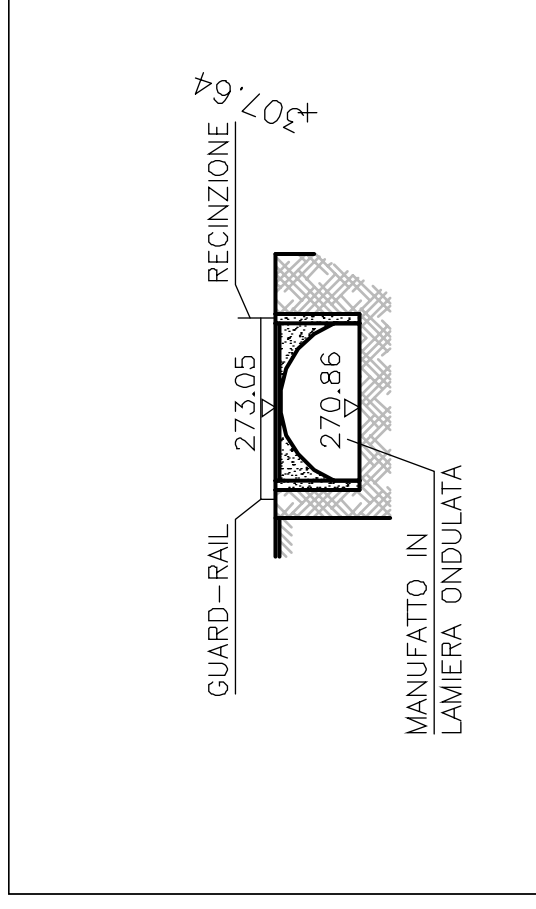


QUADRO D'UNIONE



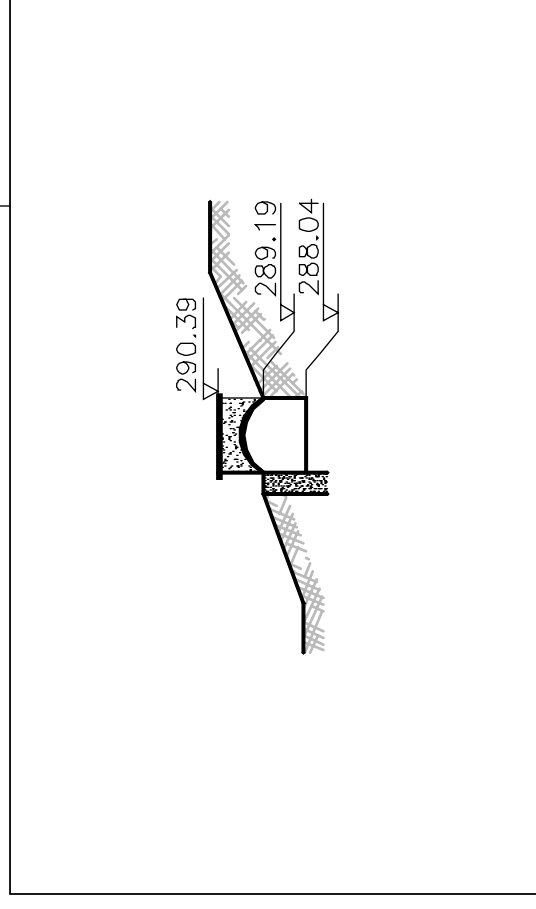
ADEGUAMENTO S.P. 160 DI VAL LEMME
PLANIMETRIA CON INDICAZIONE
ATTRAVERSAMENTI 2/6
STATO DI PROGETTO
Scala 1:2500 / 1:200

17 - Mantenimento

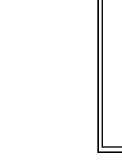
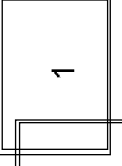
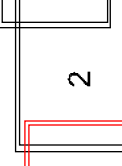
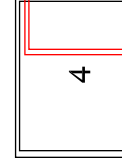
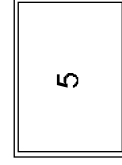


18- Mantenimento
Tubazione DN700
if = 0.08

16 - Mantenimento

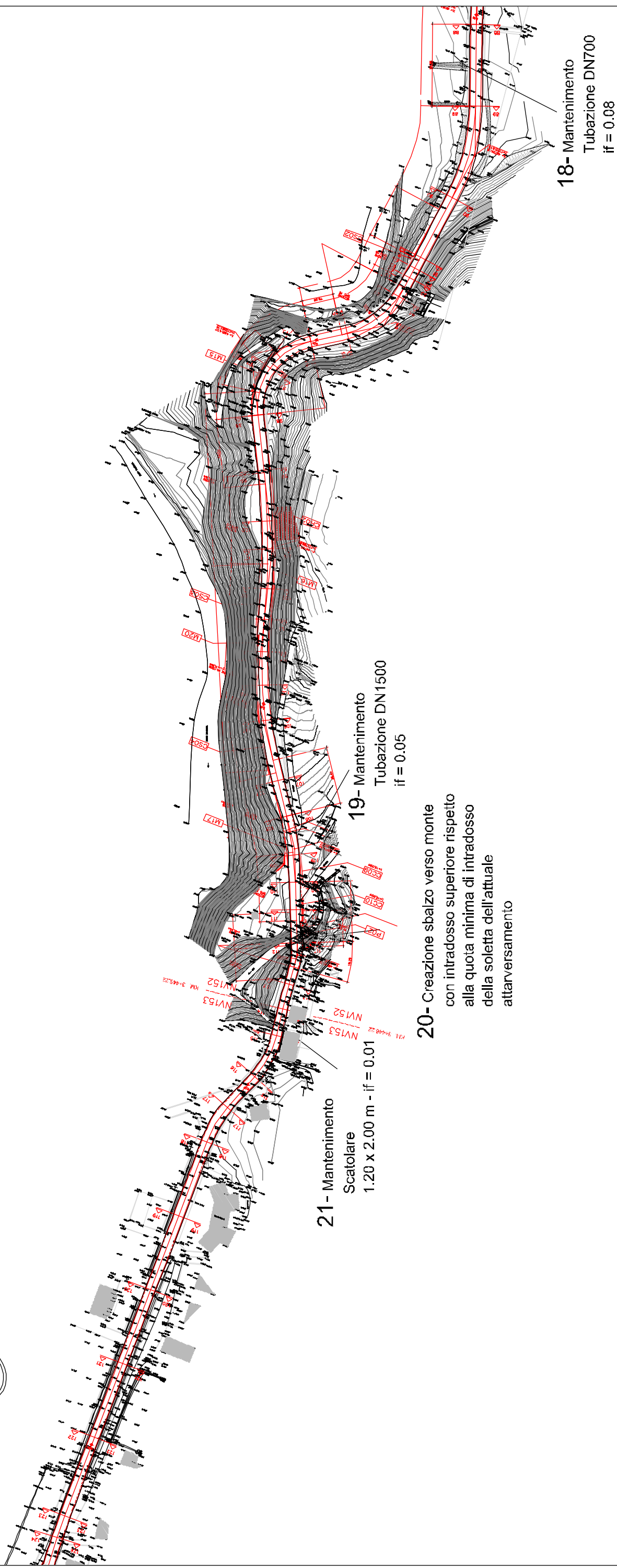


QUADRO D'UNIONE

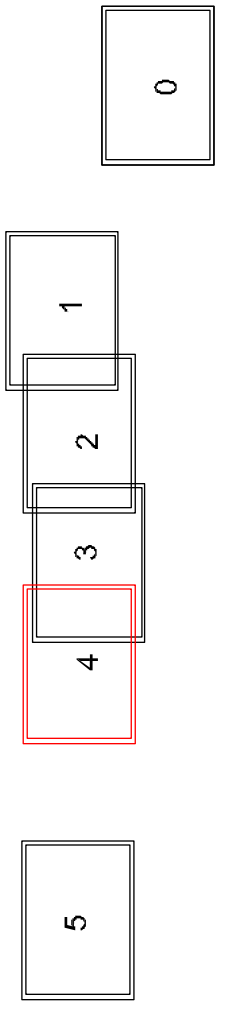


ADEGUAMENTO S.P. 160 DI VAL LEMME
 PLANIMETRIA CON INDICAZIONE
 ATTRAVERSAMENTI 3/6
 STATO DI PROGETTO
 Scala 1:2500 / 1:200

0



QUADRO D'UNIONE



ADEGUAMENTO S.P. 160 DI VAL LEMME
PLANIMETRIA CON INDICAZIONE
ATTRAVERSAMENTI 4/6
STATO DI PROGETTO
Scala 1:2500 / 1:200



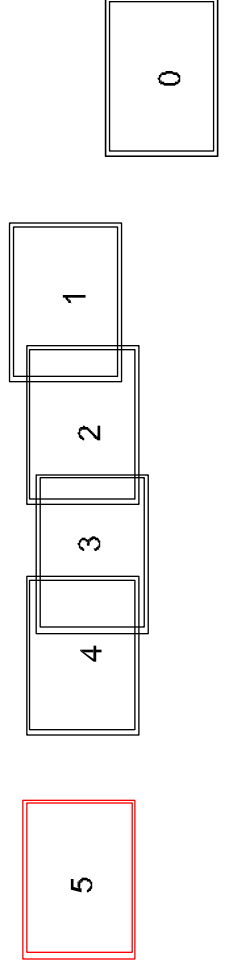
22- Prolungamento a valle
Mantenimento scatolare
3.00 x 3.00 m - if = 0.02

NV153
KM. 5+222.09
NV154
S+222.66
NV153

23- Mantenimento
Tubazione DN800
if = 0.06

24- Mantenimento
Scatolare
3.00 x 6.00 m - if = 0.01

QUADRO D'UNIONE



ADEGUAMENTO S.P. 160 DI VAL LEMME
PLANIMETRIA CON INDICAZIONE
ATTRAVERSAMENTI 5/6
STATO DI PROGETTO
Scala 1:2500 / 1:200

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00.DOC

Foglio

ALLEGATO A2

VERIFICHE IDRAULICHE TORRENTE LEMME



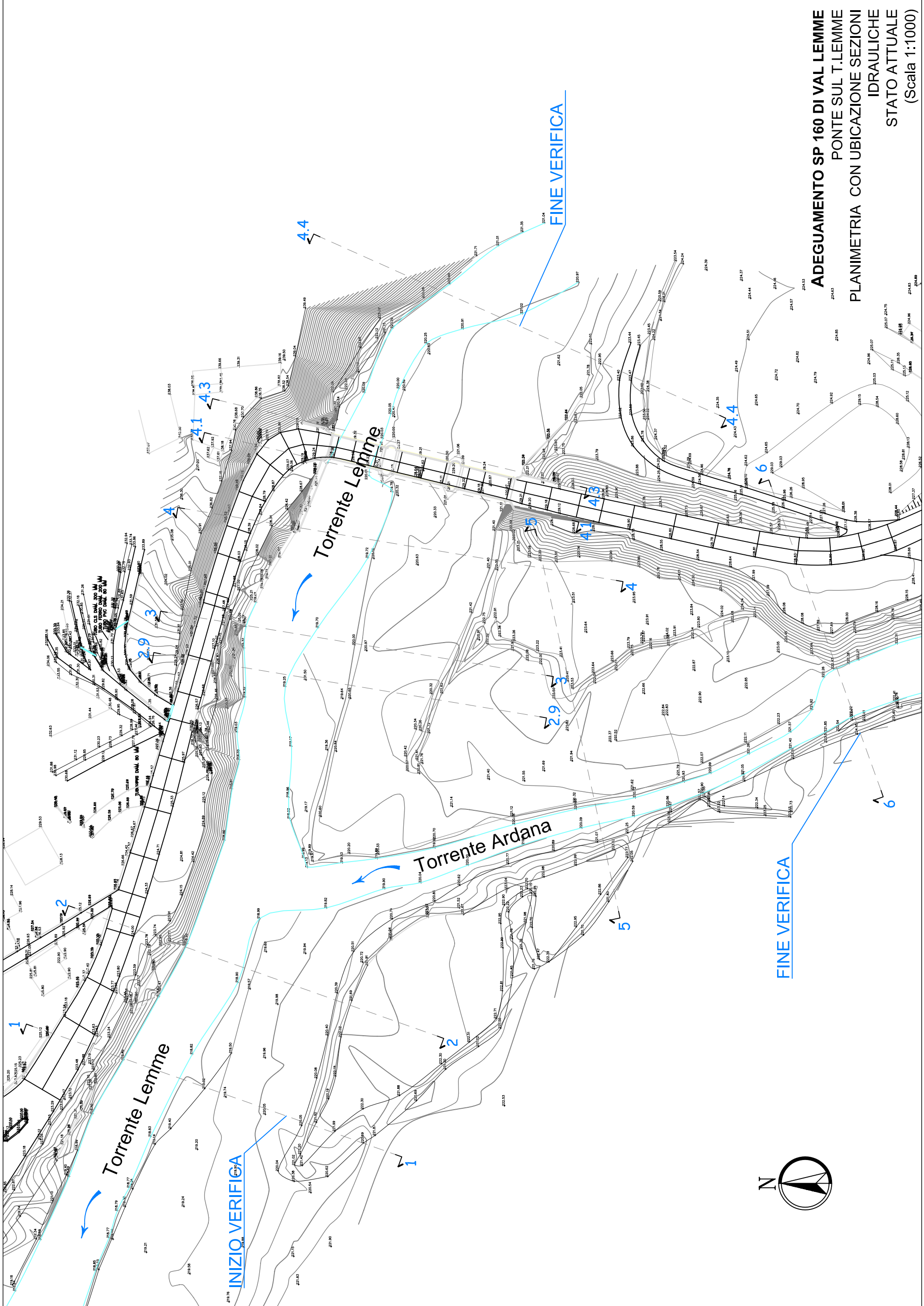
ELENCO ELABORATI ALLEGATO 2

- **Stato attuale**
 - Schema planimetrico dell'alveo con l'indicazione delle sezioni idrauliche di calcolo in scala 1:1000;
 - Profilo di rigurgito
 - Tabella riassuntiva dei risultati
 - Sezioni trasversali di calcolo

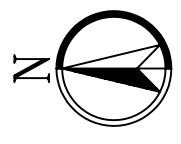
- **Stato di progetto**
 - Schema planimetrico dell'alveo con l'indicazione delle sezioni idrauliche di calcolo in scala 1:1000;
 - Profilo di rigurgito
 - Tabella riassuntiva dei risultati
 - Sezioni trasversali di calcolo

- **Confronto attuale/progetto**
 - Profilo di rigurgito
 - Sezioni trasversali di calcolo

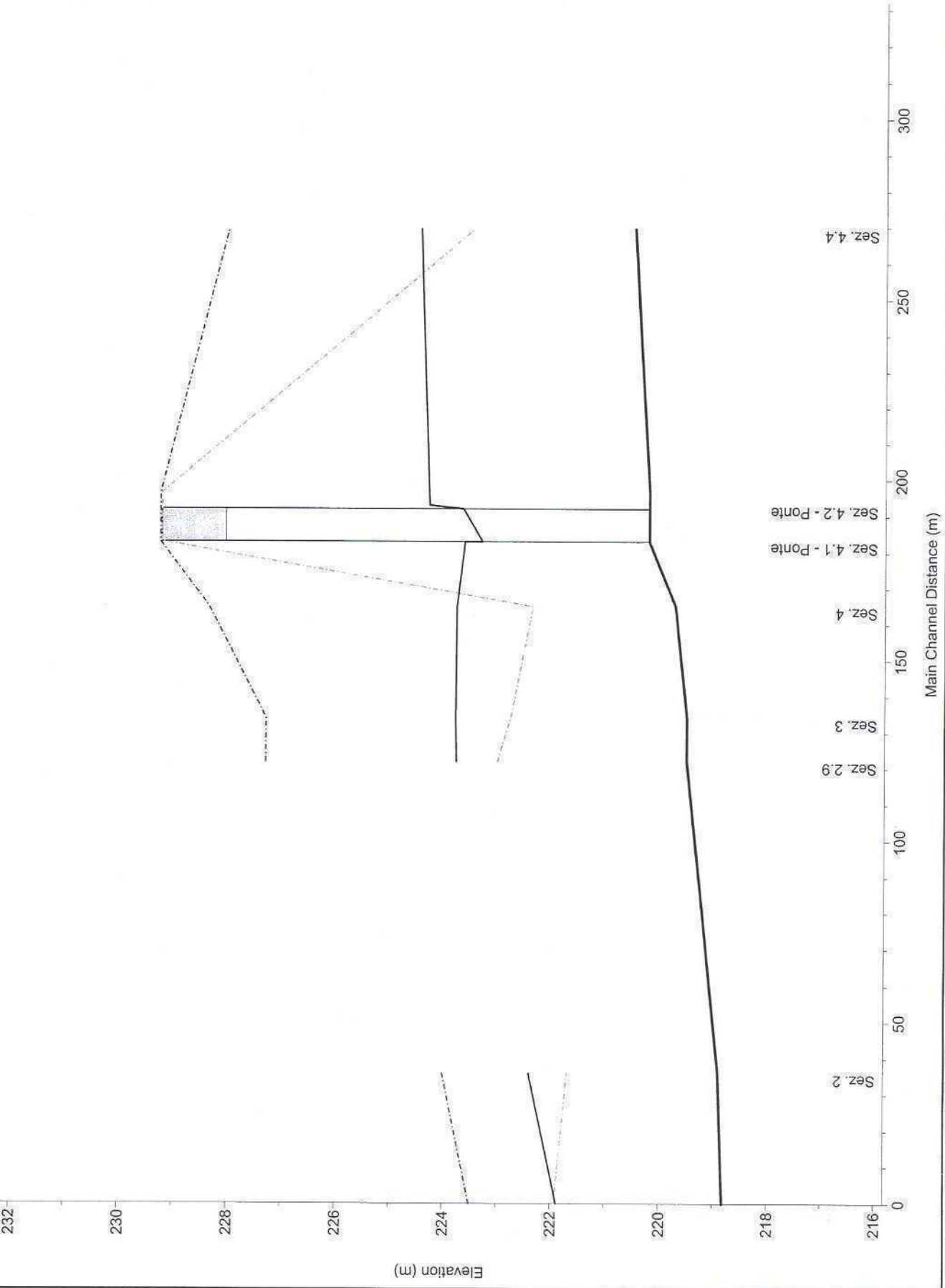
- **Fase di cantiere**
 - Schema planimetrico dell'alveo con l'indicazione delle sezioni idrauliche di calcolo in scala 1:1000;
 - Tabella riassuntiva dei risultati
 - Profilo di rigurgito
 - Sezioni trasversali di calcolo



ADEGUAMENTO SP 160 DI VAL LEMME
PONTE SUL T.LEMME
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE SEZIONI
IDRAULICHE
STATO ATTUALE
 (Scala 1:1000)



Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Stato attuale - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

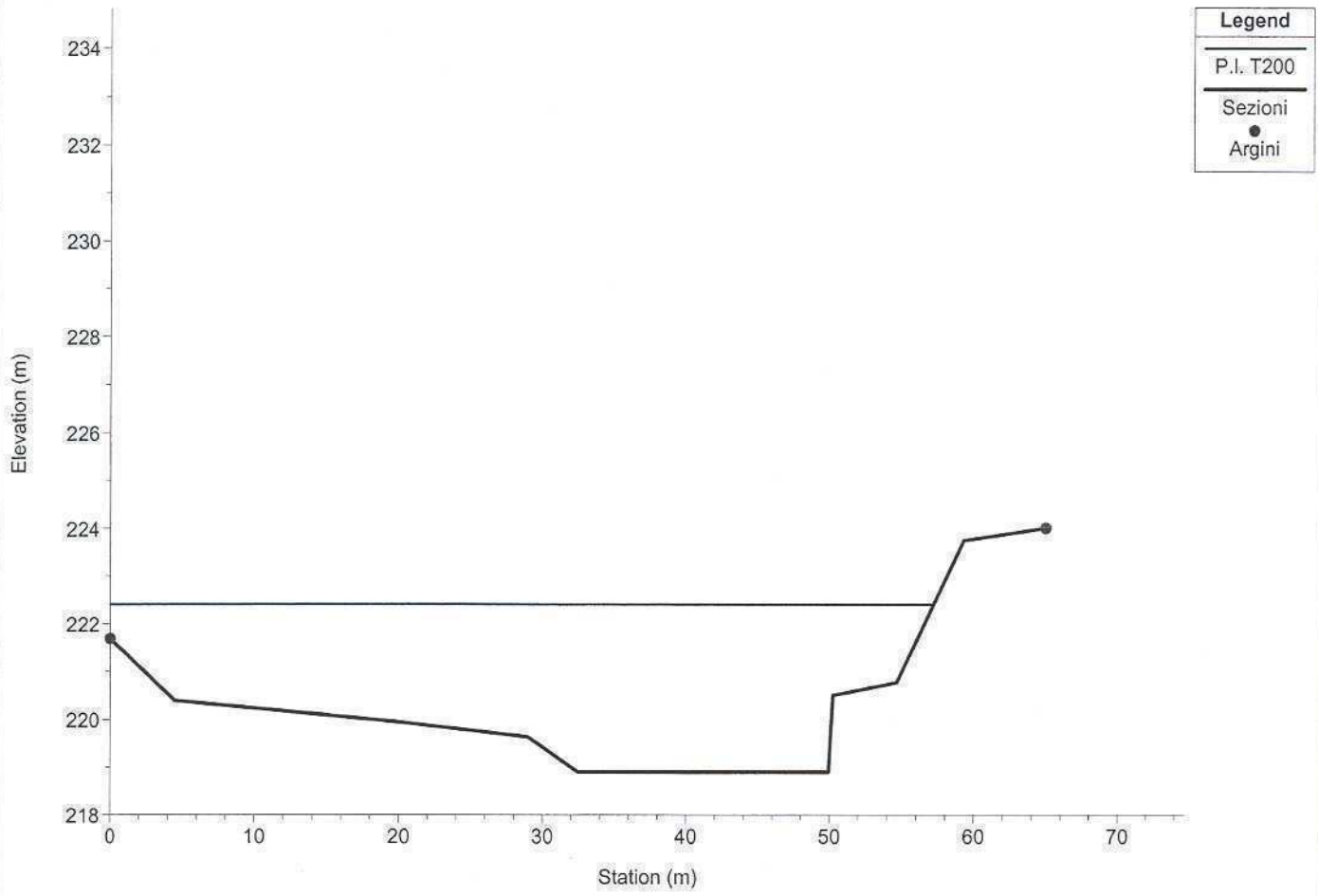


1 cm Horiz. = 15 m 1 cm Vert. = 1 m

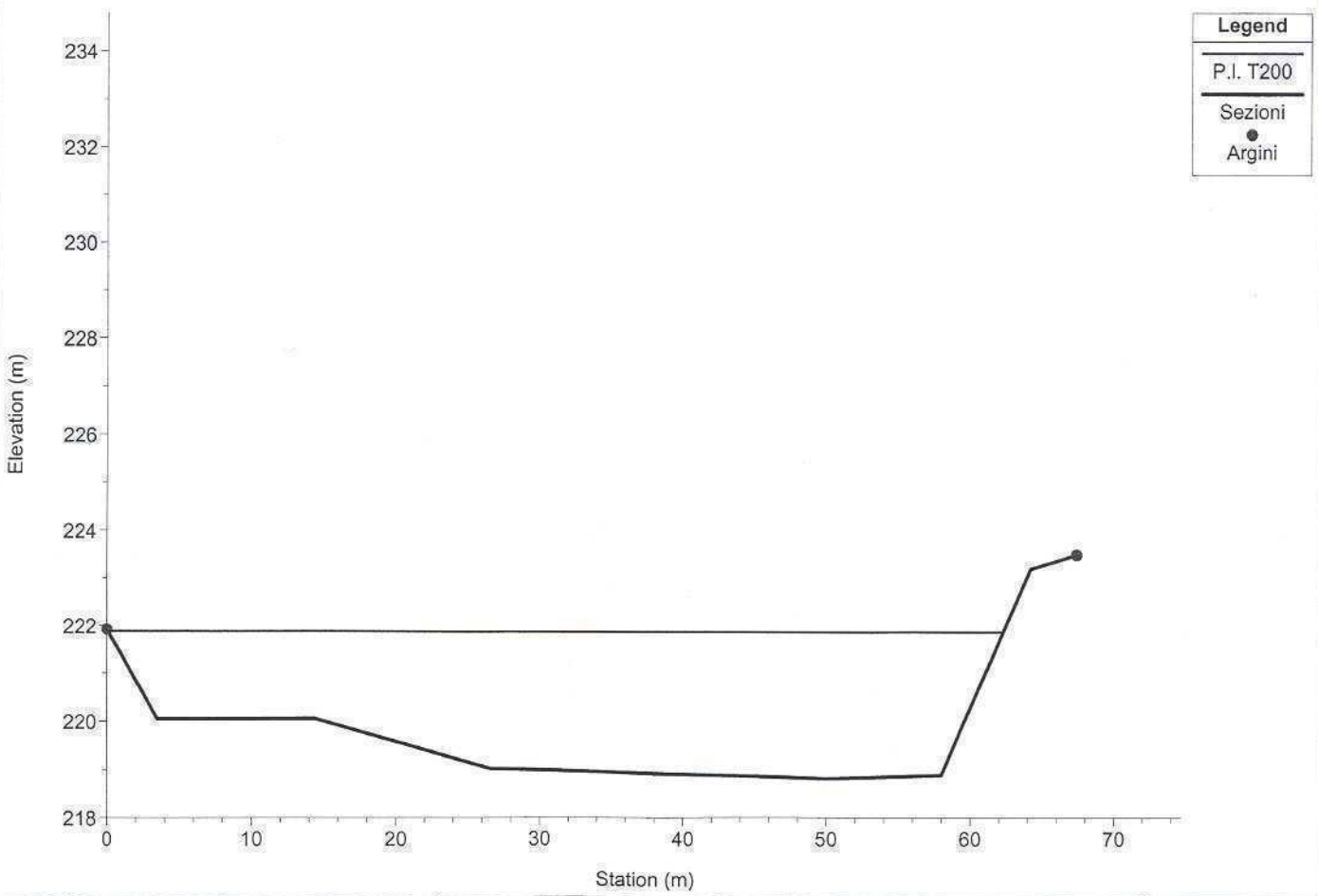
HEC-RAS Plan: attuale Profile: T200

River	Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len (m)	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	LOB Elev (m)	ROB Elev (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Hydr Depth (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	E.G. Elev (m)	Froude # Chl
Lemme m	Lemme m	2,9	T200	86.00	628.00	219.50	223.00	227.28	223.76	4.26	3.39	2.85	219.98	64.94	224.18	0.50
Lemme m	Lemme m	3	T200	96.00	628.00	219.50	222.76	227.28	223.76	4.28	3.41	2.87	218.77	64.11	224.20	0.50
Lemme m	Lemme m	4	T200	129.00	628.00	219.72	222.35	228.34	223.76	4.04	3.27	3.21	195.60	59.90	224.28	0.57
Lemme m	Lemme m	4,1	T200	147.00	628.00	220.21	229.21	229.24	223.62	3.41	3.02	3.96	158.67	52.60	224.42	0.73
Lemme m	Lemme m	4,11		Bridge												
Lemme m	Lemme m	4,2	T200	157.00	628.00	220.21	229.21	229.24	224.28	4.07	3.67	3.25	193.28	52.60	224.81	0.54
Lemme m	Lemme m	4,3	T200	160.50	628.00	220.21	229.21	229.24	224.29	4.08	3.68	3.24	193.83	52.60	224.82	0.54
Lemme m	Lemme m	4,4	T200	233.50	628.00	220.49	223.47	228.00	224.45	3.96	3.02	3.21	195.42	64.69	224.97	0.59
Lemme v	Lemme v	1	T200		741.00	218.82	221.92	223.50	221.88	3.06	2.43	4.89	151.49	62.22	223.10	1.00
Lemme v	Lemme v	2	T200	36.00	741.00	218.90	221.69	224.00	222.40	3.50	2.57	5.04	147.00	57.22	223.70	1.00

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
Sez. 2 Stato attuale - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

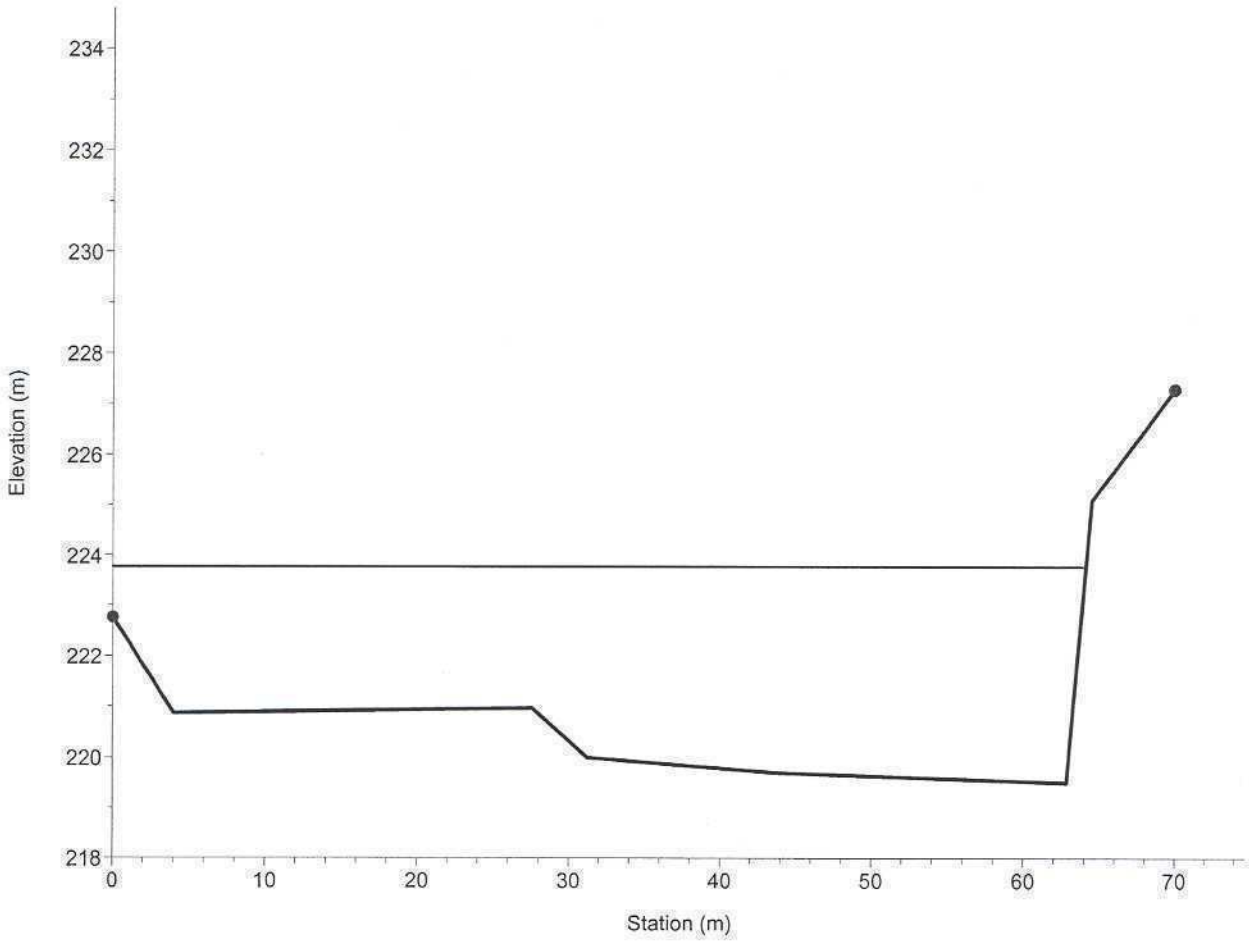


Confluenza t. Lemme - t. Ardana
Sez. 1 Stato attuale - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



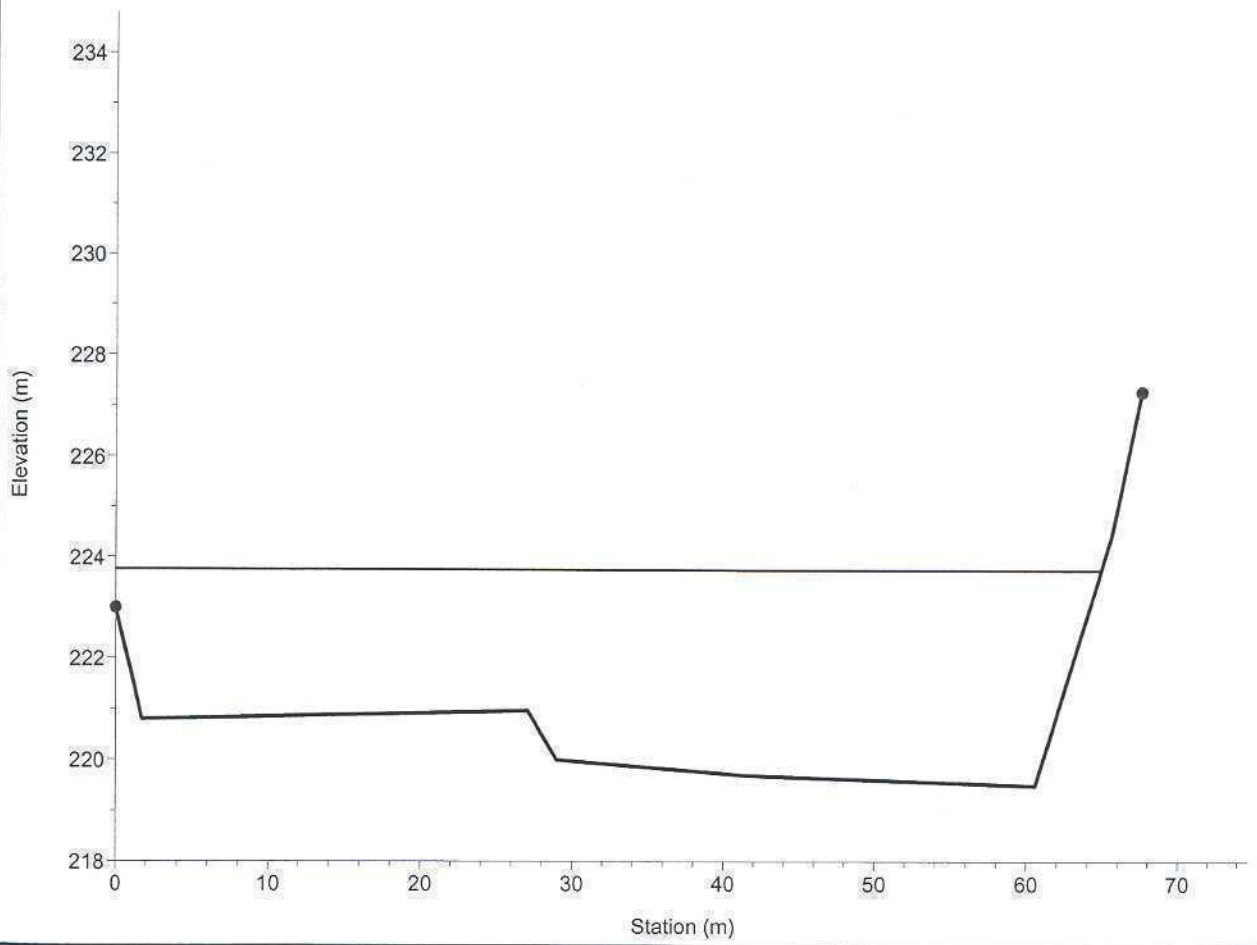
1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
Sez. 3. Stato attuale - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



Legend
P.I. T200
Sezioni
● Argini

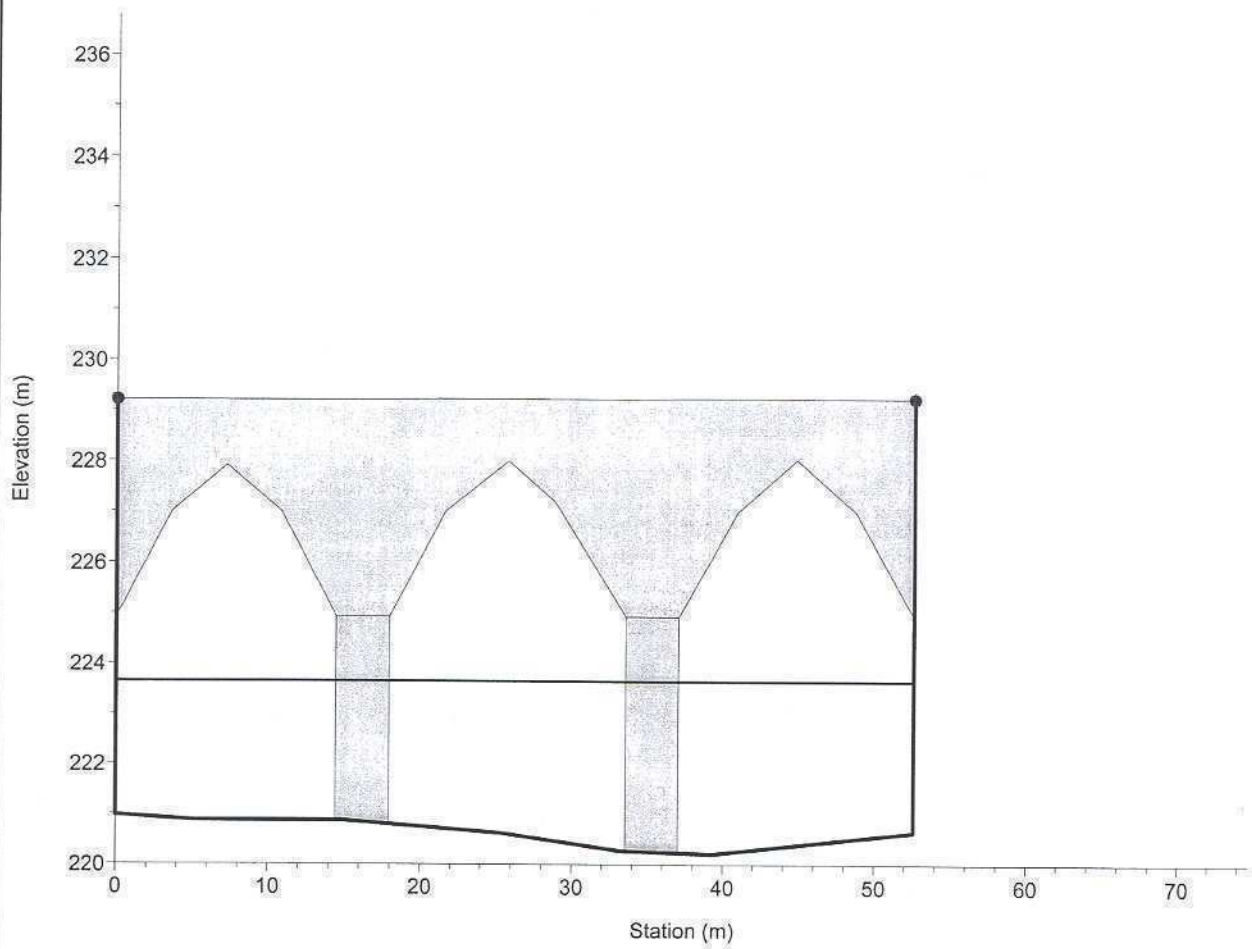
Confluenza t. Lemme - t. Ardana
Sez. 2.9 Stato attuale - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



Legend
P.I. T200
Sezioni
● Argini

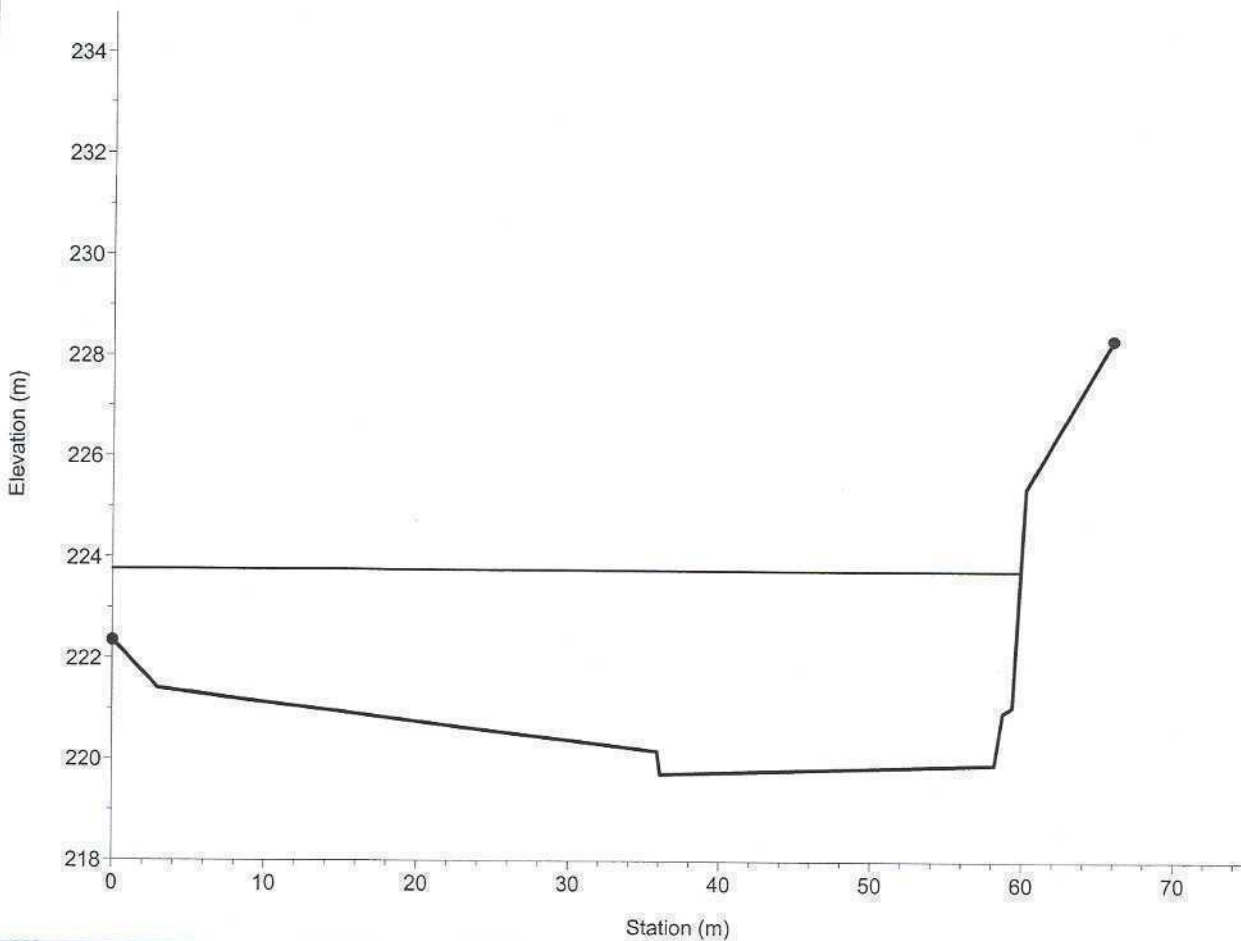
1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
Stato attuale - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



Legend	
—	P.I. T200
—	Sezioni
●	Argini

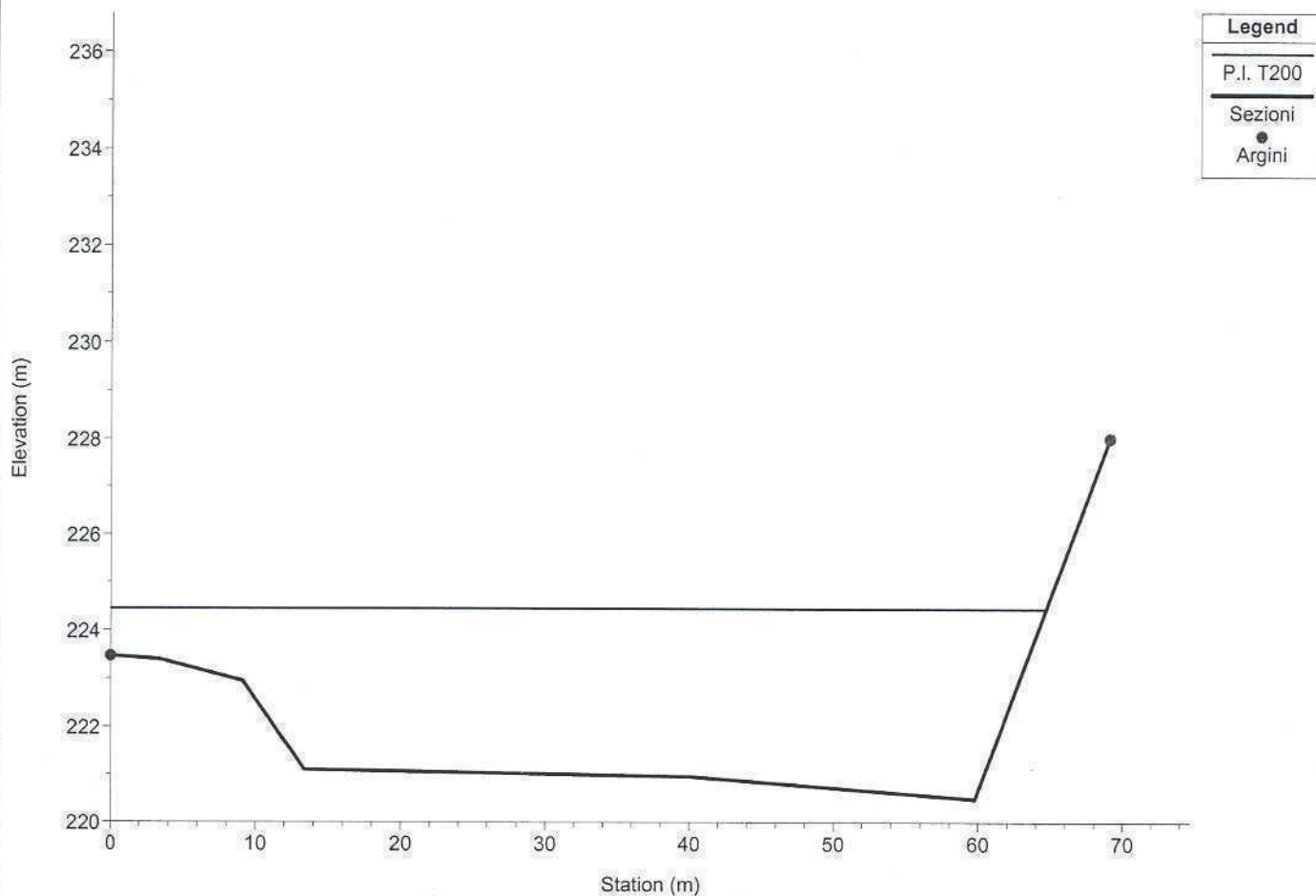
Confluenza t. Lemme - t. Ardana
Sez. 4 Stato attuale - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



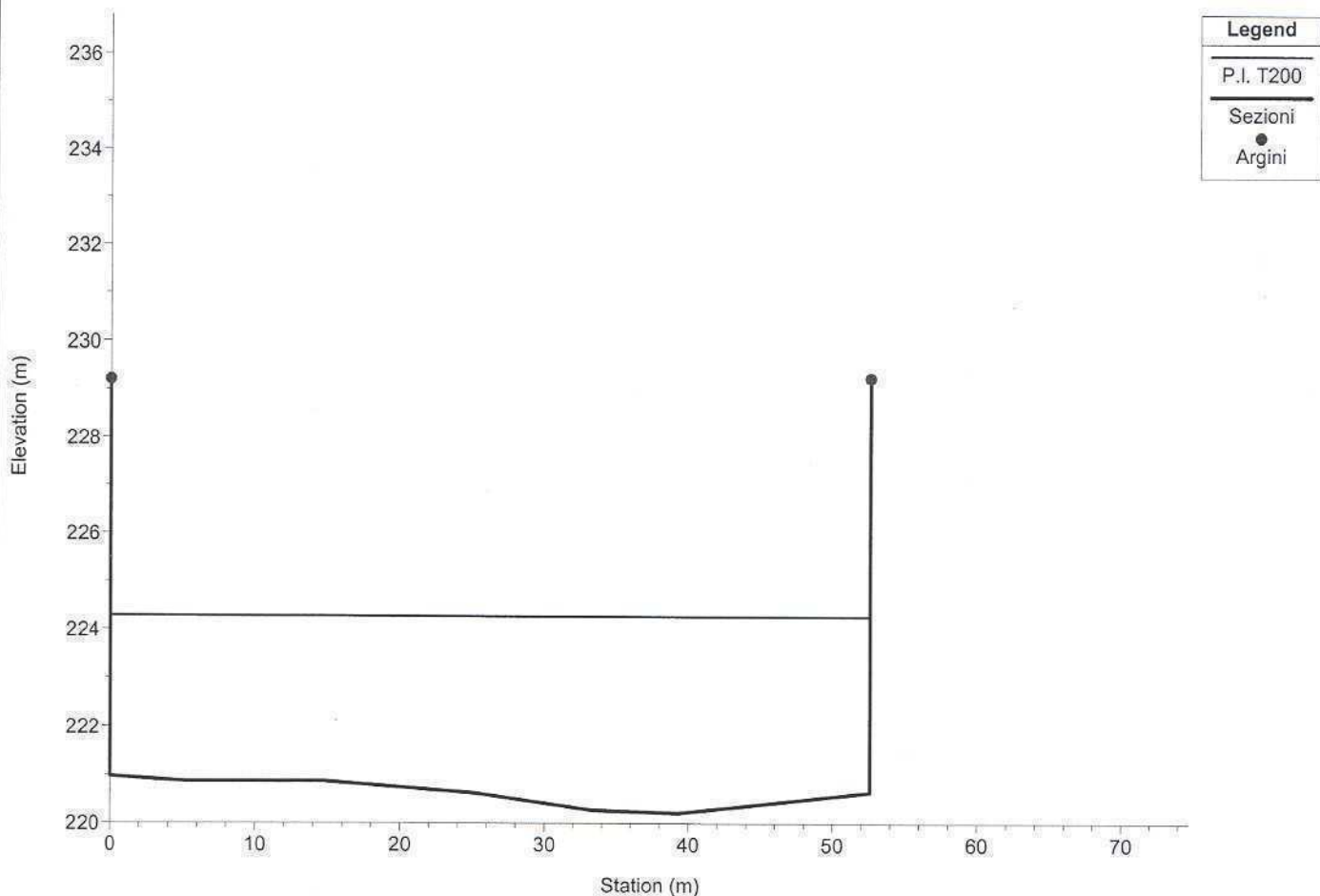
Legend	
—	P.I. T200
—	Sezioni
●	Argini

1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 4.4 Stato attuale - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

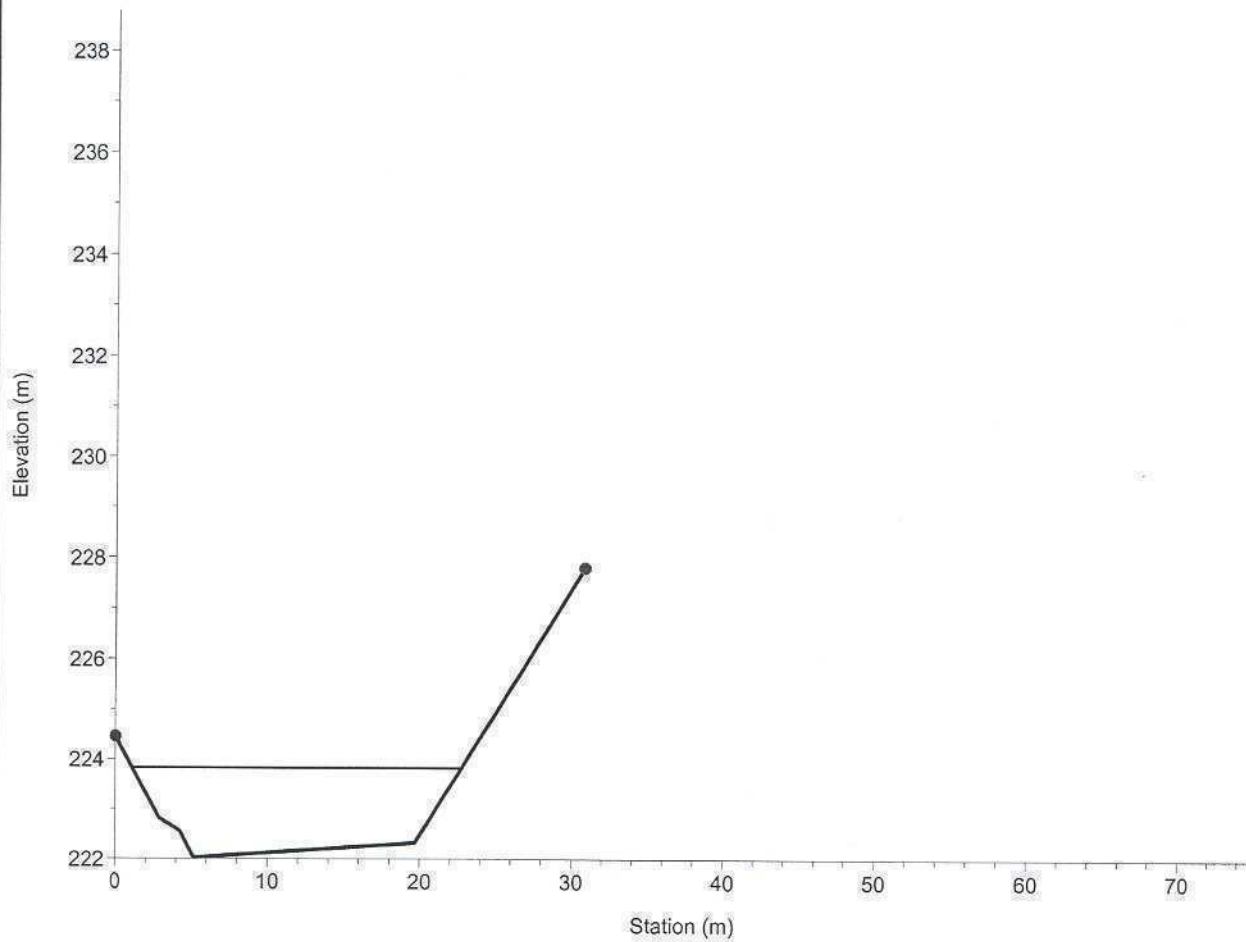


Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 4.3 Stato attuale - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



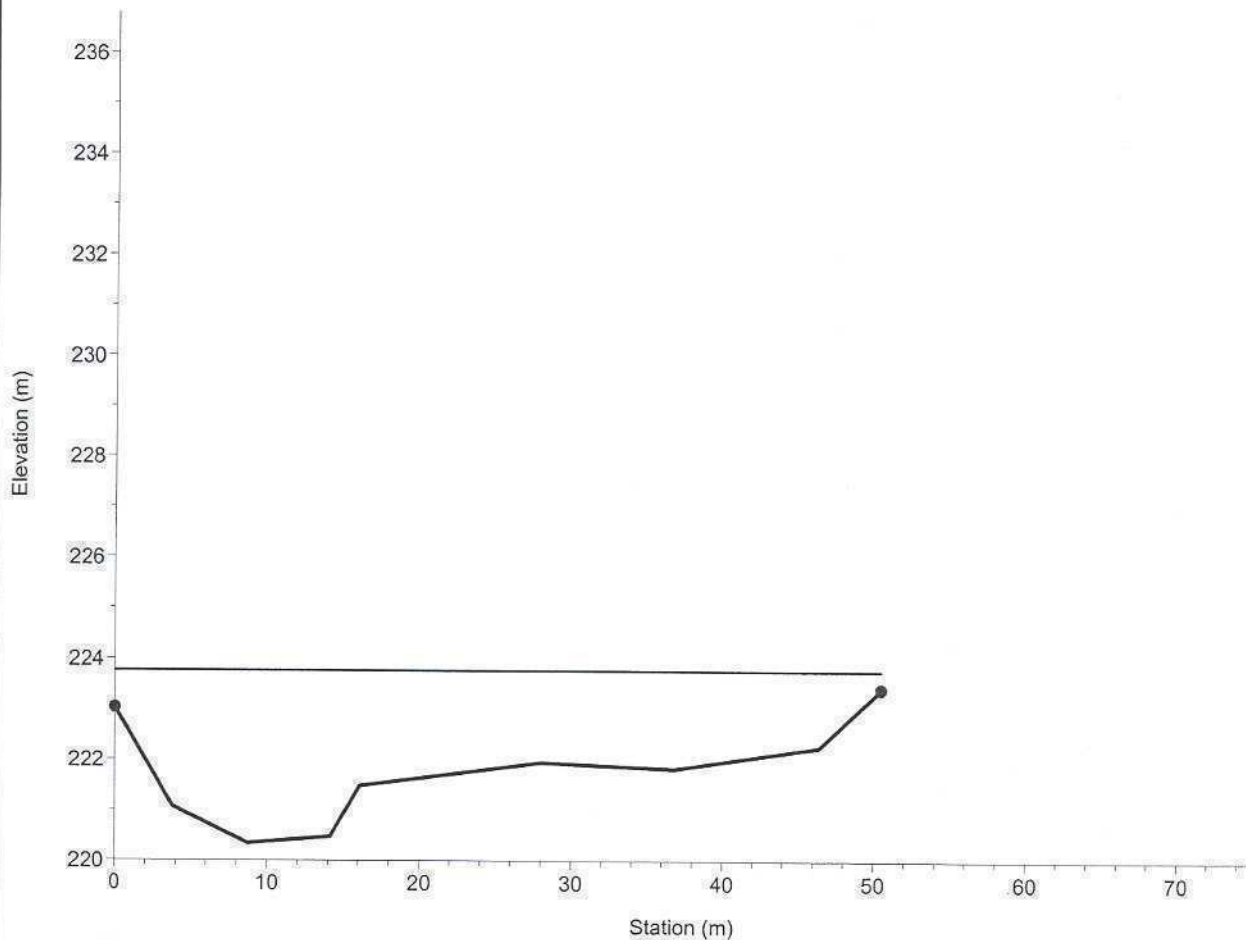
1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 6 Stato attuale - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



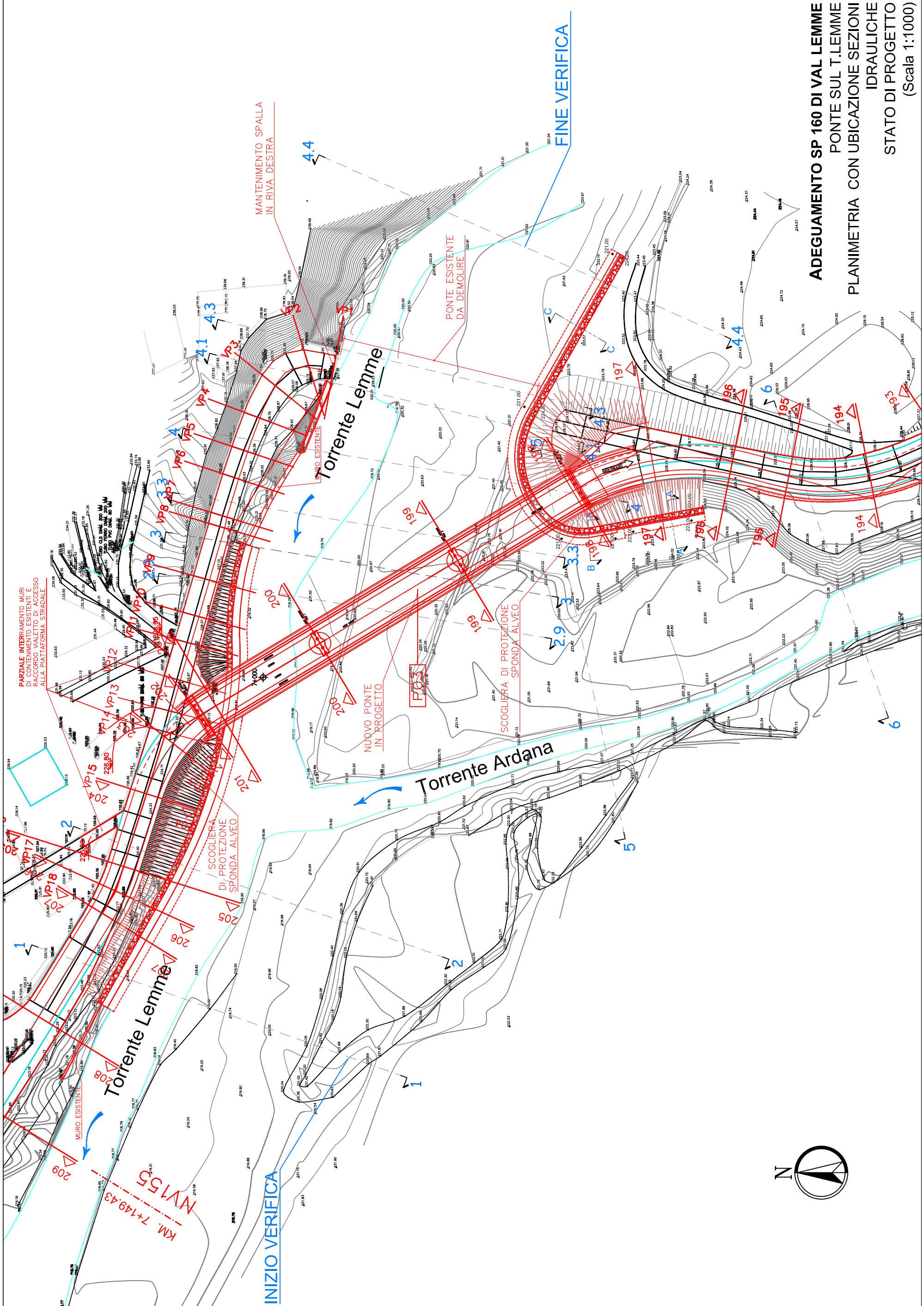
Legend	
—	P.I. T200
—	Sezioni
●	Argini

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 5 Stato attuale - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

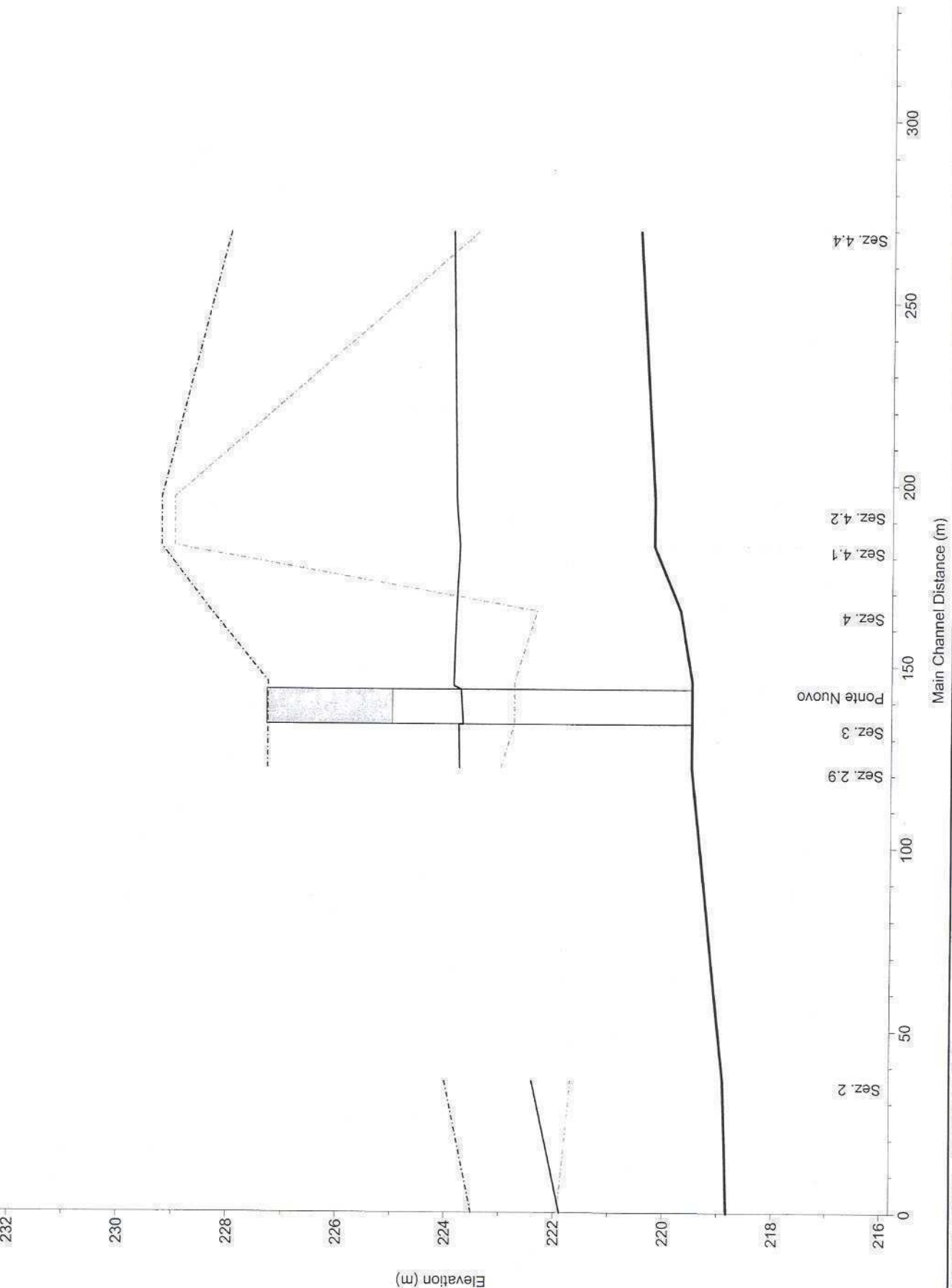


Legend	
—	P.I. T200
—	Sezioni
●	Argini

1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m



Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Stato di progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

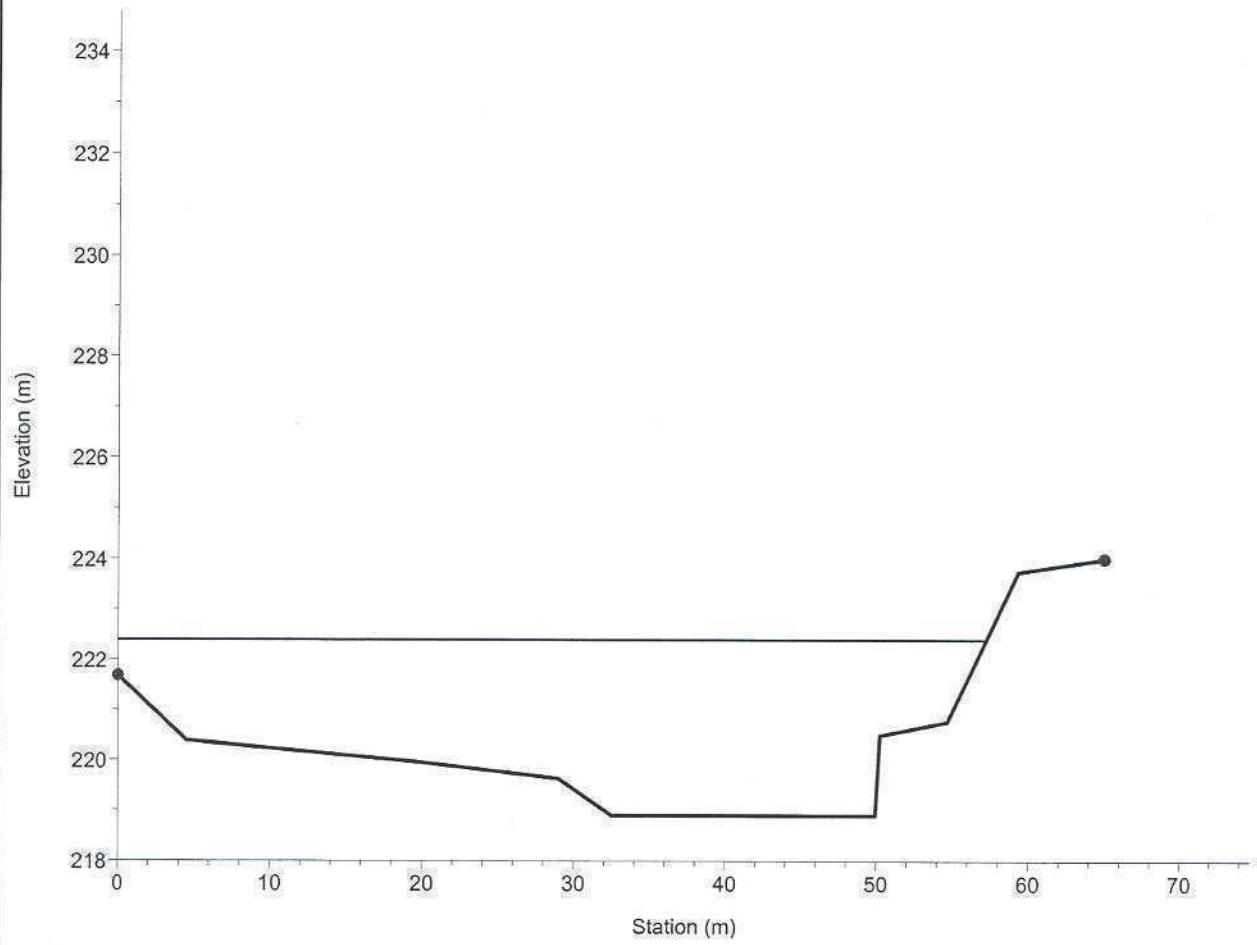


Legend	
—	P.I. T200
—	Fondo alveo
- - -	piano viabile e/o sponda sn
- - -	piano viabile e/o sponda dx

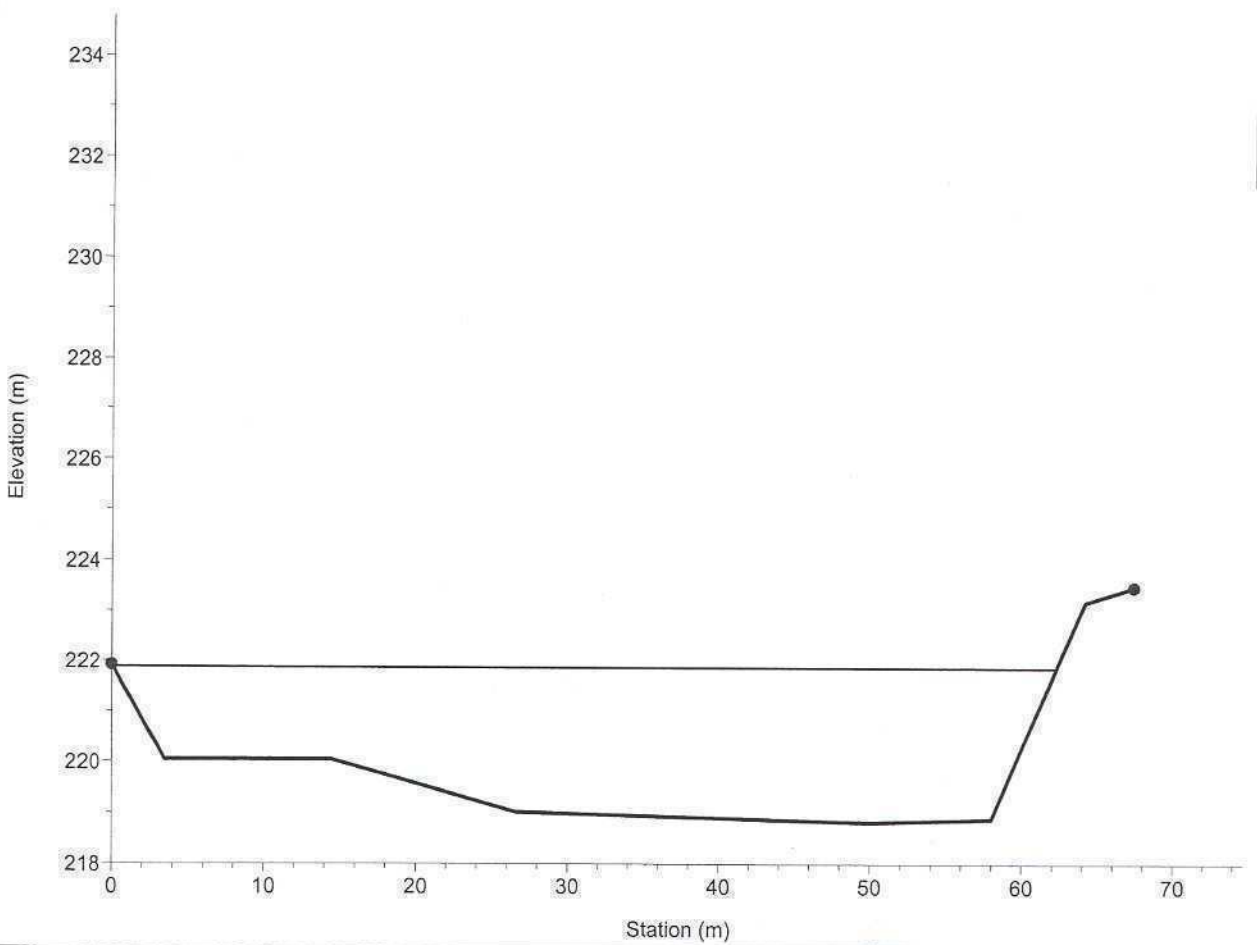
1 cm Horiz. = 15 m 1 cm Vert. = 1 m

River	Reach	River Sta	Profile	W.S. US. (m)	Cum Ch Len (m)	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	LOB Elev (m)	ROB Elev (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Hydr Depth (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	E.G. Elev (m)	Froude # Chl
Lemme v	Lemme v	2	T200	222.40	36.00	741.00	218.90	221.69	224.00	222.40	3.50	2.57	5.04	147.00	57.22	223.70	1.00
Lemme v	Lemme v	1	T200	221.88		741.00	218.82	221.92	223.50	221.88	3.06	2.43	4.89	151.49	62.22	223.10	1.00
Ardana	Ardana	6	T200	223.83	191.00	113.00	222.02	224.45	227.80	223.83	1.81	1.40	3.73	30.31	21.67	224.54	1.01
Ardana	Ardana	5	T200	223.76	113.00	113.00	220.34	223.03	223.41	223.76	3.42	2.11	1.06	106.56	50.50	223.82	0.23
Lemme m	Lemme m	4.4	T200	223.92	233.50	628.00	220.49	223.47	228.00	223.92	3.43	2.79	4.07	154.45	55.31	224.76	0.78
Lemme m	Lemme m	4.3	T200	223.84	160.50	628.00	220.21	229.00	229.24	223.84	3.63	3.02	3.47	180.93	59.85	224.46	0.64
Lemme m	Lemme m	4.2	T200	223.83	157.00	628.00	220.21	229.00	229.24	223.83	3.62	3.01	3.49	180.02	59.81	224.45	0.64
Lemme m	Lemme m	4.1	T200	223.78	147.00	628.00	220.21	229.00	229.24	223.78	3.57	2.96	3.55	176.88	59.88	224.42	0.66
Lemme m	Lemme m	4	T200	223.83	129.00	628.00	219.72	222.35	228.34	223.83	4.11	3.34	3.14	200.05	59.91	224.33	0.55
Lemme m	Lemme m	3.2	T200	223.87	109.50	628.00	219.50	222.76	227.28	223.87	4.37	3.51	2.79	225.05	64.14	224.27	0.48
Lemme m	Lemme m	3.1	T200	223.87	108.50	628.00	219.50	222.76	227.28	223.87	4.37	3.51	2.79	224.93	64.14	224.27	0.48
Lemme m	Lemme m	3.05	BR U	223.74	107.51	628.00	219.50	226.40	224.20	223.74	4.24	3.47	3.18	197.21	56.77	224.25	0.55
Lemme m	Lemme m	3.05	BR D	223.70	98.01	628.00	219.50	226.40	224.20	223.70	4.20	3.43	3.22	195.04	56.83	224.23	0.56
Lemme m	Lemme m	3	T200	223.78	98.00	628.00	219.50	222.76	227.28	223.78	4.28	3.41	2.87	218.77	64.11	224.20	0.50
Lemme m	Lemme m	2.9	T200	223.76	86.00	628.00	219.50	223.00	227.28	223.76	4.26	3.39	2.85	219.98	64.94	224.18	0.50

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 2 Stato di progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

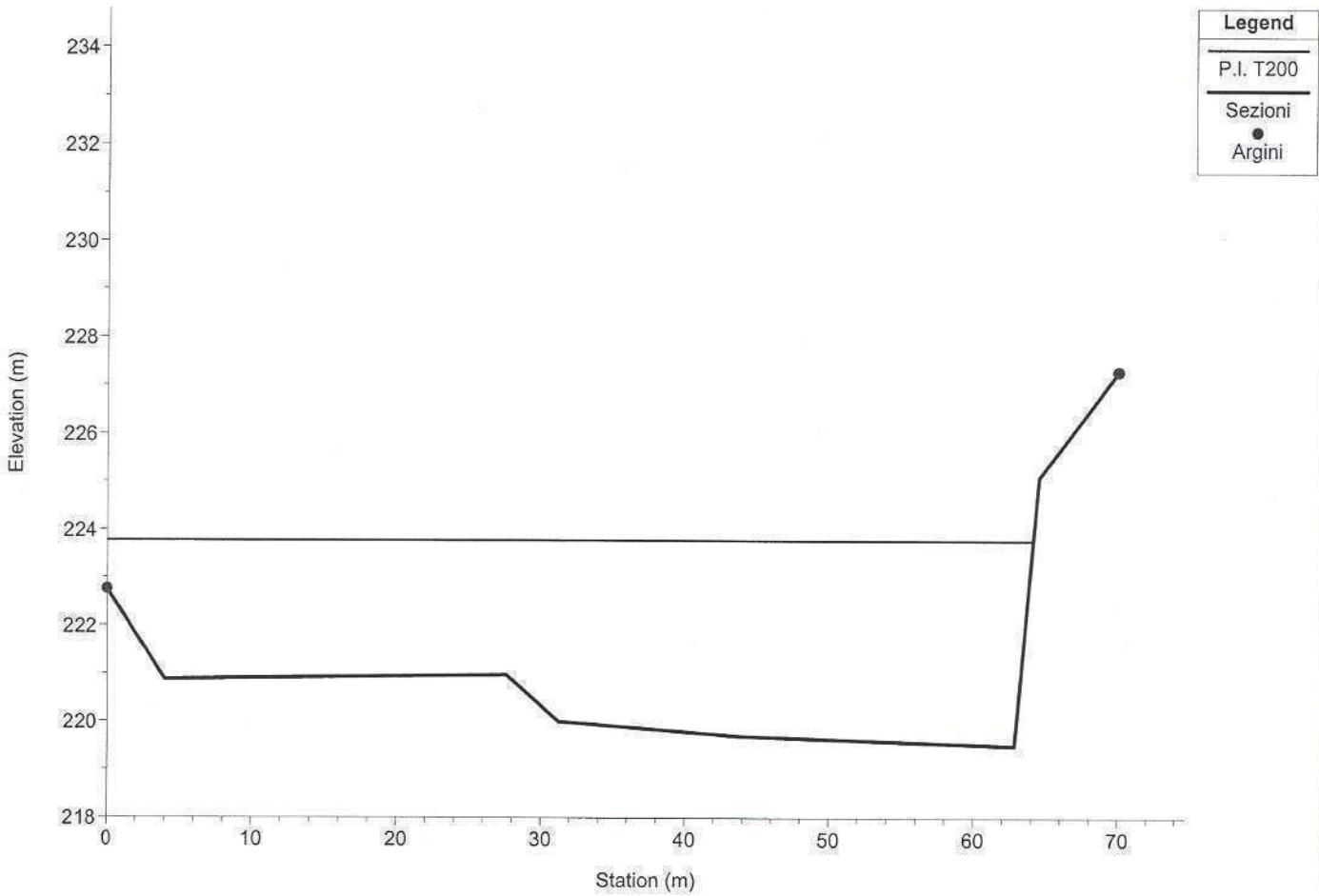


Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 1 Stato di progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

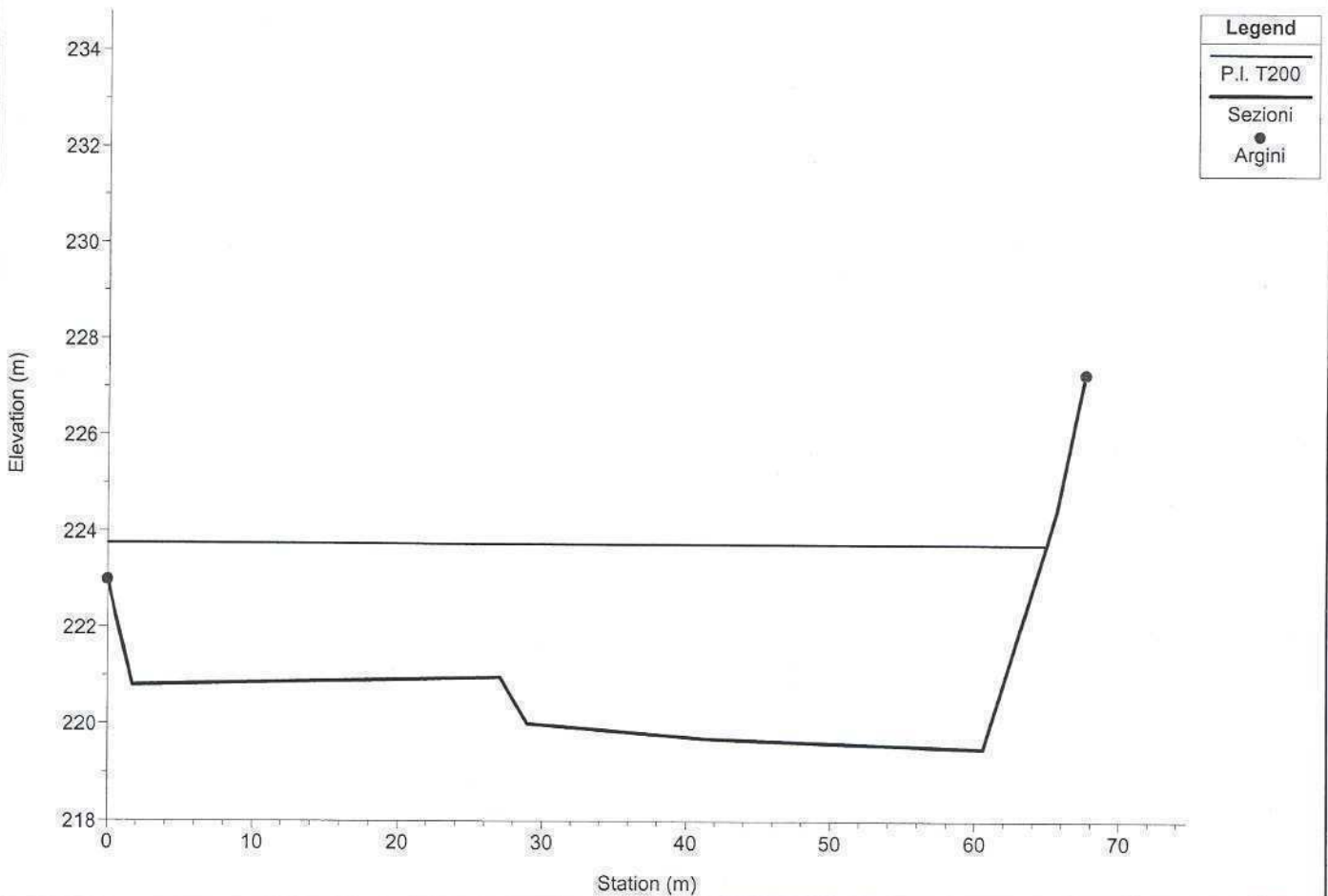


1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

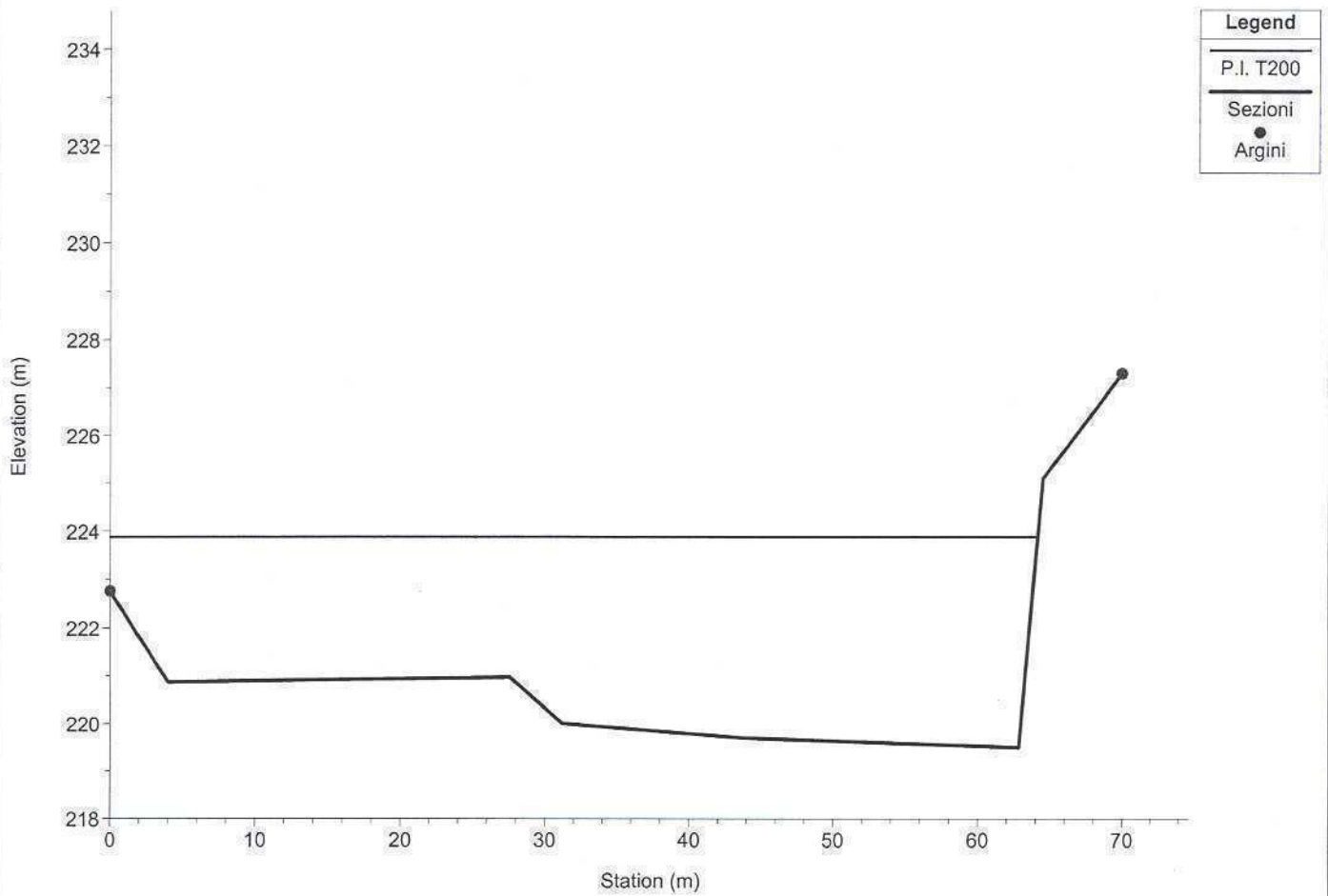
Confluenza t. Lemme - t. Ardana
Sez. 3 Stato di progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



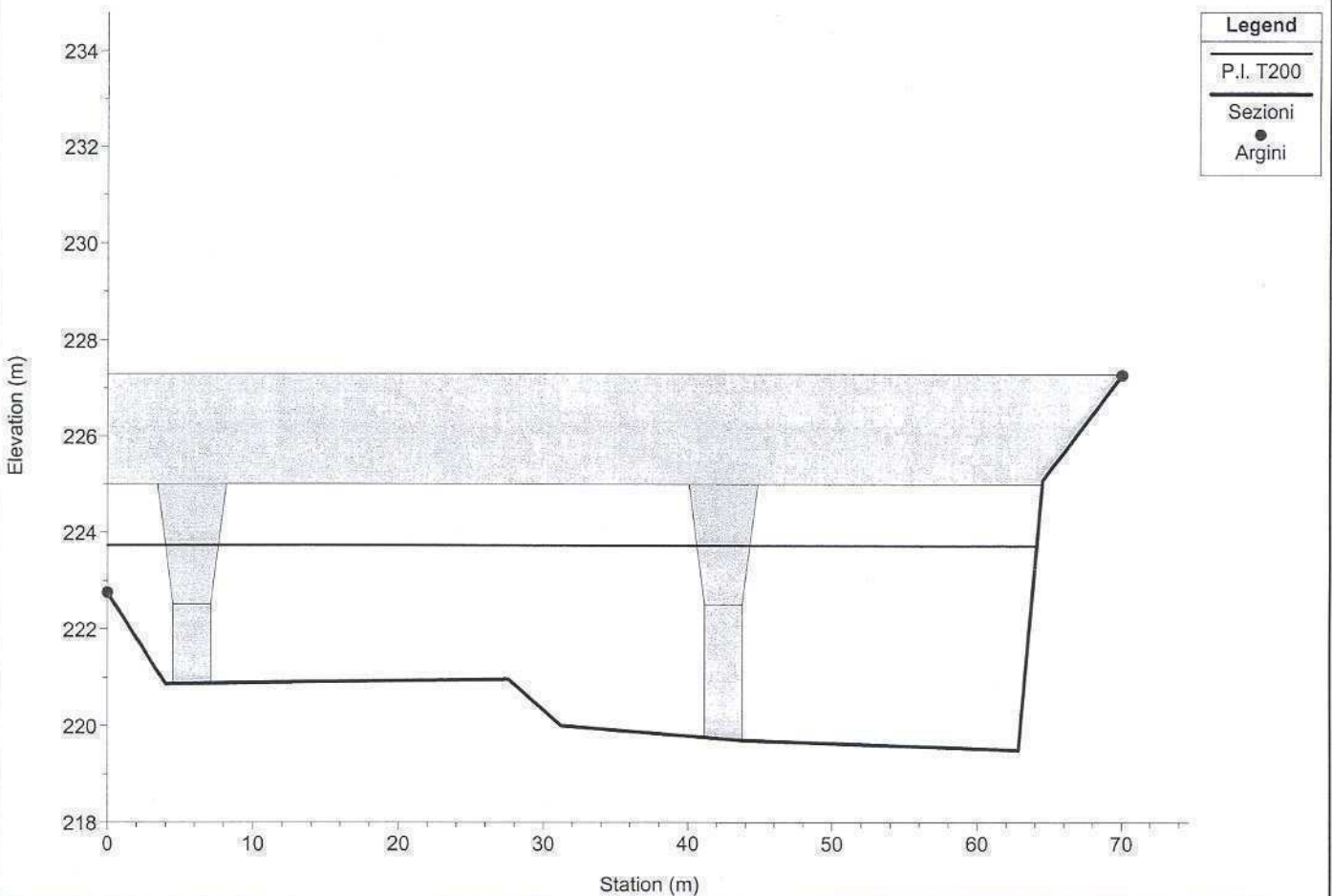
Confluenza t. Lemme - t. Ardana
Sez. 2.9 Stato di progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 3 Stato di progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

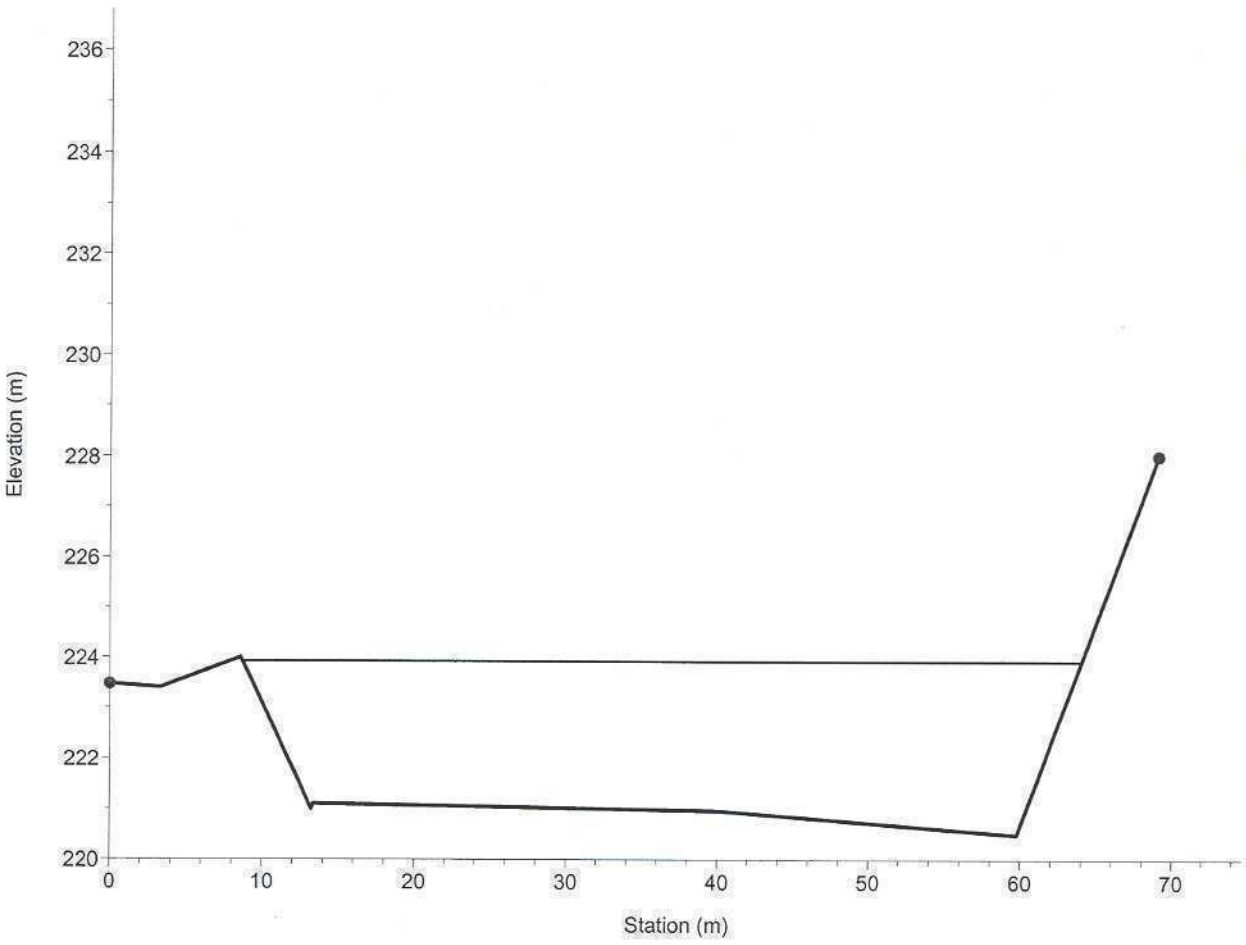


Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Ponte Nuovo Stato di progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



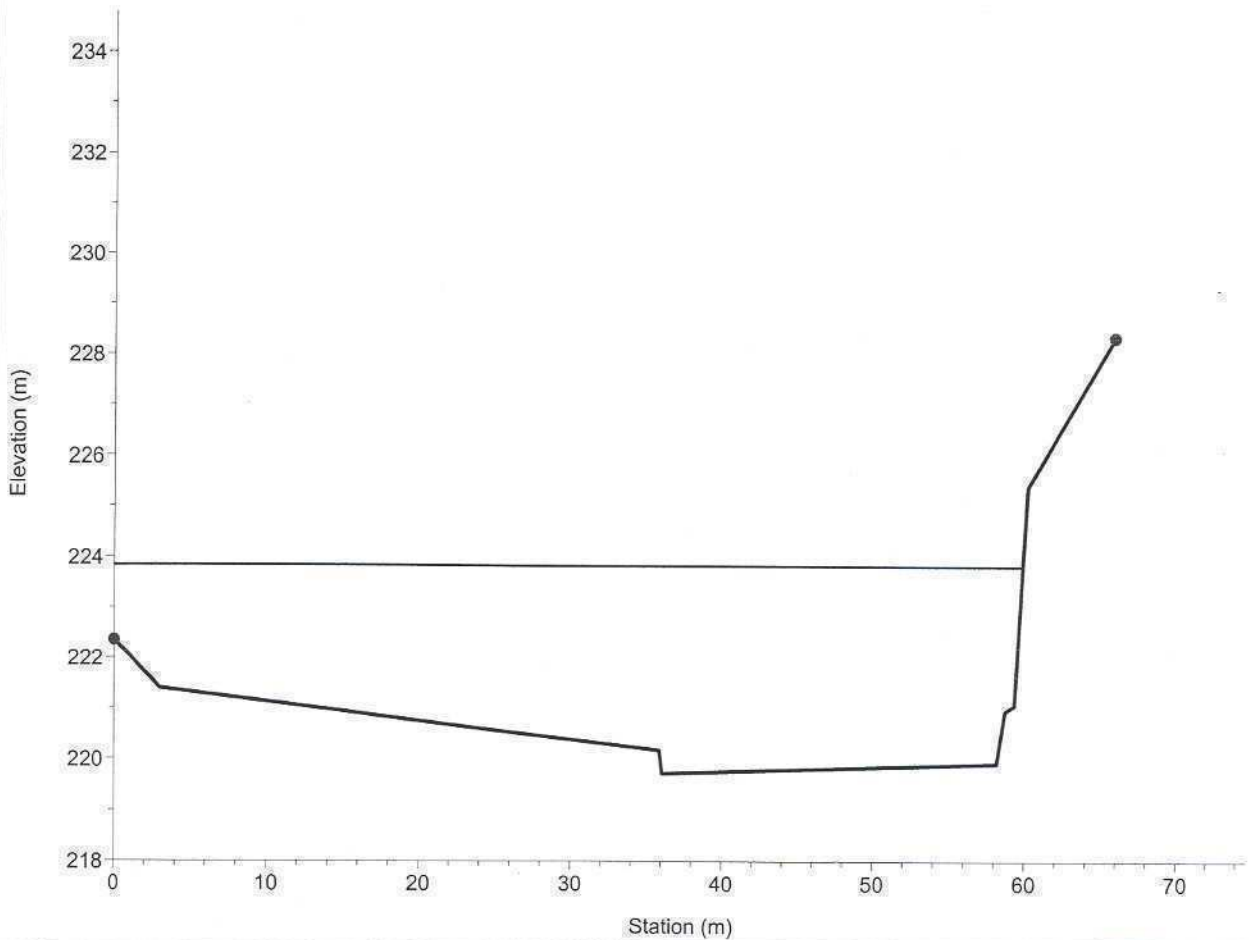
1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 4.4 Stato di progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



Legend	
—	P.I. T200
—	Sezioni
●	Argini

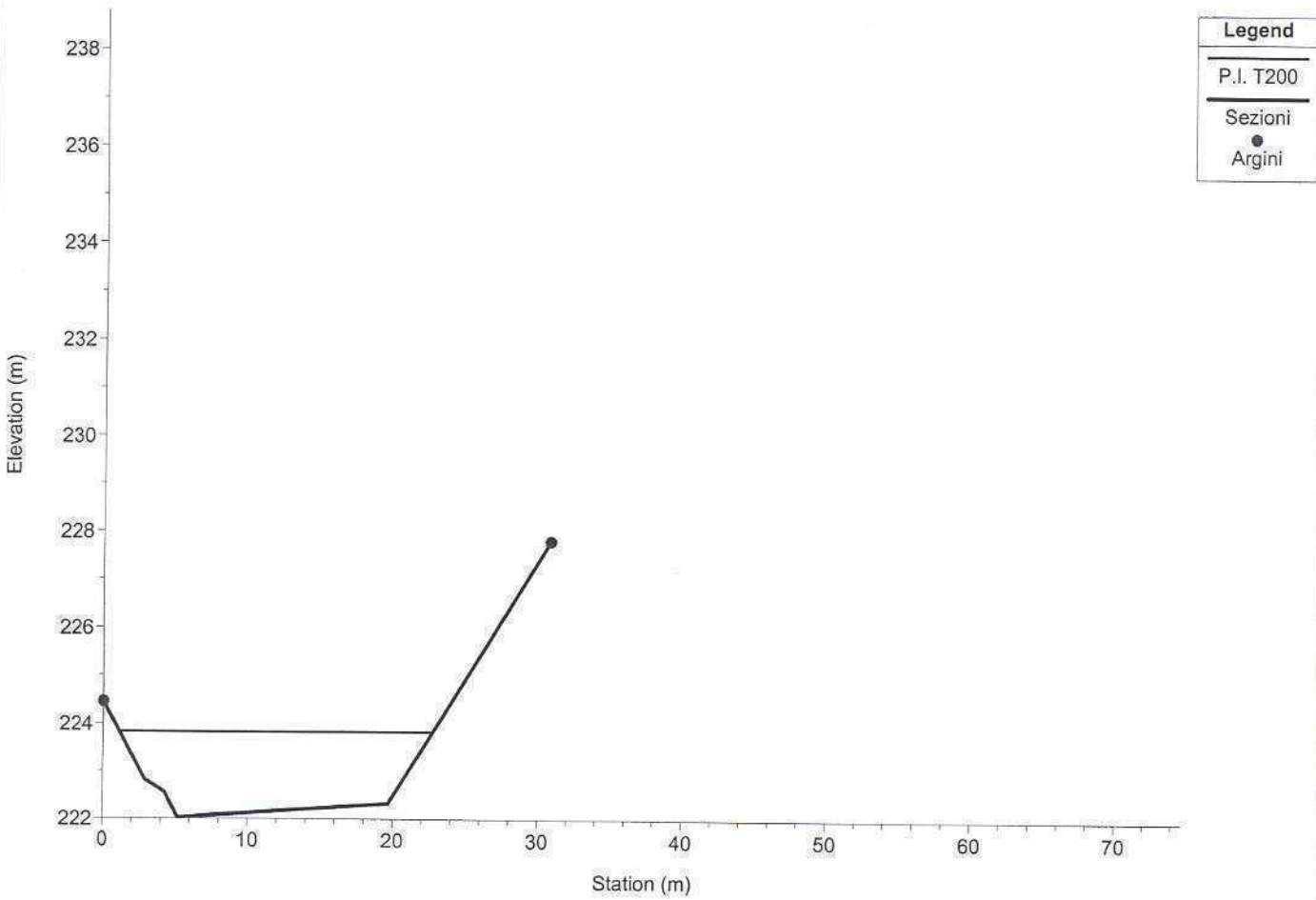
Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 4 Stato di progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



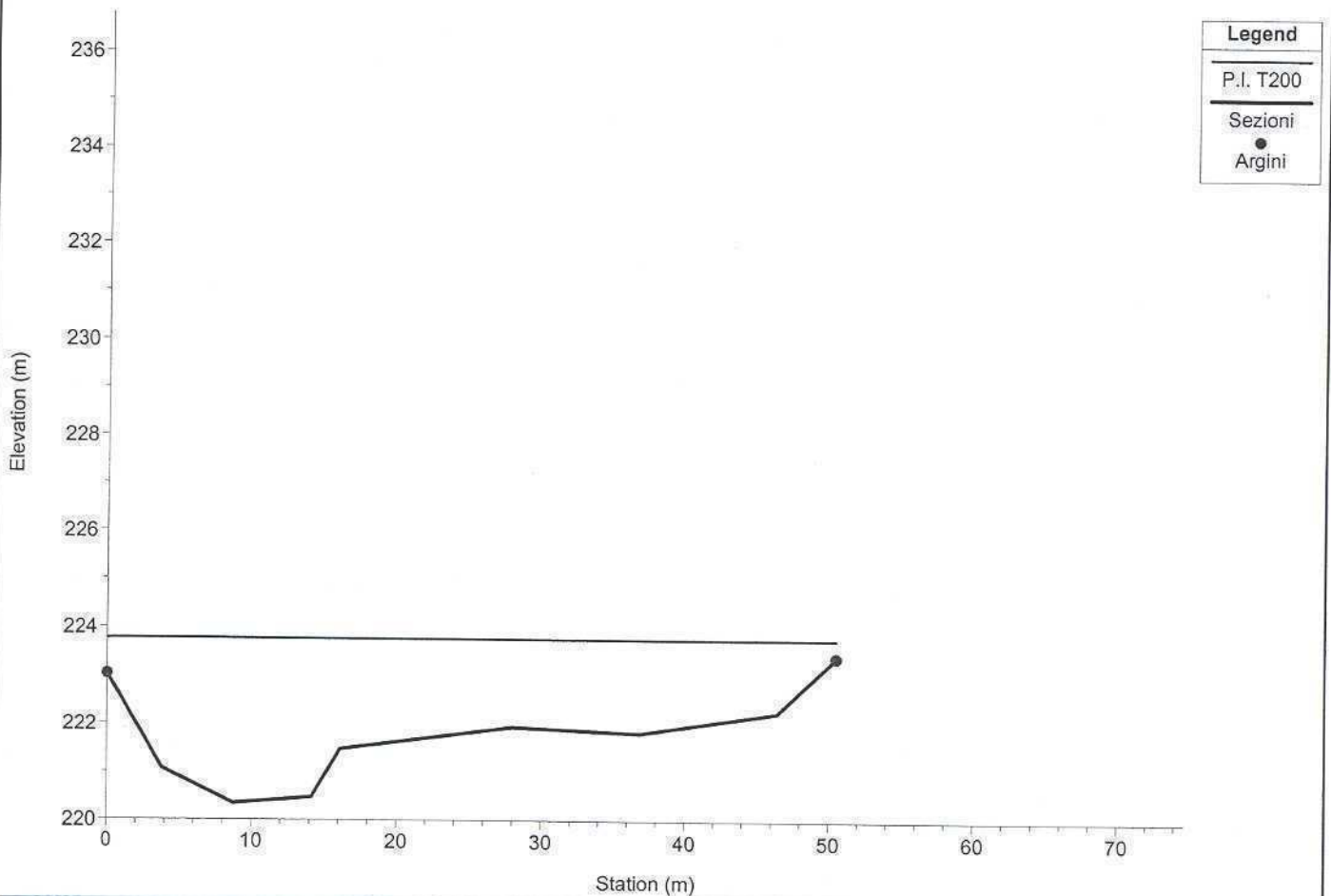
Legend	
—	P.I. T200
—	Sezioni
●	Argini

1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 6 Stato di progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

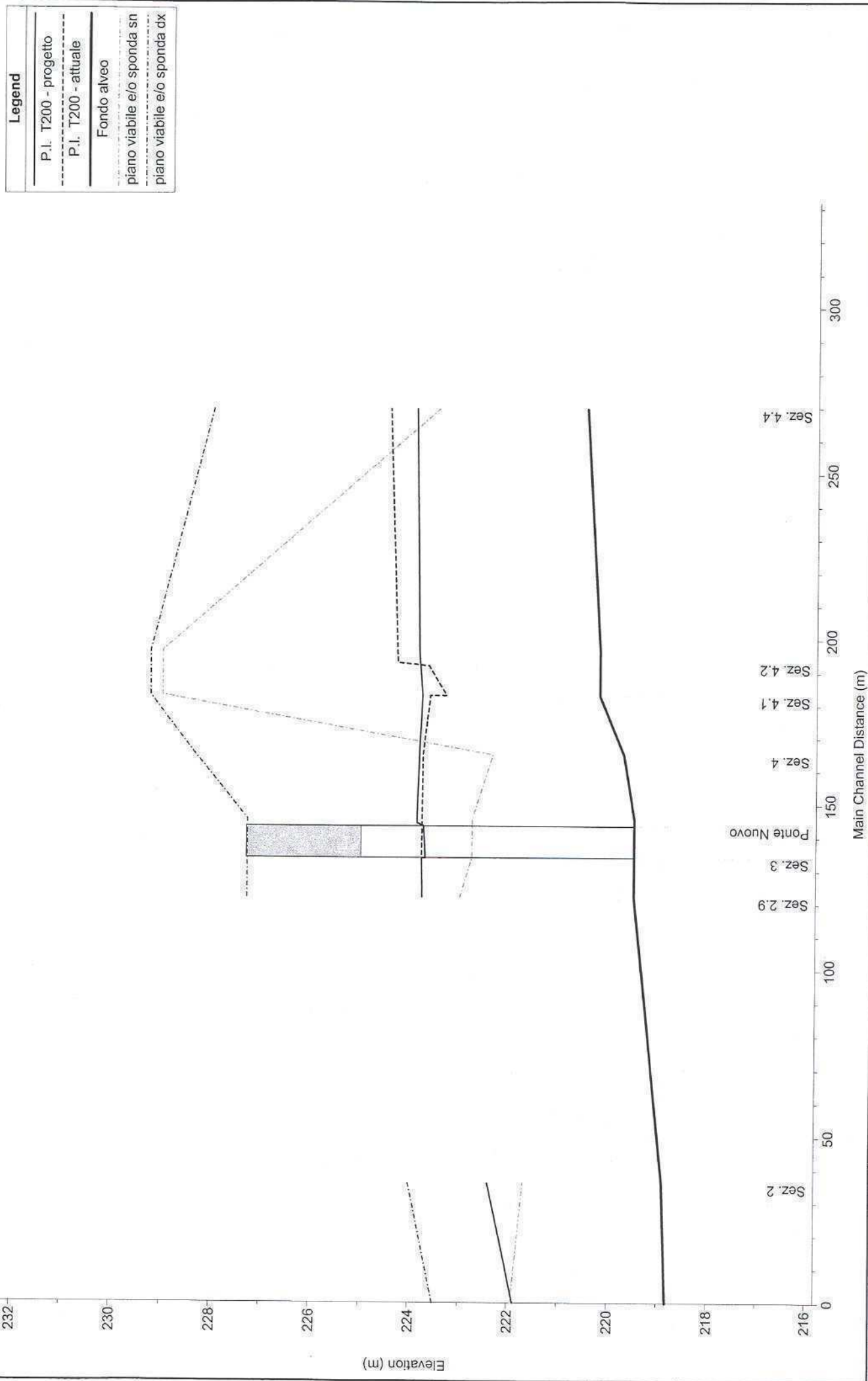


Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 5 Stato di progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

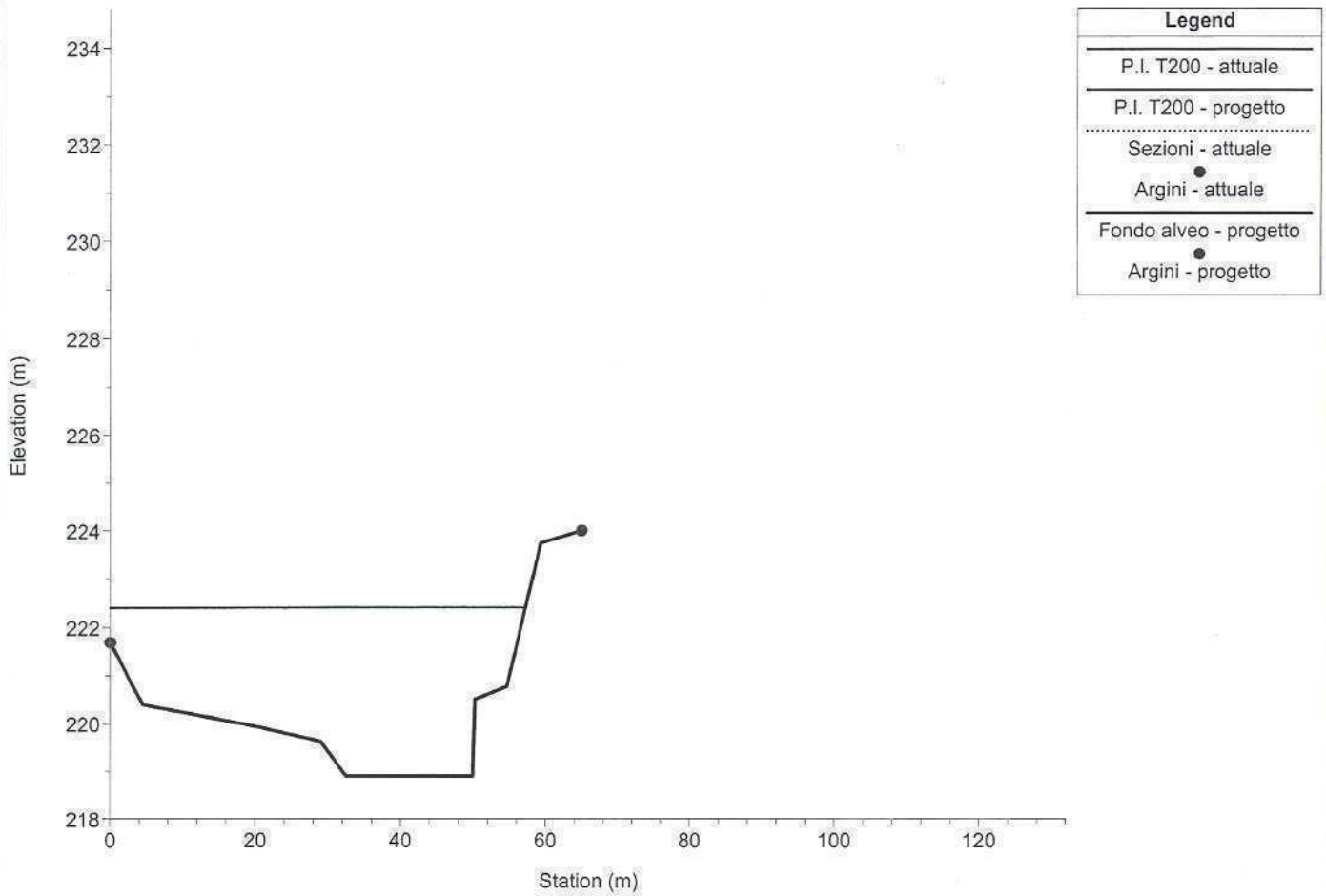
Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



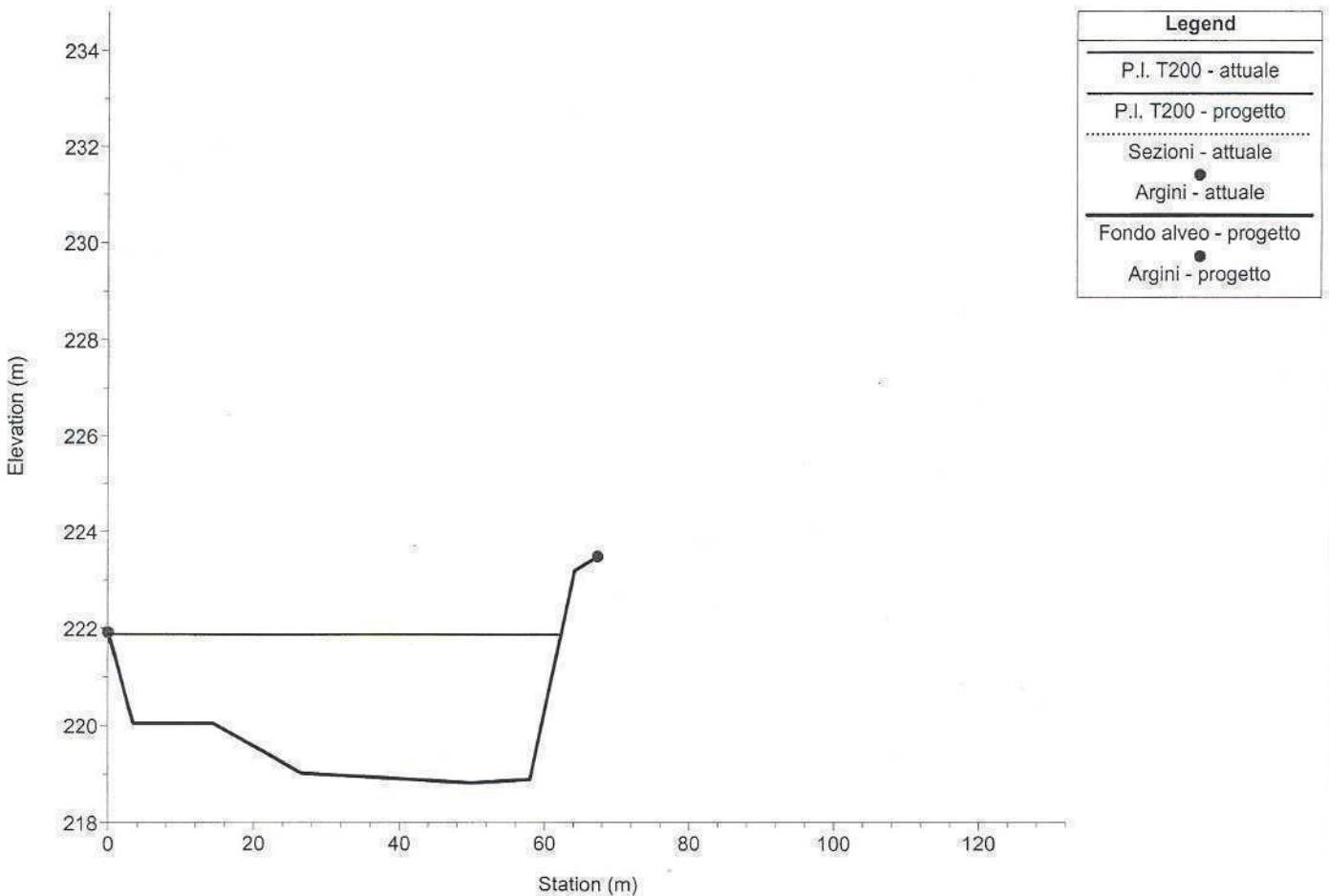
Legend	
—	P.I. T200 - progetto
- - -	P.I. T200 - attuale
—	Fondo alveo
- - -	piano viabile e/o sponda sn
- - -	piano viabile e/o sponda dx

1 cm Horiz. = 15 m 1 cm Vert. = 1 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 2 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

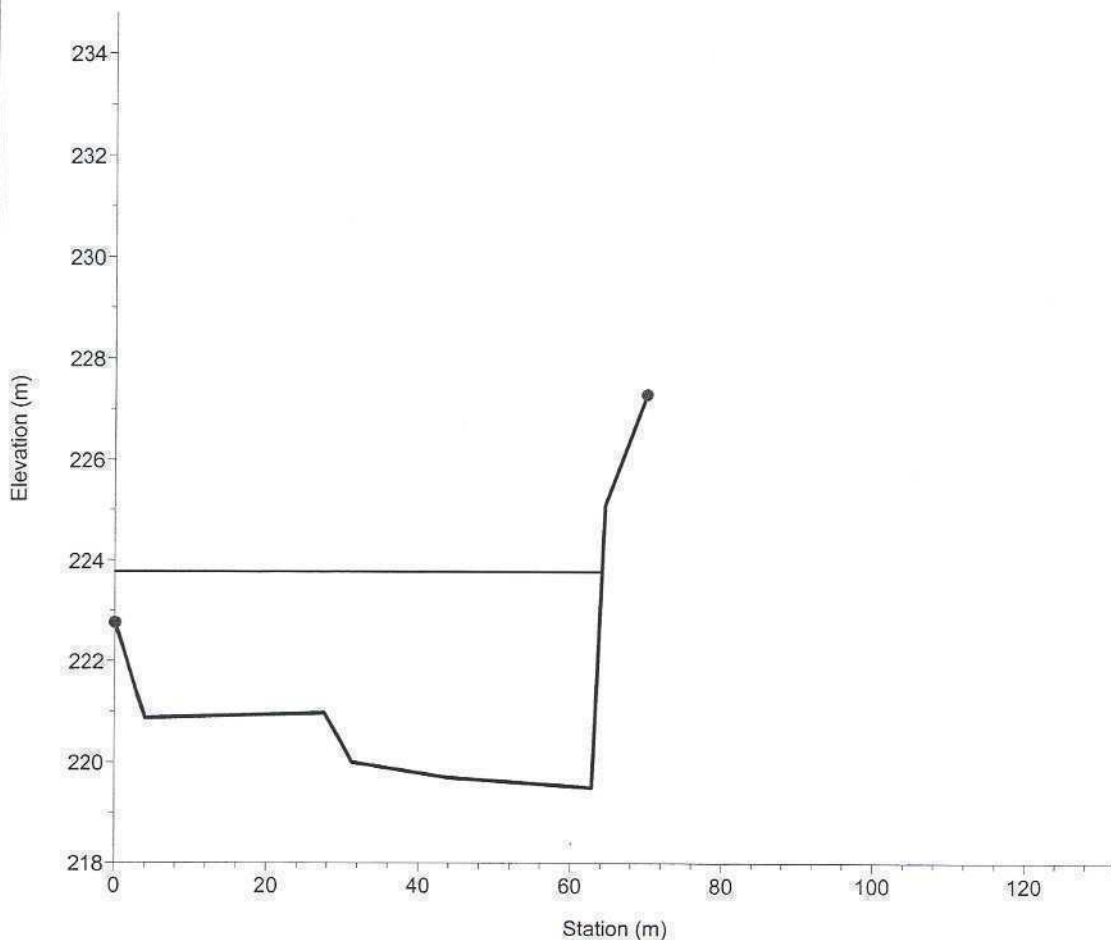


Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 1 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



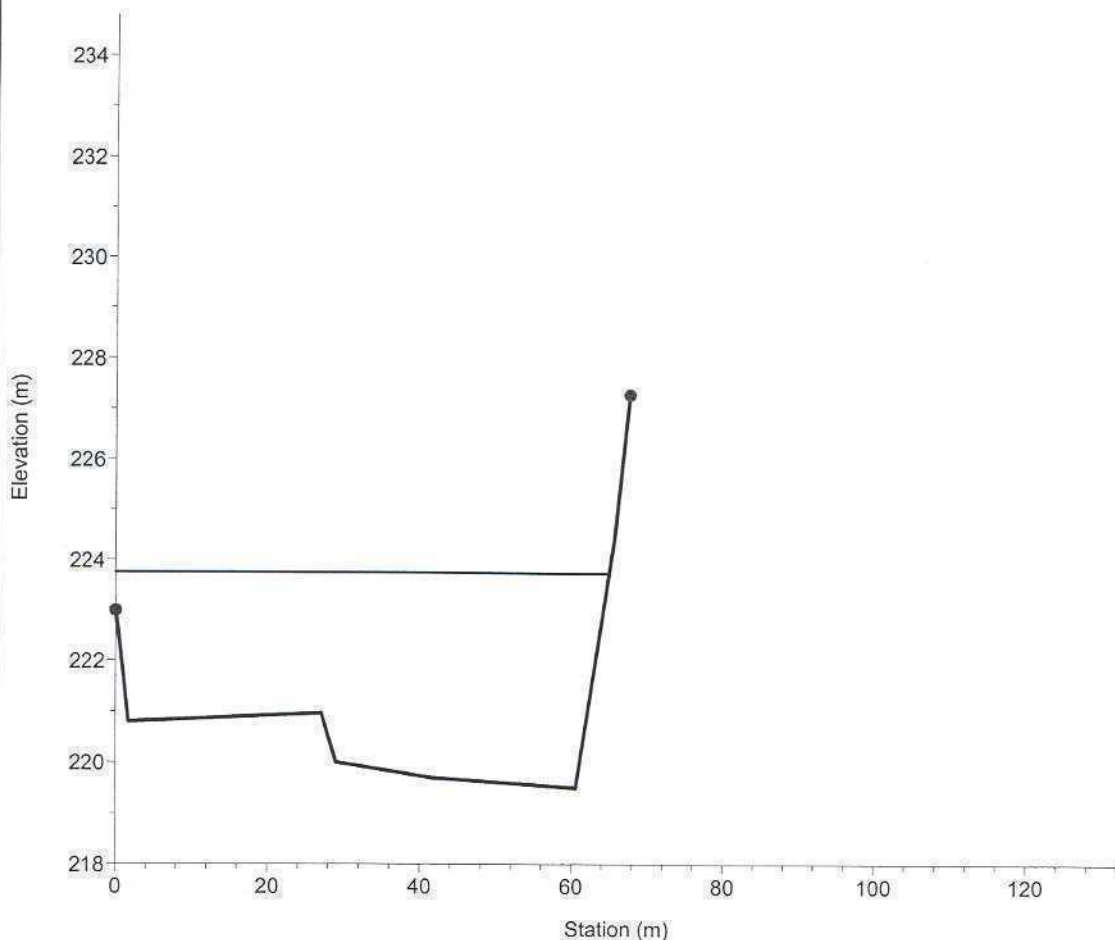
1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1.5 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 3 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



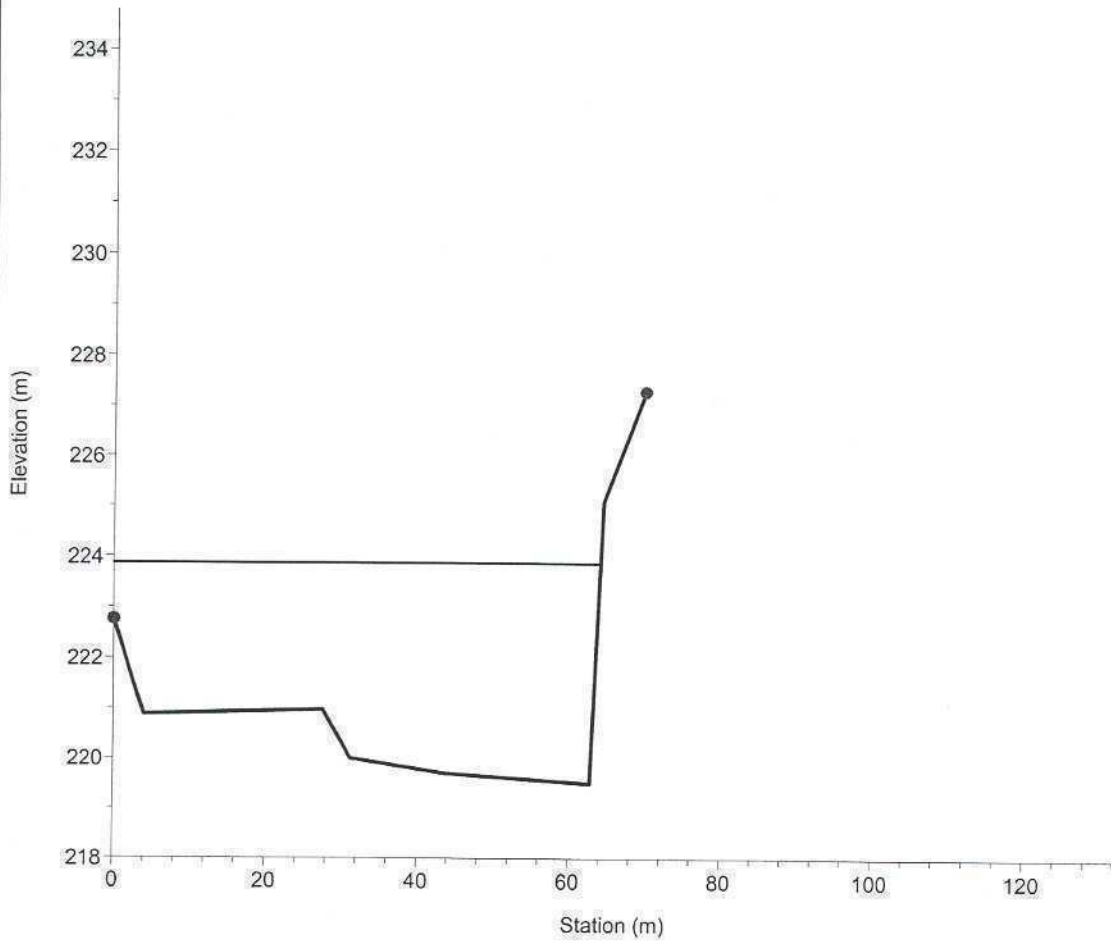
Legend	
—	P.I. T200 - attuale
—	P.I. T200 - progetto
⋯	Sezioni - attuale
●	Argini - attuale
—	Fondo alveo - progetto
●	Argini - progetto

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 2.9 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



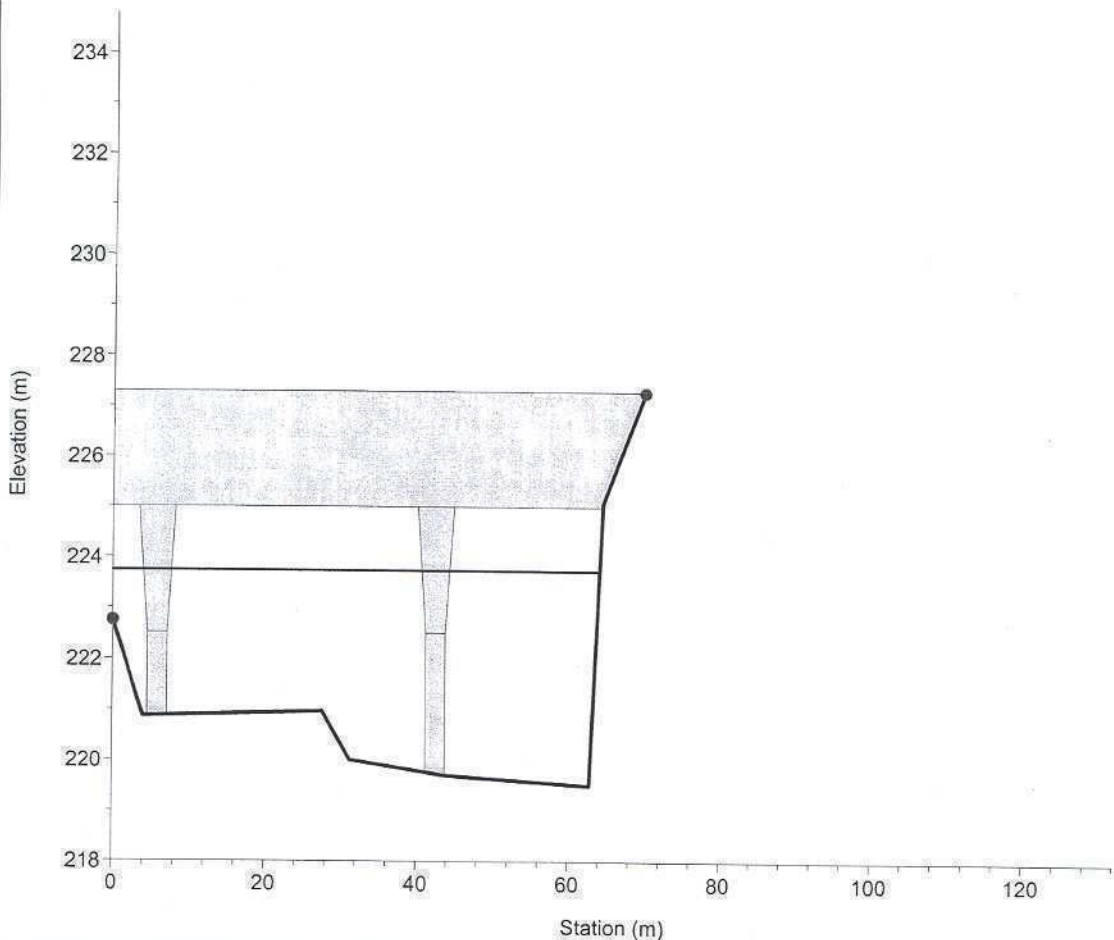
Legend	
—	P.I. T200 - attuale
—	P.I. T200 - progetto
⋯	Sezioni - attuale
●	Argini - attuale
—	Fondo alveo - progetto
●	Argini - progetto

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 3 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



Legend	
—	P.I. T200 - progetto
—	Fondo alveo - progetto
●	Argini - progetto

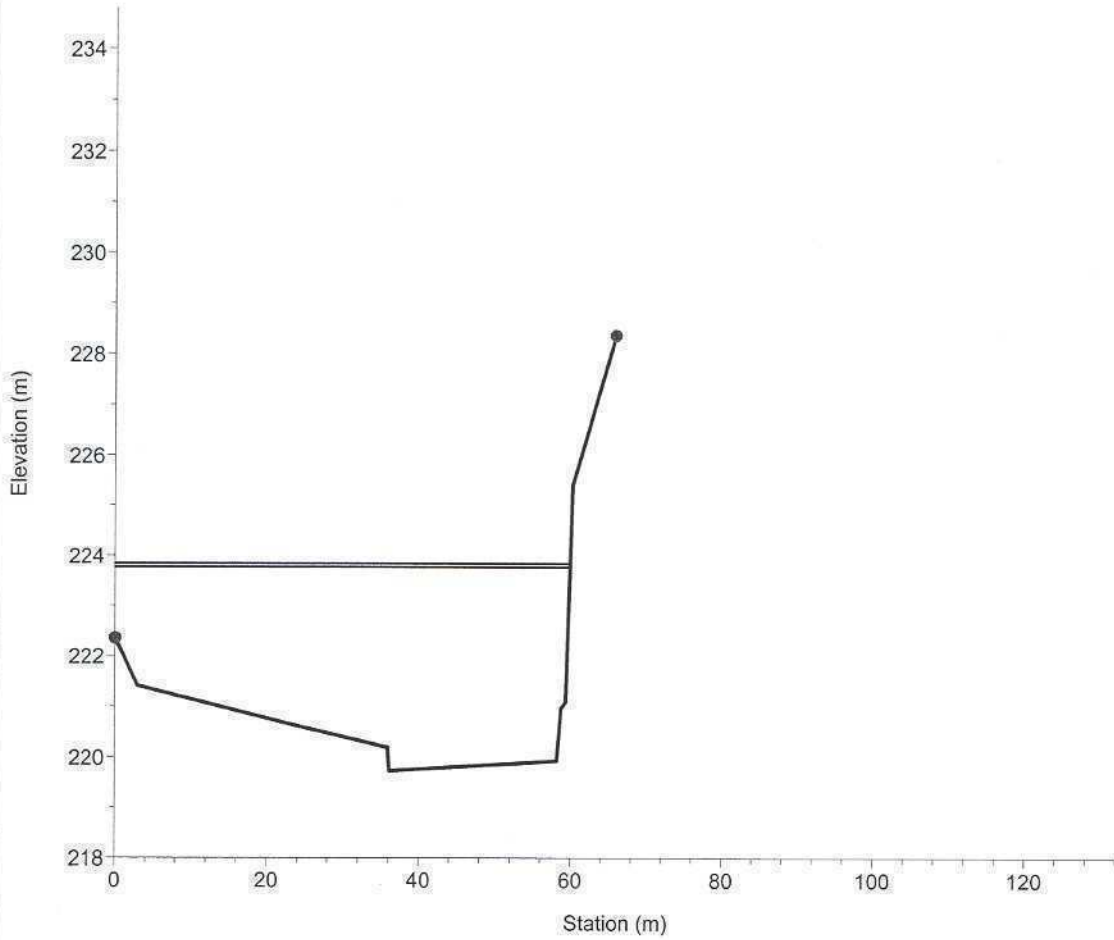
Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Ponte Nuovo Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



Legend	
—	P.I. T200 - progetto
—	- progetto
—	- progetto
—	Fondo alveo - progetto
●	Argini - progetto

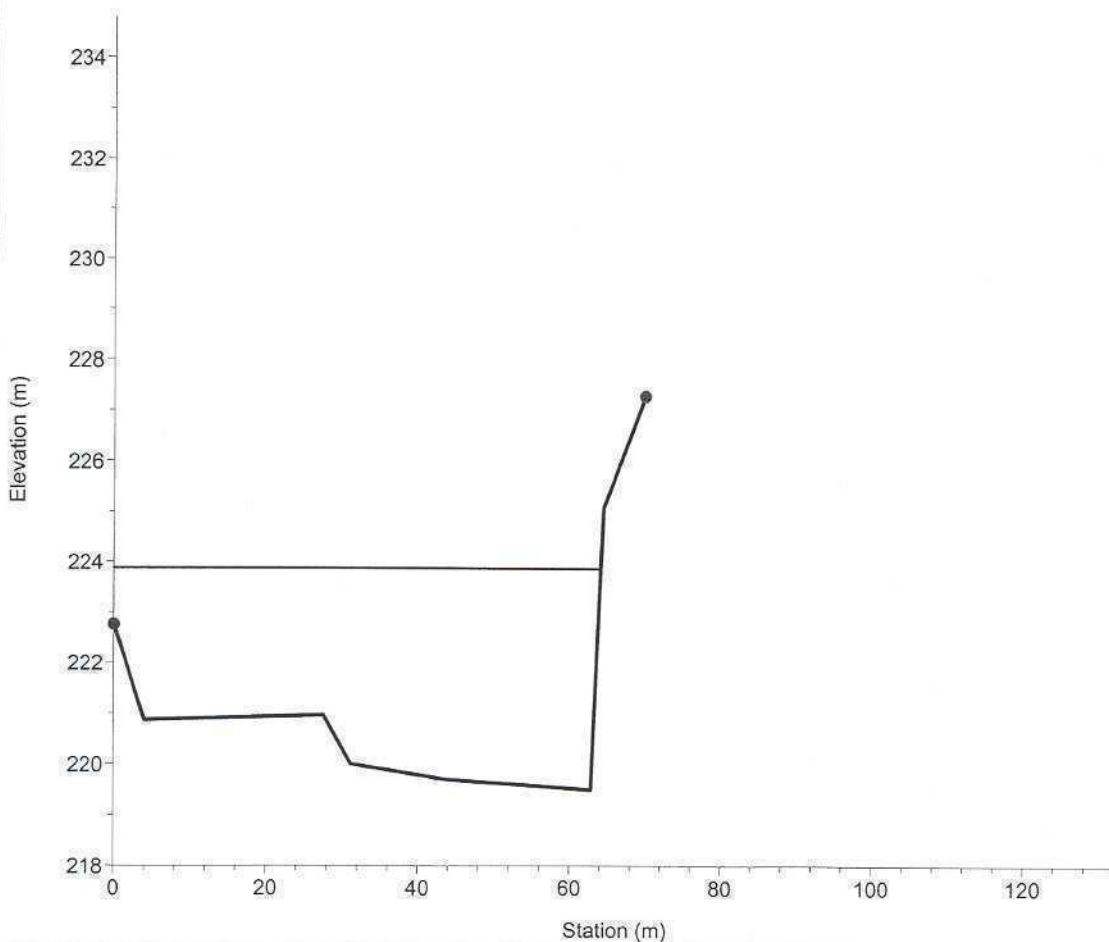
1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1.5 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 4 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



Legend	
—	P.I. T200 - progetto
—	P.I. T200 - attuale
⋯	Sezioni - attuale
●	Argini - attuale
—	Fondo alveo - progetto
●	Argini - progetto

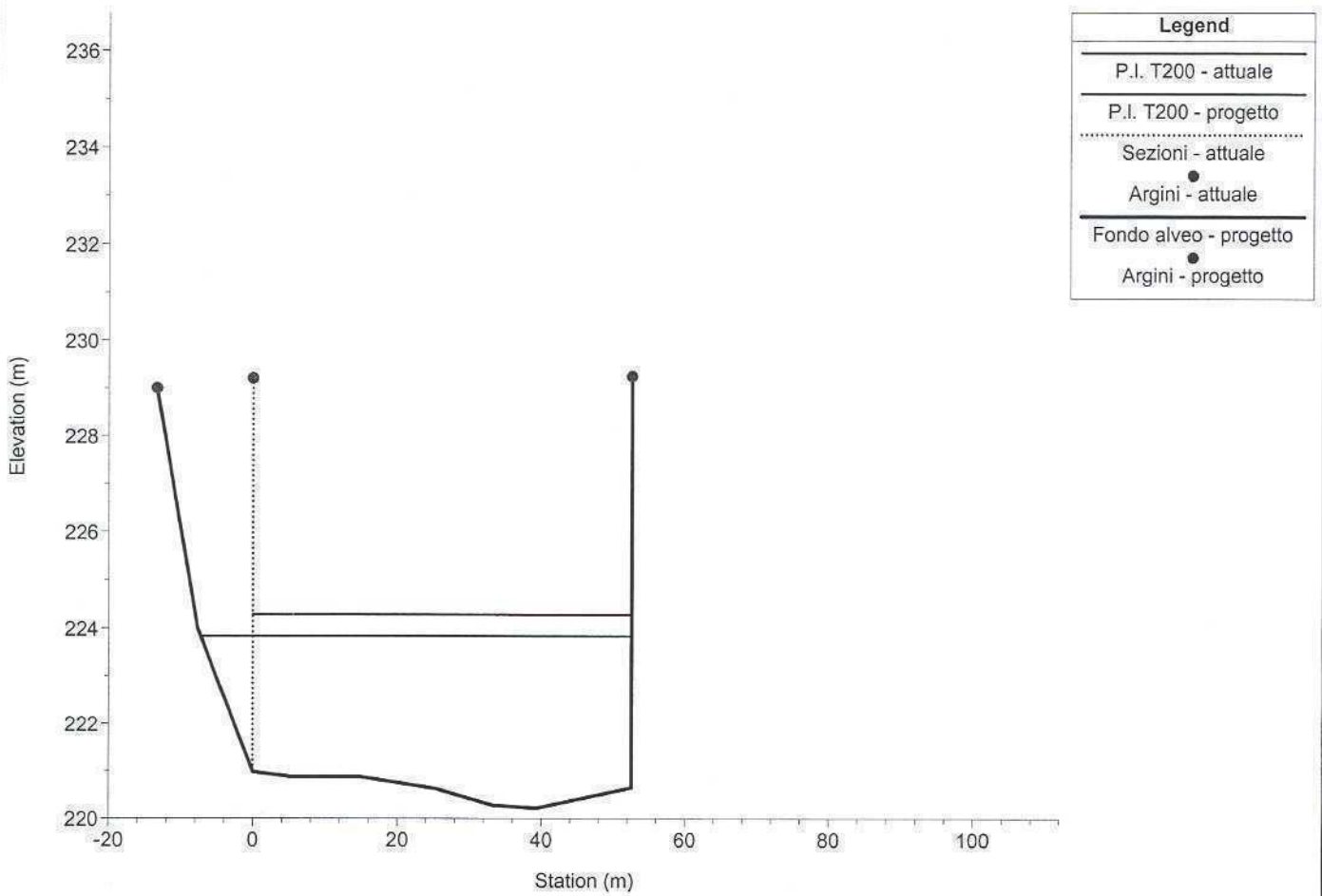
Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 3 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



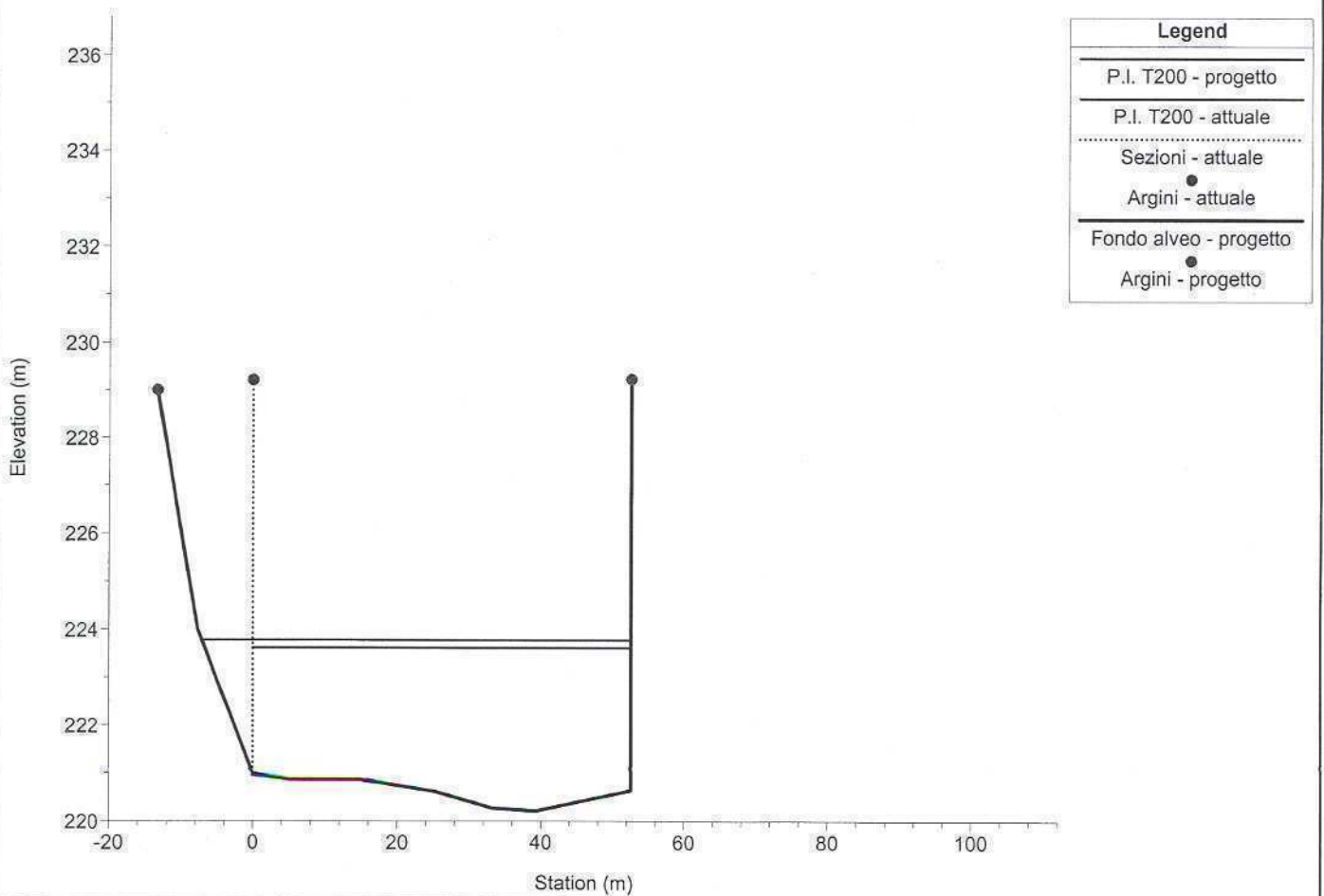
Legend	
—	P.I. T200 - progetto
—	Fondo alveo - progetto
●	Argini - progetto

1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1.5 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 4.2 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

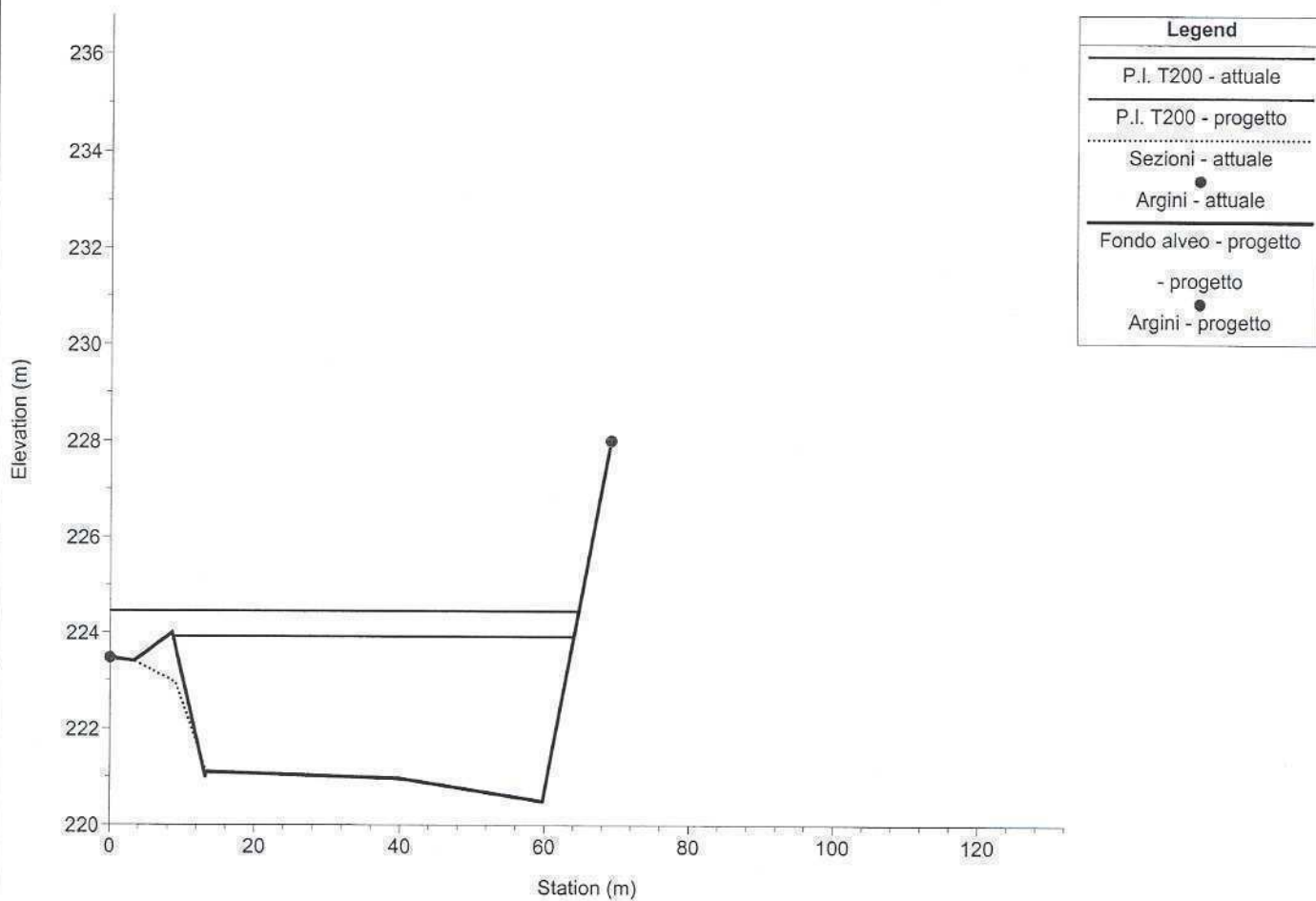


Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 4.1 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

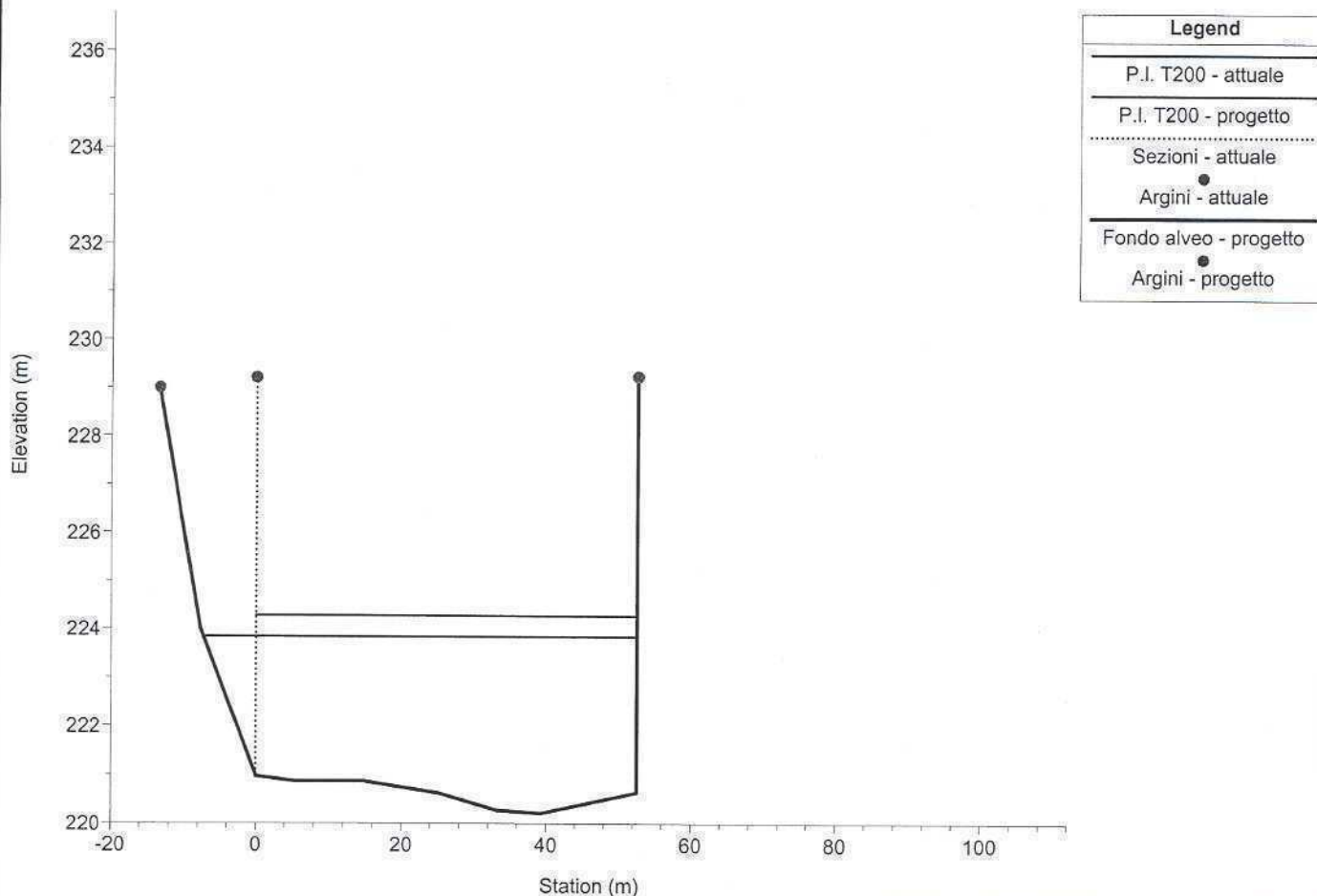


1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1.5 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 4.4 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

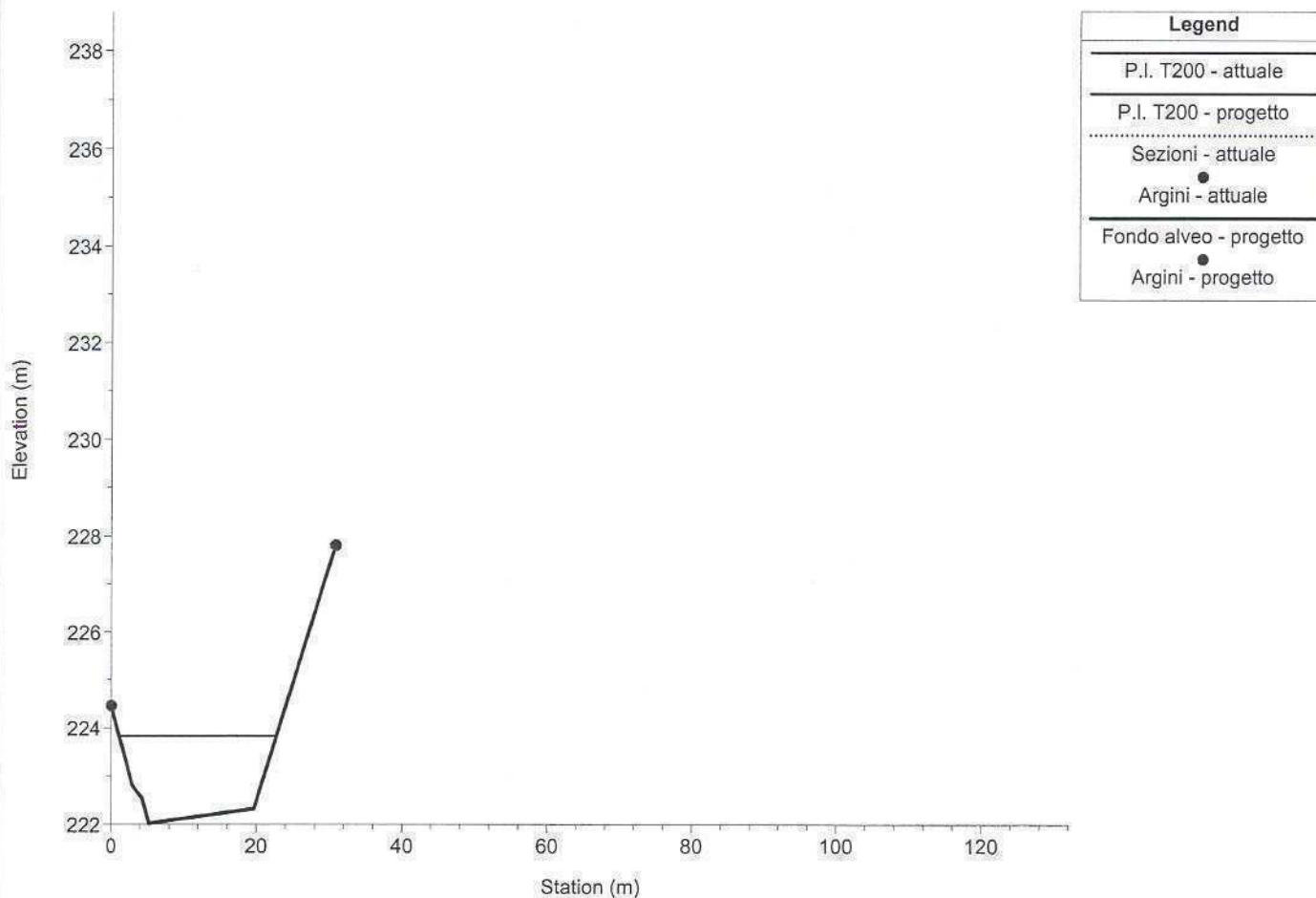


Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 4.3 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s

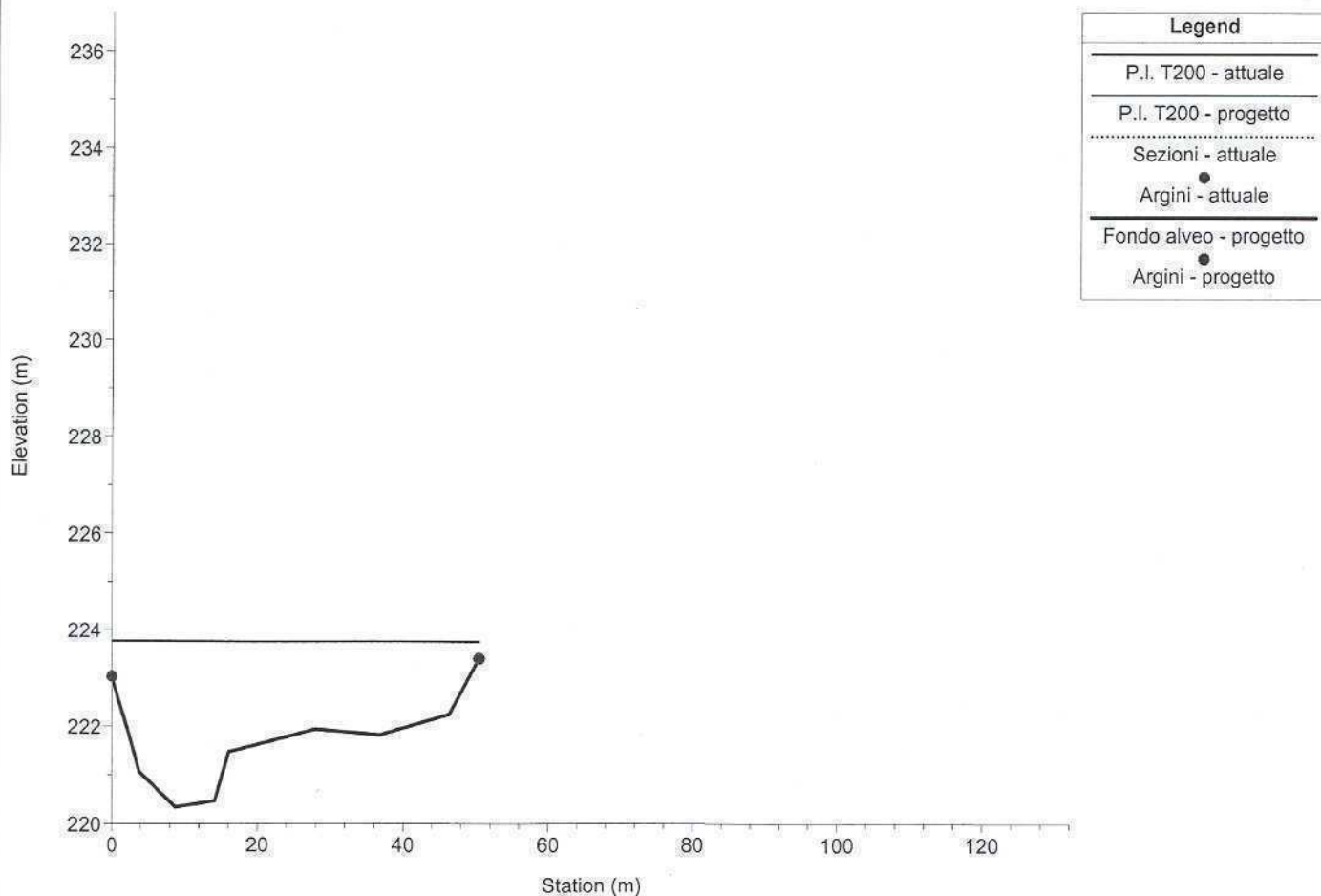


1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1.5 m

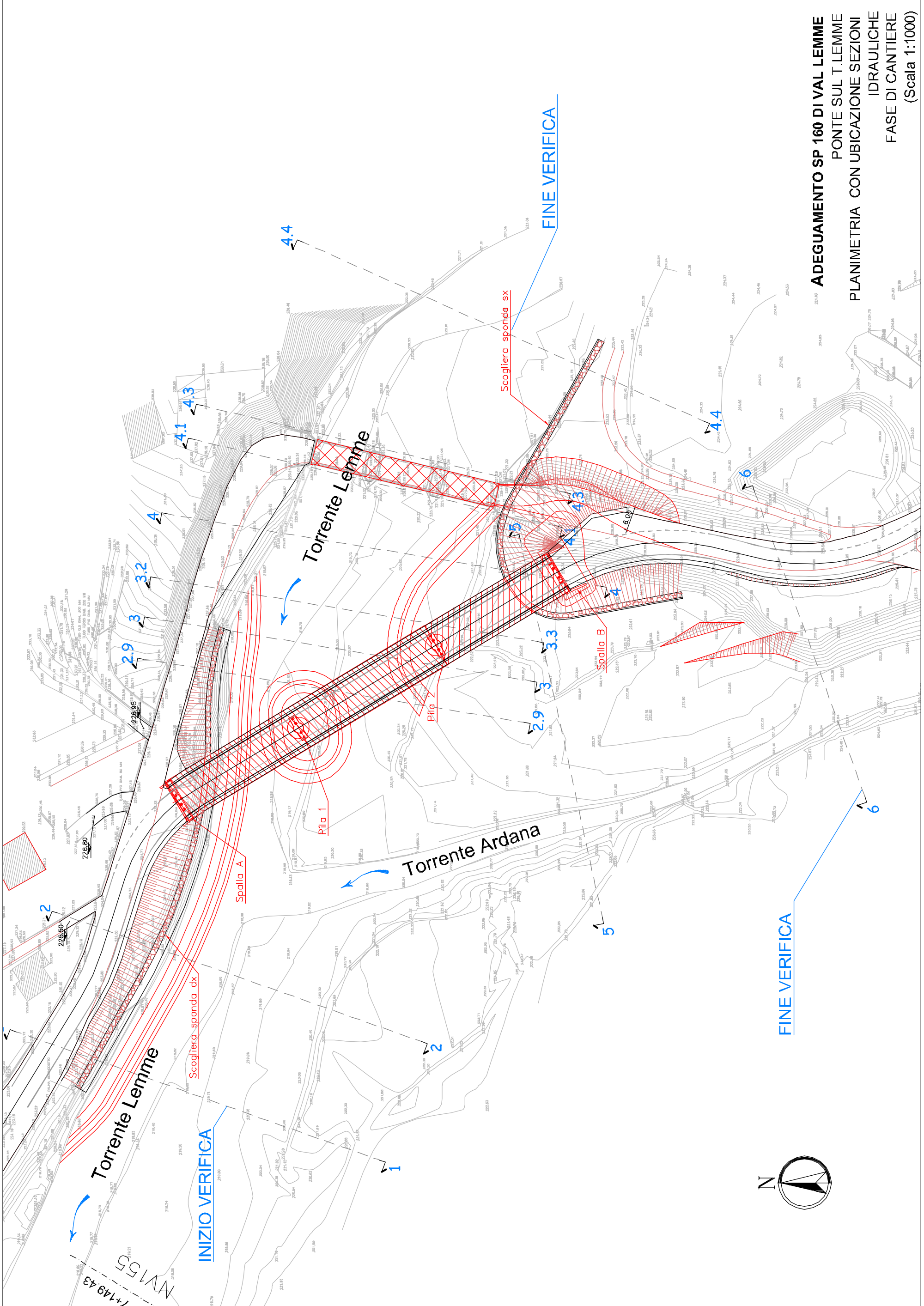
Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 6 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Sez. 5 Confronto attuale / progetto - Q= 741 m³/s - 628 m³/s



1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1.5 m

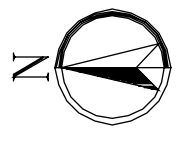


ADEGUAMENTO SP 160 DI VAL LEMME
PONTE SUL T. LEMME
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE SEZIONI
IDRAULICHE
FASE DI CANTIERE
 (Scala 1:1000)

INIZIO VERIFICA

FINE VERIFICA

FINE VERIFICA



Torrente Lemme

Torrente Lemme

Torrente Ardana

Scogliera sponda dx

Scogliera sponda sx

Spallo A

Spallo B

Pila 1

Pila 2

N+149.43

N+155

226.50

226.80

226.95

227.15

227.35

2

3

4

5

6

1

2.9

3

3.2

3.3

4

4.1

4.1

4.3

4.3

4.3

4.4

4.4

5

6

6

6

6

6

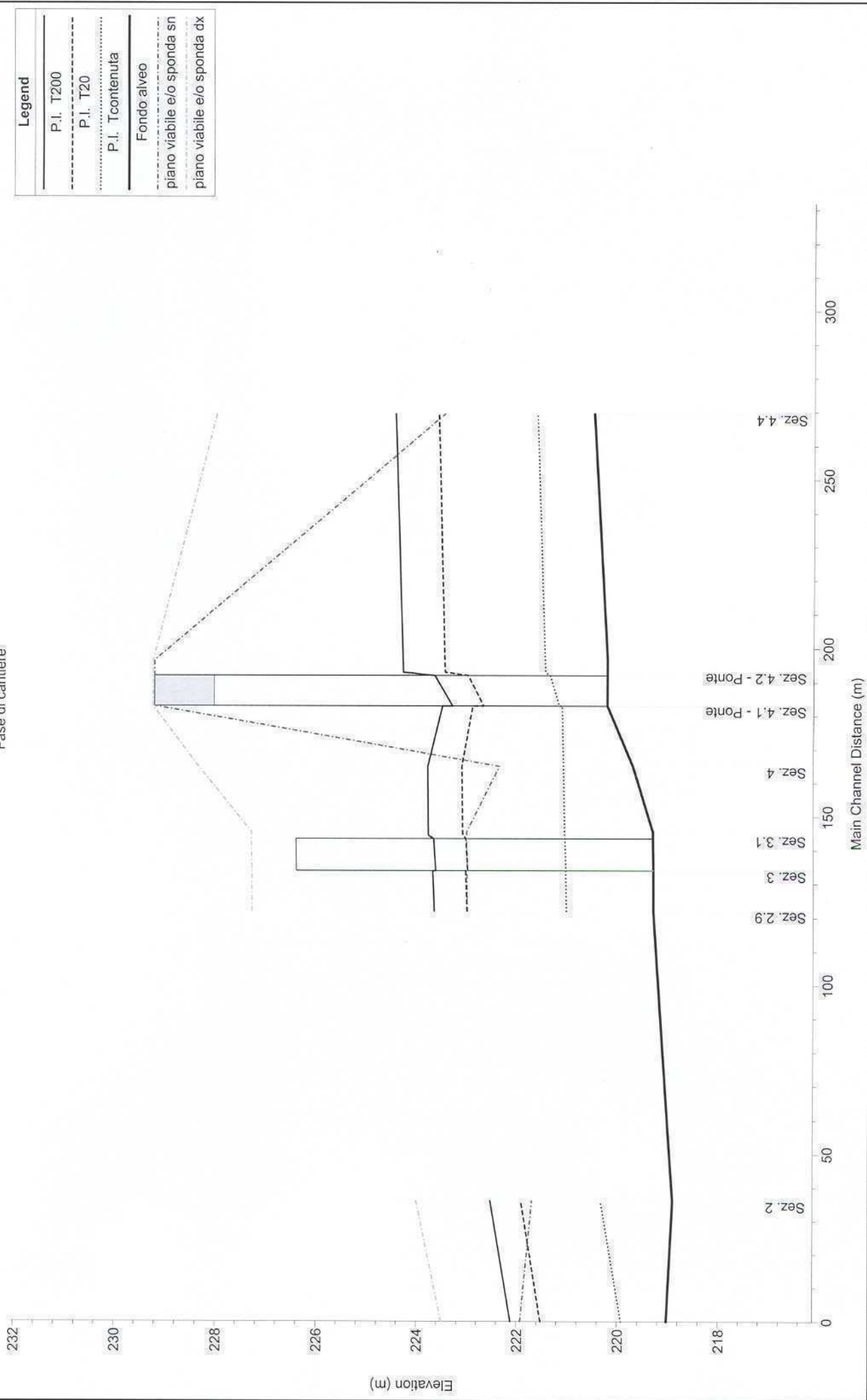
6.0

River	Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len (m)	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	LOB Elev (m)	ROB Elev (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Hydr Depth (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	E.G. Elev (m)	Froude # Chl
Lemme v	Lemme v	2	T200	36.00	741.00	218.90	221.69	224.00	222.52	3.62	2.56	5.03	147.17	57.41	223.81	1.00
Lemme v	Lemme v	2	T20	36.00	498.00	218.90	221.69	224.00	221.91	3.01	1.99	4.43	112.29	56.45	222.91	1.00
Lemme v	Lemme v	2	Tcontentuta	36.00	70.00	218.90	221.69	224.00	220.33	1.43	0.73	2.33	30.02	41.33	220.60	0.87
Lemme v	Lemme v	1	T200		741.00	219.02	221.92	223.50	222.11	3.09	2.44	4.93	150.31	61.50	223.35	1.01
Lemme v	Lemme v	1	T20		498.00	219.02	221.92	223.50	221.52	2.50	1.93	4.36	114.25	59.27	222.49	1.00
Lemme v	Lemme v	1	Tcontentuta		70.00	219.02	221.92	223.50	219.92	0.90	0.69	2.62	26.71	38.56	220.27	1.01
Ardana	Ardana	6	T200	191.00	113.00	222.02	224.45	227.80	223.83	1.81	1.40	3.73	30.31	21.67	224.54	1.01
Ardana	Ardana	6	T20	191.00	76.00	222.02	224.45	227.80	223.48	1.46	1.13	3.32	22.87	20.33	224.04	1.00
Ardana	Ardana	6	Tcontentuta	191.00	10.00	222.02	224.45	227.80	222.52	0.50	0.34	1.85	5.39	15.79	222.70	1.01
Ardana	Ardana	5	T200	113.00	113.00	220.34	223.03	223.41	223.75	3.41	2.10	1.06	106.26	50.50	223.81	0.25
Ardana	Ardana	5	T20	113.00	76.00	220.34	223.03	223.41	223.00	2.66	1.40	1.11	68.57	49.00	223.06	0.30
Ardana	Ardana	5	Tcontentuta	113.00	10.00	220.34	223.03	223.41	221.02	0.68	0.47	1.91	5.22	11.11	221.21	0.89
Lemme m	Lemme m	4.4	T200	233.50	628.00	220.49	223.47	228.00	224.45	3.96	3.02	3.21	195.42	64.69	224.97	0.59
Lemme m	Lemme m	4.4	T20	233.50	422.00	220.49	223.47	228.00	223.59	3.10	2.20	3.01	140.18	63.62	224.05	0.65
Lemme m	Lemme m	4.4	Tcontentuta	233.50	60.00	220.49	223.47	228.00	221.62	1.13	0.71	1.74	34.54	48.99	221.77	0.66
Lemme m	Lemme m	4.3	T200	160.50	628.00	220.21	229.21	229.24	224.29	4.08	3.68	3.24	193.83	52.60	224.82	0.54
Lemme m	Lemme m	4.3	T20	160.50	422.00	220.21	229.21	229.24	223.45	3.24	2.85	2.81	150.03	52.60	223.86	0.53
Lemme m	Lemme m	4.3	Tcontentuta	160.50	60.00	220.21	229.21	229.24	221.45	1.24	0.85	1.34	44.81	52.60	221.54	0.46
Lemme m	Lemme m	4.2	T200	157.00	628.00	220.21	229.21	229.24	224.28	4.07	3.67	3.25	193.28	52.60	224.81	0.54
Lemme m	Lemme m	4.2	T20	157.00	422.00	220.21	229.21	229.24	223.44	3.23	2.84	2.82	149.48	52.60	223.85	0.53
Lemme m	Lemme m	4.2	Tcontentuta	157.00	60.00	220.21	229.21	229.24	221.44	1.23	0.84	1.35	44.29	52.60	221.54	0.47
Lemme m	Lemme m	4.11	Bridge													
Lemme m	Lemme m	4.1	T200	147.00	628.00	220.21	229.21	229.24	223.49	3.28	2.89	4.13	152.12	52.60	224.36	0.77
Lemme m	Lemme m	4.1	T20	147.00	422.00	220.21	229.21	229.24	222.89	2.68	2.29	3.51	120.28	52.60	223.51	0.74
Lemme m	Lemme m	4.1	Tcontentuta	147.00	60.00	220.21	229.21	229.24	221.11	0.90	0.51	2.24	26.81	52.60	221.37	1.00
Lemme m	Lemme m	4	T200	129.00	628.00	219.70	222.35	228.34	223.78	4.08	3.74	2.80	223.97	59.90	224.18	0.46
Lemme m	Lemme m	4	T20	129.00	422.00	219.70	222.35	228.34	223.10	3.40	3.07	2.30	183.32	59.77	223.37	0.42
Lemme m	Lemme m	4	Tcontentuta	129.00	60.00	219.70	222.35	228.34	221.08	1.38	1.20	0.92	65.34	54.51	221.12	0.27
Lemme m	Lemme m	3.2	T200	109.50	628.00	219.30	223.00	227.28	223.77	4.47	3.53	2.74	229.47	65.06	224.15	0.47
Lemme m	Lemme m	3.2	T20	109.50	422.00	219.30	223.00	227.28	223.08	3.78	2.87	2.28	185.01	64.47	223.35	0.43
Lemme m	Lemme m	3.2	Tcontentuta	109.50	60.00	219.30	223.00	227.28	221.05	1.75	1.24	1.03	58.14	47.01	221.11	0.30
Lemme m	Lemme m	3.1	T200	108.50	628.00	219.30	223.00	227.28	223.76	4.46	3.53	2.74	229.35	65.05	224.15	0.47
Lemme m	Lemme m	3.1	T20	108.50	422.00	219.30	223.00	227.28	223.08	3.78	2.87	2.28	184.91	64.47	223.34	0.43
Lemme m	Lemme m	3.1	Tcontentuta	108.50	60.00	219.30	223.00	227.28	221.05	1.75	1.24	1.03	58.10	47.00	221.10	0.30

River	Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len (m)	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	LOB Elev (m)	ROB Elev (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Hydr Depth (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	E.G. Elev (m)	Froude # Chl
Lemme m	Lemme m	3.05		Bridge												
Lemme m	Lemme m	3	T200	98.00	628.00	219.30	223.00	227.28	223.69	4.39	3.45	2.80	224.26	64.99	224.09	0.48
Lemme m	Lemme m	3	T20	98.00	422.00	219.30	223.00	227.28	223.03	3.73	2.82	2.32	181.57	64.43	223.30	0.44
Lemme m	Lemme m	3	Tcontenuta	98.00	60.00	219.30	223.00	227.28	221.04	1.74	1.23	1.04	57.47	46.83	221.09	0.30
Lemme m	Lemme m	2.9	T200	86.00	628.00	219.30	223.00	227.28	223.66	4.36	3.41	2.84	221.48	64.96	224.07	0.49
Lemme m	Lemme m	2.9	T20	86.00	422.00	219.30	223.00	227.28	223.00	3.70	2.78	2.36	179.14	64.40	223.28	0.45
Lemme m	Lemme m	2.9	Tcontenuta	86.00	60.00	219.30	223.00	227.28	221.02	1.72	1.17	1.07	55.90	47.90	221.08	0.32

Confluenza t. Lemme - t. Ardana

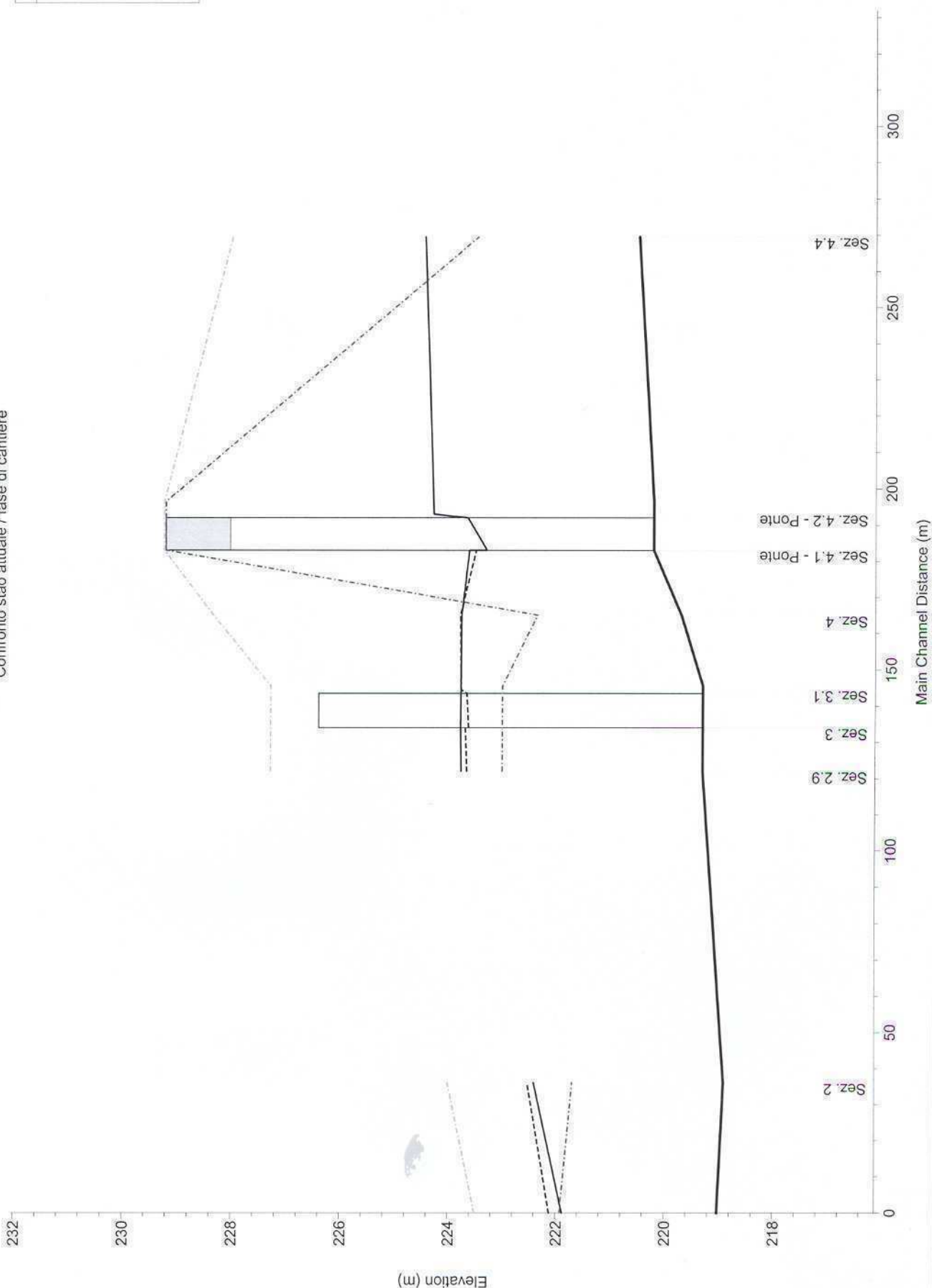
Fase di cantiere



1 cm Horiz. = 15 m 1 cm Vert. = 1 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana
 Confronto stao attuale / fase di cantiere

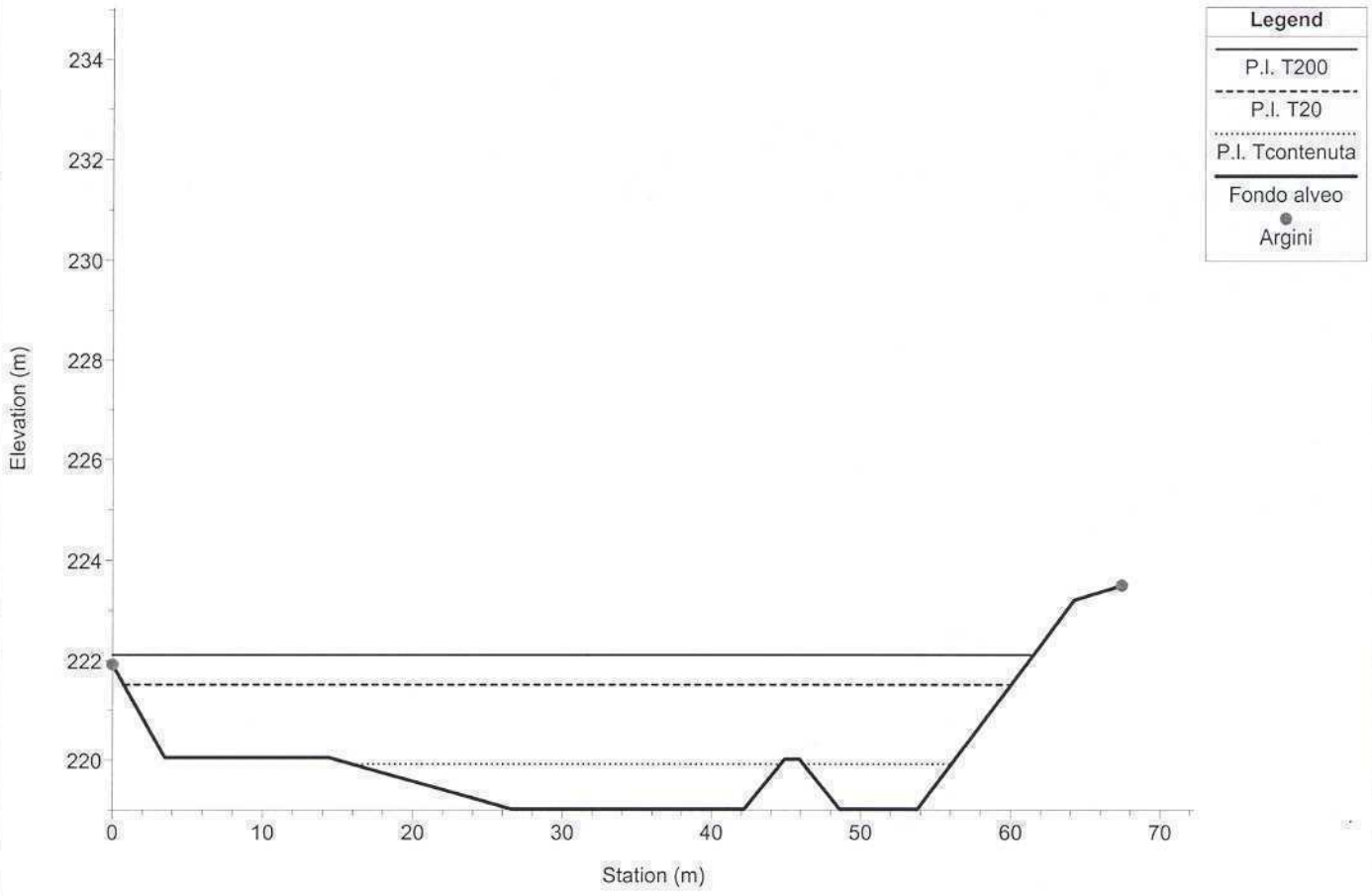
Legend	
---	P.I. T200 - provis
—	P.I. T200 - attuale
—	Fondo alveo
—	piano viabile e/o sponda sn
—	piano viabile e/o sponda dx



1 cm Horiz. = 15 m 1 cm Vert. = 1 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana

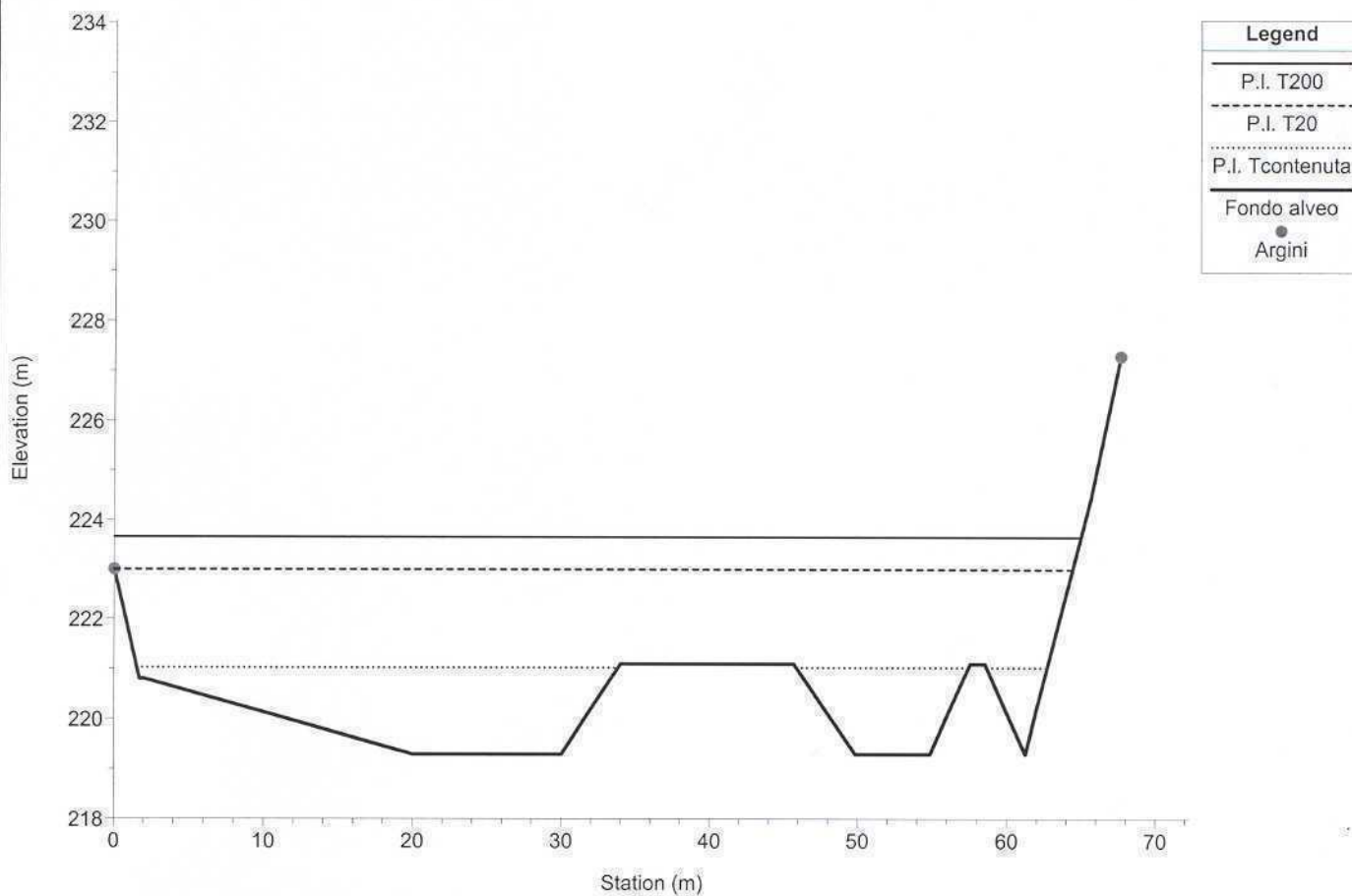
Sez. 1 Fase di cantiere



1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

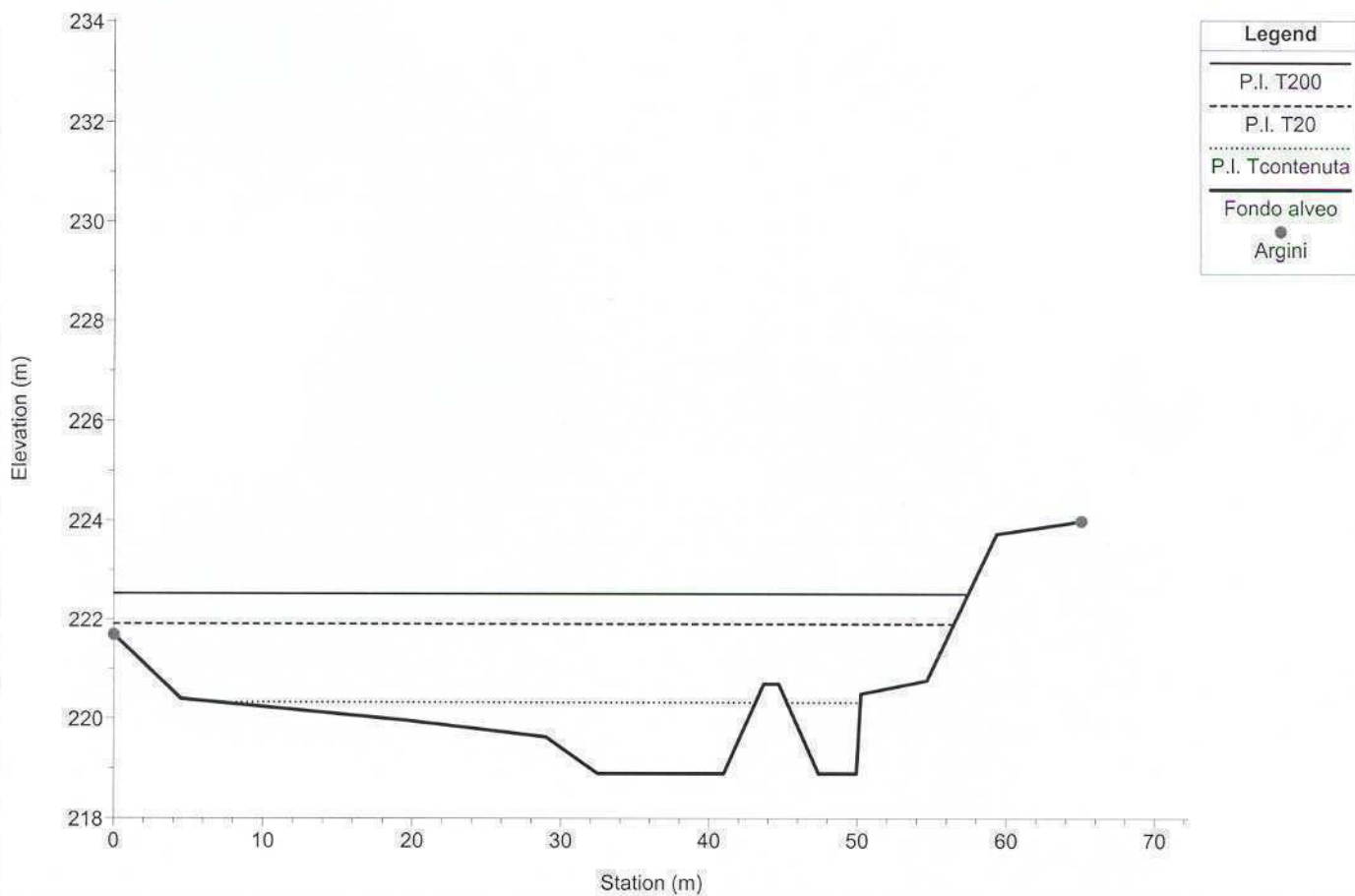
Confluenza t. Lemme - t. Ardana

Sez. 2.9 Fase di cantiere



Confluenza t. Lemme - t. Ardana

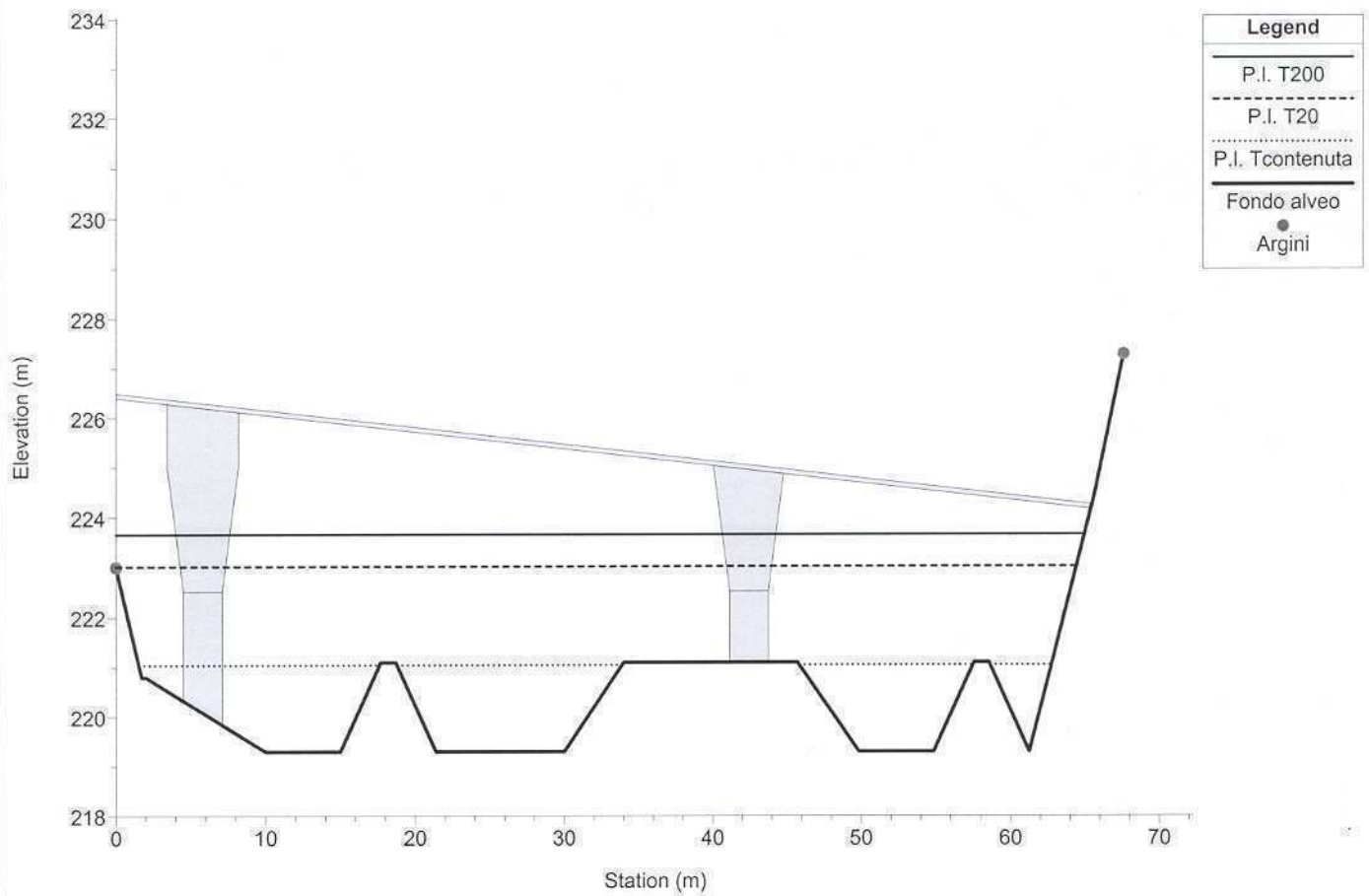
Sez. 2 Fase di cantiere



1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

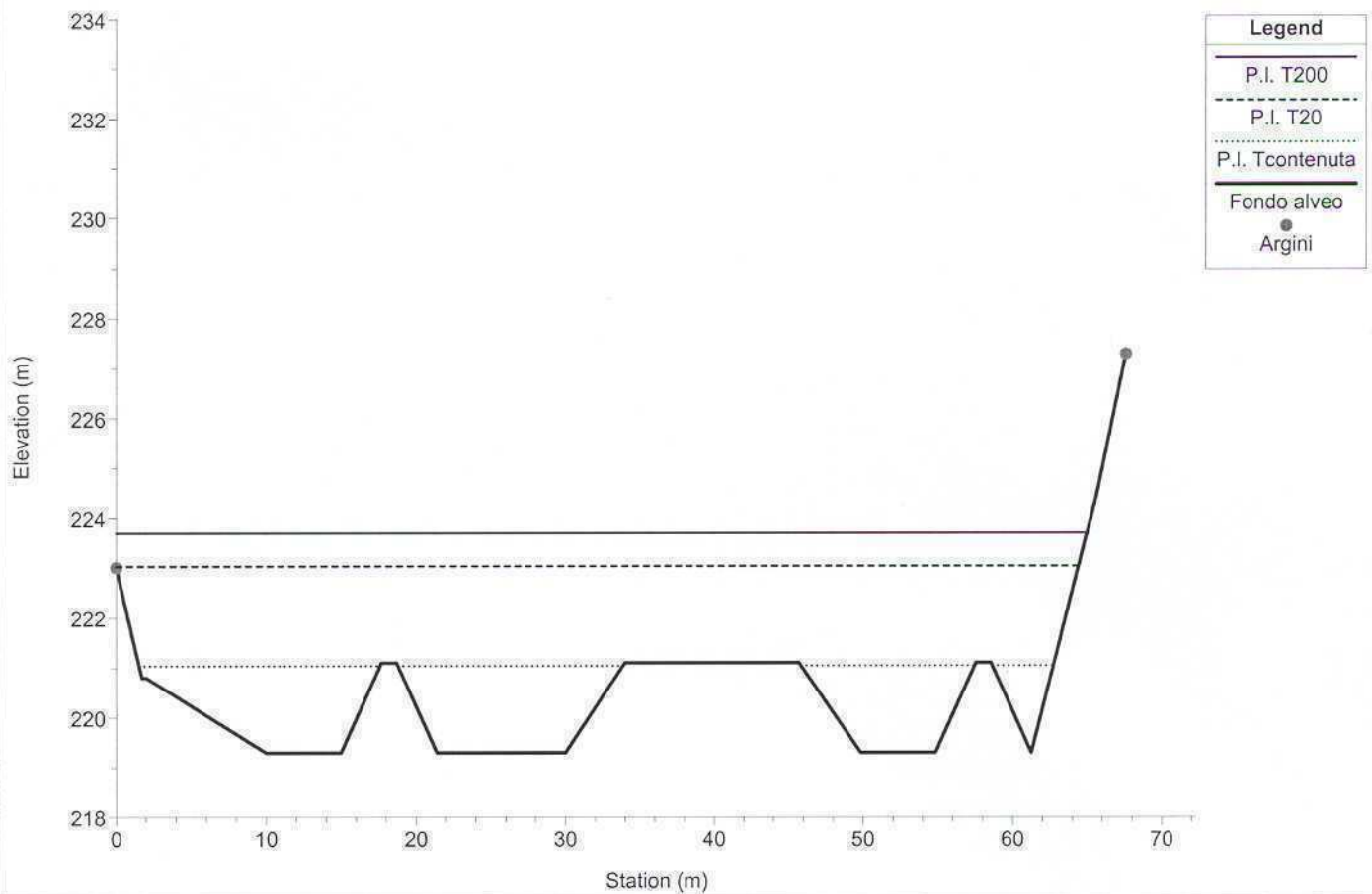
Confluenza t. Lemme - t. Ardana

Fase di cantiere



Confluenza t. Lemme - t. Ardana

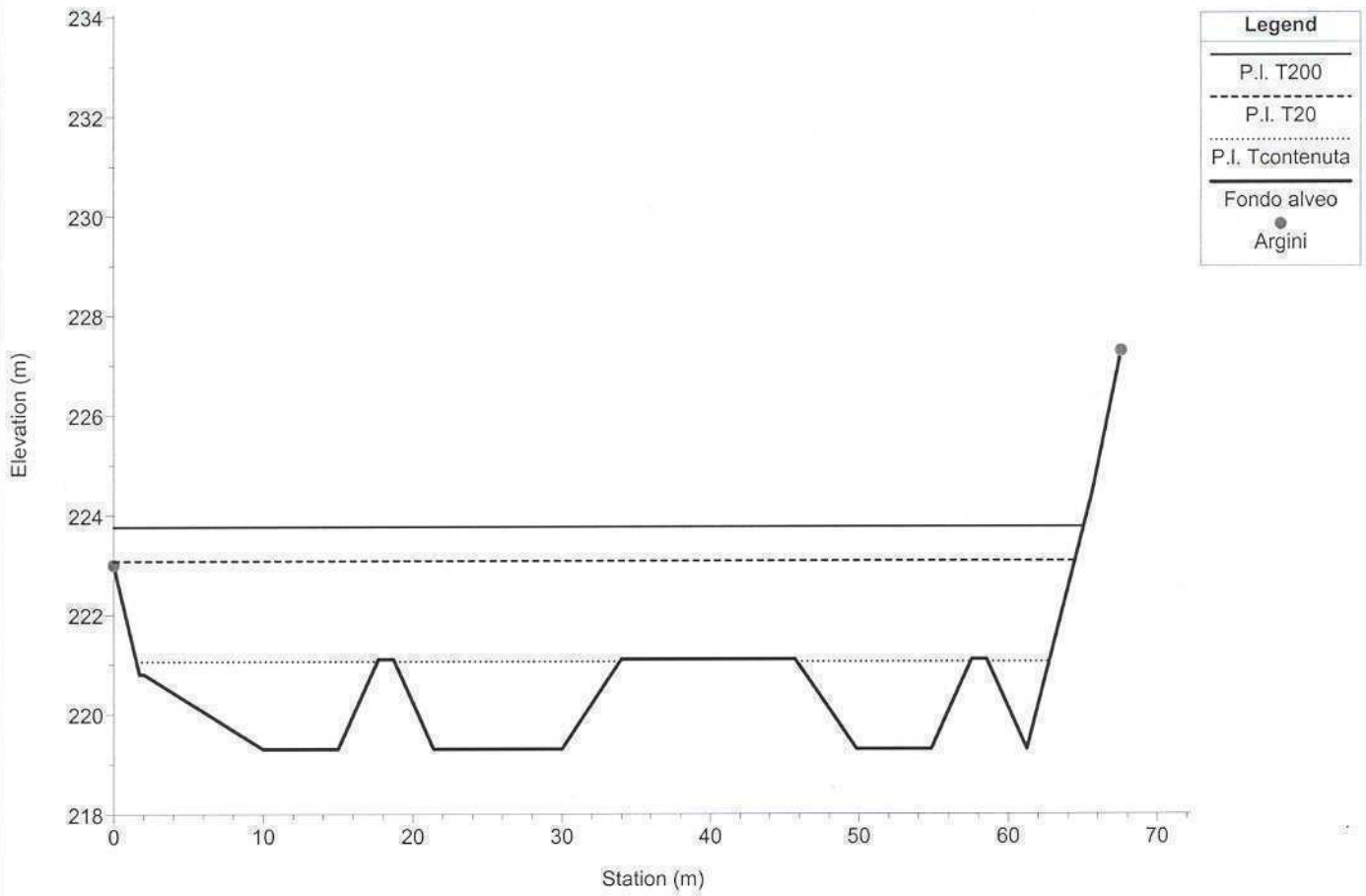
Sez. 3 Fase di cantiere



1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

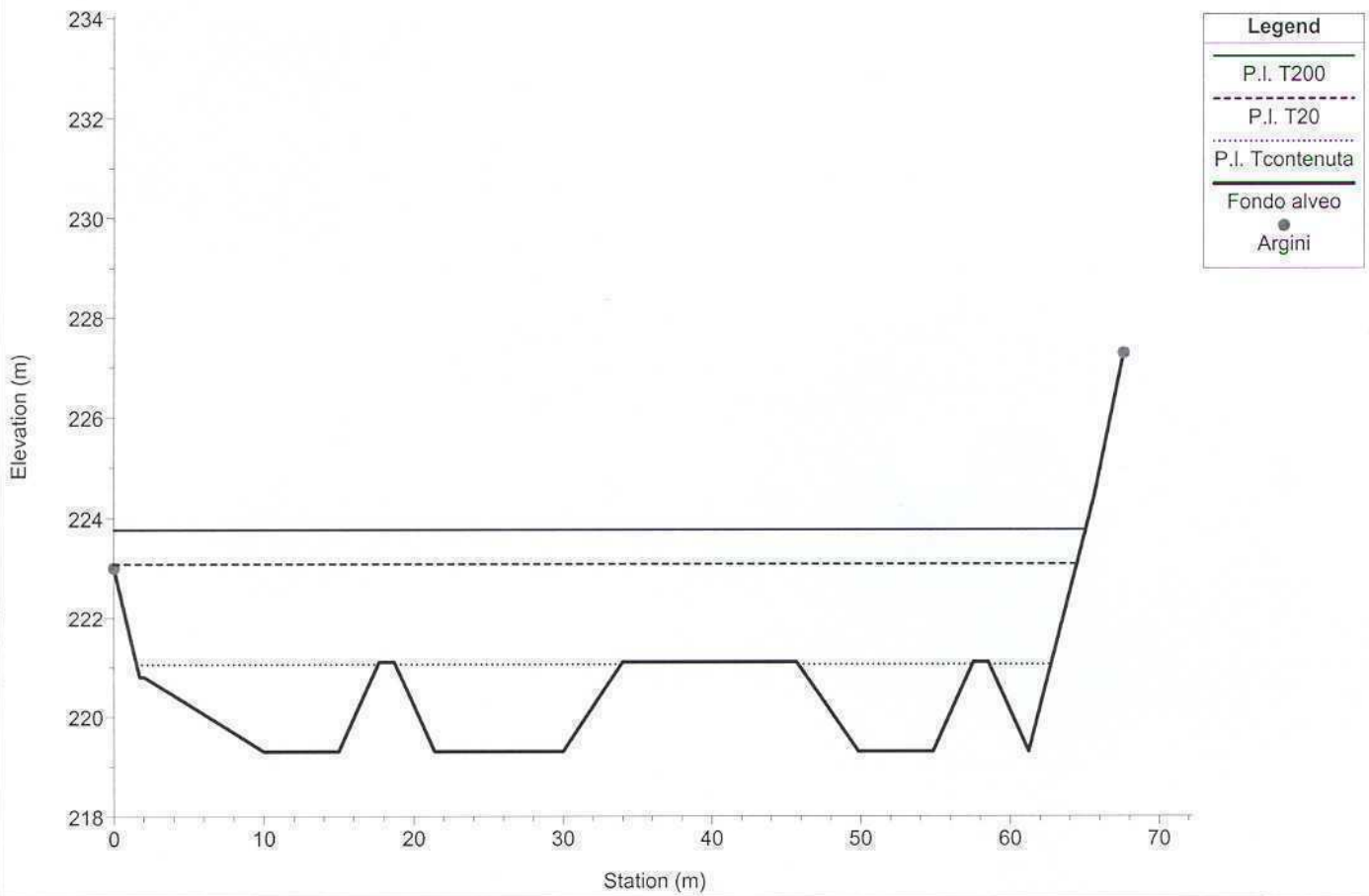
Confluenza t. Lemme - t. Ardana

Sez. 3.2 Fase di cantiere



Confluenza t. Lemme - t. Ardana

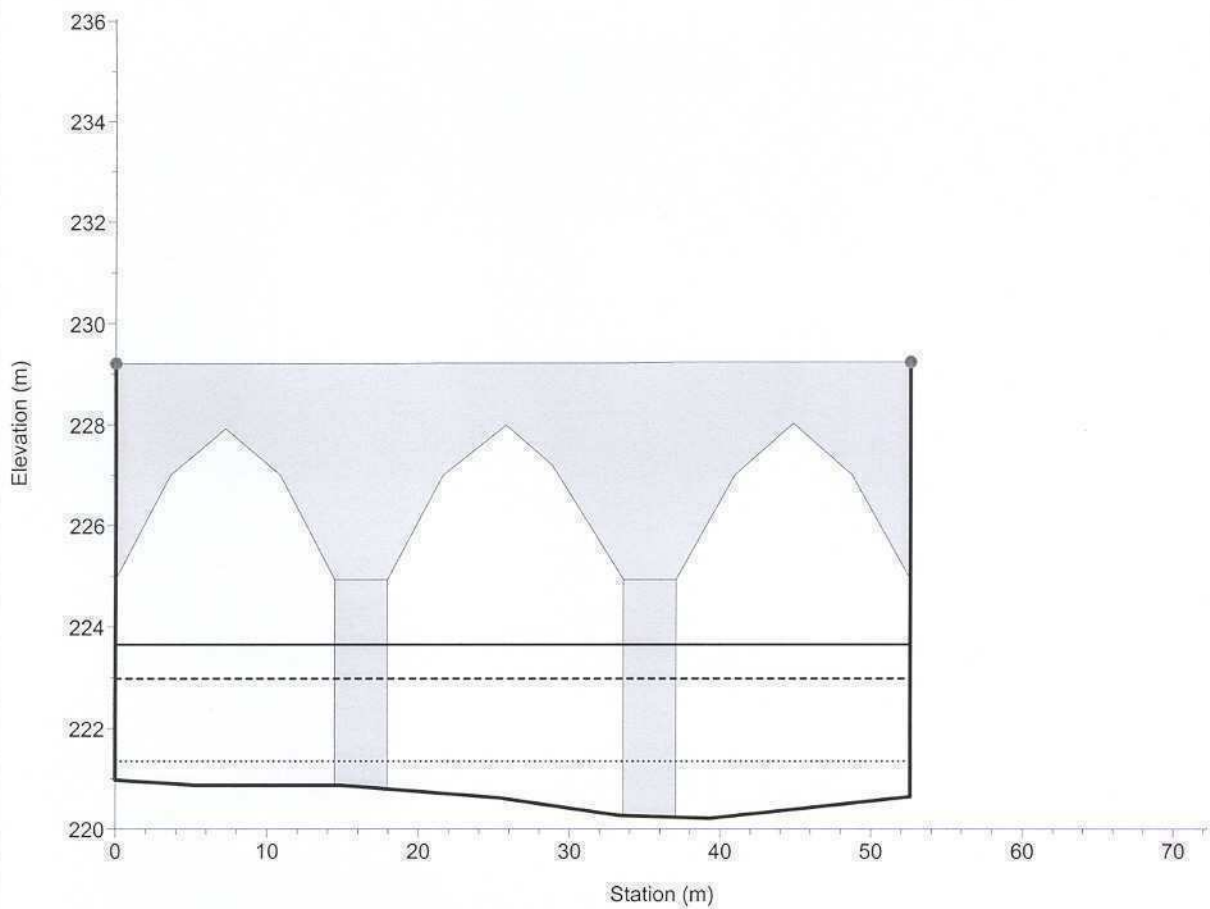
Sez. 3.1 Fase di cantiere



1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

Confluenza t. Lemme - t. Ardana

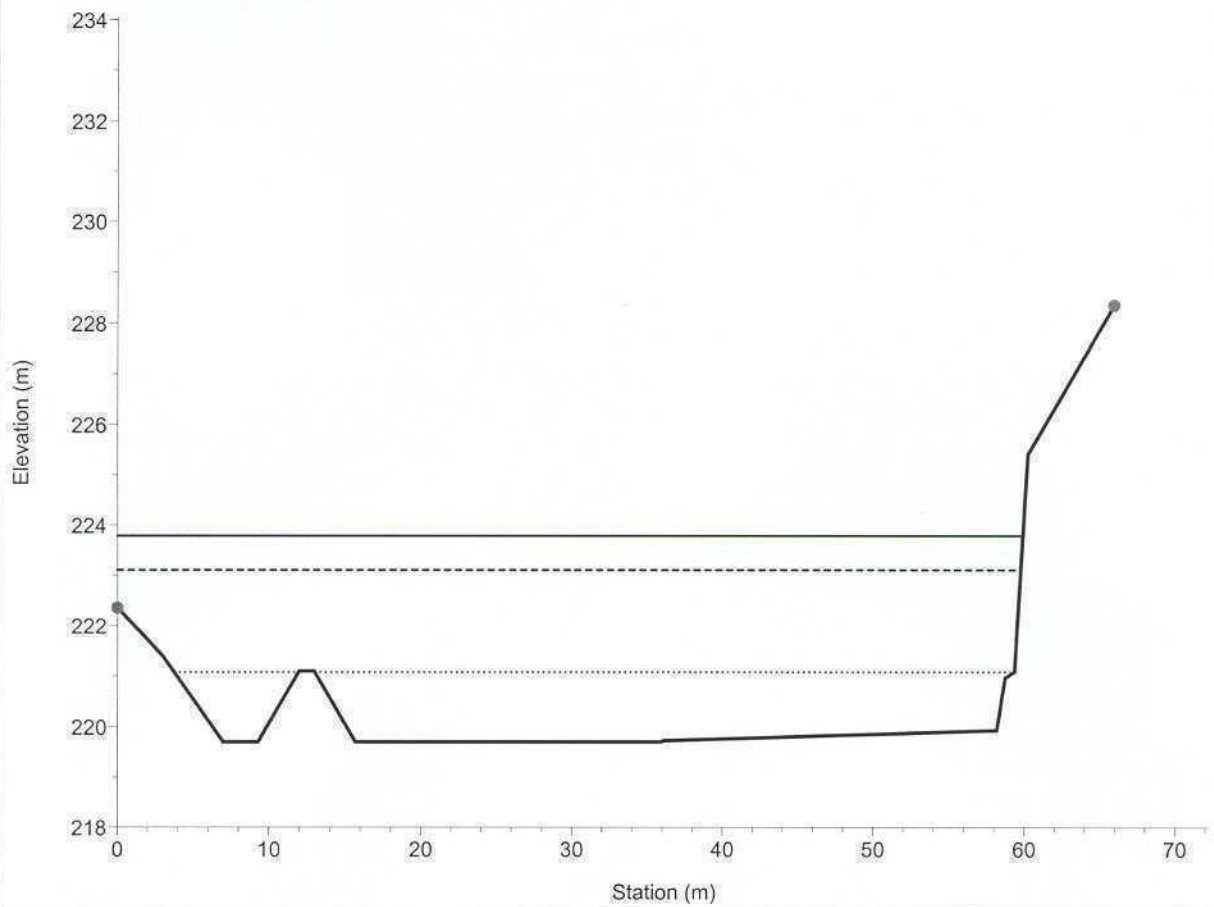
Fase di cantiere



Legend	
P.I. T200	—
P.I. T20	- - -
P.I. Tcontenuta	⋯
Fondo alveo	—
Argini	●

Confluenza t. Lemme - t. Ardana

Sez. 4 Fase di cantiere

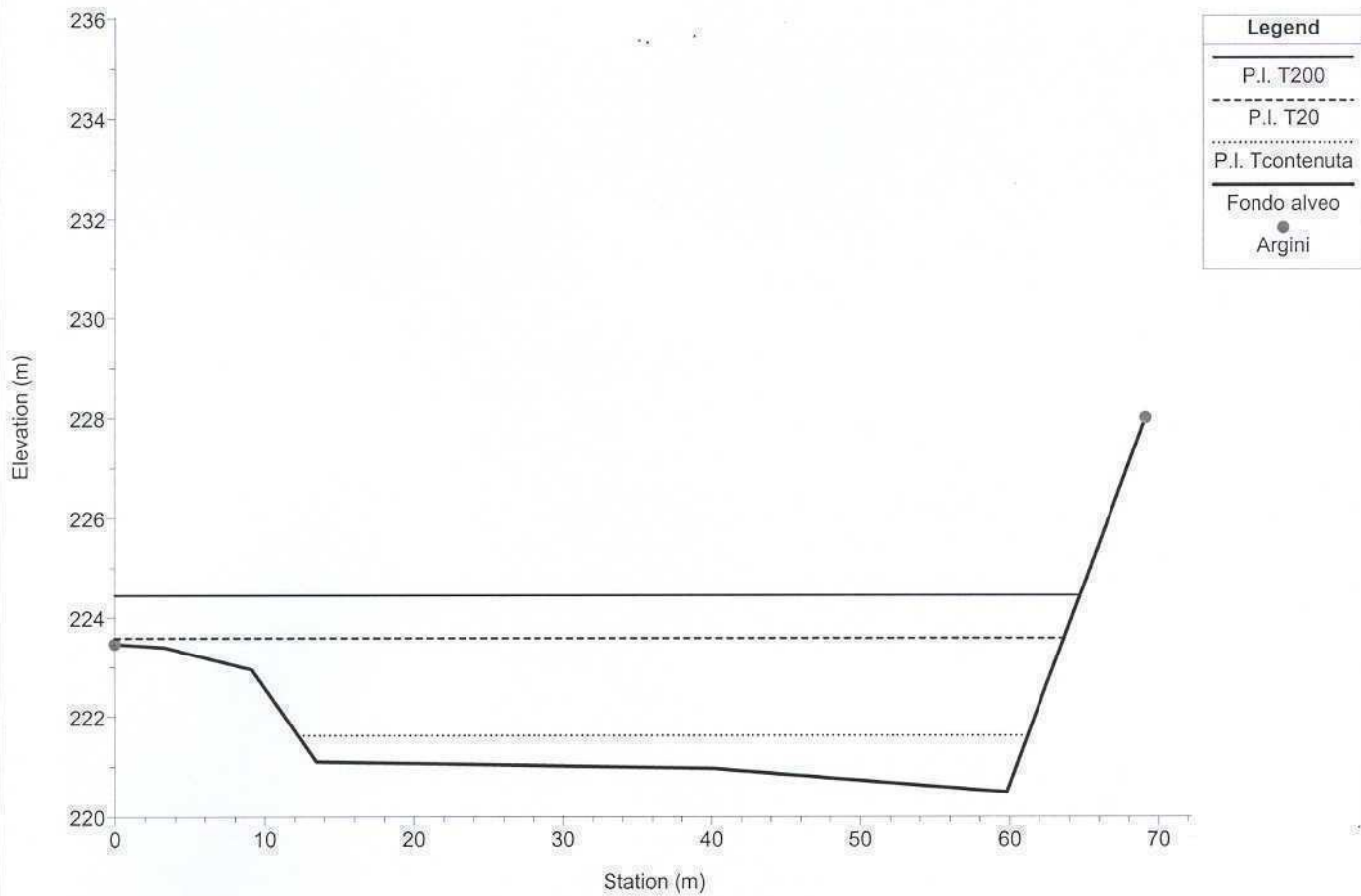


Legend	
P.I. T200	—
P.I. T20	- - -
P.I. Tcontenuta	⋯
Fondo alveo	—
Argini	●

1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

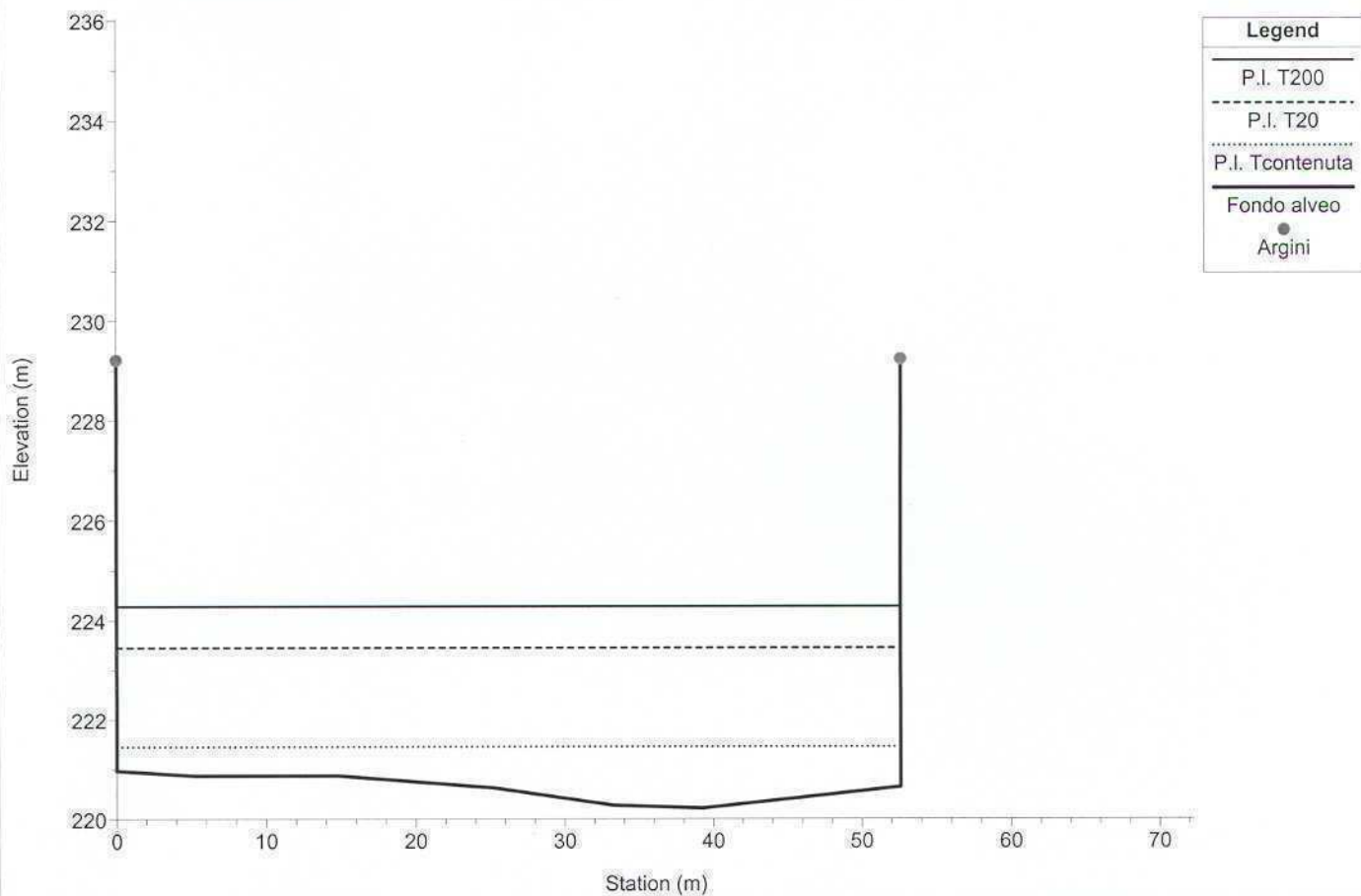
Confluenza t. Lemme - t. Ardana

Sez. 4.4. Fase di cantiere



Confluenza t. Lemme - t. Ardana

Sez. 4.3. Fase di cantiere



1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00.DOC

Foglio

ALLEGATO A3
VERIFICHE IDRAULICHE PUNTUALI

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Costruttori Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00.DOC	Foglio

ELENCO ELABORATI ALLEGATO 3

- Verifiche idrauliche
- Scale di deflusso

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella: Verifiche idrauliche attraversamenti minori

N° Attraversamento	Codifica Stradale	Portata progetto Q [m³/s]	Tipologia e Forma	Caratteristiche geometriche				Verifica idraulica				Verificato	Intervento previsto
				Base B [m]	Altezza H [m]	Diametro D [mm]	Pendenza if [m/m]	Altezza Yu [m]	Rapporto d'invaso	Velocità v [m/s]	Numero di Froude		
0		0.25	Condotta			800	0.03	0.22	0.28	2.19	2.48	SI	Prolungamento verso valle
1		1.82	Condotta in Cls			500	0.06	—	—	—	—	NO	DN 1000 mm if 0.02
2	T01	4.19	Scotolare rettangolare	1.7	0.4		0.02	—	—	—	—	NO	Scat. 2 x1 m if 0.02
3		6.94	Scotolare con salto	2	2		0.10	0.37	0.19	9.34	4.90	SI	
4	T02	1.48	Scotolare rettangolare	1.75	0.75		0.10	0.19	0.25	4.58	3.36	SI	Prolungamento verso monte
5		10.83	Scotolare rettangolare	3.5	2		0.08	0.44	0.22	7.04	3.39	SI	
6		1.94	Scotolare rettangolare	3.1	3.2		0.05	0.19	0.06	3.42	2.51	SI	
7		1.43	Condotta in PVC			500	0.10	—	—	—	—	NO	DN 1000 mm if 0.02
7a		0.59	Condotta in PVC			500	0.05	0.35	0.70	4.15	2.35	SI	
8		1.08	Condotta in PVC			500	0.05	—	—	—	—	NO	DN 1000 mm if 0.02
<i>Rio Frascio</i> 9	P01	47.96	Ponte ad arco Trapezia	min - mag 6 - 10	4		0.03	1.30	0.33	5.55	1.50	SI	Prolungamento verso monte
10		0.25	Condotta in PVC			500	0.05	0.20	0.40	3.35	2.77	SI	
11	T03	0.10	Scotolare Volta in mattoni	1.3	1.4		0.02	0.07	0.05	1.15	1.43	SI	Scat. 1.8 x1 m if 0.025
12		0.10	Condotta in PVC			300	0.02	0.21	0.70	1.90	1.37	SI	
13		1.38	Scotolare rettangolare	1.7	1.7		0.05	0.23	0.14	3.58	2.38	SI	
14		0.15	Condotta in PVC			300	0.10	0.16	0.53	3.85	3.43	SI	
15		1.13	Condotta in Cls			600	0.10	0.44	0.73	5.00	2.50	SI	
16		0.15	Scotolare Volta in mattoni	2	1.2		0.04	0.06	0.05	1.47	1.92	SI	
17		21.27	Manufatto in lamiera ondulata	4.2	2.1		0.06	0.67	0.32	7.70	2.95	SI	

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella: Verifiche idrauliche attraversamenti minori

N° Attraversamento	Codifica Stradale	Portata progetto Q [m³/s]	Tipologia e Forma	Caratteristiche geometriche				Verifica idraulica				Verificato	Intervento previsto
				Base	Altezza	Diametro	Pendenza	Altezza	Rapporto d'invaso	Velocità	Numero di Froude		
				B [m]	H [m]	D [mm]	if [m/m]	Yu [m]		v [m/s]			
18		1.48	Condotta in Cls			700	0.08	0.50	0.70	5.00	2.30	SI	
19		5.91	Condotta in Cls			1500	0.05	0.82	0.55	6.00	2.40	SI	
20	P02	4.09	Scatolare rettangolare	H min 2.5	5		0.02	0.47	0.09	3.46	1.61	SI	Creazione sbalzo verso monte
21		1.97	Scatolare rettangolare	1.2	2		0.01	0.70	0.35	2.35	0.90	SI	
<i>Rio Pomaiolo</i> 22	CS05	39.49	Scatolare rettangolare	3	3		0.02	2.05	0.68	6.43	1.43	SI	Prolungamento verso valle
23		1.97	Condotta in Cls			800	0.06	0.60	0.75	4.75	2.00	SI	
24		28.00	Scatolare rettangolare	3	6		0.01	2.05	0.34	4.54	1.01	SI	

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare

Attraversamento **0**

Diametro interno **800 mm**

Raggio **R** = **0.4** **m**

Scabrezza **n** = **0.02**

Pendenza fondo **if** = **0.03** **m/m**

Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[mq]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.04
0.10	0.13	1.45	0.58	0.04	0.06	0.53	0.05	1.37	0.095	0.195	1.67
0.20	0.25	2.09	0.84	0.10	0.12	0.69	0.20	2.08	0.219	0.419	1.76
0.30	0.37	2.64	1.05	0.17	0.16	0.77	0.45	2.59	0.341	0.641	1.75
0.40	0.50	3.14	1.26	0.25	0.20	0.80	0.74	2.96	0.447	0.847	1.69
0.50	0.62	3.65	1.46	0.33	0.23	0.77	1.06	3.22	0.528	1.028	1.57
0.53	0.66	3.80	1.52	0.35	0.23	0.76	1.16	3.27	0.546	1.076	1.53
0.60	0.75	4.19	1.68	0.40	0.24	0.69	1.36	3.36	0.574	1.174	1.40
0.70	0.87	4.84	1.94	0.47	0.24	0.53	1.56	3.35	0.573	1.273	1.14

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare

Attraversamento 1

Diametro interno 500 mm

Raggio R = 0.25 m
Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.06 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Angolo al centro alfa [rad]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [m ³ /s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.25
0.05	0.10	1.29	0.32	0.01	0.03	0.30	0.01	1.23	0.077	0.127	2.12
0.10	0.20	1.85	0.46	0.03	0.06	0.40	0.05	1.88	0.181	0.281	2.27
0.15	0.30	2.32	0.58	0.05	0.09	0.46	0.12	2.38	0.288	0.438	2.31
0.20	0.40	2.74	0.68	0.07	0.11	0.49	0.20	2.76	0.389	0.589	2.28
0.25	0.50	3.14	0.79	0.10	0.13	0.50	0.30	3.06	0.478	0.728	2.21
0.30	0.60	3.54	0.89	0.12	0.14	0.49	0.40	3.28	0.550	0.850	2.09
0.35	0.70	3.96	0.99	0.15	0.15	0.46	0.50	3.43	0.599	0.949	1.93
0.40	0.80	4.43	1.11	0.17	0.15	0.40	0.59	3.49	0.621	1.021	1.72
0.45	0.90	5.00	1.25	0.19	0.15	0.30	0.64	3.44	0.604	1.054	1.40
0.50	1.00	6.28	1.57	0.20	0.13	0.00	0.60	3.06	0.478	0.978	0.00

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Attraversamento 2

Larghezza B 1.7 m

Altezza sponde H 0.4 m

Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.01 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	0.000	0.000	0.03
0.05	0.13	1.80	0.09	0.05	1.70	0.06	0.65	0.022	0.072	0.93
0.10	0.25	1.90	0.17	0.09	1.70	0.17	1.00	0.051	0.151	1.01
0.15	0.38	2.00	0.26	0.13	1.70	0.32	1.27	0.082	0.232	1.04
0.20	0.50	2.10	0.34	0.16	1.70	0.50	1.49	0.112	0.312	1.06
0.25	0.63	2.20	0.43	0.19	1.70	0.71	1.67	0.142	0.392	1.07
0.30	0.75	2.30	0.51	0.22	1.70	0.93	1.83	0.171	0.471	1.07
0.35	0.88	2.40	0.60	0.25	1.70	1.17	1.97	0.198	0.548	1.06
0.40	1.00	2.50	0.68	0.27	1.70	1.43	2.10	0.225	0.625	1.06

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Attraversamento 3

Larghezza B 2 m

Altezza sponde H 2 m

Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.2 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.05	0.000	0.000	1.54
0.20	0.10	2.40	0.40	0.17	2.00	2.71	6.77	2.339	2.539	4.83
0.40	0.20	2.80	0.80	0.29	2.00	7.76	9.70	4.797	5.197	4.90
0.60	0.30	3.20	1.20	0.38	2.00	13.96	11.63	6.892	7.493	4.79
0.80	0.40	3.60	1.60	0.44	2.00	20.84	13.02	8.644	9.444	4.65
1.00	0.50	4.00	2.00	0.50	2.00	28.18	14.09	10.114	11.114	4.50
1.20	0.60	4.40	2.40	0.55	2.00	35.83	14.93	11.358	12.558	4.35
1.40	0.70	4.80	2.80	0.58	2.00	43.71	15.61	12.422	13.822	4.21
1.60	0.80	5.20	3.20	0.62	2.00	51.77	16.18	13.340	14.940	4.08
1.80	0.90	5.60	3.60	0.64	2.00	59.96	16.66	14.140	15.940	3.96
2.00	1.00	6.00	4.00	0.67	2.00	68.26	17.06	14.842	16.842	3.85

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Attraversamento 4

Larghezza B 1.75 m

Altezza sponde H 0.75 m

Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.1 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	1.75	0.00	0.00	1.75	0.00	0.16	0.001	0.002	1.60
0.10	0.13	1.95	0.18	0.09	1.75	0.56	3.19	0.518	0.619	3.20
0.20	0.27	2.15	0.35	0.16	1.75	1.66	4.73	1.139	1.340	3.37
0.30	0.40	2.35	0.53	0.22	1.75	3.07	5.83	1.733	2.034	3.39
0.40	0.53	2.55	0.70	0.27	1.75	4.69	6.69	2.278	2.679	3.37
0.50	0.67	2.75	0.88	0.32	1.75	6.47	7.38	2.773	3.274	3.33
0.60	0.80	2.95	1.05	0.36	1.75	8.36	7.95	3.218	3.819	3.27
0.70	0.93	3.15	1.23	0.39	1.75	10.34	8.43	3.621	4.322	3.21
0.75	1.00	3.25	1.31	0.40	1.75	11.36	8.64	3.807	4.558	3.18

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Attraversamento 5

Larghezza B 3.5 m

Altezza sponde H 2 m

Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.08 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	3.50	0.00	0.03	0.000	0.000	0.97
0.25	0.13	4.00	0.88	0.22	3.50	4.50	5.14	1.344	1.594	3.28
0.50	0.25	4.50	1.75	0.39	3.50	13.19	7.54	2.894	3.394	3.40
0.75	0.38	5.00	2.63	0.53	3.50	24.16	9.20	4.318	5.068	3.39
1.00	0.50	5.50	3.50	0.64	3.50	36.63	10.46	5.580	6.580	3.34
1.25	0.63	6.00	4.38	0.73	3.50	50.13	11.46	6.691	7.941	3.27
1.50	0.75	6.50	5.25	0.81	3.50	64.40	12.27	7.668	9.168	3.20
1.75	0.88	7.00	6.13	0.88	3.50	79.25	12.94	8.531	10.282	3.12
2.00	1.00	7.50	7.00	0.93	3.50	94.55	13.51	9.298	11.298	3.05

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Attraversamento 6

Larghezza B 3.1 m

Altezza sponde H 3.2 m

Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.05 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.19	0.06	3.48	0.59	0.17	3.10	2.01	3.42	0.596	0.786	2.51
0.49	0.15	4.08	1.52	0.37	3.10	8.79	5.79	1.706	2.196	2.64
0.79	0.25	4.68	2.45	0.52	3.10	17.78	7.26	2.687	3.477	2.61
1.09	0.34	5.28	3.38	0.64	3.10	28.06	8.30	3.514	4.604	2.54
1.39	0.43	5.88	4.31	0.73	3.10	39.16	9.09	4.209	5.599	2.46
1.69	0.53	6.48	5.24	0.81	3.10	50.83	9.70	4.799	6.489	2.38
1.99	0.62	7.08	6.17	0.87	3.10	62.92	10.20	5.302	7.292	2.31
2.29	0.72	7.68	7.10	0.92	3.10	75.31	10.61	5.737	8.027	2.24
2.59	0.81	8.28	8.03	0.97	3.10	87.94	10.95	6.115	8.705	2.17
2.89	0.90	8.88	8.96	1.01	3.10	100.76	11.25	6.447	9.337	2.11
3.19	1.00	9.48	9.89	1.04	3.10	113.72	11.50	6.740	9.930	2.06
3.39	1.06	9.88	10.51	1.06	3.10	122.43	11.65	6.918	10.308	2.02

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare

Attraversamento 7

Diametro interno 500 mm

Raggio R = 0.25 m
Scabrezza n = 0.015
pendenza fondo if = 0.1 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Angolo al centro alfa [rad]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [m ³ /s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.43
0.05	0.10	1.29	0.32	0.01	0.03	0.30	0.02	2.11	0.228	0.278	3.66
0.10	0.20	1.85	0.46	0.03	0.06	0.40	0.09	3.24	0.536	0.636	3.91
0.15	0.30	2.32	0.58	0.05	0.09	0.46	0.20	4.09	0.853	1.003	3.97
0.20	0.40	2.74	0.68	0.07	0.11	0.49	0.35	4.75	1.152	1.352	3.92
0.25	0.50	3.14	0.79	0.10	0.13	0.50	0.52	5.27	1.416	1.666	3.80
0.30	0.60	3.54	0.89	0.12	0.14	0.49	0.70	5.65	1.628	1.928	3.60
0.35	0.70	3.96	0.99	0.15	0.15	0.46	0.87	5.90	1.775	2.125	3.33
0.40	0.80	4.43	1.11	0.17	0.15	0.40	1.01	6.01	1.839	2.239	2.96
0.45	0.90	5.00	1.25	0.19	0.15	0.30	1.10	5.93	1.790	2.240	2.40
0.50	1.00	6.28	1.57	0.20	0.13	0.00	1.03	5.27	1.416	1.916	0.00

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare

Attraversamento 7a, 8, 10

Diametro interno DN 500

Raggio R = 0.25 m

Scabrezza n = 0.015

pendenza fondo if = 0.05 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Angolo al centro alfa [rad]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [m ³ /s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.30
0.05	0.10	1.29	0.32	0.01	0.03	0.30	0.02	1.50	0.114	0.164	2.59
0.10	0.20	1.85	0.46	0.03	0.06	0.40	0.06	2.29	0.268	0.368	2.77
0.15	0.30	2.32	0.58	0.05	0.09	0.46	0.14	2.89	0.426	0.576	2.81
0.20	0.40	2.74	0.68	0.07	0.11	0.49	0.25	3.36	0.576	0.776	2.77
0.25	0.50	3.14	0.79	0.10	0.13	0.50	0.37	3.73	0.708	0.958	2.69
0.30	0.60	3.54	0.89	0.12	0.14	0.49	0.49	4.00	0.814	1.114	2.55
0.35	0.70	3.96	0.99	0.15	0.15	0.46	0.61	4.17	0.888	1.238	2.35
0.40	0.80	4.43	1.11	0.17	0.15	0.40	0.72	4.25	0.920	1.320	2.09
0.45	0.90	5.00	1.25	0.19	0.15	0.30	0.78	4.19	0.895	1.345	1.70
0.50	1.00	6.28	1.57	0.20	0.13	0.00	0.73	3.73	0.708	1.208	0.00

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione trapezia

Attraversamento 9 Stato attuale

Larghezza base minore b 6 m
Larghezza base maggiore B 10 m
Altezza sponde H 4 m

Scabrezza n = 0.03
pendenza fondo if = 0.03 m/m

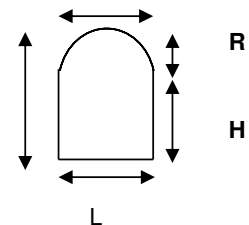
Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.04
0.50	0.13	7.12	3.13	0.44	6.00	10.42	3.34	0.567	1.067	1.48
1.00	0.25	8.24	6.50	0.79	6.00	32.05	4.93	1.239	2.239	1.51
1.50	0.38	9.35	10.13	1.08	6.00	61.63	6.09	1.888	3.388	1.50
2.00	0.50	10.47	14.00	1.34	6.00	98.09	7.01	2.502	4.502	1.46
2.50	0.63	11.59	18.13	1.56	6.00	140.99	7.78	3.084	5.584	1.43
3.00	0.75	12.71	22.50	1.77	6.00	190.12	8.45	3.639	6.639	1.39
3.50	0.88	13.83	27.13	1.96	6.00	245.43	9.05	4.173	7.673	1.36
4.00	1.00	14.94	32.00	2.14	6.00	306.93	9.59	4.689	8.689	1.33

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare-semicircolare (volta superiore circolare)

Attraversamento 11

Larghezza	L	=	1.3	m
Altezza parte rettangolare	H	=	0.8	m
Raggio parte superiore	R	=	0.65	m
Coeff. di scabrezza di Manning	n	=	0.02	m^{1/3} s⁻¹
pendenza fondo	if	=	0.02	m/m



Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Coefficiente di Chezy	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y [m]	Y/Htot [-]	P [m]	A [mq]	R [m]	b [m]	C [-]	Q [m ³ /s]	V [m/s]	Hc [m]	H [m]	Fr [-]
0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	1.30	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
0.10	0.07	1.50	0.13	0.09	1.30	10.62	0.18	1.38	0.10	0.20	1.40
0.20	0.14	1.70	0.26	0.15	1.30	11.67	0.53	2.02	0.21	0.41	1.44
0.30	0.21	1.90	0.39	0.21	1.30	12.26	0.96	2.46	0.31	0.61	1.43
0.40	0.28	2.10	0.52	0.25	1.30	12.65	1.45	2.79	0.40	0.80	1.41
0.50	0.34	2.30	0.65	0.28	1.30	12.93	1.98	3.05	0.47	0.97	1.37
0.60	0.41	2.50	0.78	0.31	1.30	13.15	2.54	3.25	0.54	1.14	1.34
0.70	0.48	2.70	0.91	0.34	1.30	13.32	3.12	3.42	0.60	1.30	1.31
0.80	0.55	2.90	1.04	0.36	1.30	13.46	3.71	3.57	0.65	1.45	1.27
0.90	0.62	3.10	1.17	0.38	1.28	13.57	4.32	3.69	0.69	1.59	1.24
0.95	0.66	3.20	1.23	0.39	1.26	13.62	4.62	3.74	0.71	1.66	1.21
1.00	0.69	3.31	1.30	0.39	1.24	13.66	4.91	3.79	0.73	1.73	1.18
1.05	0.72	3.41	1.36	0.40	1.20	13.69	5.19	3.82	0.74	1.79	1.15
1.10	0.76	3.52	1.42	0.40	1.15	13.71	5.45	3.85	0.76	1.86	1.11
1.15	0.79	3.64	1.47	0.40	1.10	13.73	5.69	3.87	0.76	1.91	1.07
1.20	0.83	3.76	1.53	0.41	1.02	13.73	5.91	3.87	0.76	1.96	1.01
1.25	0.86	3.89	1.57	0.40	0.94	13.73	6.09	3.87	0.76	2.01	0.95
1.30	0.90	4.04	1.62	0.40	0.83	13.71	6.22	3.84	0.75	2.05	0.88
1.35	0.93	4.21	1.66	0.39	0.69	13.66	6.29	3.80	0.73	2.08	0.78
1.40	0.97	4.43	1.69	0.38	0.50	13.59	6.27	3.72	0.70	2.10	0.65
1.45	1.00	0.86	0.38	0.44	0.00	13.92	1.54	4.08	0.85	2.30	

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare

Diametro interno

300 mm

Raggio R = 0.15 m

Scabrezza n = 0.015

Attraversamento 12

pendenza fondo if = 0.02 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Angolo al centro alfa [rad]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [m ³ /s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.19
0.06	0.20	1.85	0.28	0.01	0.04	0.24	0.01	1.03	0.054	0.114	1.61
0.12	0.40	2.74	0.41	0.03	0.06	0.29	0.04	1.51	0.117	0.237	1.61
0.18	0.60	3.54	0.53	0.04	0.08	0.29	0.08	1.80	0.165	0.345	1.48
0.24	0.80	4.43	0.66	0.06	0.09	0.24	0.12	1.91	0.186	0.426	1.21
0.30	1.00	6.28	0.94	0.07	0.08	0.00	0.12	1.68	0.143	0.443	0.00

Attraversamento 14

pendenza fondo if = 0.1 m/m

Y [m]	Y/D [-]	alfa [rad]	P [m]	A [mq]	R [m]	b [m]	Q [m ³ /s]	V [m/s]	Hc [m]	H [m]	Fr [-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.43
0.06	0.20	1.85	0.28	0.01	0.04	0.24	0.02	2.31	0.271	0.331	3.60
0.12	0.40	2.74	0.41	0.03	0.06	0.29	0.09	3.38	0.583	0.703	3.60
0.18	0.60	3.54	0.53	0.04	0.08	0.29	0.18	4.02	0.824	1.004	3.31
0.24	0.80	4.43	0.66	0.06	0.09	0.24	0.26	4.27	0.931	1.171	2.71
0.30	1.00	6.28	0.94	0.07	0.08	0.00	0.27	3.75	0.716	1.016	0.00

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Attraversamento 13

Larghezza B 1.7 m

Altezza sponde H 1.7 m

Scabrezza n = 0.02

pendenza fondo if = 0.05 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	1.70	0.00	0.11	0.001	0.002	1.13
0.17	0.10	2.04	0.29	0.14	1.70	0.89	3.05	0.474	0.645	2.35
0.34	0.20	2.38	0.58	0.24	1.70	2.53	4.36	0.968	1.309	2.38
0.51	0.30	2.72	0.87	0.32	1.70	4.54	5.22	1.389	1.900	2.33
0.68	0.40	3.06	1.16	0.38	1.70	6.77	5.85	1.742	2.423	2.26
0.85	0.50	3.40	1.45	0.43	1.70	9.15	6.32	2.037	2.888	2.19
1.02	0.60	3.74	1.74	0.46	1.70	11.63	6.70	2.288	3.309	2.12
1.19	0.70	4.08	2.02	0.50	1.70	14.18	7.01	2.501	3.692	2.05
1.36	0.80	4.42	2.31	0.52	1.70	16.80	7.26	2.686	4.047	1.99
1.53	0.90	4.76	2.60	0.55	1.70	19.45	7.47	2.847	4.378	1.93
1.70	1.00	5.10	2.89	0.57	1.70	22.14	7.66	2.988	4.689	1.87

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare

Attraversamento 15

Diametro interno 600 mm

Raggio R = 0.3 m
Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.1 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Angolo al centro alfa [rad]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [m ³ /s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.32
0.06	0.10	1.29	0.39	0.01	0.04	0.36	0.03	1.79	0.163	0.223	2.83
0.12	0.20	1.85	0.56	0.04	0.07	0.48	0.11	2.75	0.384	0.504	3.03
0.18	0.30	2.32	0.70	0.07	0.10	0.55	0.25	3.46	0.612	0.792	3.07
0.24	0.40	2.74	0.82	0.11	0.13	0.59	0.43	4.03	0.827	1.067	3.03
0.30	0.50	3.14	0.94	0.14	0.15	0.60	0.63	4.46	1.016	1.316	2.94
0.36	0.60	3.54	1.06	0.18	0.17	0.59	0.85	4.79	1.168	1.528	2.78
0.42	0.70	3.96	1.19	0.21	0.18	0.55	1.06	5.00	1.273	1.693	2.57
0.48	0.80	4.43	1.33	0.24	0.18	0.48	1.23	5.09	1.319	1.799	2.29
0.54	0.90	5.00	1.50	0.27	0.18	0.36	1.35	5.02	1.284	1.824	1.86
0.60	1.00	6.28	1.88	0.28	0.15	0.00	1.26	4.46	1.016	1.616	0.00

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Attraversamento 16

Larghezza B 2 m

Altezza sponde H 1.2 m

Scabrezza n = 0.02

pendenza fondo if = 0.04 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.47
0.15	0.13	2.30	0.30	0.13	2.00	0.77	2.57	0.337	0.487	2.12
0.30	0.25	2.60	0.60	0.23	2.00	2.26	3.76	0.721	1.021	2.19
0.45	0.38	2.90	0.90	0.31	2.00	4.13	4.58	1.071	1.521	2.18
0.60	0.50	3.20	1.20	0.38	2.00	6.24	5.20	1.378	1.978	2.14
0.75	0.63	3.50	1.50	0.43	2.00	8.53	5.68	1.647	2.397	2.10
0.90	0.75	3.80	1.80	0.47	2.00	10.94	6.08	1.882	2.782	2.05
1.05	0.88	4.10	2.10	0.51	2.00	13.44	6.40	2.089	3.139	1.99
1.20	1.00	4.40	2.40	0.55	2.00	16.02	6.68	2.272	3.472	1.95

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione semicircolare

Attraversamento 17

Diametro interno 4200 mm

Raggio R = 2.1 m

Scabrezza n = 0.02

pendenza fondo if = 0.06 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Angolo al centro alfa [rad]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [m ³ /s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	3.14	4.20	0.00	0.00	4.20	0.00	0.11	0.001	0.001	1.20
0.20	0.10	3.33	4.60	0.84	0.18	4.18	3.32	3.95	0.794	0.994	2.81
0.40	0.19	3.52	5.01	1.67	0.33	4.12	9.87	5.90	1.772	2.172	2.96
0.60	0.29	3.72	5.42	2.49	0.46	4.02	18.14	7.29	2.708	3.308	2.96
0.80	0.38	3.92	5.84	3.28	0.56	3.88	27.34	8.33	3.539	4.339	2.89
1.00	0.48	4.13	6.29	4.04	0.64	3.69	36.83	9.12	4.237	5.237	2.78
1.20	0.57	4.36	6.76	4.75	0.70	3.45	46.05	9.69	4.783	5.983	2.63
1.40	0.67	4.60	7.27	5.41	0.74	3.13	54.47	10.06	5.161	6.561	2.44
1.60	0.76	4.87	7.84	6.00	0.77	2.72	61.47	10.25	5.350	6.950	2.20
1.80	0.86	5.20	8.53	6.49	0.76	2.16	66.28	10.21	5.314	7.114	1.88
2.00	0.95	5.66	9.50	6.84	0.72	1.28	67.38	9.84	4.939	6.939	1.36
2.10	1.00	6.28	10.80	6.93	0.64	0.00	63.15	9.11	4.232	6.332	0.00

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare

Attraversamento 18

Diametro interno 700 mm

Raggio R = 0.35 m

Scabrezza n = 0.02

Pendenza fondo if = 0.08 m/m

Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[mq]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.29
0.10	0.14	1.55	0.54	0.03	0.06	0.49	0.07	2.22	0.251	0.351	2.70
0.20	0.29	2.26	0.79	0.09	0.11	0.63	0.30	3.34	0.570	0.770	2.82
0.30	0.43	2.85	1.00	0.16	0.16	0.69	0.65	4.13	0.868	1.168	2.76
0.40	0.57	3.43	1.20	0.23	0.19	0.69	1.06	4.66	1.109	1.509	2.60
0.50	0.71	4.03	1.41	0.29	0.21	0.63	1.46	4.98	1.262	1.762	2.33
0.53	0.76	4.22	1.48	0.31	0.21	0.60	1.57	5.02	1.285	1.815	2.22
0.60	0.86	4.73	1.66	0.35	0.21	0.49	1.77	5.03	1.288	1.888	1.90
0.70	1.00	6.28	2.20	0.38	0.18	0.00	1.70	4.43	0.999	1.699	0.08

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare

Attraversamento **19**

Diametro interno **1500** **mm**

Raggio **R** **=** **0.75** **m**

Scabrezza **n** **=** **0.02**

Pendenza fondo **if** **=** **0.05** **m/m**

Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[mq]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.000	0.000	0.72
0.15	0.10	1.29	0.97	0.09	0.10	0.90	0.21	2.33	0.277	0.427	2.33
0.30	0.20	1.85	1.39	0.25	0.18	1.20	0.90	3.58	0.652	0.952	2.49
0.45	0.30	2.32	1.74	0.45	0.26	1.37	2.01	4.51	1.038	1.488	2.53
0.60	0.40	2.74	2.05	0.66	0.32	1.47	3.46	5.25	1.402	2.002	2.50
0.75	0.50	3.14	2.36	0.88	0.37	1.50	5.14	5.81	1.723	2.473	2.42
0.80	0.53	3.28	2.46	0.96	0.39	1.50	5.72	5.97	1.817	2.617	2.38
0.90	0.60	3.54	2.66	1.11	0.42	1.47	6.90	6.24	1.981	2.881	2.29
1.05	0.70	3.96	2.97	1.32	0.44	1.37	8.60	6.51	2.160	3.210	2.12
1.20	0.80	4.43	3.32	1.52	0.46	1.20	10.04	6.63	2.238	3.438	1.88
1.35	0.90	5.00	3.75	1.68	0.45	0.90	10.95	6.54	2.178	3.528	1.53
1.50	1.00	6.28	4.71	1.77	0.38	0.00	10.28	5.82	1.724	3.224	0.07

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Attraversamento 20

Larghezza B 2.5 m
Altezza sponde H 5 m

Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.02 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.000	0.000	0.23
0.50	0.10	3.50	1.25	0.36	2.50	4.45	3.56	0.646	1.146	1.61
1.00	0.20	4.50	2.50	0.56	2.50	11.95	4.78	1.164	2.164	1.53
1.00	0.20	4.50	2.50	0.56	2.50	11.95	4.78	1.164	2.164	1.53
1.50	0.30	5.50	3.75	0.68	2.50	20.54	5.48	1.529	3.029	1.43
2.00	0.40	6.50	5.00	0.77	2.50	29.68	5.94	1.796	3.796	1.34
2.00	0.40	6.50	5.00	0.77	2.50	29.68	5.94	1.796	3.796	1.34
2.50	0.50	7.50	6.25	0.83	2.50	39.14	6.26	1.998	4.498	1.26
3.00	0.60	8.50	7.50	0.88	2.50	48.79	6.50	2.157	5.157	1.20
3.00	0.60	8.50	7.50	0.88	2.50	48.79	6.50	2.157	5.157	1.20
3.50	0.70	9.50	8.75	0.92	2.50	58.57	6.69	2.284	5.784	1.14
4.00	0.80	10.50	10.00	0.95	2.50	68.45	6.84	2.388	6.388	1.09
4.50	0.90	11.50	11.25	0.98	2.50	78.39	6.97	2.475	6.975	1.05
5.00	1.00	12.50	12.50	1.00	2.50	88.39	7.07	2.548	7.548	1.01

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Attraversamento 21

Larghezza B 1.2 m
Altezza sponde H 2 m

Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.01 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.000	0.000	0.03
0.20	0.10	1.60	0.24	0.15	1.20	0.34	1.41	0.102	0.302	1.01
0.40	0.20	2.00	0.48	0.24	1.20	0.93	1.93	0.190	0.590	0.97
0.60	0.30	2.40	0.72	0.30	1.20	1.61	2.24	0.256	0.856	0.92
0.70	0.35	2.60	0.84	0.32	1.20	1.98	2.35	0.282	0.982	0.90
0.80	0.40	2.80	0.96	0.34	1.20	2.35	2.45	0.306	1.106	0.87
1.00	0.50	3.20	1.20	0.38	1.20	3.12	2.60	0.345	1.345	0.83
1.20	0.60	3.60	1.44	0.40	1.20	3.91	2.71	0.376	1.576	0.79
1.40	0.70	4.00	1.68	0.42	1.20	4.71	2.80	0.401	1.801	0.76
1.60	0.80	4.40	1.92	0.44	1.20	5.52	2.88	0.422	2.022	0.73
1.80	0.90	4.80	2.16	0.45	1.20	6.34	2.94	0.439	2.239	0.70
2.00	1.00	5.20	2.40	0.46	1.20	7.17	2.99	0.454	2.454	0.67

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Attraversamento 22

Larghezza B 3 m

Altezza sponde H 3 m

Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.02 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.33
0.30	0.10	3.60	0.90	0.25	3.00	2.53	2.81	0.401	0.701	1.64
0.60	0.20	4.20	1.80	0.43	3.00	7.24	4.02	0.823	1.423	1.66
1.00	0.33	5.00	3.00	0.60	3.00	15.09	5.03	1.290	2.290	1.61
1.30	0.43	5.60	3.90	0.70	3.00	21.67	5.56	1.573	2.873	1.56
1.60	0.53	6.20	4.80	0.77	3.00	28.62	5.96	1.812	3.412	1.50
2.00	0.67	7.00	6.00	0.86	3.00	38.28	6.38	2.075	4.075	1.44
2.30	0.77	7.60	6.90	0.91	3.00	45.75	6.63	2.240	4.540	1.40
2.60	0.87	8.20	7.80	0.95	3.00	53.35	6.84	2.384	4.984	1.35
3.00	1.00	9.00	9.00	1.00	3.00	63.64	7.07	2.548	5.548	1.30

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare

Attraversamento 23

Diametro interno 800 mm

Raggio R = 0.4 m

Scabrezza n = 0.02

Pendenza fondo if = 0.06 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Angolo al centro alfa [rad]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [m ³ /s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.25
0.10	0.13	1.45	0.58	0.04	0.06	0.53	0.07	1.93	0.191	0.291	2.36
0.20	0.25	2.09	0.84	0.10	0.12	0.69	0.29	2.93	0.439	0.639	2.49
0.30	0.37	2.64	1.05	0.17	0.16	0.77	0.63	3.66	0.682	0.982	2.48
0.40	0.50	3.14	1.26	0.25	0.20	0.80	1.05	4.19	0.894	1.294	2.39
0.50	0.62	3.65	1.46	0.33	0.23	0.77	1.50	4.55	1.056	1.556	2.22
0.60	0.75	4.19	1.68	0.40	0.24	0.69	1.92	4.75	1.149	1.749	1.98
0.70	0.87	4.84	1.94	0.47	0.24	0.53	2.21	4.74	1.147	1.847	1.61
0.80	1.00	6.28	2.51	0.50	0.20	0.00	2.11	4.19	0.895	1.695	0.07

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Attraversamento 24

Larghezza B 3 m

Altezza sponde H 6 m

Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.01 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.05	0.000	0.001	0.50
0.50	0.08	4.00	1.50	0.38	3.00	3.91	2.60	0.345	0.846	1.17
1.00	0.17	5.00	3.00	0.60	3.00	10.67	3.56	0.645	1.645	1.14
1.50	0.25	6.00	4.50	0.75	3.00	18.57	4.13	0.868	2.368	1.08
2.00	0.33	7.00	6.00	0.86	3.00	27.07	4.51	1.037	3.037	1.02
2.50	0.42	8.00	7.50	0.94	3.00	35.92	4.79	1.169	3.669	0.97
3.00	0.50	9.00	9.00	1.00	3.00	45.00	5.00	1.274	4.274	0.92
3.50	0.58	10.00	10.50	1.05	3.00	54.24	5.17	1.360	4.860	0.88
4.00	0.67	11.00	12.00	1.09	3.00	63.58	5.30	1.431	5.431	0.85
4.50	0.75	12.00	13.50	1.13	3.00	73.01	5.41	1.491	5.991	0.81
5.00	0.83	13.00	15.00	1.15	3.00	82.51	5.50	1.542	6.542	0.79
5.50	0.92	14.00	16.50	1.18	3.00	92.05	5.58	1.586	7.086	0.76
6.00	1.00	15.00	18.00	1.20	3.00	101.63	5.65	1.625	7.625	0.74

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare

Interventi di progetto

Attraversamenti

1, 7, 8

Diametro interno

1000 mm

Raggio R = 0.5 m
Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.02 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Angolo al centro alfa [rad]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [m ³ /s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.14
0.10	0.10	1.29	0.64	0.04	0.06	0.60	0.05	1.13	0.065	0.165	1.38
0.20	0.20	1.85	0.93	0.11	0.12	0.80	0.19	1.73	0.152	0.352	1.47
0.30	0.30	2.32	1.16	0.20	0.17	0.92	0.43	2.18	0.242	0.542	1.50
0.40	0.40	2.74	1.37	0.29	0.21	0.98	0.74	2.53	0.327	0.727	1.48
0.50	0.50	3.14	1.57	0.39	0.25	1.00	1.10	2.81	0.401	0.901	1.43
0.60	0.60	3.54	1.77	0.49	0.28	0.98	1.48	3.01	0.462	1.062	1.36
0.70	0.70	3.96	1.98	0.59	0.30	0.92	1.85	3.14	0.503	1.203	1.25
0.80	0.80	4.43	2.21	0.67	0.30	0.80	2.15	3.20	0.521	1.321	1.11
0.90	0.90	5.00	2.50	0.74	0.30	0.60	2.35	3.15	0.507	1.407	0.90
1.00	1.00	6.28	3.14	0.79	0.25	0.00	2.20	2.81	0.401	1.401	0.00

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Interventi di progetto

N° attraversamento 2

Larghezza B 2 m
Altezza sponde H 1 m

Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.02 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.05
0.10	0.10	2.20	0.20	0.09	2.00	0.29	1.43	0.104	0.204	1.44
0.20	0.20	2.40	0.40	0.17	2.00	0.86	2.14	0.234	0.434	1.53
0.30	0.30	2.60	0.60	0.23	2.00	1.60	2.66	0.361	0.661	1.55
0.40	0.40	2.80	0.80	0.29	2.00	2.45	3.07	0.480	0.880	1.55
0.50	0.50	3.00	1.00	0.33	2.00	3.40	3.40	0.589	1.089	1.53
0.60	0.60	3.20	1.20	0.38	2.00	4.41	3.68	0.689	1.289	1.52
0.70	0.70	3.40	1.40	0.41	2.00	5.48	3.91	0.781	1.481	1.49
0.80	0.80	3.60	1.60	0.44	2.00	6.59	4.12	0.864	1.664	1.47

Adeguamento SP 160 di Val Lemme

Tabella : Scala di deflusso sezione rettangolare

Interventi di progetto

N° attraversamento 11

Larghezza B 1.8 m
Altezza sponde H 1 m

Scabrezza n = 0.02
pendenza fondo if = 0.025 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [mc/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.05
0.10	0.10	2.20	0.20	0.09	2.00	0.29	1.43	0.104	0.204	1.44
0.20	0.20	2.40	0.40	0.17	2.00	0.86	2.14	0.234	0.434	1.53
0.30	0.30	2.60	0.60	0.23	2.00	1.60	2.66	0.361	0.661	1.55
0.40	0.40	2.80	0.80	0.29	2.00	2.45	3.07	0.480	0.880	1.55
0.50	0.50	3.00	1.00	0.33	2.00	3.40	3.40	0.589	1.089	1.53
0.60	0.60	3.20	1.20	0.38	2.00	4.41	3.68	0.689	1.289	1.52
0.70	0.70	3.40	1.40	0.41	2.00	5.48	3.91	0.781	1.481	1.49
0.80	0.80	3.60	1.60	0.44	2.00	6.59	4.12	0.864	1.664	1.47
0.90	0.90	3.80	1.80	0.47	2.00	7.73	4.30	0.941	1.841	1.45

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

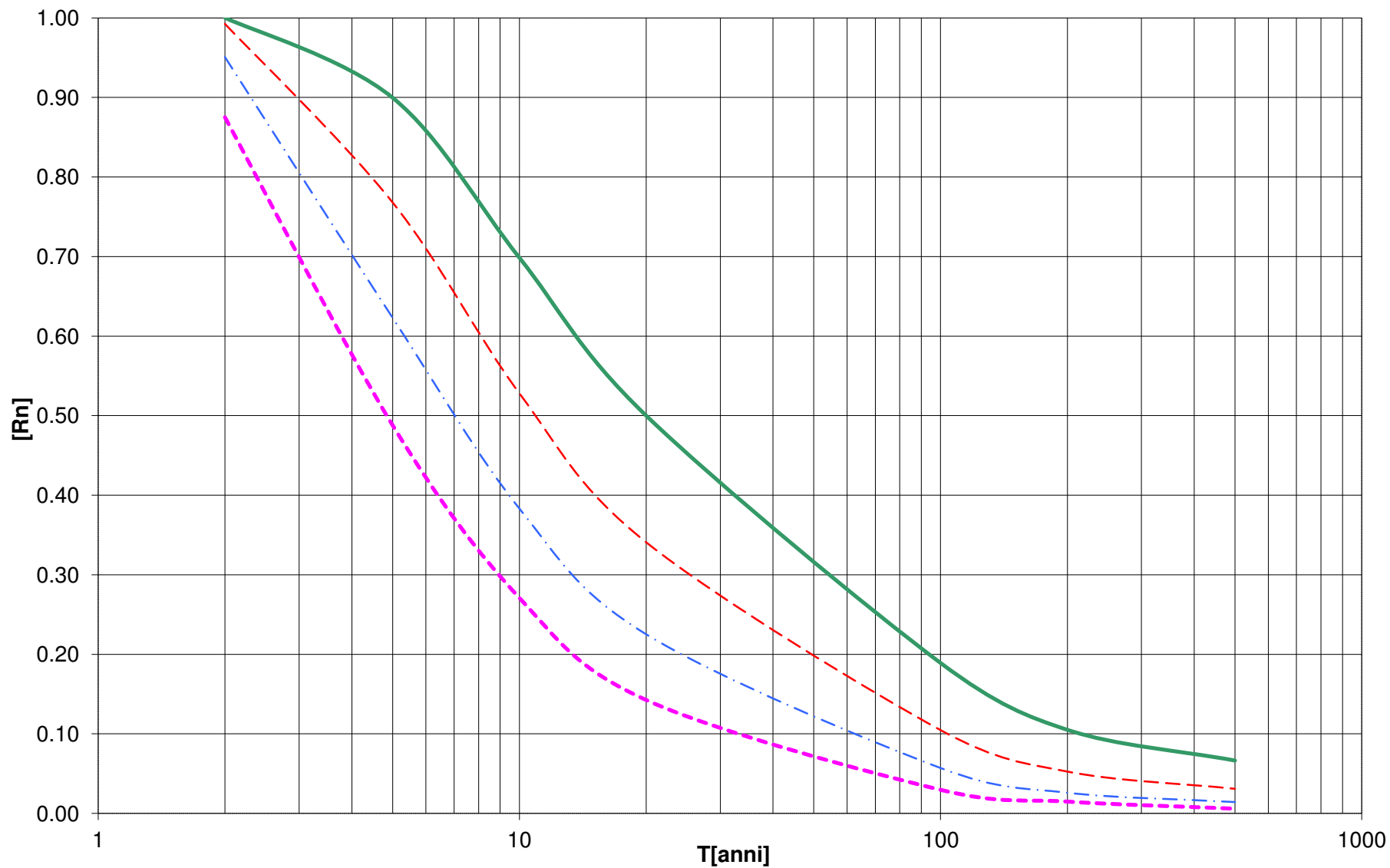


IG51-01-E-CV-RI-NV15-0X-002-A00.DOC

Foglio

ALLEGATO A4
ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO

Curva della pericolosità torrente Lemme



Grado di restringimento

--- r = 0

-.- r = 0.1

--- r = 0.2

— r = 0.3