

PROGETTO DI IMPIANTO IDROELETTRICO DI REGOLAZIONE SUL BACINO DI CAMPOLATTARO (BN)

MARZO 2011



COMMITTENTE



R.E.C. S.r.l.

Via Uberti 37-20129 Milano

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE

Mandataria :



ETATEC S.R.L.
SOCIETA' DI INGEGNERIA

20133 MILANO - via Bassini, 23 - tel.(02) 26681264

fax (02) 26681553 - E-Mail: ETATEC@ETATEC.IT

AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO UNI EN ISO 9001:2008

SINCERT

SICIV - SC 06-647/EA 34

PROGETTISTA: Prof. Ing. Alessandro Paoletti

Mandante :

CeAS

CENTRO DI ANALISI STRUTTURALE S.R.L.
AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'

SERVIZI DI INGEGNERIA CIVILE
CIVIL ENGINEERING SERVICES

SISTEMA QUALITA'
UNI EN ISO 9001 : 2008
CERTIFICATO K031 RILASCIATO
DA



PROGETTISTA: Dott. Ing. Giovanni Canetta

TITOLO ELABORATO

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA RIO SECCO

Revisione	Data	Descrizione	Redazione	Verifica	Approvazione		
A	30/07/2012	EMISSIONE PER RECEPIMENTO INTEGRAZIONI VIA	F. Malingegno	A. Paoletti	A. Paoletti		
B							
C							
CODICE COMMESSA		TIPOLOGIA COMMESSA	TIPOLOGIA ELABORATO	FASE PROGETTAZIONE	PARTE DI IMPIANTO	PROGRESSIVO ELABORATO	SCALA:
483-01E		ET	R	D	A	045	—

INDICE

1.	PREMESSA.....	1
1.1	INTRODUZIONE.....	1
1.2	PIANIFICAZIONE RELATIVA ALL’AUTORITÀ DI BACINO “LIRI-GARIGLIANO E VOLTURNO”	2
1.2.1	Introduzione	2
1.2.2	Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico – Rischio Frana (PSAi-Rf)	5
1.2.3	Piano stralcio di difesa dalle alluvioni (PSDA) e Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico – Rischio Idraulico (PSAI-RI).....	16
1.3	OBIETTIVI DELLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	20
2.	CARATTERISTICHE GENERALI DELL’IMPIANTO.....	21
2.1	GENERALITÀ	21
2.2	INVASO DI MONTE ALTO	22
2.2.1	Premessa	22
2.3	CANALE DI GRONDA DELL’INVASO DI MONTE ALTO	23
2.3.1	Descrizione	23
2.3.2	Dimensionamento del canale di gronda.....	24
2.4	SFIORATORE LATERALE DEL CANALE DI GRONDA OVEST.....	26
2.5	MANUFATTO DI CONFLUENZA DEI CANALI DI GRONDA E CONDOTTA DI SCARICO NEL RIO SECCO	29
2.6	ORGANI DI SCARICO DELL’INVASO DI MONTE ALTO	34
2.6.1	Sfioratore di superficie.....	35
2.7	SCARICO DI FONDO.....	37
3.	VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA.....	42
3.1	INTRODUZIONE.....	42
3.2	CARATTERISTICHE FISICHE DEL BACINO.....	42
3.3	CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE DEL BACINO	43
3.4	VALUTAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DEL BACINO DEL RIO SECCO	45
3.5	STIMA DELLE PORTATE DI PIENA AL COLMO	48
4.	ANALISI IDRAULICA PER LA VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DELL’INTERVENTO PROPOSTO	55
4.1	PREMESSA	55
4.2	MODELLO IDROLOGICO-IDRAULICO UTILIZZATO	55
4.3	BREVE SINTESI DELLE CARATTERISTICHE GENERALI DEL MODELLO MIKE 11.....	55
4.4	CONDIZIONI AL CONTORNO	56
4.5	DELIMITATORI D’ALVEO	57
4.6	PARAMETRI DI SCABREZZA.....	58
4.7	RILIEVI TOPOGRAFICI E SCHEMA DEL MODELLO IDRAULICO.....	59

4.8	VERIFICHE IDRAULICHE DI STATO DI FATTO	60
4.8.1	Simulazione per tempo di ritorno T=50 anni.....	61
4.8.2	Simulazione per tempo di ritorno T=100 anni.....	69
4.8.3	Simulazione per tempo di ritorno T=100 anni e contributo di progetto dal bacino di Monte Alto	79
4.8.4	Simulazione per tempo di ritorno T=50 anni e contributo di progetto dal bacino di Monte Alto	86
4.9	VERIFICHE IDRAULICHE CON CONFIGURAZIONE GEOMETRICA DI PROGETTO	92
4.10	VALUTAZIONI IDRAULICHE CON CONFIGURAZIONE GEOMETRICA DI PROGETTO E FUNZIONAMENTO DELLO SCARICO DI FONDO DEL BACINO DI MONTE ALTO	98
5.	INTERVENTI PROPOSTE.....	102
6.	CONCLUSIONI	104

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Bacino Nazionale Liri-Garigliano e Volturno – idrografia principale e sottobacini.....	4
Figura 2 – schema sintetico del Preliminare del Piano di Bacino	5
Figura 3 – PsAI-Rf – Carta del rischio idrogeologico – zona Rio Secco monte	8
Figura 4 – PsAI-Rf – Carta del rischio idrogeologico – zona Rio Secco valle	9
Figura 5 – Planimetria manufatto di sfioro del canale di gronda ovest nell’invaso di Monte Alto	27
Figura 6 – Funzionamento dello sfioratore laterale del canale di gronda.....	28
Figura 7 – Idrogrammi di piena del canale di gronda ovest per T=200 anni.....	28
Figura 8 – Idrogrammi di piena del canale di gronda ovest per T=1000 anni.....	29
Figura 9 – Planimetria manufatto di confluenza dei canali di gronda.....	30
Figura 10 – Sezione manufatto di confluenza dei canali di gronda.....	30
Figura 11 – Idrogrammi in ingresso nel manufatto di confluenza per T=200 anni	32
Figura 12 – Idrogrammi in ingresso nel manufatto di confluenza per T=1000 anni	32
Figura 13 – Grafico esemplificativo della gestione settimanale del volume di invaso di Monte Alto	33
Figura 14 – Planimetria manufatto di scarico nel Rio Secco	34
Figura 15 – Planimetria sfioratore di superficie dell’invaso di Monte Alto.....	36
Figura 16 – Profilo longitudinale sfioratore di superficie dell’invaso di Monte Alto	37
Figura 17 – Schema planimetrico dello scarico di fondo dell’invaso di Monte Alto (linea verde).....	38
Figura 18 – Risultati svuotamento invaso di Monte Alto.....	39
Figura 19 – Planimetria manufatto di scarico nel Rio Secco	41
Figura 20 – Planimetria bacino Rio Secco	43
Figura 21 - Precipitazioni annuali misurate presso il pluviometro di Morcone	44
Figura 22 - Precipitazioni medie mensili misurate presso il pluviometro di Morcone (1921÷1994 e 2004÷2009)	44
Figura 23 - Corografia della Regione Campania con indicazione della suddivisione del territorio in 6 aree pluviometriche omogenee per quanto riguarda la regionalizzazione delle medie dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliere (fonte: VAPI)	46
Figura 24 – ietogramma lordo tipo Chicago per T=100 anni e T=50 anni – bacino Rio Secco.....	49
Figura 25 – ietogramma netto tipo Chicago per T=100 anni e T=50 anni	50
Figura 26 – Idrogrammi di piena per T=100 anni – sottobacini contribuenti del Rio Secco	52
Figura 27 – Idrogrammi di piena per T=50 anni – sottobacini contribuenti del Rio Secco	53
Figura 28 – Idrogramma di piena per T=100 anni – bacino T. Lente alla confluenza del Rio Secco	54
Figura 29 – Idrogramma di piena per T=50 anni – bacino T. Lente alla confluenza del Rio Secco	54
Figura 30 – schematizzazione della sezione trasversale con indicazione della localizzazione dei marker	58
Figura 31 – schematizzazione della sezione trasversale con indicazione dei diversi parametri di scabrezza definiti dalla linea blu (valore indicato in legenda sulla colonna destra).....	59
Figura 32 – schematizzazione grafica del corso d’acqua modellato	60
Figura 33 – andamento delle portate piena stato di fatto (linea rossa) in alveo – Rio Secco – T=50 anni.....	62
Figura 34 – profilo di piena in alveo – tratto di monte Rio Secco – T=50 anni	64
Figura 35 – profilo di piena in alveo – tratto di valle Rio Secco fino all’immissione nel Lente – T=50 anni	65
Figura 36 – Ponte 1 su Rio Secco	66
Figura 37 – localizzazione Ponte 1, Ponte 2 e Ponte 3.....	67
Figura 38 – profilo di piena in alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e Ponte 2 – T=50 anni.....	68
Figura 39 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.1 – T=50 anni (sez. 13V – progr. 5.170 m)	68
Figura 40 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.2 – T=50 anni (sez. 14V – progr. 5.200 m)	69

Figura 41 – profilo di piena T. Lente nel tratto di immissione del Rio Secco – T=50 anni	69
Figura 42 – andamento delle portate piena stato di fatto (linea rossa) in alveo – tratto di monte Rio Secco – T=100 anni	70
Figura 43 – profilo di piena in alveo – tratto di monte Rio Secco – T=100 anni	72
Figura 44 – profilo di piena in alveo – tratto di valle Rio Secco – T=100 anni	73
Figura 45 – profilo di piena in alveo – tratto di Rio Secco in corrispondenza dei ponti 1, 2 e 3 – T=100 anni	74
Figura 46 – ponte 7 su Rio Secco a monte immissione nel T. lente	76
Figura 47 – profilo di piena in alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e Ponte 2 – T=100 anni	77
Figura 48 – profilo di piena in alveo Rio Secco – tratto a monte del Ponte 3 – T=100 anni	77
Figura 49 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.1 – T=100 anni (sez. 13V – progr. 5.170 m)	78
Figura 50 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.2 – T=100 anni (sez. 14V – progr. 5.200 m)	78
Figura 51 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.3 – T=100 anni (sez. 20V – progr. 5.677 m)	79
Figura 52 – profilo di piena T. Lente nel tratto di immissione del Rio Secco – T=100 anni	79
Figura 53 – idrogramma di piena proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto immesso nel tratto iniziale del Rio Secco	80
Figura 54 – andamento delle portate piena di stato di fatto incrementata del contributo proveniente dal bacino di Monte Alto (linea rossa) in alveo – Rio Secco – T=100 anni	81
Figura 55 – profilo di piena in alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e 2 – T=100 anni e contributo Monte Alto	83
Figura 56 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.1 – T=100 anni e contributo Monte Alto (sez. 13V – progr. 5.170 m)	84
Figura 57 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.2 – T=100 anni e contributo Monte Alto (sez. 14V – progr. 5.200 m)	84
Figura 58 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.3 – T=100 anni e contributo Monte Alto (sez. 20V – progr. 5.677 m)	85
Figura 59 – profilo di piena in alveo Rio Secco - zona Ponte 7 – T=100 anni e contributo Monte Alto	85
Figura 60 – profilo di piena T. Lente nel tratto di immissione del Rio Secco – T=100 anni contributo Monte Alto	86
Figura 61 – andamento delle portate piena di stato di fatto incrementata del contributo proveniente dal bacino di Monte Alto (linea rossa) in alveo – Rio Secco – T=50 anni	87
Figura 62 – profilo di piena in alveo – tratto di monte Rio Secco – T=50 anni con contributo di Monte Alto	89
Figura 63 – profilo di piena in alveo – tratto di valle Rio Secco – T=50 anni con contributo di Monte Alto	90
Figura 64 – profilo di piena in alveo – tratto di valle Rio Secco in corrispondenza dell'immissione nel T. Lente – T=50 anni con contributo di Monte Alto	91
Figura 65 – profilo di piena in alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e 2 – T=50 anni e contributo Monte Alto	92
Figura 66 – profilo di piena T. Lente nel tratto di immissione del Rio Secco – T=50 anni contributo Monte Alto	92
Figura 67 – profilo di piena alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e 2 – T=100 anni – configurazione di progetto	94
Figura 68 – profilo di piena alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e 2 – T=100 anni – configurazione di progetto e contributo proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto	94
Figura 69 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.1 – T=100 anni - configurazione di progetto e contributo Monte Alto (sez. 13V – progr. 5.170 m)	95
Figura 70 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.2 – T=100 anni - configurazione di progetto e contributo Monte Alto (sez. 14V – progr. 5.200 m)	95
Figura 71 – idrogramma di piena a valle del Ponte 2 alla progr. 5.320 m – T=100 anni – configurazione di stato di fatto e contributo proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto	97
Figura 72 – idrogramma di piena a valle del Ponte 2 alla progr. 5.320 m – T=100 anni – configurazione di progetto e contributo proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto	97
Figura 73 – profilo di piena alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e 2 – T=50 anni – configurazione di progetto e contributo proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto e dalla galleria di scarico di fondo	100

Figura 74 – andamento delle portate di piena lungo il Rio secco con evento T=100 anni – configurazione di progetto e contributo proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto e dalla galleria di scarico di fondo.....	100
Figura 75 – profilo di piena alveo Rio Secco - zona Ponte 4CD e 5 – T=100 anni – configurazione di progetto e contributo proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto e dalla galleria di scarico di fondo	101

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - PsAI-Rf, Interferenze con il Progetto e NdA di Riferimento.....	9
Tabella 2 - Calcolo dell'altezza di precipitazione per diversi tempi di ritorno nei pressi della stazione pluviometrica di Morcone.....	48
Tabella 3 - portate di piena dei diversi sottobacini contribuenti del Rio Secco	52
Tabella 4 – attraversamenti stradali lungo il Rio Secco – verifica a T=50 anni – stato di fatto.....	66
Tabella 5 – attraversamenti stradali lungo il Rio Secco – verifica a T=100 anni – stato di fatto.....	75
Tabella 6 – attraversamenti stradali lungo il Rio Secco – verifica a T=100 anni – stato di fatto con contributo del bacino di Monte Alto	82
Tabella 7 – attraversamenti stradali lungo il Rio Secco – verifica a T=50 anni – stato di fatto con contributo del bacino di Monte Alto	88
Tabella 8 – attraversamenti stradali lungo il Rio Secco – verifica a T=100 anni – configurazione di progetto senza contributo del bacino di Monte Alto	96
Tabella 9 – attraversamenti stradali lungo il Rio Secco – verifica a T=100 anni – configurazione di progetto con contributo del bacino di Monte Alto	96

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA RIO SECCO

1. PREMESSA

1.1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione, che costituisce parte integrante del progetto definitivo di derivazione di acque superficiali dal serbatoio di Campolattaro dell'impianto idroelettrico di regolazione di Campolattaro - Pontelandolfo della società REC s.r.l., vengono descritte le verifiche di compatibilità idraulica condotte sul Rio Secco sia nella configurazione di stato di fatto sia nella configurazione di progetto a seguito della costruzione del suddetto impianto idroelettrico.

L'impianto prevede lo sfruttamento del salto geodetico esistente tra il serbatoio di Campolattaro, in fase di invaso sperimentale, ed un bacino superiore, in progetto, ricavato all'interno di una depressione naturale attraverso l'impermeabilizzazione delle sponde e del fondo, localizzato in prossimità di Monte Alto, circa 7,5 km a ovest dall'invaso di Campolattaro.

L'impianto idroelettrico di regolazione e pompaggio in progetto prevede un bilancio settimanale dei volumi idrici pompati e turbinati: in particolare si prevede di turbinare la risorsa idrica accumulata nel serbatoio superiore durante la fascia diurna feriali, mentre il pompaggio dal serbatoio inferiore è previsto durante le ore notturne e nei giorni festivi.

Nel seguito si presentano le caratteristiche tecniche, funzionali ed idrauliche dei principali manufatti in progetto direttamente collegati e che comunque, considerando il loro funzionamento, possono influenzare il regime idraulico dell'esistente corpo idrico superficiale Rio Secco posto nelle dirette adiacenze dell'impianto:

In particolare si considerano:

- il canale di gronda dell'invaso di Monte Alto;
- lo sfioratore di superficie dell'invaso di Monte Alto;
- lo scarico di fondo dell'invaso di Monte Alto.

Tali informazioni costituiscono la base per determinare sia le caratteristiche dinamiche della corrente del Rio Secco nei tratti interessati dalle opere sia per valutare le sollecitazioni indotte

sulle stesse.

La presente relazione comprende, oltre alla premessa, quattro capitoli fondamentali per le scelte progettuali:

- nel capitolo n°2 viene riportata una breve descrizione del funzionamento idraulico dell'impianto e dei manufatti idraulici del bacino superiore di Monte Alto connessi con il Rio Secco;
- nel capitolo n°3 viene trattato il calcolo delle portate di massima piena del Rio Secco e del Torrente Lente in cui confluisce, al fine di definire le portate di progetto per la definizione delle opere;
- nel capitolo n°4 sono riportate le elaborazioni, sulla base dei risultati del capitolo relativo alle portate di massima piena e dei rilievi topografici appositamente predisposti, riguardanti il profilo di piena del Rio Secco e del T. Lente interessati dalle opere nella configurazione di stato di fatto e di progetto;
- nel capitolo n°5 sono riportate le soluzioni progettuali proposte, sulla base dei risultati forniti dalla modellazione idraulica, al fine di rendere compatibili le opere in progetto con la configurazione idraulica e morfologica del Rio Secco a seguito della realizzazione dell'impianto idroelettrico.

Per il dettaglio delle descrizioni tecniche si rimanda alla Relazione Illustrativa (elaborato 483-01E-ET-RDA-010) ed alla Relazione Tecnica (elaborato 483-01E-ET-RDA-020) e alle tavole allegate al progetto.

1.2 PIANIFICAZIONE RELATIVA ALL'AUTORITÀ DI BACINO "LIRI-GARIGLIANO E VOLTURNO"

1.2.1 Introduzione

Con la Legge 18 Maggio 1989, n. 183 e s.m.i., sono state dettate le *"Norme per il Riassetto Organizzativo e Funzionale della Difesa del Suolo"* e si è provveduto a riorganizzare, complessivamente, le competenze degli organi centrali dello Stato e delle Amministrazioni Locali in materia di difesa del suolo istituendo le Autorità di Bacino (AdB), assegnando loro il compito di:

- assicurare la difesa del suolo;
- assicurare il risanamento delle acque;
- assicurare la fruizione e la gestione del patrimonio idrico;

- assicurare la tutela degli aspetti ambientali nell'ambito dell'ecosistema unitario del bacino idrografico;
- pianificazione e programmazione per il territorio di competenza.

La Regione Campania, in recepimento della citata normativa nazionale, con la Legge Regionale n. 8 del 7 Febbraio 1994, (B.U.R.C. n. 10 del 14 Febbraio 1994) recante *“Norme in materia di difesa del suolo – Attuazione della Legge 18 Maggio 1989, n. 183 e successive modificazioni ed integrazioni”* ha regolamentato la specifica materia della Difesa del Suolo ed ha istituito, per bacini compresi nel proprio territorio, le Autorità di Bacino regionali ed i relativi organi Istituzionali e Tecnici.

Il D.Lgs. n. 152/2006, infatti, all'Art. 61, Comma 3, sopprime le Autorità di Bacino previste dalla Legge n. 183/1989 ed istituisce i “Distretti Idrografici”, ossia aree di terra e di mare costituite da uno o più bacini idrografici limitrofi e dalle rispettive acque sotterranee e costiere, che costituiscono le principali unità per la gestione dei bacini idrografici.

Occorre precisare che le Autorità di Bacino di cui alla Legge n. 183/1989, ai sensi della Legge n. 13 del 27 Febbraio 2009 continuano a svolgere le attività in regime di proroga fino all'entrata in vigore del DPCM (attualmente non in vigore), di cui al Comma 2 dell'Art. 63 del D.Lgs. n. 152/2006.

Le aree interessate dal progetto in esame ricadono nei territori di competenza dell'Autorità di Bacino Nazionale *“Liri-Garigliano e Volturno”* come evidenziato nella successiva Figura 1 (Autorità di Bacino Nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, 2009).

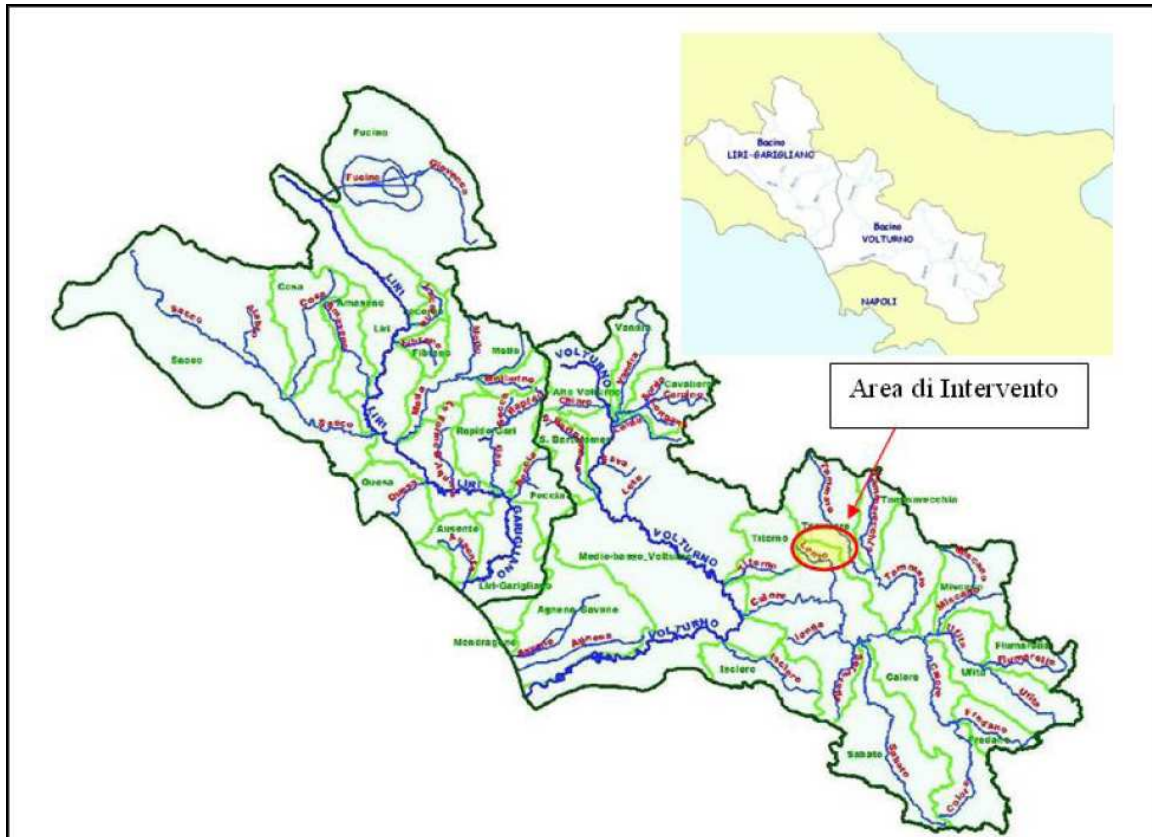


Figura 1 – Bacino Nazionale Liri-Garigliano e Volturno – idrografia principale e sottobacini

L’Autorità di Bacino “Liri-Garigliano e Volturno” fa parte del “Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale”, insieme a Regione Abruzzo, Regione Basilicata, Regione Calabria, Regione Campania, Regione Lazio, Regione Molise e Regione Puglia.

Nell’ambito delle sue competenze il Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale ha adottato il Piano di Gestione delle Acque il 24 Febbraio 2010 (Direttiva Comunitaria 2000/60, D.Lgs. 152/2006, L. 13/2009, D.L. 194/2009).

L’Autorità di Bacino, in relazione a quanto definito dalla Legge n. 183/1989 e s.m.i., ha in corso il processo di pianificazione e programmazione finalizzato alla redazione del Piano di Bacino relativamente alle Risorse Suolo, Acqua ed Ambiente. Sulla base di tale attività, sono stati individuati i Piani Stralcio da realizzare; lo schema sintetico del preliminare di Piano è riportato in Figura 2 (Autorità di Bacino Nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, 2009).

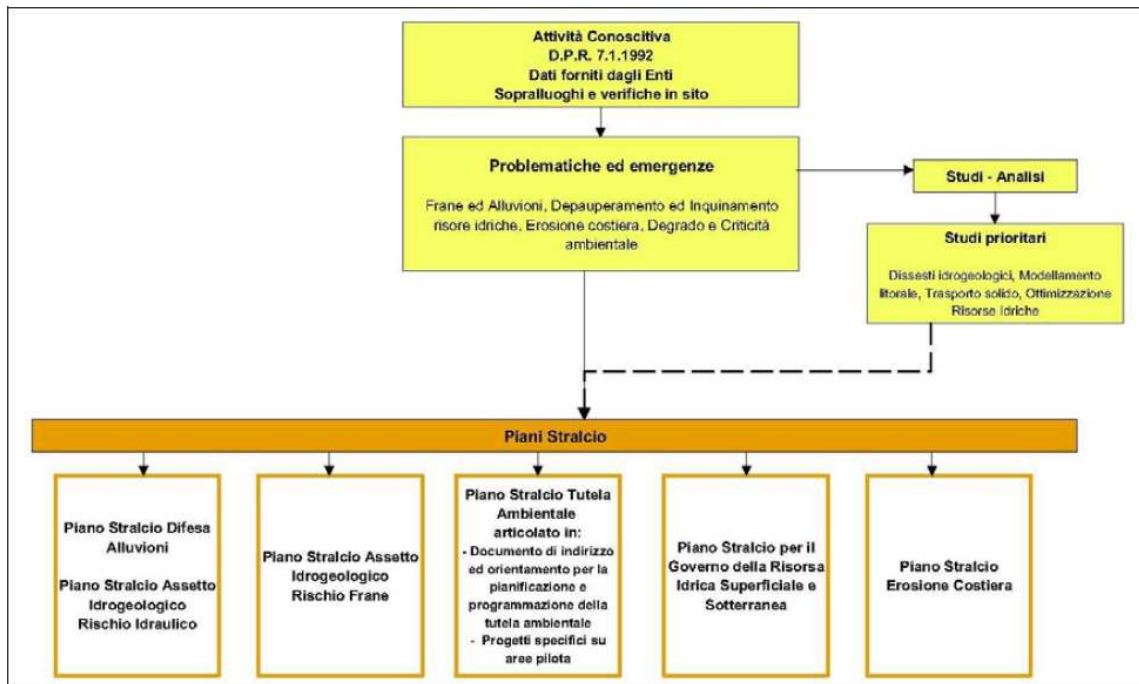


Figura 2 – schema sintetico del Preliminare del Piano di Bacino

Di seguito si riporta una sintesi dei seguenti Piani:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio Frana (PsAI-Rf);
- Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni (PSDA);
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio Idraulico (PsAI-Ri).

Per quanto riguarda gli altri Piani Stralcio elaborati dall'Autorità di Bacino si evidenzia che non sono stati riassunti:

- il “Documento di Indirizzo ed Orientamento per la Pianificazione e Programmazione della tutela Ambientale” (DIOPPTA) e il “Preliminare di Piano Stralcio per il Governo della Risorsa Idrica Superficiale e Sotterranea” in quanto non si configurano come strumenti a carattere normativo ma solo di carattere conoscitivo per le autorità;
- i “Progetti Specifici su Aree Pilota” e il “Piano Stralcio Erosione Costiera” che non trattano aree interessate dal progetto.

1.2.2 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio Frana (PSAi-Rf)

1.2.2.1 Stato di Attuazione del PsAI-Rf

Il Progetto di Piano Stralcio Assetto Idrogeologico - Rischio Frane- (L. 365/00) Bacini Liri-Garigliano e Volturno è stato completato ad Aprile 2001 ed Adottato dal Comitato

Istituzionale (C.I.) nel Febbraio 2003.

Il Piano Stralcio è stato adottato dal Comitato Istituzionale con Delibera n. 1 del 5 Aprile 2006 ed approvato dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri con D.P.C.M. del 12 Dicembre 2006 e pubblicato nella G.U. n. 122 del 28 Maggio 2007 (Autorità di Bacino Nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, 2009). Il Piano è stato quindi oggetto di revisione per alcuni comuni.

Nei Comuni interessati del progetto in esame (Morcone, Pontelandolfo, Campolattaro) il Piano è stato approvato, ai sensi dell'Art. 4, Comma 1, Lettera c) della L. 183/89 (Comuni di cui all'Allegato 3 delle Norme di Attuazione del Piano).

Attualmente è in fase di completamento un Progetto Pilota "Studi a scala di dettaglio finalizzati ad una ripermimetrazione delle aree a rischio idrogeologico dei Bacini idrografici dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno", nonché alcune intese di programma finalizzate alla ripermimetrazione delle aree a rischio idrogeologico stipulate con le singole Amministrazioni Comunali.

1.2.2.2 Obiettivi e Contenuti del PsAI-Rf

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio di Frana per il Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno (PsAI-Rf), ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso del territorio relative all'assetto idrogeologico del bacino idrografico. Il Piano in esame è redatto ai sensi della Legge n. 183/1989, Art. 17, Comma 6, come modificato dall'Art.12 della Legge 493/1993, quale Stralcio del Piano di Bacino e contiene:

- individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico;
- le norme di attuazione;
- le aree da sottoporre a misure di salvaguardia e le relative misure di salvaguardia.

Il PsAI-Rf, attraverso le sue disposizioni, persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idrogeologico.

Al fine di perseguire gli obiettivi di cui sopra il territorio è stato suddiviso e normato in funzione della seguente classificazione:

- *Aree a Rischio Idrogeologico Molto Elevato (R4)*: nelle quali per il livello di rischio presente, sono possibili la perdita di vite umane, e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio

economiche;

- *Aree a Rischio Idrogeologico Elevato (R3)*: nelle quali per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
- *Aree a Rischio Idrogeologico Medio (R2)*: nelle quali per il livello di rischio presente sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- *Aree a Rischio Idrogeologico Moderato (R1)*: nelle quali per il livello di rischio presente i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono marginali;
- *Aree a Rischio Idrogeologico Potenzialmente Alto (Rpa)*: nelle quali il livello di rischio, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio;
- *Aree a Rischio Idrogeologico Potenzialmente Basso (Rpb)*: nelle quali l'esclusione di un qualsiasi livello di rischio, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio;
- *Aree di Alta Attenzione (A4)*: potenzialmente interessate da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta ma non urbanizzate;
- *Aree di Medio - Alta Attenzione (A3)*: non urbanizzate che ricadano in una frana attiva a massima intensità attesa media o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità;
- *Aree di Media Attenzione (A2)*: che non sono urbanizzate e che ricadono all'interno di una frana quiescente a massima intensità attesa media;
- *Aree di Moderata Attenzione (A1)*: che non sono urbanizzate e che ricadono all'interno di una frana a massima intensità attesa bassa;
- *Aree di Attenzione Potenzialmente Alta (Apa)*: non urbanizzate e nelle quali il livello di attenzione, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio;
- *Aree di Attenzione Potenzialmente Bassa (Apb)*: non urbanizzate e nelle quali l'esclusione di un qualsiasi livello di attenzione, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio;

- *Aree di Possibile Ampliamento dei fenomeni franosi* cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco (C1);
- *Aree di Versante*: nelle quali non è stato riconosciuto un livello di rischio o di attenzione significativo (C2);
- *Aree Inondabili da Fenomeni di Sovralluvionamento* individuati sulla base di modelli idraulici semplificati o di studi preliminari, il cui livello di rischio o di attenzione deve essere definito a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio (al).

L'ambito territoriale di applicazione del Piano è costituito dall'intero bacino idrografico dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, così come definito dal DPR del 1 Giugno 1998 (S.O. - G.U. n. 247 del 22 Ottobre 1998), ricadente parzialmente nei territori delle Regioni Abruzzo, Campania, Lazio, Molise e Puglia.

Sulla scorta delle risultanze del Piano e nel rispetto delle relative norme è stato anche elaborato il Programma degli Interventi.

1.2.2.3 Relazioni con il Progetto

Nelle seguenti Figura 3 e Figura 4 sono riportati gli stralci cartografici della Carta del Rischio Idrogeologico con le aree di interesse perimetrare dal Piano in esame con riferimento al Rio Secco.

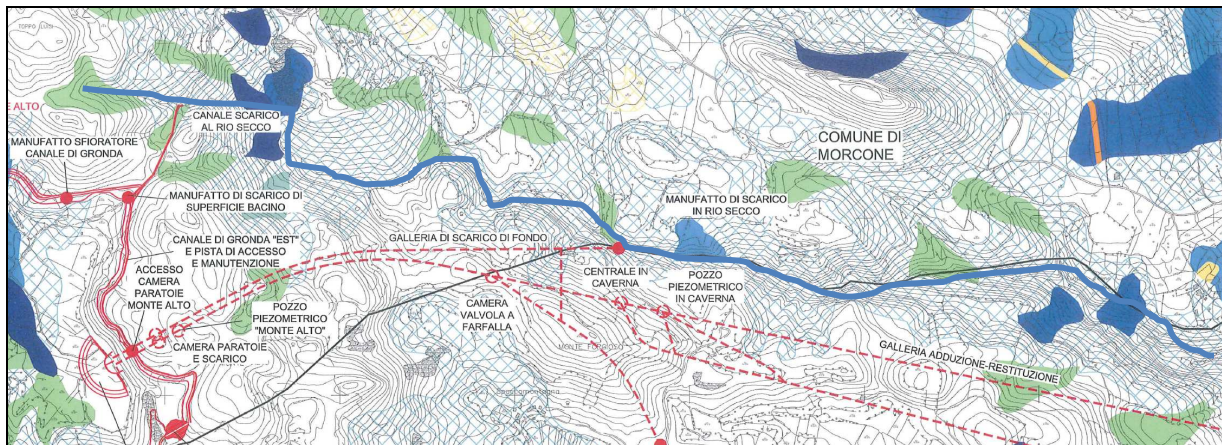


Figura 3 – PsAI-Rf – Carta del rischio idrogeologico – zona Rio Secco monte

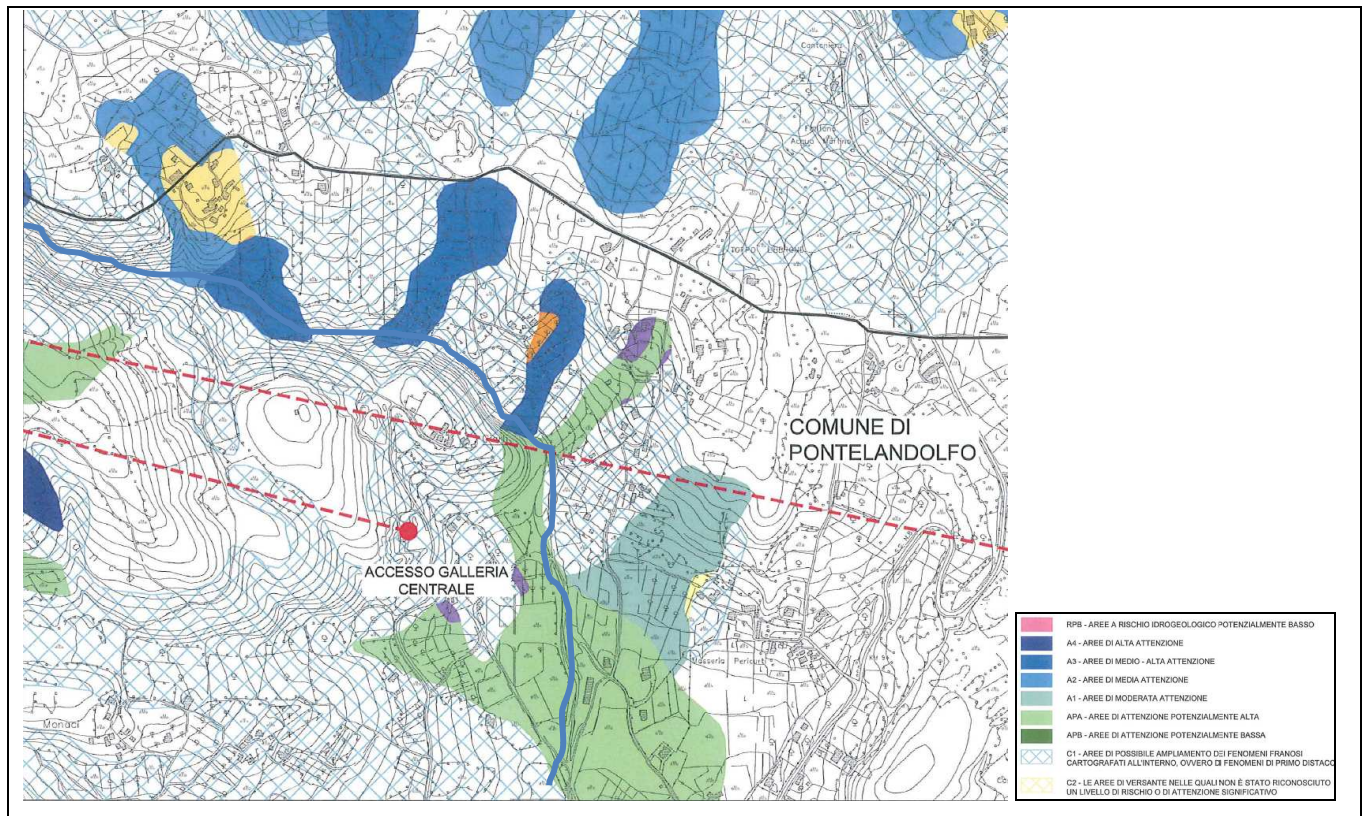


Figura 4 – PsAI-Rf – Carta del rischio idrogeologico – zona Rio Secco valle

Nella seguente Tabella 1 sono riassunte le interazioni tra le opere a progetto e le aree perimetrate dal PsAI-Rf e il relativo riferimento alle Norme di Attuazione (NdA).

Tabella 1 - PsAI-Rf, Interferenze con il Progetto e NdA di Riferimento

Tipologia Area Perimetrata dal PsAI-Rf	NdA di Riferimento
A4 (area di alta attenzione)	Art. 3, Art. 4
A3 (area di medio-alta attenzione)	Art. 6, Art. 7
A2 (area di media attenzione)	Art. 8, Art. 9
C1 (aree di possibile ampliamento dei fenomeni franosi)	Art. 13

In riferimento all'alveo del Rio Secco oggetto del presente Studio di Compatibilità Idraulica si riporta di seguito quanto indicato delle Norme di Attuazione del Piano:

- **Art. 3 (TITOLO II - Norme d'uso del suolo: Divieti e prescrizioni) - Aree a rischio molto elevato (R4).** (area non direttamente interessata dal progetto le cui prescrizioni sono associate anche alle aree A4):

1. Nelle aree definite a “rischio idrogeologico molto elevato” si intendono perseguire i

seguenti obiettivi: incolumità delle persone, sicurezza delle strutture, delle infrastrutture e del patrimonio ambientale,

2. Al fine del raggiungimento degli obiettivi di cui al Comma 1 è vietata qualunque trasformazione dello stato dei luoghi, sotto l'aspetto morfologico, infrastrutturale ed edilizio tranne che non si tratti di:
 - A. interventi di demolizione senza ricostruzione;
 - B. interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, e ristrutturazione edilizia, così come definiti alle lettere a), b), c) e d) dell'Art. 3 del D.P.R. 6 Giugno 2001, n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia) e s.m.i., sugli edifici, sulle opere pubbliche o di interesse pubblico, sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti, purché detti interventi non comportino aumento del carico urbanistico o incremento dell'attuale livello di rischio e la necessità di intervenire non sia connessa con la problematica idrogeologica individuata e perimetrata dal Piano nell'area;
 - C. interventi strettamente necessari a migliorare la tutela della pubblica incolumità e a ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti, che non siano lesivi delle strutture ed infrastrutture adiacenti, senza aumenti di superficie e volume utili, senza aumento del carico urbanistico o incremento di unità immobiliari e senza cambiamenti di destinazione d'uso che non siano riconducibili ad un adeguamento degli standard per la stessa unità abitativa;
 - D. interventi di riparazione, di adeguamento antisismico e ricostruzione in sito di edifici danneggiati da eventi sismici, qualora gli eventi stessi non abbiano innescato asseverate riattivazioni del fenomeno di dissesto idrogeologico;
 - E. realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferite a servizi essenziali non delocalizzabili, purché l'opera sia progettata ed eseguita in misura adeguata al rischio dell'area e la sua realizzazione non concorra ad incrementare il carico insediativo e non precluda la possibilità di attenuare e/o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio;
 - F. interventi atti all'allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale e che incrementano le condizioni di stabilità dell'area in frana;
 - G. opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi;
 - H. taglio e/o eliminazione delle essenze arboree ed arbustive qualora specifici studi,

asseverati da tecnici abilitati, dimostrino che esse concorrano a determinare stato di pericolo per la pubblica incolumità, aggravino le condizioni di stabilità del versante o siano di intralcio all'esecuzione di opere strutturali finalizzate alla messa in sicurezza dell'area;

- *Art. 4 (TITOLO II - Norme d'uso del suolo: Divieti e prescrizioni) - Aree di alta attenzione (A4):* “1. Nelle aree di cui alla rubrica del presente articolo, non urbanizzate, si applicano i divieti e le prescrizioni di cui al precedente Articolo 3 e con le medesime eccezioni, qualora, in sede di approfondimento, risultasse la presenza di strutture, infrastrutture o beni ambientali e culturali”.
- *Art. 5 (TITOLO II - Norme d'uso del suolo: Divieti e prescrizioni) - Aree a rischio Potenzialmente Alto (Rpa) ed Aree di Attenzione Potenzialmente Alta (Apa):*
 1. Nelle aree di cui alla rubrica del presente articolo, urbanizzate e non, si applicano i divieti e le prescrizioni di cui al precedente Articolo 3 e con le medesime eccezioni;
 2. Resta ferma la possibilità di annullare e/o modificare, in qualsiasi momento, la perimetrazione e le misure di salvaguardia relative all'assetto idrogeologico di tali aree a seguito di studi ed indagini a scala di maggior dettaglio che consentano una definizione, a scala adeguata, delle condizioni di stabilità del territorio. Si applica il successivo Articolo 29;
- *Art. 6 (TITOLO II - Norme d'uso del suolo: Divieti e prescrizioni) - Aree a rischio elevato (R3):*
 1. Nelle aree definite “a rischio idrogeologico elevato” si intende perseguire i seguenti obiettivi: incolumità delle persone, sicurezza delle strutture, delle infrastrutture e del patrimonio ambientale;
 2. Al fine del raggiungimento degli obiettivi di cui al Comma 1 è vietata qualunque trasformazione dello stato dei luoghi, sotto l'aspetto morfologico, infrastrutturale ed edilizio ad eccezione di:
 - A. interventi consentiti nelle Aree a rischio molto elevato, di cui al precedente Art. 3;
 - B. interventi finalizzati all'abbattimento delle barriere architettoniche, al rispetto delle norme in materia di sicurezza ed igiene sul lavoro, nonché al miglioramento delle condizioni igienico sanitarie, funzionali, abitative e produttive, comportanti anche modesti aumenti di superficie e di volume e cambiamenti di destinazione d'uso, purché funzionalmente connessi a tali interventi;
 - C. installazione di manufatti leggeri, prefabbricati, di modeste dimensioni al servizio di

edifici, infrastrutture, attrezzature ed attività esistenti;

- *Art. 7 (TITOLO II - Norme d'uso del suolo: Divieti e prescrizioni) - Aree di medio-alta attenzione (A3): “1. Nelle aree di cui alla rubrica del presente articolo, non urbanizzate, si applicano i divieti e le prescrizioni di cui al precedente Articolo 6 e con le medesime eccezioni qualora, in sede di approfondimento, risultasse la presenza di strutture, infrastrutture o beni ambientali e culturali”;*
- *Art. 8 (TITOLO II - Norme d'uso del suolo: Divieti e prescrizioni) - Aree a rischio medio (R2):*
 1. Nelle aree definite a “rischio idrogeologico medio” si intende perseguire i seguenti obiettivi: sicurezza delle strutture, delle infrastrutture e del patrimonio ambientale;
 2. Al fine del raggiungimento degli obiettivi di cui al Comma 1, in tali aree le costruzioni e gli interventi in generale sono subordinati al non aggravamento delle condizioni di stabilità del pendio, alla garanzia di sicurezza determinata dal fatto che le opere siano progettate ed eseguite in misura adeguata al rischio dell'area;
- *Art. 9 (TITOLO II - Norme d'uso del suolo: Divieti e prescrizioni) - Aree di media attenzione (A2): “Nelle aree richiamate nella rubrica del presente articolo, non urbanizzate, si applica la disciplina di cui al precedente Articolo 8”;*
- *Art. 13 (TITOLO II - Norme d'uso del suolo: Divieti e prescrizioni) - Aree di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco (C1): “Nelle aree di cui alla rubrica gli interventi sono subordinati unicamente all'applicazione della normativa vigente in materia, con particolare riguardo al rispetto delle disposizioni contenute nel D.M. 11 Marzo 1988 (S.O. G.U. n. 127 del 01/06/1988), nella Circolare LL.PP. 24/09/1988 n. 3483 e successive norme e istruzioni e nel D.P.R. 6 Giugno 2001, n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia - G.U. n. 245 del 20 Ottobre 2001 - S.O. n. 239);*
- *Art. 16 (TITOLO II - Norme d'uso del suolo: Divieti e prescrizioni) - Divieto di nuove costruzioni per cui siano già state rilasciate le autorizzazioni e concessioni di competenza:*
 1. Ai sensi dell'Art. 17 Comma 6 bis della Legge n.183/1989 e s.m.i. all'adozione del Piano nelle aree di cui ai precedenti Articoli da 3 a 7 l'attuazione di nuove opere (edifici, infrastrutture, ecc.) o di piani particolareggiati (PIP, PdL, ecc.), dei quali non sia ancora avviata la realizzazione, sebbene siano già stati acquisiti i pareri, le autorizzazioni o concessioni previste dalla normativa vigente, sono da assoggettare

- all'accertamento della compatibilità idrogeologica ai sensi del successivo Art. 17;
2. In ogni caso al titolare della concessione è tempestivamente notificata da parte dell'Amministrazione comunale la condizione di rischio rilevata, ai sensi e per gli effetti del Comma 6 dell'art. 2 del D.L. n. 279/2000 convertito con modificazioni dalla L. 365/2000;
 3. Nelle aree di cui al Comma 1 è vietato qualunque tipo di intervento edilizio o modificazione di destinazione d'uso sugli edifici non condonati e illegittimamente costruiti. Per tali edifici devono attuarsi le disposizioni previste dalla vigente normativa in materia, compresa la eventuale demolizione;
- *Art. 17 (TITOLO III - Studi di compatibilità idrogeologica) - Studio di compatibilità idrogeologica:*
 1. Tutti i progetti relativi agli interventi consentiti di cui agli articoli da 3 a 12 del Titolo II, devono essere corredati da uno Studio di Compatibilità Idrogeologica, in seguito denominato SCI, commisurato alla importanza e dimensione degli stessi interventi ed alla tipologia di rischio e di fenomeno. Lo studio di compatibilità idrogeologica deve essere, inoltre, adeguato al livello di progettazione di cui alla Legge n. 109/94 e s.m.i.. Il citato studio di compatibilità, comunque, non sostituisce la valutazione di impatto ambientale, gli studi e gli atti istruttori di qualunque tipo richiesti al soggetto promotore dalla normativa vigente;
 2. Attraverso il suddetto SCI si dovrà dimostrare:
 - a) che l'intervento è compatibile con quanto previsto dal presente Piano, dalle norme di attuazione e dalle misure di salvaguardia;
 - b) che le realizzazioni garantiscono, secondo le caratteristiche e le necessità relative a ciascuna fattispecie, la sicurezza del territorio in coerenza con quanto disposto all'Art.31 Lettera c) della L. 183/1989 sulla base dei tre criteri: "incolumità delle popolazioni, danno incombente, organica sistemazione;
 3. La compatibilità idrogeologica dell'intervento deve essere:
 - a) verificata in funzione dei dissesti che interessano le aree a rischio idrogeologico come individuate dal presente Piano,
 - b) stimata in base alla definizione ed alla descrizione puntuale delle interferenze tra i dissesti idrogeologici individuati e le destinazioni o le trasformazioni d'uso del suolo attuali o progettate,
 - c) valutata confrontando l'intervento proposto con l'individuazione del rischio operata

dal presente Piano e con gli effetti sull'ambiente,

4. I contenuti dello SCI, per ciascuna fattispecie degli interventi consentiti di cui ai richiamati articoli del Titolo II, sono elencati ai successivi articoli da 18 a 24 e dettagliati in specifiche tecniche redatte dall'Autorità di Bacino;

- *Art. 23 (TITOLO III - Studi di compatibilità idrogeologica) - SCI/06: Studio di compatibilità idrogeologica – Tipo VI:*

1. La documentazione tecnico-amministrativa relativa a:

- realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferite a servizi essenziali non delocalizzabili, purché l'opera sia progettata ed eseguita in misura adeguata al rischio dell'area e la sua realizzazione non concorra ad incrementare il carico insediativo e non precluda la possibilità di attenuare e/o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio;
- interventi di riparazione, di adeguamento antisismico e ricostruzione in sito di edifici danneggiati da eventi sismici, qualora gli eventi stessi non abbiano innescato asseverate riattivazioni del fenomeno di dissesto idrogeologico, deve essere corredata da uno studio di compatibilità idrogeologica (SCI/06) che contenga:
 - a) cartografia topografica in scala adeguata;
 - b) vincoli.

Si evidenzia che in sede di richiesta di concessione di derivazione di acque pubbliche per uso industriale dall'invaso di Campolattaro da parte del proponente, l'Autorità di Bacino ha valutato che il progetto non incide in maniera significativa sul bilancio idrico dell'invaso stesso. In tale fase l'AdB ha evidenziato la necessità che i successivi livelli di progettazione fossero corredata da approfondite indagini di carattere:

- geologico e geotecnico;
- idrogeologico;
- idrologico-idraulico.

Si evidenzia che, in accordo alle richieste dell'Autorità di Bacino, la documentazione di progetto è stata corredata da specifiche relazioni tecniche (idrologica, idraulica, geologica e idrogeologica, geotecnica) che hanno permesso di caratterizzare approfonditamente le aree di intervento.

Più precisamente, oltre ai contenuti presenti nel presente Studio di Compatibilità Idraulica del

Rio Secco, è stato redatto un apposito Studio di Compatibilità Idrogeologica (SCI) del Rio Secco, a cui si rimanda per maggiore dettaglio e completezza, al fine di meglio caratterizzare i tratti di alveo a ridosso di aree di attenzione alta (A4), medio-alta (A3), media (A2) e moderata (A1) presenti lungo tutto il tracciato planimetrico del Rio Secco fino all'immissione nel T. Lente.

Tra le diverse soluzioni progettuali ipotizzate per l'impianto nel suo complesso si sono scelte le opzioni che meglio si inserivano nel contesto ambientale considerato. Tale affermazione è vera anche e soprattutto nei confronti della tematica geologica considerata (dissesti ed evoluzione morfologica del territorio).

In linea generale si sono preferite le soluzioni di minor impatto sulla componente ambientale; tuttavia laddove si prefigurava una interazione significativa con le aree di rischio censite nel PSAI-Rf si sono adottate soluzioni tecniche in grado di mitigare il rischio associato all'inserimento dell'opera, individuando la miglior soluzione sia dal punto di vista tecnico che nei confronti dell'interazione con possibili fenomeni di dissesto.

In sintesi, le analisi condotte nello Studio di Compatibilità Idrogeologica mettono in luce per il bacino del Rio Secco una situazione di normale evoluzione morfologica ove non si segnala l'esistenza di particolari aree in erosione (lungo l'asta valliva o sui versanti) né di degradazione dei versanti ad opera di frane (forme di denudamento del terreno, trincee, rotture del pendio, ecc...). L'esame morfologico di terreno evidenzia altresì come la maggior parte delle aree perimetrate in frana siano da considerarsi quiescenti se non stabilizzate (si ricorda a tal proposito che i criteri adottati nella definizione dell'attività delle frane da parte dell'Autorità di Bacino sono molto prudenziali, come per altro ammesso nella Relazione Generale al PSAI-Rf, in quanto vengono definite inattive solo quelle frane che, per conoscenza diretta o acquisita, presentano condizioni morfoevolutive che fanno escludere una loro riattivazione in toto).

Ai fini dello Studio di Compatibilità Idrogeologica del Rio Secco occorre però considerare gli effetti, anche indiretti, che la realizzazione dell'opera (l'impianto idroelettrico di regolazione e pompaggio) comporta sulla dinamica morfoevolutiva del Rio Secco.

In questo senso, l'unico intervento che verrà realizzato nei pressi dell'asta torrentizia è costituito dal manufatto di dissipazione dello scarico di fondo; tale opera non risulta ubicata in area di frana e non comporta aggravamento delle condizioni di stabilità del pendio.

Gli effetti indiretti, invece, sono dovuti principalmente allo scarico nel Rio Secco delle portate di piena che defluiscono dal canale di gronda in occasione di eventi meteorici eccezionali. Nel

presente Studio di Compatibilità Idraulica, tali situazioni sono state opportunamente valutate e oggetto di modellazione idraulica, dalla quale si evince che nelle condizioni di progetto (quindi con smaltimento della portata in arrivo dal canale di gronda in aggiunta a quella naturale del Rio Secco durante eventi meteorici eccezionali) il tirante idrico in alveo risulta superiore di soli pochi centimetri rispetto lo stato di fatto. Pertanto l'innalzamento del tirante idrico dovuto allo smaltimento della portata eccedente nel canale di gronda risulta accompagnato da modesti incrementi della velocità di deflusso della corrente fluviale del Rio Secco rispetto lo stato attuale.

In sintesi, l'incremento della capacità erosiva e/o di trasporto del Rio Secco nelle condizioni di progetto e in occasione di eventi meteorici estremi risulta praticamente trascurabile.

In tal senso, non vi può essere quindi un aumento del rischio di frana in seguito alla realizzazione delle opere in progetto. Anzi, una significativa mitigazione del rischio associato allo stato di dissesto può essere facilmente raggiunta se si attua una corretta gestione del corso d'acqua, come indicato nelle seguenti linee guida:

- pulizia e manutenzione dell'alveo;
- realizzazione di gabbionate e/o scogliere antiersive al piede dei dissesti ritenuti maggiormente critici (soprattutto nel secondo tratto) o di aree ritenute vulnerabili.

In ultima analisi l'attento esame morfologico del territorio, integrato da informazioni pregresse (banche dati, PSAI-Rf, ecc...), non evidenzia dissesti attivi o di recente formazione in grado di pregiudicare la fattibilità dell'opera; inoltre, l'applicazione delle linee guida sopra menzionate consente una diminuzione dello stato del rischio anche rispetto alla situazione attuale.

1.2.3 Piano stralcio di difesa dalle alluvioni (PSDA) e Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio Idraulico (PSAI-RI)

1.2.3.1 Stato di Attuazione del PSDA e del PsAI-Ri

L'ADB ha predisposto il "*Piano Stralcio per la Difesa dalle Alluvioni*" (PSDA) relativamente ai corsi d'acqua principali del bacino del Fiume Volturno. Tale Piano è stato inizialmente adottato dal Comitato Istituzionale (C.I.) con Delibera n.1 del 7 Settembre 1999 quindi approvato con DPCM del 21 Novembre 2001 e pubblicato nella G.U. n. 42 del 19 Febbraio 2002.

Il PSDA è stato successivamente oggetto di variazione riguardante la rivisitazione a scala di dettaglio degli scenari di rischio per l'area del "Basso Volturno" interessata dal rischio

idraulico. La variante al Piano (redatta sulla base di quanto approvato dal Comitato Istituzionale ed ai contenuti dell'Intesa di Programma con i Comuni interessati Capua, Cancellone, Grazzano, Santa Maria la Fossa, Castel Volturno) denominata "Variante al PSDA – Basso Volturno (PSDA-bav)" è stata adottata dal C.I. con Delibera n. 2 del 3 Marzo 2004, approvata con DPCM del 10 Dicembre 2004 e pubblicata nella G.U. n. 28 del 4 Febbraio 2005.

Successivamente all'adozione del PSDA l'AdB ha predisposto l'elaborazione del "*Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio idrogeologico più alto – Rischio Idraulico*", ai sensi del D.L. 180/98 convertito con L. 267/98 e L. 226/99. Tale documento, approvato dal C.I. con Delibera No. 2 nella seduta del 27 Ottobre 1999, ha interessato tutto il Bacino Liri-Garigliano ed è stato esteso anche alle aste secondarie del Bacino Volturno.

Proseguendo in ordine temporale l'AdB ha quindi predisposto il "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico-Rischio Idraulico (PsAI-Ri)" per il bacino "Liri-Garigliano" ai sensi della L. 183/1989 e L. 365/2000. Tale Piano è stato dapprima adottato dal C.I. con Delibera n. 2 del 5 Aprile 2006 quindi approvato dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri con DPCM del 12 Dicembre 2006 e pubblicato nella G.U. n. 122 del 28 Maggio 2007.

Sono attualmente in corso di elaborazione:

- il Piano Stralcio Rischio Idraulico – Aste secondarie Bacino Volturno;
- il Piano Stralcio Rischio Idraulico – Agnena-Savone.

1.2.3.2 Obiettivi e Contenuti del PSDA

Come precedentemente specificato, avvalendosi di quanto previsto dall'Art. 12 della Legge 493/1993, l'AdB "Liri-Garigliano e Volturno" ha predisposto il "*Piano Stralcio per la Difesa dalle Alluvioni*" (PSDA) relativamente ai corsi d'acqua principali del bacino del Fiume Volturno.

Il PSDA è lo strumento diretto al conseguimento di condizioni accettabili di sicurezza idraulica del territorio, nell'ambito più generale della salvaguardia delle componenti ambientali all'interno delle fasce di pertinenza fluviale.

Con il PSDA si intende dare una svolta di metodo alla pianificazione ripensando ad un diverso uso del territorio predisponendo, da un lato, un programma integrato di interventi e proponendo, dall'altro un sistema normativo dettagliato.

Le proposte di intervento nonché vincoli e norme di tutela e di salvaguardia, dettate dal PSDA, saranno inserite nei piani regionali, provinciali e comunali.

Il PSDA é diretto al conseguimento di condizioni accettabili di sicurezza idraulica del territorio mediante la programmazione di:

- interventi non strutturali: che comprendono norme sulla regolamentazione del territorio inondabile dalle acque, indirizzi sul cambio di destinazione d'uso del suolo e interventi di ripristino e recupero ambientale, atti a mitigare i danni conseguenti all'evento calamitoso;
- interventi strutturali atti a ridurre le pericolosità delle inondazioni.

Il PSDA sottolinea inoltre che la difesa idraulica e la tutela ambientale devono camminare di pari passo ed entrambe vanno affrontate e conseguite in termini scientifici, tecnici ed economici di realizzazione appropriata.

L'ambito d'applicazione del Piano è definito dai limiti delle aree inondabili, riportate nelle mappe allegare al Piano stesso, relative ai seguenti corsi d'acqua del bacino del Fiume Volturno:

- Volturno dalla confluenza con il Vandra alla confluenza con il Calore Irpino;
- Volturno dalla confluenza con il Calore I. alla foce.
- Calore I. da Apice (attraversamento SS 90bis) alla confluenza con il Volturno;
- Rio San Bartolomeo - T. Rava da 12,160 Km a monte della confluenza Volturno (attraversamento SS85) alla confluenza Volturno;
- Tammaro da 38,640 km a monte della confluenza con il Calore I.;
- Sabato da Altavilla Irpina alla confluenza con il Calore I.(confluenza T. Avellola).

In particolare, il Piano ha consentito di definire il rischio idraulico, di definire gli indirizzi alla programmazione, di proporre un programma di interventi di mitigazione del rischio, verificando contestualmente la validità dei principali interventi strutturali in corso o in progetto.

Il Piano contiene:

- delimitazione delle aree a differente pericolosità;
- l'individuazione delle condizioni di squilibrio,
- la definizione degli indirizzi per la programmazione degli interventi strutturali e non strutturali;
- un programma di interventi;
- norme di attuazione.

Si evidenzia che con l'approvazione della variante PSDA-bav sono state predisposte:

- nuova carta di zonizzazione ed individuazione degli squilibri per il basso Volturno

(Tavola 4.43-bav sostitutiva della tavola 4.43 del PSDA);

- linee guida per la predisposizione di un Piano intercomunale di Protezione Civile per i comuni di Capua, S. Maria La Fossa, Grazzanise, Canello ed Arnone e Castel Volturno: tale piano viene considerato uno strumento necessario ed attuativo del PSDA-bav.
- norme di attuazione specifiche per il basso Volturno differenziate da quelle vigenti per il restante ambito del PSDA. Tali norme contengono anche una serie di disposizioni per la fascia costiera individuata che vengono adottate come misure di salvaguardia ai sensi del Comma 6 ter dell'Art. 17 della Legge 183/89;
- individuazione degli interventi strutturali sul corso d'acqua ritenuti prioritari per la messa in sicurezza.

1.2.3.3 PsAI-Ri

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio Idraulico (PsAI-Ri) è stato redatto per la gestione dei territori relativi al bacino dei Fiumi Liri-Garigliano. Per il bacino del Volturno il PsAI-Ri rimanda a quanto riportato nel PSDA.

1.2.3.4 Relazioni con il Progetto

Per quanto concerne i territori interessati dallo Studio di Compatibilità Idraulica in esame si è fatto riferimento esclusivamente ai contenuti del PSDA in quanto il PsAI-Ri non interessa il bacino del Volturno nel quale ricadono le aree oggetto del presente studio.

Come descritto al precedente paragrafo il campo di applicazione del PSDA è definito dai limiti delle aree inondabili di alcuni fiumi.

Nel caso in esame è possibile evidenziare che il corso d'acqua oggetto di riferimento (Rio Secco e T. Lente in corrispondenza della confluenza del Rio Secco) non risulta essere né interessato dalla delimitazione delle fasce fluviali né interessato dalla delimitazione delle aree inondabili. L'area inondabile più prossima è stata perimetrata sul Fiume Tammaro a monte della confluenza con il Fiume Calore I..

Il Rio Secco risulta essere interessato dal vincolo della fascia di rispetto fluviale ex L.R. 14/1982 e s.m.i. pari a 10 m.

Sulla base delle precedenti considerazioni il presente Studio di Compatibilità Idraulica del Rio Secco, sia nella configurazione di stato di fatto sia in quella di progetto seguente alla realizzazione dell'impianto idroelettrico di Campolattaro in esame, non presenta elementi di contrasto con i contenuti del Piano, né si rilevano interferenze tra il progetto e le aree sottoposte a vincolo.

Le verifiche idrauliche, come riportato nei capitoli successivi, sono state condotte con riferimento ad eventi di piena associati a tempi di ritorno di $T=100$ anni, al fine di verificare, accertare ed individuare gli interventi, atti a constatare la compatibilità degli interventi proposti con le normative ed i vincoli vigenti.

Il progetto in esame è stato infatti oggetto di specifici studi geologici, idrogeologici ed idraulici per le aree di interesse. La progettazione degli interventi ha quindi tenuto conto di tutte le peculiarità del territorio, adottando tutte le misure necessarie per la piena sicurezza delle opere e delle aree circostanti.

1.3 OBIETTIVI DELLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Il presente Studio di Compatibilità Idraulica del Rio Secco ha come obiettivo la definizione delle principali caratteristiche idrauliche di deflusso delle portate di piena del corpo idrico sia nella configurazione di stato di fatto, sia in quella seguente alla realizzazione dell'impianto idroelettrico in progetto, considerando la possibilità di utilizzare il Rio Secco quale recapito delle portate meteoriche intercettate e convogliate dal canale perimetrale al bacino di Monte Alto in occasione di eventi meteorici rilevanti ed intensi.

In particolare, con il presente studio idraulico, si vogliono determinare le nuove condizioni di deflusso delle portate di piena in alveo conseguenti alla realizzazione dell'intervento in progetto, e di verificare se l'intervento proposto non causi un peggioramento delle condizioni di sicurezza idraulica, rispetto alla situazione attuale *ante-operam* sia verso valle che verso monte.

Ciò premesso, vengono assunti come riferimento per lo sviluppo dello studio i contenuti le indicazioni normative contenuti nel *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio di Frana (PsAI-Rf)* e nel *Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni – bacino Volturno (PSDA)* per il Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, considerando come valore della portata di piena assunta per le verifiche idrauliche quella con tempo di ritorno $T=100$ anni.

Nell'ambito dello studio verrà prestata particolare attenzione alla definizione dell'alveo interessato dal deflusso della portata di piena (sia nella configurazione di stato di fatto sia in quella di progetto), delle eventuali aree di allagamento che possano interessare aree urbanizzate, nonché alla verifica di funzionamento degli attraversamenti stradali esistenti (verifica del franco minimo tra la quota di massima piena di progetto e la quota di intradosso del ponte).

2. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO

2.1 GENERALITÀ

Nel presente capitolo sono riportati i dati caratteristici delle varie componenti dell'impianto in progetto, descritte in modo più approfondito nella Relazione Tecnica Particolareggiata (elab. n. 483-01E-ET-RDA-020), con particolare attenzione alle caratteristiche tecniche delle macchine idrauliche.

Bacino Superiore di Monte Alto

Volume utile d'invaso	7.000.000 m ³
Livello massimo invaso	900,00 m s.m.
Livello minimo invaso	873,00 m s.m.

Bacino inferiore di Campolattaro

Volume utile di invaso	109.000.000 m ³
Livello massimo invaso	377,25 m s.m.
Livello minimo invaso	351,00 m s.m.

Condotta forzata

Lunghezza	~ 1.980 m
Diametri	5.500÷3.200 mm
Materiale	acciaio
Spessori	16÷62 mm

Condotta di restituzione

Lunghezza	~ 5.800 m
Diametri	6.000 mm
Materiale	c.a.

Centrale

n. 2 gruppi reversibili pompa – turbina tipo Francis

- Altezza geodetica massima ($H_{\text{geod-max}}$)	549,00 m
- Altezza geodetica minima ($H_{\text{geod-min}}$)	497,75 m
- Quota installazione gruppi reversibili	~290 m s.m.

2.2 INVASO DI MONTE ALTO

2.2.1 Premessa

L'invaso di Monte Alto rappresenta il serbatoio superiore dell'impianto in progetto. Esso sarà realizzato attraverso l'impermeabilizzazione del fondo e delle sponde della depressione naturale presente in prossimità di Monte Alto, previo scotico e leggera riprofilatura della stessa.

L'invaso sarà caratterizzato da una quota di fondo di circa 871÷873 m s.m., da una quota di massima regolazione pari a 900 m s.m., con una quota di coronamento pari a 903 m s.m.. Il volume utile di accumulo idrico, compreso tra la quota di massima regolazione e la quota di minimo svasso, posta pari a circa 873 m s.m. sarà pari a circa 7 Mm³.

Poiché una parte della depressione naturale è caratterizzata da quote del terreno inferiori alla quota di coronamento, pari a 903 m s.m., e di massima regolazione, pari a 900 m s.m., è necessario prevedere la realizzazione di un argine di contenimento in materiali sciolti (argine sud). Lo sviluppo di tale opera di contenimento sarà pari a circa 75 m (in corrispondenza del coronamento posto a quota 903 m s.m. e avrà un'altezza massima di circa 9,0 m, considerata come differenza tra la quota del piano di coronamento (903 m s.m.) e la quota del punto più depresso dei paramenti (894,0 m s.m. in corrispondenza del paramento lato invaso).

L'invaso sarà alimentato, durante i periodi di minor richiesta di energia (ore notturne, sabato e domenica), esclusivamente mediante il pompaggio di una porzione della risorsa idrica presente nell'invaso di Campolattaro, attraverso le opere idrauliche oggetto del presente progetto (galleria di derivazione, centrale, condotta forzata). La risorsa accumulata nell'invaso di Monte Alto verrà restituita all'invaso di Campolattaro, attraverso le medesime opere, durante i periodi caratterizzati da una maggiore richiesta energetica (fase di turbinaggio della risorsa idrica accumulata).

Il contributo della risorsa idrica presente nell'invaso di Monte Alto derivante dal modesto bacino imbrifero diretto è da considerarsi nullo, in virtù del fatto che l'invaso sarà circondato da un canale di gronda, il quale raccoglierà le acque provenienti dal bacino imbrifero e le recapiterà nel Rio Secco, posto a valle dell'invaso di Monte Alto, in posizione nord-est. Ciò consentirà di non sottrarre, con il nuovo impianto, alcuna risorsa idrica naturale di tale bacino idrografico diretto.

2.3 CANALE DI GRONDA DELL'INVASO DI MONTE ALTO

2.3.1 Descrizione

Nel progetto si è previsto di realizzare lungo l'intero perimetro dell'invaso di Monte Alto un canale di gronda, il quale raccoglierà le acque meteoriche in occasione degli eventi intensi provenienti dal bacino imbrifero e le recapiterà nel Rio Secco, posto a valle dell'invaso di Monte Alto, in posizione nord-est.

Le funzioni che dovrà svolgere il canale di gronda sono:

- raccolta e convogliamento verso valle delle acque superficiali provenienti dal bacino idrografico afferente all'invaso di Monte Alto, in particolare:
 - o *in regime idrologico ordinario*: il canale raccoglierà i deflussi superficiali drenati dal bacino imbrifero e li convoglierà verso valle, nel Rio Secco; poiché il canale di gronda, realizzato in terra con fondo e sponde rivestite in massi, sarà permeabile, parte dei deflussi da esso raccolti potranno infiltrarsi nel sottosuolo senza distogliere risorse ai deflussi sotterranei;
 - o *in regime idrologico di piena*: il canale raccoglierà i deflussi superficiali di piena drenati dal bacino imbrifero e li convoglierà in minima parte verso valle, nel Rio Secco, mentre la porzione prevalente verrà recapitata nell'invaso di Monte Alto attraverso un manufatto di sfioro. Lo sfioro dell'onda di piena nell'invaso di Monte Alto è stata progettata al fine di limitare l'entità delle portate di piena da inviare nel Rio Secco. Pertanto, l'invaso di Monte Alto, durante le piene, svolgerà la funzione di opera di laminazione;
- raccolta e sedimentazione dei depositi terrosi provenienti dal bacino imbrifero, al fine di evitarne l'ingresso nell'invaso di Monte Alto e quindi preservandolo dal conseguente progressivo interrimento.

Il suddetto canale può essere distinto in *gronda Ovest* e *gronda Est*: il primo si sviluppa in posizione perimetrale all'invaso lungo il versante occidentale, drenando la quasi totalità del bacino imbrifero (circa 197 ha, pari al 94% dell'intero bacino sotteso dal canale di gronda), mentre il secondo segue il limite orientale dell'invaso, raccogliendo le acque di versante di un ridotto bacino (circa 13 ha, pari al 6% del totale).

Il canale di gronda Ovest è concepito a sezione trapezia con larghezza di fondo progressivamente crescente lungo il suo sviluppo partendo da 1,5 m fino a 2,50 m nel suo tratto terminale, sponde con pendenza variabile tra 1:1 (L:H), a monte, e 3:2, a valle, con

un'altezza massima compresa tra 1,5 m e 3,60 m. Le sponde ed il fondo del canale verranno realizzate, per la maggior parte dello sviluppo, in pietrame di media pezzatura in aderenza ad una tipologia di ingegneria naturalistica. Tale morfologia permeabile garantisce il diretto collegamento delle acque superficiali con la falde sotterranea nonché un idoneo inserimento ambientale con il paesaggio circostante caratterizzato da substrato roccioso di natura calcarea. Tale canale di gronda si sviluppa in direzione S-N per una lunghezza complessiva di 2.095 m circa, con pendenza di fondo pari al 2‰, e corre lungo il perimetro del bacino di Monte Alto a mezza costa fino a collegarsi con il sistema di recapito finale che termina nel Rio Secco.

Nel tratto terminale del canale di gronda Ovest è prevista la realizzazione di un manufatto di sfioro laterale (cfr. paragrafo 2.4), tale da limitare il deflusso verso valle (con recapito nel Rio Secco), scaricando una parte consistente delle portate di piena all'interno dell'invaso di Monte Alto.

A valle del manufatto sfioratore, il canale di gronda Ovest prosegue all'interno di un manufatto scatolare dim. int. 2,50 x 2,50 m – $i=2\%$ per una lunghezza di 100 m circa, al di sopra del quale è prevista la realizzazione della strada di servizio, e successivamente a cielo aperto all'interno di una sezione trapezia di lunghezza pari a circa 30 m – $i=2\%$, con fondo e sponde rivestite in massi ammorsati nel calcestruzzo fino a raggiungere il manufatto di confluenza.

Il canale di gronda Est si sviluppa in direzione S-N per una lunghezza complessiva di 845 m circa, con pendenza di fondo pari al 2‰, parallelamente al tracciato della strada di coronamento dell'invaso, posta a quota 903,00 m s.m.. Il canale è previsto in c.a. a sezione trapezia con larghezza di fondo di 1,0 m e sponde con inclinazione 1:1 (L:H) di altezza progressivamente crescente fino al valore massimo di 1,50 m. Anche in questo caso il canale corre lungo il perimetro del bacino di Monte Alto a mezza costa fino a collegarsi con il sistema di recapito finale che convoglia le acque nel Rio Secco.

Le portate provenienti dai due canali di gronda raggiungono un manufatto di confluenza, da cui poi vengono convogliate all'interno dell'alveo del Rio Secco mediante una tubazione interrata DN 2500 mm – $i=3\%$ realizzata, in parte, con tecnica del microtunnelling, necessario per superare il rilievo presente ed evitare fronti di scavo eccessivi.

2.3.2 Dimensionamento del canale di gronda

In base a quanto calcolato e descritto nella relazione idrologica (elaborato 483-01E-ET-RDA-030), le portate di piena provenienti dal bacino imbrifero direttamente afferente all'invaso di

Monte Alto (escludendo la superficie del bacino costituita dallo specchio liquido del lago in progetto) sono pari complessivamente a:

- 25,0 m³/s, per un tempo di ritorno di 200 anni;
- 47,5 m³/s, per un tempo di ritorno di 1000 anni.

Il bacino drenato dal canale di gronda ovest è pari a circa il 94% del totale, pertanto si può ritenere che le portate di piena complessivamente ad esso afferenti siano pari a circa 23,5 m³/s (T=200 anni) e 44,5 m³/s (T=1000 anni). Analogamente, poiché il bacino drenato dal canale di gronda est è pari a circa il 6% del totale, si può ritenere che le portate di piena complessivamente ad esso afferenti siano pari a circa 1,5 m³/s (T=200 anni) e 3,0 m³/s (T=1000 anni).

Le portate massime sopra riportate, essendo associate all'intera superficie del bacino, si verificano solo in corrispondenza del tratto terminale di ciascuno dei due rami del canale di gronda.

Il dimensionamento da monte a valle delle diverse sezioni dei canali di gronda è stato condotto considerando di avere in condizioni di piena millenaria un franco di sicurezza pari ad almeno 0,5 m.

Considerando il canale di gronda ovest ed imponendo i seguenti elementi geometrici caratteristici:

- pendenza del canale pari al 2‰;
- scabrezza del canale (in terra rivestito in massi) pari a k_s (Strickler) = 33 m^{1/3}/s;
- larghezza della sezione pari a 2.5 m e inclinazione delle sponde pari a 3:2 (b:h);

per il tratto terminale si ottengono, in condizioni di moto uniforme, i seguenti valori dei tiranti idrici:

- 2,3 m, per T = 200 anni;
- 3,1 m, per T = 1'000 anni.

In base a quanto sopra riportato, la massima altezza del canale di gronda è stata fissata pari a 3,6 m.

Considerando il canale di gronda est ed imponendo i seguenti elementi geometrici caratteristici:

- pendenza del canale pari al 2‰;
- scabrezza del canale (in cls) pari a k_s (Strickler) = 60 m^{1/3}/s;
- larghezza della sezione pari a 1 m e inclinazione delle sponde pari a 1:1 (b:h) lato vaso e pari a 1:2 lato versante;

per il tratto terminale si ottengono, in condizioni di moto uniforme, i seguenti valori dei tiranti idrici:

- 0,7 m, per $T = 200$ anni;
- 1,0 m, per $T = 1'000$ anni.

In base a quanto sopra riportato, la massima altezza del canale di gronda est è stata fissata pari a 1,5 m.

2.4 SFIORATORE LATERALE DEL CANALE DI GRONDA OVEST

In corrispondenza del tratto terminale del ramo ovest del canale di gronda, quello che drena la quasi totalità del bacino imbrifero afferente all'invaso di Monte Alto (94%), sarà realizzato un manufatto di sfioro che, in regime idrologico di piena, avrà il compito di recapitare nell'invaso di Monte Alto la porzione prevalente dell'idrogramma di piena, in modo da limitare l'entità delle portate che verranno inviate nel Rio Secco.

Lo sfioratore laterale previsto nel presente progetto è del tipo a stramazzo, costituito da una soglia fissa in c.a., con il ciglio posto alla quota di 902 m s.m., costituita da un'unica luce di lunghezza pari a 15 m. In corrispondenza dello sfioratore, il canale di gronda è caratterizzato da una quota di fondo pari a circa 901,0 m s.m., per cui l'altezza della soglia di sfioro è pari a 1 m.

Il profilo trasversale della soglia sfiorante è curvilinea, del tipo *Creager-Scimemi*.

A valle della soglia di sfioro è prevista una platea di raccordo con la sponda dell'invaso, posta a quota 900,0 m s.m..

Il canale di gronda ovest, a valle della soglia di sfioro prosegue, lambendo l'invaso, fino ad immettersi in un manufatto di confluenza, nel quale vengono recapitate anche le portate provenienti dal canale di gronda est e dallo sfioratore di superficie dell'invaso di Monte Alto. Dal suddetto manufatto di confluenza si diparte una tubazione di diametro pari a 2,5 m, che ha la funzione di recapitare nel Rio Secco le portate provenienti dallo sfioratore di superficie e dai canali di gronda.

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici relativi (483-01E-ET-DDB-106).

Il dimensionamento dello sfioratore laterale del canale di gronda ovest è stato condotto in modo tale che, con riferimento ad un evento di piena caratterizzato da un tempo di ritorno di 200 anni, la portata complessiva immessa dall'intero sistema dei canali di gronda (ovest+est) nel Rio Secco sia al massimo pari a $5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Considerando che la portata di piena duecentennale proveniente dal canale di gronda est,

privo di manufatti di sfioro nell'invaso di Monte Alto, è pari a circa $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (assunto pari al 6% della portata di piena duecentennale pari a $25 \text{ m}^3/\text{s}$), si ha che la portata di piena del canale di gronda ovest a valle dello sfioratore laterale deve essere al massimo pari a $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per il dettaglio del dimensionamento idraulico si rimanda alla Relazione Idraulica (elaborato 483-01E-ET-RDA-040) allegata al progetto.

Nella Figura 5 sono riportati alcuni dettagli del manufatto di sfioro del canale di gronda ovest.

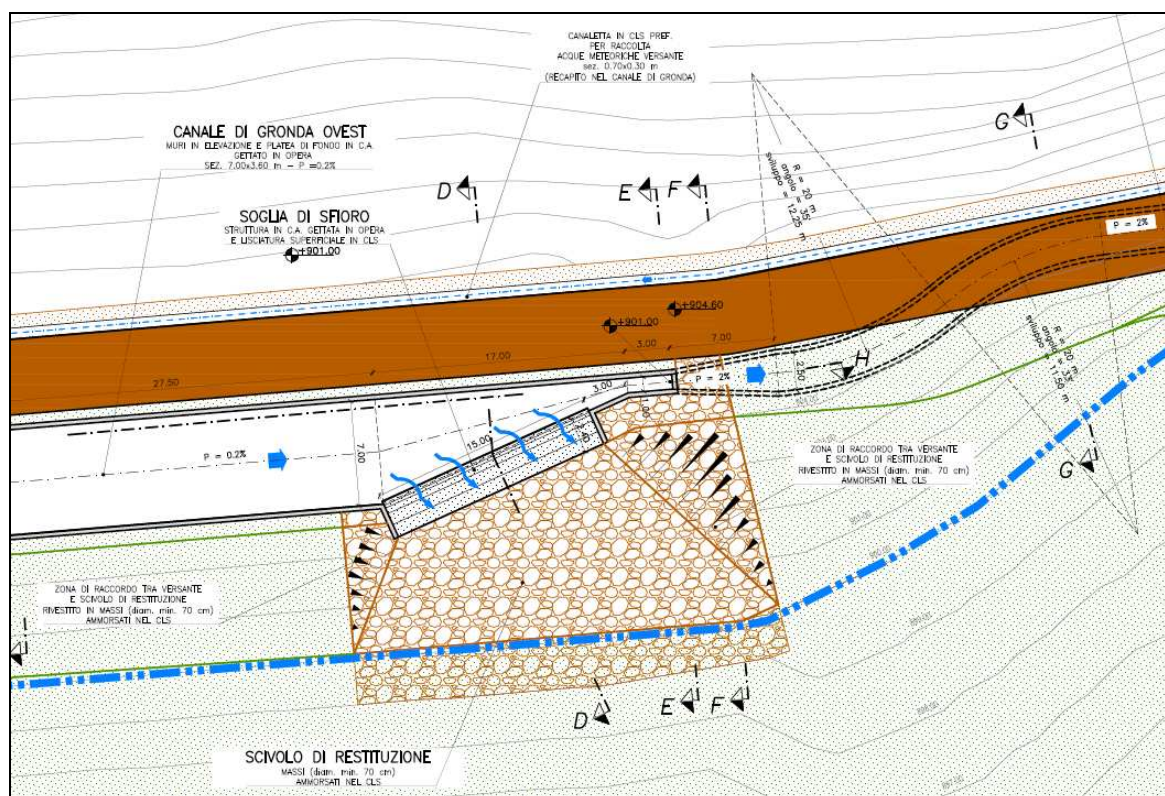


Figura 5 – Planimetria manufatto di sfioro del canale di gronda ovest nell'invaso di Monte Alto

Analoghe valutazioni sono state condotte con riferimento ad un evento di piena caratterizzato da un tempo di ritorno pari a 1000 anni: nel caso di evento di piena millenario la somma delle portate nelle sezioni terminali dei due rami del sistema di gronda (ovest+est) risulta pari a $5,1 + 3,0$ (pari al 6% di $47,5 \text{ m}^3/\text{s}$) = $8,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nella Figura 6 si riportano le curve relative ai valori della portata sfiorata e della portata che prosegue nel canale di gronda ovest, in funzione della portata proveniente da monte, mentre nella Figura 7 e nella Figura 8 sono riportati gli idrogrammi di piena (rispettivamente per $T=200$ anni e $T=1000$ anni).

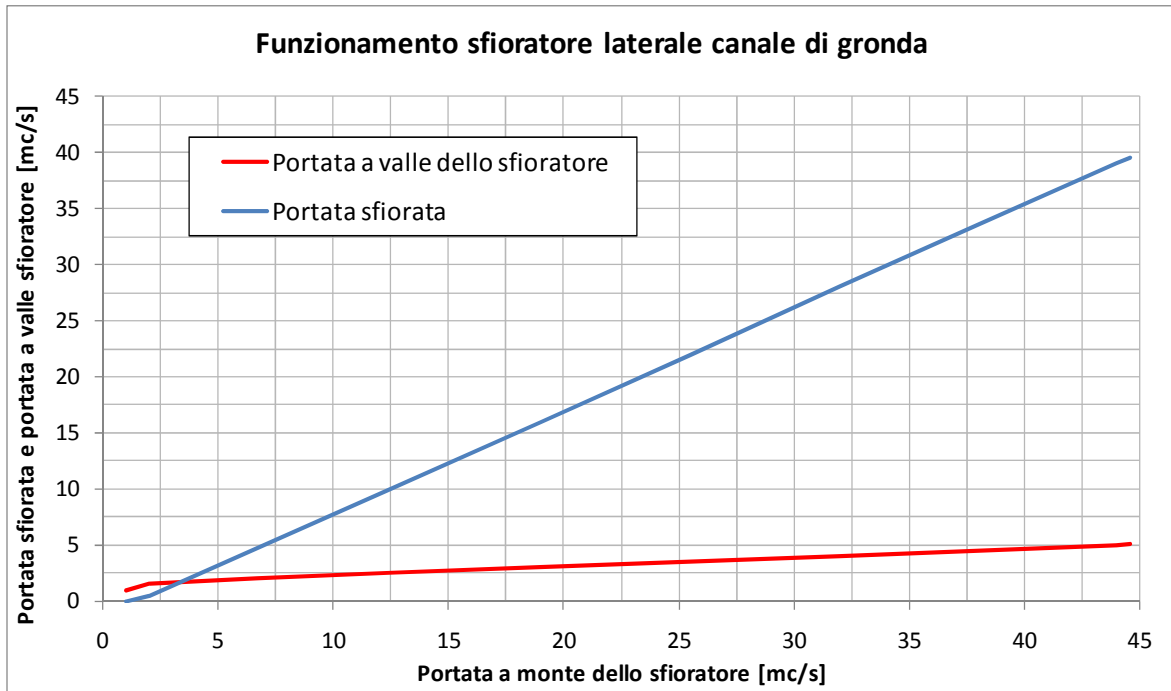


Figura 6 – Funzionamento dello sfioratore laterale del canale di gronda

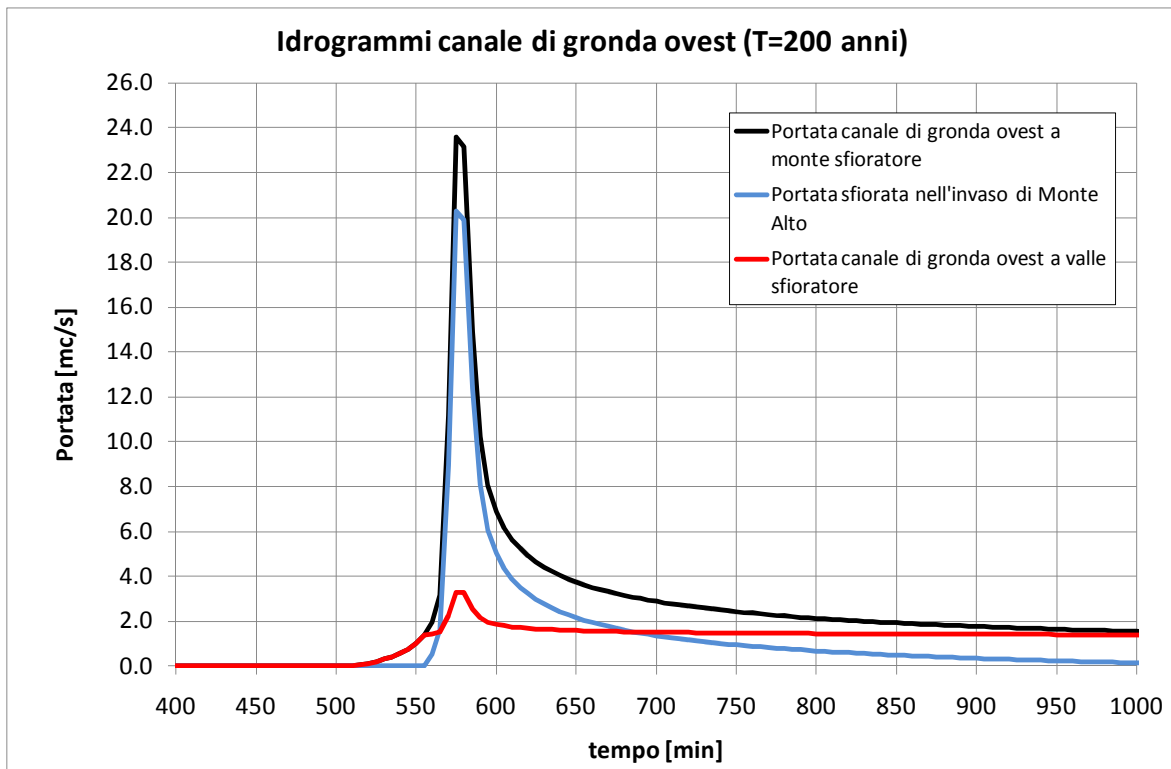


Figura 7 – Idrogrammi di piena del canale di gronda ovest per T=200 anni

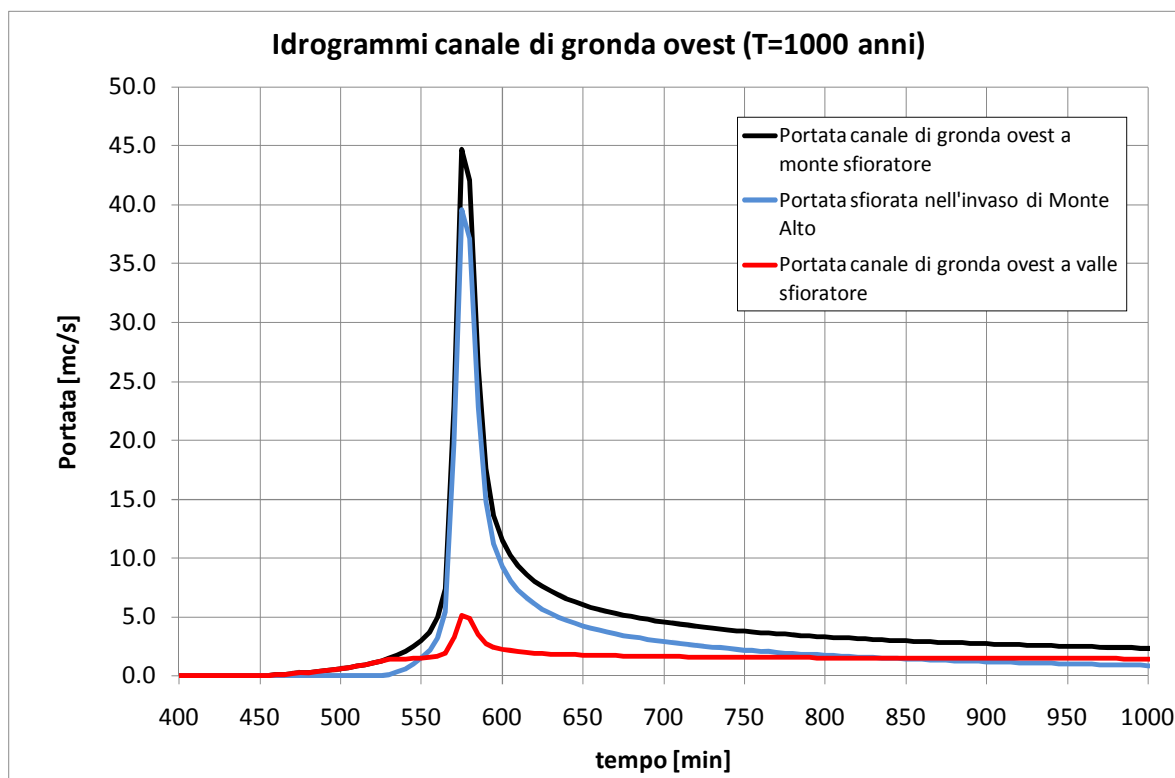


Figura 8 – Idrogrammi di piena del canale di gronda ovest per T=1000 anni

2.5 MANUFATTO DI CONFLUENZA DEI CANALI DI GRONDA E CONDOTTA DI SCARICO NEL RIO SECCO

I due rami del sistema di gronda dell'invaso di Monte Alto, ovest ed est, confluiscono in un unico manufatto, riportato in pianta nella Figura 9, posto a nord-est dell'invaso stesso.

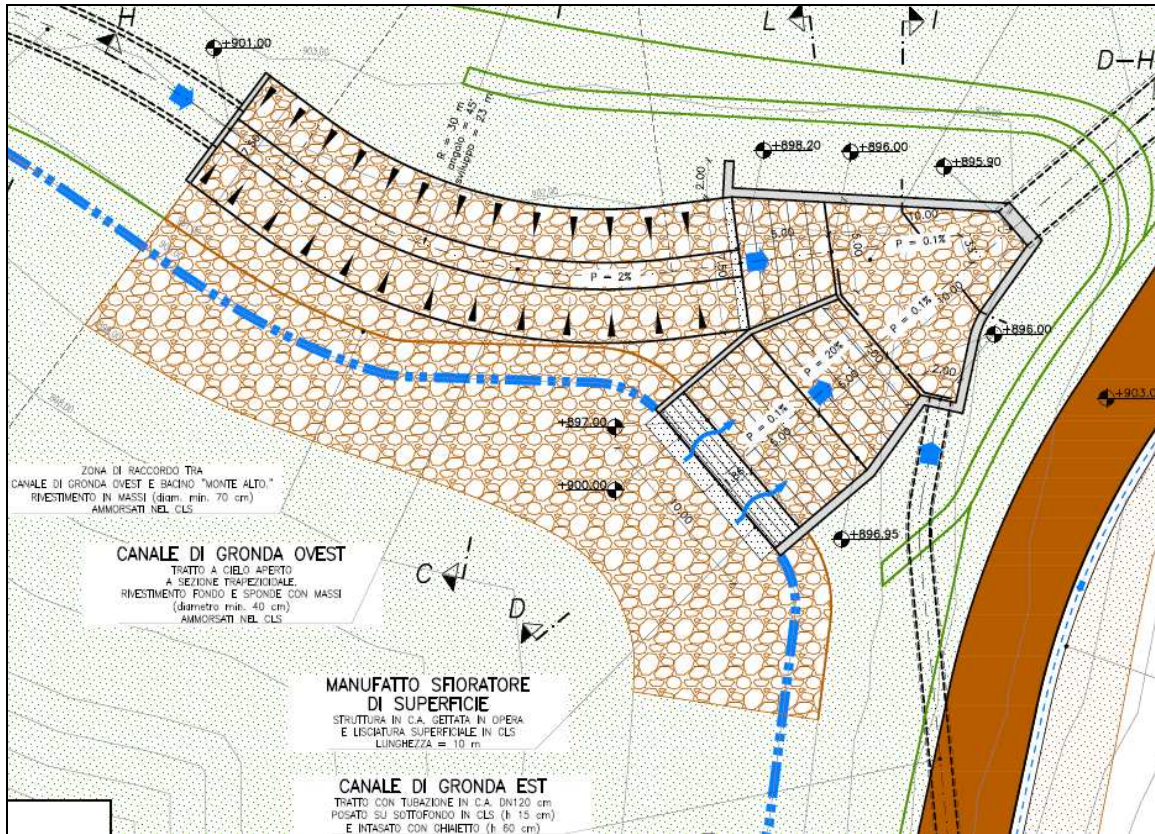


Figura 9 – Planimetria manufatto di confluenza dei canali di gronda

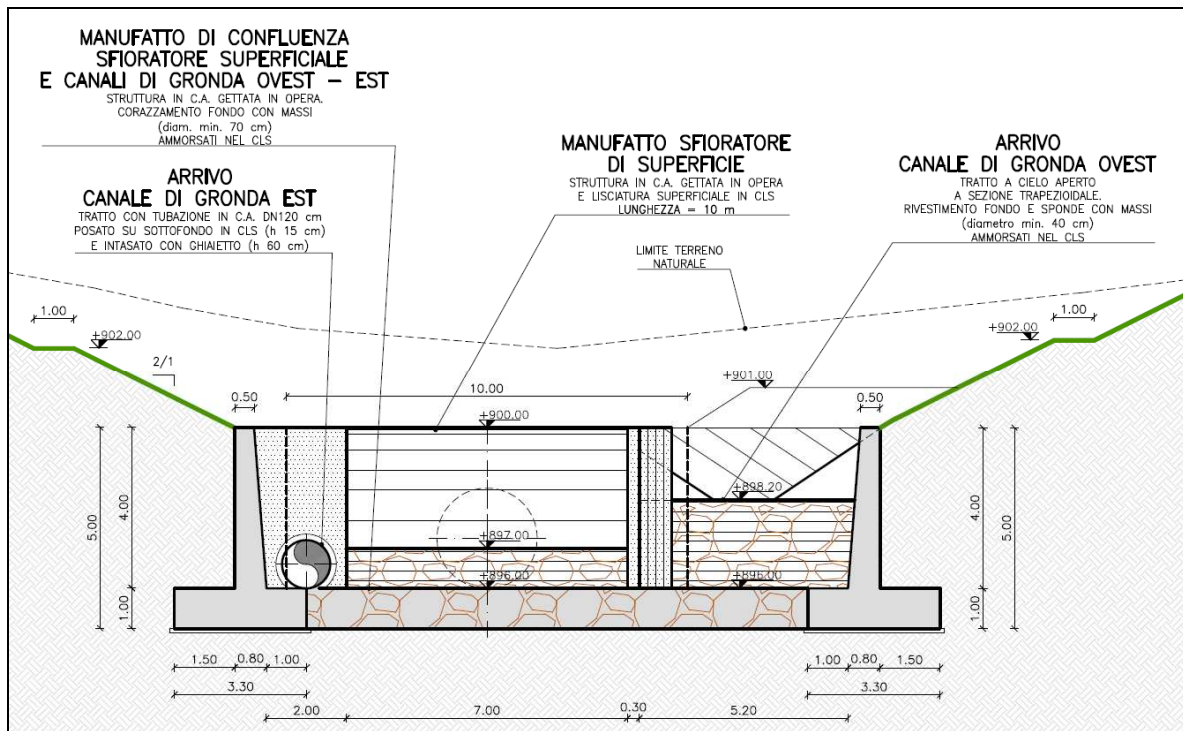


Figura 10 – Sezione manufatto di confluenza dei canali di gronda

L'immissione del canale di gronda ovest avviene attraverso uno scivolo che collega il canale a cielo aperto a sezione trapezia ($b=1,5$ m, $h=2,0$ m, inclinazione sponde $3/2$ e $i=2\%$) in massi ammorsati nel calcestruzzo, avente una quota di fondo di 898,20 m s.m., con la platea del manufatto di confluenza, posta a quota 896,0 m s.m..

Il canale di gronda est, invece, si immette direttamente sul fondo del manufatto di confluenza mediante un tratto di tubazione in c.a. DN 1200 mm, che passa al di sotto della strada di servizio.

Nel presente manufatto confluisce anche lo scarico dello sfioratore di superficie dell'invaso di Monte Alto (v. successivo paragrafo 2.6.1). Nelle seguenti Figura 11 e Figura 12 sono riportati gli idrogrammi in ingresso a tale manufatto per $T=200$ anni e per $T=1000$ anni.

È bene specificare che la somma tra gli idrogrammi provenienti dai due rami del canale di gronda (ovest+est) con l'idrogramma scaricato dallo sfioratore di superficie si potrà verificare solo se l'evento di piena si avrà in condizioni di invaso pieno (livello idrico invaso pari 900,00 m s.m.). Poiché l'invaso di Monte Alto sarà caratterizzato da una gestione settimanale (in Figura 13 è riportato un grafico esemplificativo della gestione dell'invaso), tale livello si verificherà generalmente solo per un giorno alla settimana (tra domenica mattina e lunedì mattina) e quindi la probabilità che l'evento di piena con $T=200$ o $T=1000$ anni si verifichi proprio in quel periodo è ancora più bassa rispetto alla probabilità degli eventi di piena di riferimento.

Pertanto, è corretto e ragionevole ritenere che la portata di piena che dal manufatto di confluenza viene scaricata nel Rio Secco sia pari a circa $5 \text{ m}^3/\text{s}$ per $T=200$ anni e pari a circa $8 \text{ m}^3/\text{s}$ per $T=1000$ anni.

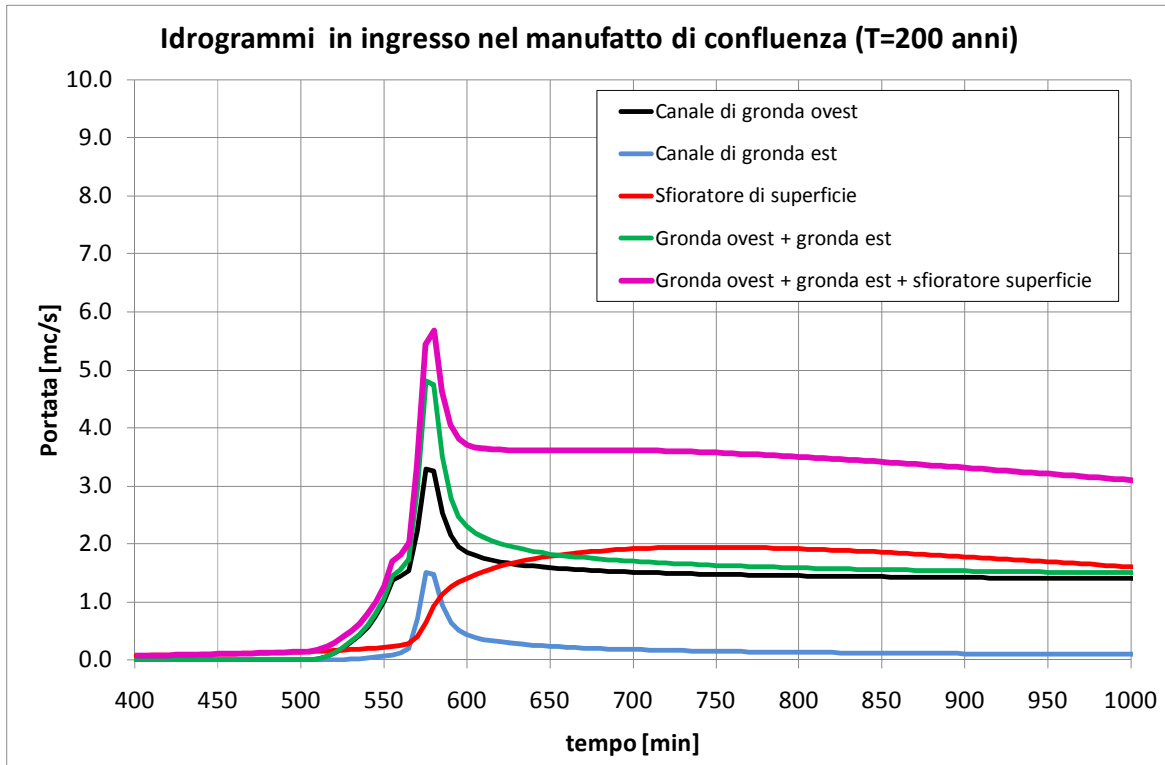


Figura 11 – Idrogrammi in ingresso nel manufatto di confluenza per T=200 anni

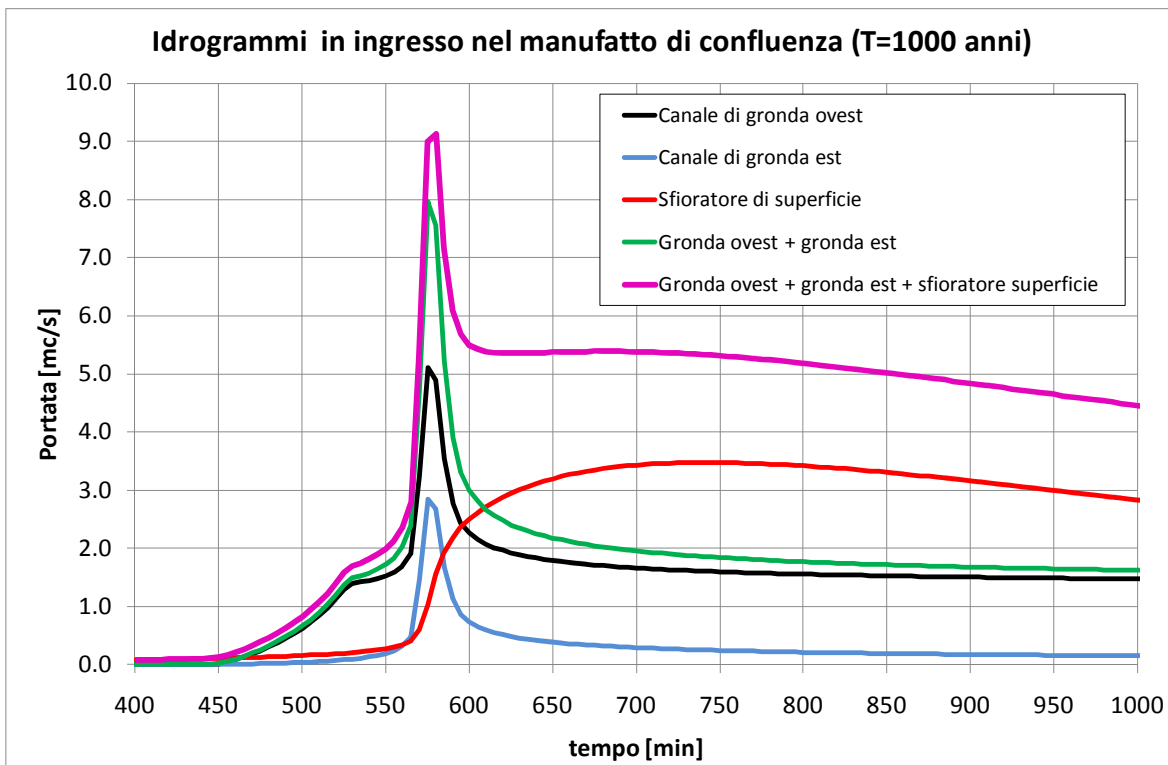


Figura 12 – Idrogrammi in ingresso nel manufatto di confluenza per T=1000 anni

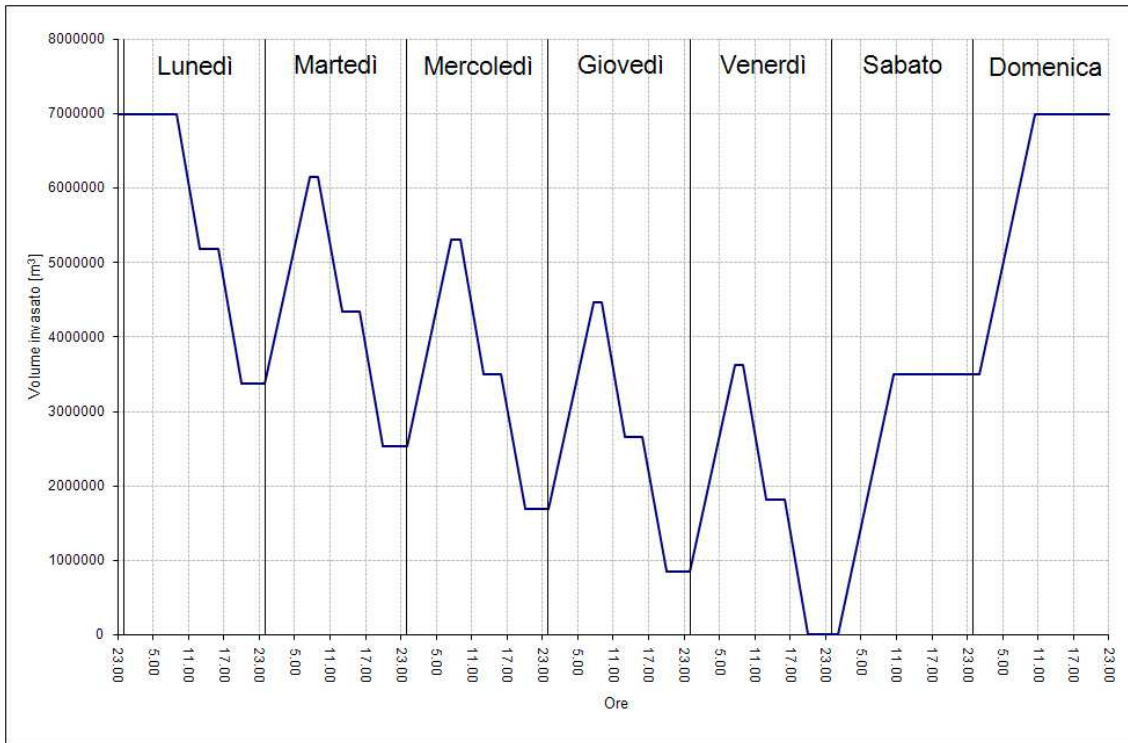


Figura 13 – Grafico esemplificativo della gestione settimanale del volume di invaso di Monte Alto

Le portate convogliate nel manufatto di confluenza verranno poi immesse all'interno dell'alveo del Rio Secco mediante una tubazione interrata in c.a. DN 2500 mm, in parte realizzata con la tecnica del microtunnelling per superare il promontorio presente ed evitare fronti di scavo eccessivi.

La tubazione di scarico nel Rio Secco avrà una quota di fondo pari a 895,9 m s.m. nella sezione di monte, mentre nella sezione di valle, dove si avrà l'immissione nel Rio Secco, sarà pari a circa 885 m s.m.. La lunghezza della tubazione sarà pari a circa 290 m, per cui la pendenza media sarà pari a circa 3,7%. Il primo tratto in microtunnelling, sarà caratterizzato da una pendenza pari a circa il 3‰.

Considerando un coefficiente di scabrezza di Strickler pari a $70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, si ha che nel primo tratto la suddetta portata di piena con $T=200$ anni, pari a circa $5 \text{ m}^3/\text{s}$ (gronda ovest + gronda est) potrà transitare con un tirante pari a circa 1,05 m (in condizioni di moto uniforme).

Tale condotta è in grado di convogliare anche la portata di piena millenaria massima di $9 \text{ m}^3/\text{s}$ (gronda ovest + gronda est + sfioratore di superficie), con un tirante di 1,5 m (in condizioni di moto uniforme).

Anche in questo caso le dimensioni dell'opera sono superiori rispetto alle necessità idrauliche, in quanto si è tenuto in conto della necessità di garantire l'accessibilità ai manufatti per le

operazioni di manutenzione e pulizia.

In corrispondenza dello sbocco della condotta nell'alveo naturale del Rio Secco è prevista la realizzazione di un manufatto di dissipazione dell'energia della corrente idrica scaricata, al fine di regolarizzare il deflusso entro velocità compatibili con la morfologia del Rio Secco: quest'ultimo sarà localmente protetto mediante corazzamento del fondo e delle sponde con pietrame calcareo, onde prevenire ed evitare inaccettabili scalzamenti ed erosioni.

Per maggiori dettagli tecnici relativi a tali opere idrauliche si rimanda alle tavole 483-01E-ET-DDF-143 e 483-01E-ET-DDF-144.

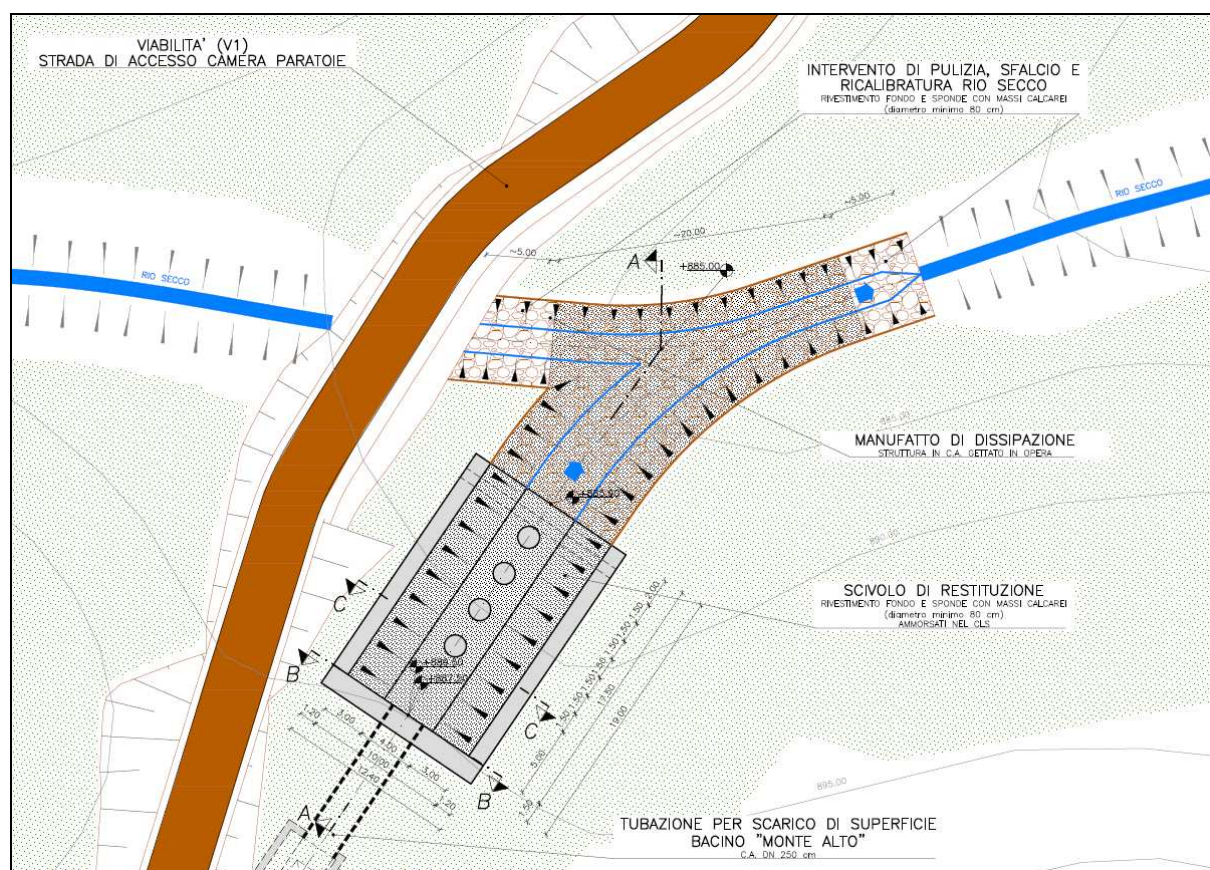


Figura 14 – Planimetria manufatto di scarico nel Rio Secco

2.6 ORGANI DI SCARICO DELL'INVASO DI MONTE ALTO

L'invaso di Monte Alto, come ogni invaso artificiale, è provvisto di opere di scarico, indipendenti dalle opere che consentono il normale funzionamento dell'impianto (opera di presa, condotte forzate, ecc.), tali da garantirne la sicurezza di funzionamento. Le funzioni di queste opere di scarico sono due: smaltire le portate in ingresso da monte che eccedano quelle invasabili e svuotare l'invaso in tempi relativamente rapidi, compatibilmente con la capacità

ricettiva del sistema di valle. La prima funzione viene svolta dallo sfioratore di superficie, mentre la seconda dallo scarico di fondo.

2.6.1 Sfiatore di superficie

Lo sfioratore di superficie ha la funzione di evitare che il livello idrico all'interno dell'invaso superi i massimi valori previsti. In particolare, esso consente lo scarico a valle delle portate di piena che si generano nel bacino idrografico a monte dell'invaso e che vengono in parte convogliate dal canale di gronda nell'invaso attraverso un manufatto di sfioro di troppo pieno, come riportato nel precedente paragrafo 2.5. Ovviamente lo sfioratore di superficie entra in funzione quando si verifica un evento di piena e l'invaso è in condizioni di completo riempimento, ossia il livello idrico dell'invaso è pari a 900,00 m s.m..

Siccome l'invaso in oggetto è in parte ottenuto attraverso la realizzazione di un'opera di contenimento in materiali sciolti, la normativa prescrive che attraverso lo scarico di superficie deve essere evacuata l'intera portata di piena (con tempo di ritorno pari a 1000 anni).

Inoltre, la normativa prescrive che lo sfioratore di superficie, nel caso in cui l'opera di contenimento sia in materiali sciolti, come quella del presente progetto, deve essere separato dall'opera di contenimento stessa.

Lo sfioratore di superficie previsto nel presente progetto è del tipo a stramazzo, costituito da una soglia fissa in c.a., con il ciglio posto alla quota di massima regolazione pari a 900,00 m s.m., costituita da un'unica luce di lunghezza pari a 10 m. Il profilo trasversale dello sfioratore di superficie è curvilineo; in particolare, il profilo adottato nel presente progetto è quello detto *Creager-Scimemi*, il quale ha la particolarità di evitare il verificarsi di pressioni relative negative al di sotto della vena effluente e quindi il pericolo di fenomeni di attacco e stacco sul paramento in c.a..

A monte della soglia sfiorante è prevista una zona di raccordo con la sponda dell'invaso, realizzata in massi intasati con calcestruzzo.

A valle del profilo *Creager-Scimemi* è prevista una platea di lunghezza 5 m e larghezza 10 m, posta a quota 897,0 m s.m., a valle della quale è previsto uno scivolo di 5 m di sviluppo, con pendenza pari al 20% e larghezza decrescente da 10 a 7 m, che si raccorda con un manufatto di confluenza, nel quale si immettono anche i tratti terminali dei due rami del canale di gronda (ramo ovest, ramo est).

Lo sfioratore è una struttura in c.a. gettata in opera e lisciata superficialmente, mentre sia la platea che lo scivolo sono in massi ammorsati nel calcestruzzo.

Dal manufatto di confluenza si diparte una tubazione di diametro pari a 2,5 m, che ha la funzione di recapitare nel Rio Secco le portate provenienti dallo sfioratore di superficie e dai canali di gronda, come meglio riportato nel precedente paragrafo 2.5.

Nella Figura 15 e nella Figura 16 sono riportati alcuni dettagli dello sfioratore di superficie. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici (483-01E-ET-DDB-104 e 483-01E-ET-DDB-105).

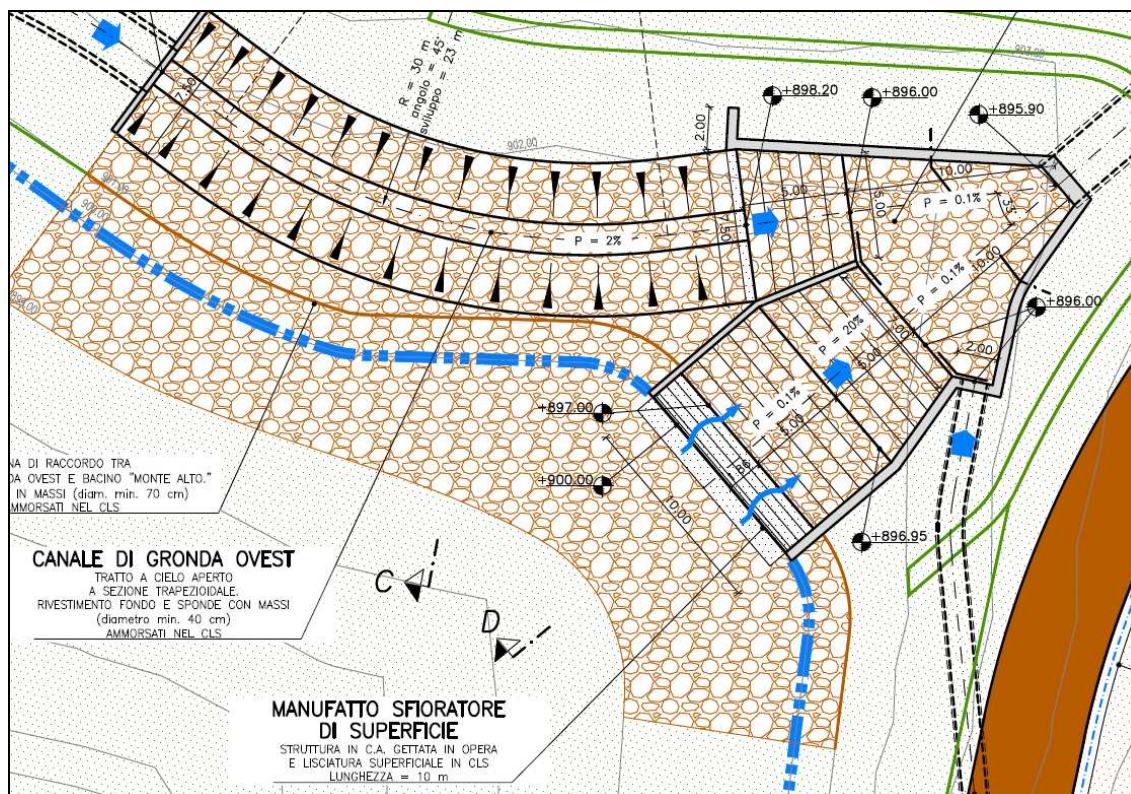


Figura 15 – Planimetria sfioratore di superficie dell’invaso di Monte Alto

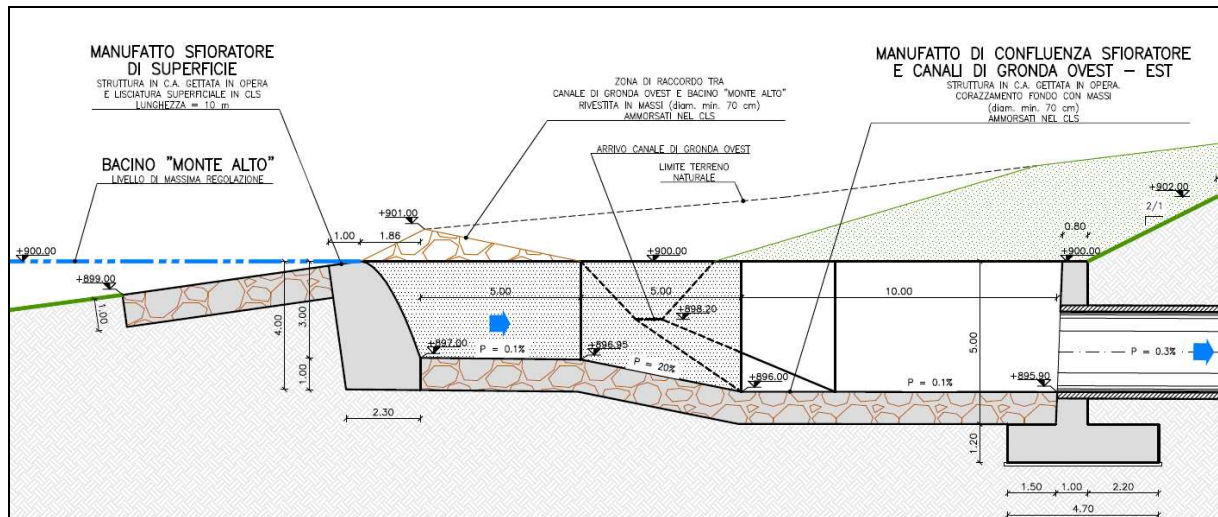


Figura 16 – Profilo longitudinale sfioratore di superficie dell'invaso di Monte Alto

2.7 SCARICO DI FONDO

Al fine di garantire la completa sicurezza idraulica dell'impianto, nonché la versatilità gestionale in occasione di interventi ordinari e straordinari di manutenzione sulle opere costituenti l'impianto in oggetto, è prevista la realizzazione di uno scarico di fondo del bacino di accumulo di Monte Alto.

Tale scarico permette di svuotare parzialmente o totalmente il bacino di Monte Alto, con recapito delle acque all'interno dell'alveo del Rio Secco.

Tale opera è costituita da una galleria di diametro utile ϕ 4,0 m, lunghezza complessiva di 1'500 m e pendenza di fondo pari all'8,0 % circa; l'imbocco è previsto sul fondo dell'invaso di Monte Alto alla quota di 863,0 m s.m., a lato dell'opera di presa. Nella Figura 17 si riporta lo schema planimetrico dello scarico di fondo. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici (483-01E-ET-DDC-130, 483-01E-ET-DDC-131 e 483-01E-ET-DDF-140).

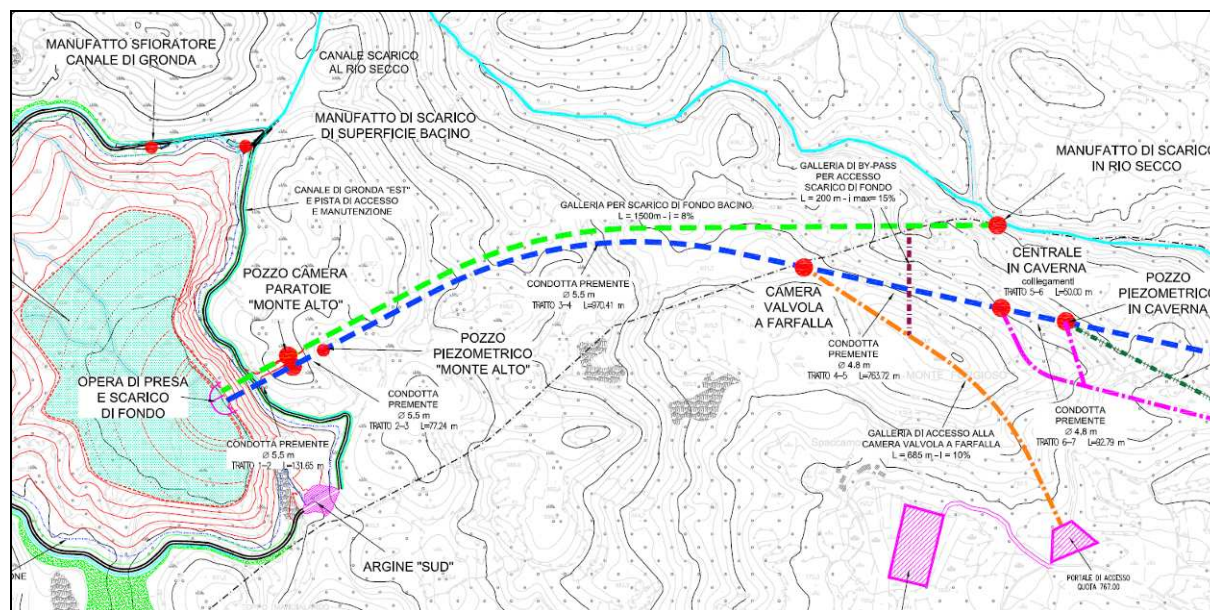


Figura 17 – Schema planimetrico dello scarico di fondo dell'invaso di Monte Alto (linea verde)

Il dimensionamento idraulico dello scarico di fondo consiste essenzialmente nel determinare l'apertura della paratoia di regolazione (dim. utili 2,5 x 2,0 m) attraverso la quale consentire il completo svuotamento dell'invaso in un determinato intervallo di tempo, con un valore di portata massima allo scarico compatibile con il sistema ricettore di valle (Rio Secco).

In particolare, per il dimensionamento dello scarico di fondo si è considerato di poter scaricare nel Rio Secco una portata massima pari a circa 10 m³/s. L'immissione della portata nel Rio Secco avviene ai piedi del Monte Forgioso, a quota pari a circa 750 m s.m., ad una distanza di circa 1'800 m dalla sorgente del Rio Secco, dove il bacino idrografico ha un'estensione pari a circa 1,5 kmq e la portata di piena centennale è pari a circa 12 m³/s (18 m³/s per T=200 anni).

Nella Figura 18 sono riportati i valori della portata scaricata, dei livelli idrici ed il volume presente nell'invaso e al variare del tempo, avendo imposto un'apertura della paratoia pari a 0,24 m.

La portata massima di scarico è inferiore al suddetto limite di 10 m³/s che tende gradualmente a decrescere al diminuire del livello di invaso, mentre il tempo necessario per completare lo svuotamento dell'intero invaso è pari a circa 260 ore, poco meno di 11 giorni.

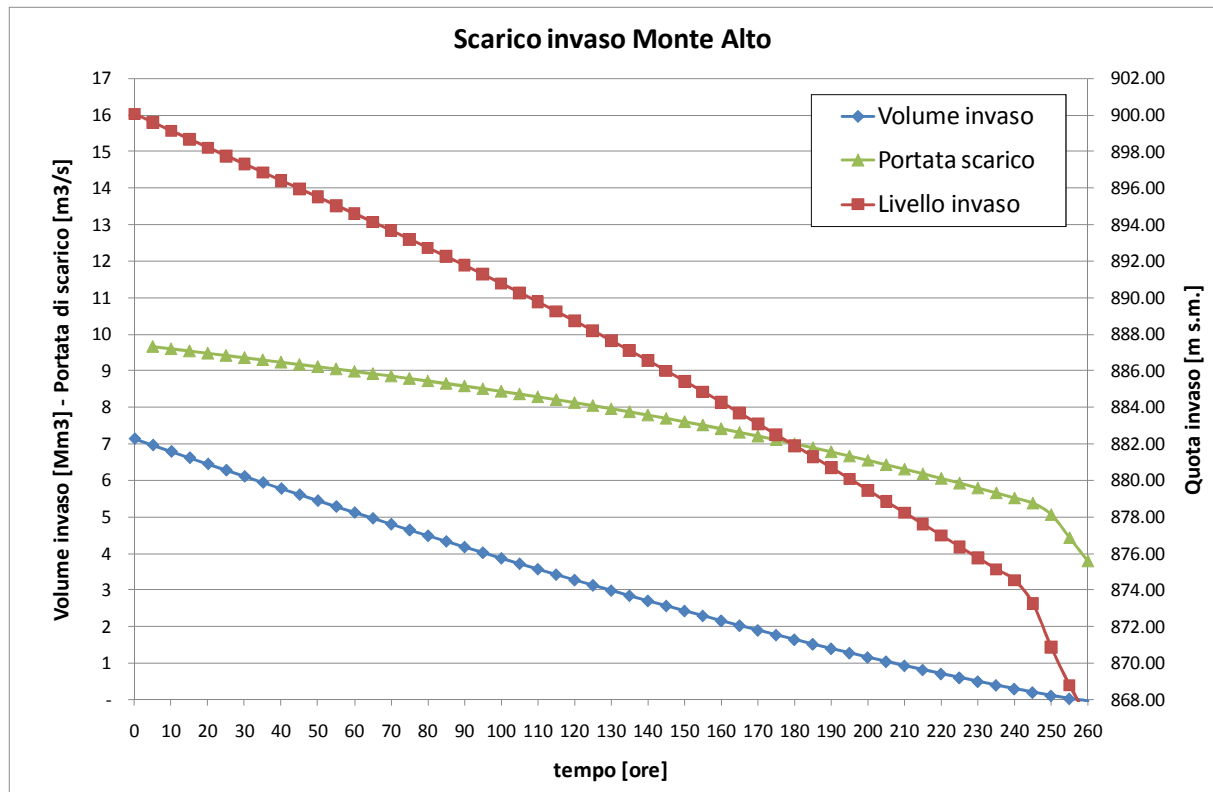


Figura 18 – Risultati svuotamento invaso di Monte Alto

In corrispondenza dello sbocco della galleria di scarico di fondo nell'alveo naturale del Rio Secco è prevista la realizzazione di un manufatto di dissipazione dell'energia posseduta dalla corrente idrica scaricata (Figura 19), al fine di regolarizzare il deflusso entro velocità compatibili con la morfologia del Rio Secco. Quest'ultimo sarà localmente protetto mediante corazzamento del fondo e delle sponde con pietrame calcareo, onde prevenire ed evitare inaccettabili scalzamenti ed erosioni.

Si ricorda che i risultati ottenuti sono relativi al caso, più sfavorevole e assolutamente straordinario, in cui si verifici la necessità di svuotare l'intero invaso in condizioni di massima regolazione (900,00 m s.m., che si verifica generalmente solo per un giorno alla settimana) senza poter utilizzare le condotte dell'impianto, le quali in fase di turbinaggio sono in grado di prelevare dall'invaso una portata nominale e costante pari a 126 m³/s, che consente di svuotare l'intero invaso in circa 15 ore. Normalmente quindi lo svuotamento dell'invaso di Monte Alto potrà avvenire assai rapidamente attraverso la galleria in pressione dell'impianto idroelettrico.

È comunque opportuno osservare come l'operazione di scarico delle portate immesse all'interno del Rio Secco attraverso la galleria di scarico di fondo del bacino di Monte Alto

risulta essere una manovra di gestione dell'impianto, che non necessariamente deve avvenire in concomitanza di un evento di piena del Rio Secco stesso. In particolare, come riportato nella Relazione idraulica, tale condizione identifica una operazione sfavorevole e assolutamente straordinaria necessaria solo nel momento in cui si rende indispensabile svuotare l'intero invaso in condizioni di massima regolazione (900,00 m s.m., che si verifica generalmente solo per un giorno alla settimana) senza poter utilizzare le condotte dell'impianto. Normalmente, quindi, lo svuotamento dell'invaso di Monte Alto potrà avvenire assai rapidamente attraverso la galleria in pressione dell'impianto idroelettrico. Compatibilmente alle condizioni di deflusso del Rio Secco, l'eventuale operazione di scarico di volumi idrici presenti nel bacino di Monte Alto verrà comunque effettuata solo quanto non sono in atto eventi di piena nel Rio Secco, e comunque con valori di portata eventualmente ridotti rispetto a quelli ipotizzati (~10 m³/s), incrementando conseguentemente il tempo di svuotamento programmato dell'invaso.

Trattandosi di operazione di gestione straordinaria dell'impianto (come già riportato, lo svuotamento del bacino superiore è previsto tramite la galleria in pressione dell'impianto), nel caso in cui comunque questa eccezionale attività gestionale dovesse coincidere con eventi di piena nel Rio Secco, l'operazione di svuotamento del bacino superiore dovrà essere necessariamente interrotta, fin tanto che l'evento di piena del Rio Secco sia concluso e si sia ristabilito il regime idrologico ordinario.

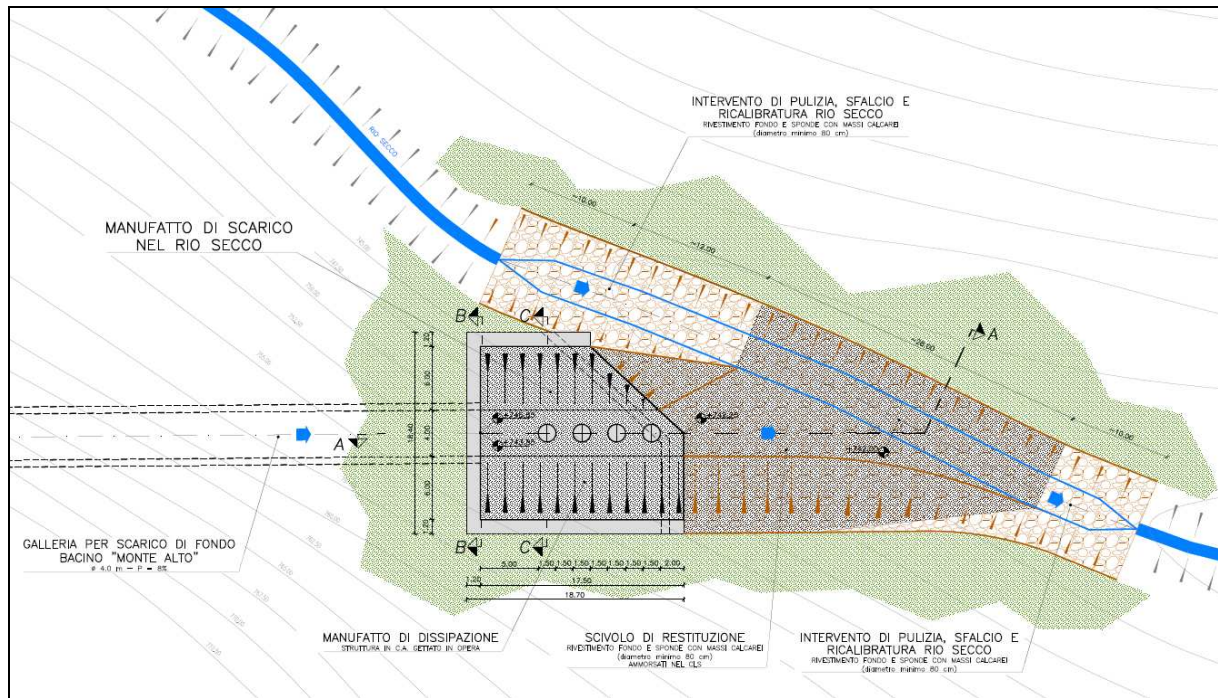


Figura 19 – Planimetria manufatto di scarico nel Rio Secco

3. VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

3.1 INTRODUZIONE

Nel presente capitolo viene presentato il calcolo relativo alla stima delle portate di piena attualmente afferenti al Rio Secco, associate a prefissato tempo di ritorno, in corrispondenza di diverse sezioni di riferimento lungo il suo sviluppo fino alla confluenza nel T. Lente. Tali valutazioni sono state condotte in quanto il Rio Secco costituirà il ricettore finale delle portate provenienti dal bacino di Monte Alto attraverso le seguenti opere: canale di gronda, sfioratore di superficie e scarico di fondo.

In particolare i suddetti valori di portata verranno utilizzati come dato di riferimento per la valutazione degli effetti che le portate scaricate dall'impianto in progetto potranno avere sul regime idrico del Rio Secco.

3.2 CARATTERISTICHE FISICHE DEL BACINO

Il Rio Secco, affluente del torrente Lente, nasce dalle pendici dell'altura denominata Toppo Luisi (circa 1'000 m s.m.) e scorre in una valle incisa, in direzione est/sud-est, prima di giungere in prossimità della località Ciarli del Comune di Pontelandolfo, dove assume una direzione prevalente verso sud. In tale sezione la quota è pari a circa 520 m s.m.. Tale tratto di corso d'acqua ha uno sviluppo di circa 5 km e la pendenza media è pari a circa il 10% (valori massimi pari a oltre 25% e valori minimi dell'ordine del 5%). Il bacino idrografico relativo al tratto a monte dei centri abitati (loc. Ciarli) è pari a circa 3,7 km².

A valle della località Ciarli il Rio Secco prosegue in direzione sud fino ad immettersi nel torrente Lente a valle di Pontelandolfo. Il tratto compreso tra la località Ciarli e la confluenza con il torrente Lente ha uno sviluppo di circa 4 km, con una pendenza media pari al 4% (quota in corrispondenza della confluenza pari a circa 350 m s.m.). Il bacino idrografico complessivo del Rio Secco a confluenza con il torrente Lente è pari a circa 14,5 km².

Il tratto di monte che si sviluppa prevalentemente in direzione W-E, risulta essere caratterizzato da un alveo inciso in corrispondenza del fondo valle con versanti scoscesi sia in destra che in sinistra attraversando aree extraurbane; il tratto di valle che si sviluppa invece in direzione N-S, attraversa aree extraurbane a prevalente destinazione agricola e risulta essere caratterizzato da un alveo di magra a margine del quale sono presenti aree più o meno pianeggianti.

Lungo il suo complessivo sviluppo sono presenti sia briglie e soglie, nel tratto di monte, sia n. 7 attraversamenti stradali (ponti) nei tratti di valle.

Per la caratterizzazione geomorfologica e geologica del bacino e del tratto di alveo interessato dalle opere si rimanda alla Relazione Geologica allegata al progetto.

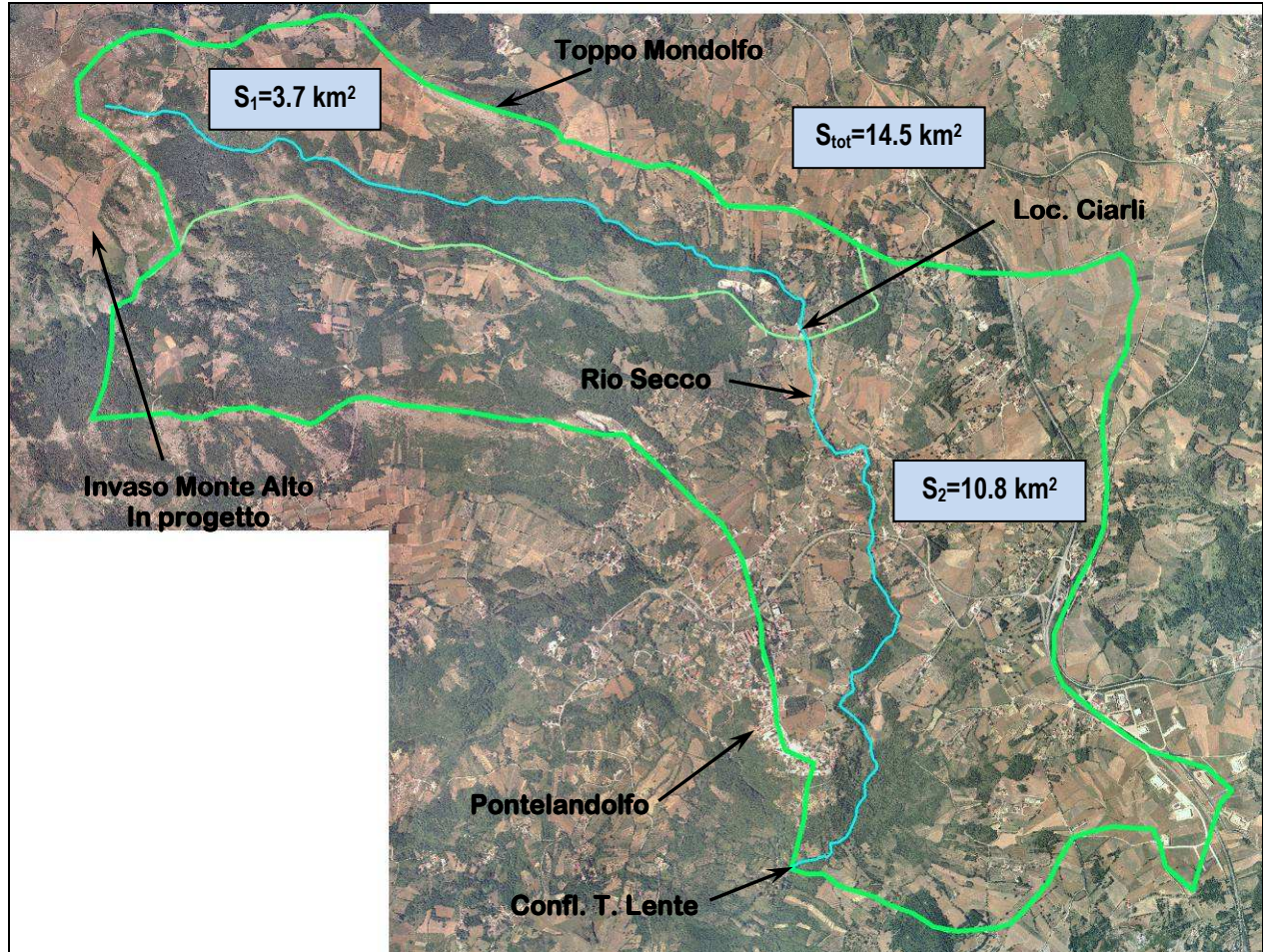


Figura 20 – Planimetria bacino Rio Secco

3.3 CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE DEL BACINO

I dati utili alla caratterizzazione della pluviometria relativa al bacino idrografico afferente al Rio Secco sono stati reperiti, con specifico riferimento alla stazione pluviometrica di Morcone, dagli Annali Idrologici del Compartimento di Napoli per il periodo 1921÷1994, e dalla Regione Campania – Assessorato all’Agricoltura e alle attività produttive, sezione di Agrometeorologia per gli anni compresi tra il 2003 e il 2009.

Detta località (Morcone) si trova ad una distanza di circa 3,5 km dall’alveo del Rio Secco e costituisce la stazione di misura, tra quelle disponibili, più vicina in termini geografici e più simile come quota alla zona di studio. Si specifica che nel periodo 1921÷1994 il pluviometro

era ubicato ad un'altitudine di 640 m s.m., mentre per le successive misurazioni del periodo 2003÷2009 il pluviometro è stato ricollocato a quota 550 m s.m..

Nei grafici seguenti si riportano i valori delle precipitazioni annue registrate, da cui è possibile ricavare che il totale medio annuo è pari a circa 1'240 mm (1'270 mm nel periodo 1921÷1994 e 990 mm nel periodo 2004÷2009) e i valori delle precipitazioni medie mensili.

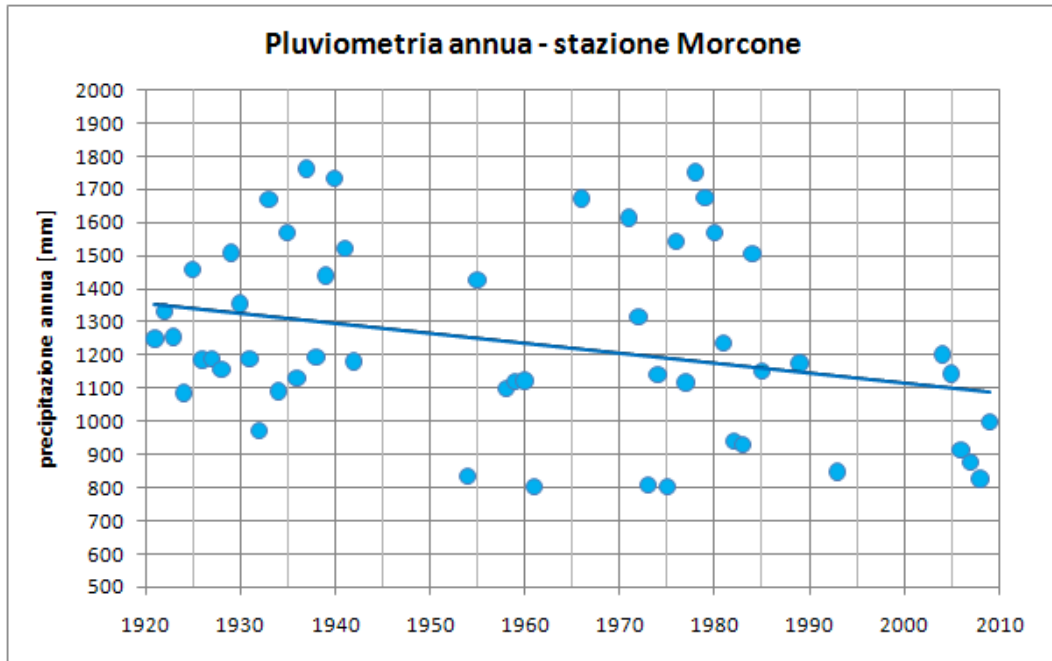


Figura 21 - Precipitazioni annuali misurate presso il pluviometro di Morcone

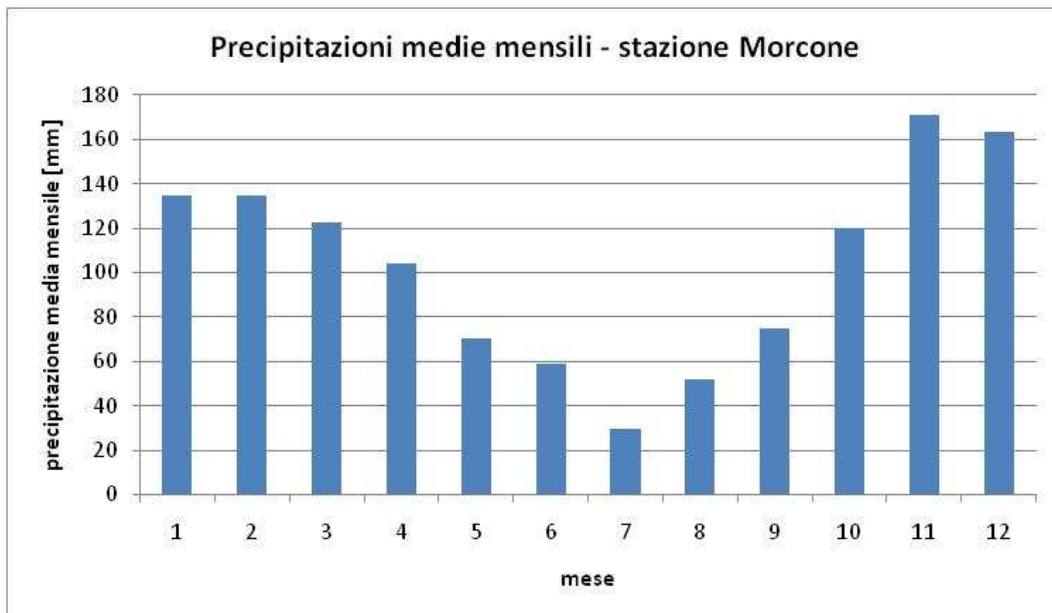


Figura 22 - Precipitazioni medie mensili misurate presso il pluviometro di Morcone (1921÷1994 e 2004÷2009)

3.4 VALUTAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DEL BACINO DEL RIO SECCO

Per la stima delle portate di piena afferenti al bacino del Rio secco, e del T. Lente in corrispondenza della confluenza con il suddetto Rio, sono stati inizialmente valutati due differenti approcci, di cui il primo basato sui risultati del Rapporto VAPI relativo alla Regione Campania, redatto a cura del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (Valutazione delle piene in Campania – F. Rossi e P. Villani, 1994), mentre il secondo si è basato sulle curve di possibilità pluviometrica relative alla stazione pluviometrica di Morcone. Il progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia, sviluppato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, ha come obiettivo la predisposizione di una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali.

All'interno del Rapporto si è presa in considerazione la sezione riguardante la valutazione delle piogge brevi di forte intensità.

Nell'ambito del Progetto VAPI sono state individuate aree idrologicamente omogenee in cui è possibile assumere che la distribuzione di probabilità dei valori massimi annuali di una grandezza (nel caso specifico le altezze di precipitazione di durata d) sia invariante a meno di un fattore di scala rappresentato da una grandezza indice. Quindi la suddetta grandezza può essere espressa come prodotto tra due termini:

$$X(T) = m(d) \cdot K_T$$

in cui $m(d)$ è la grandezza indice e K_T un fattore di crescita adimensionale.

Dagli studi effettuati è risultato che la Regione Campania può essere suddivisa territorialmente in 6 zone omogenee così come riportato in Figura 23.

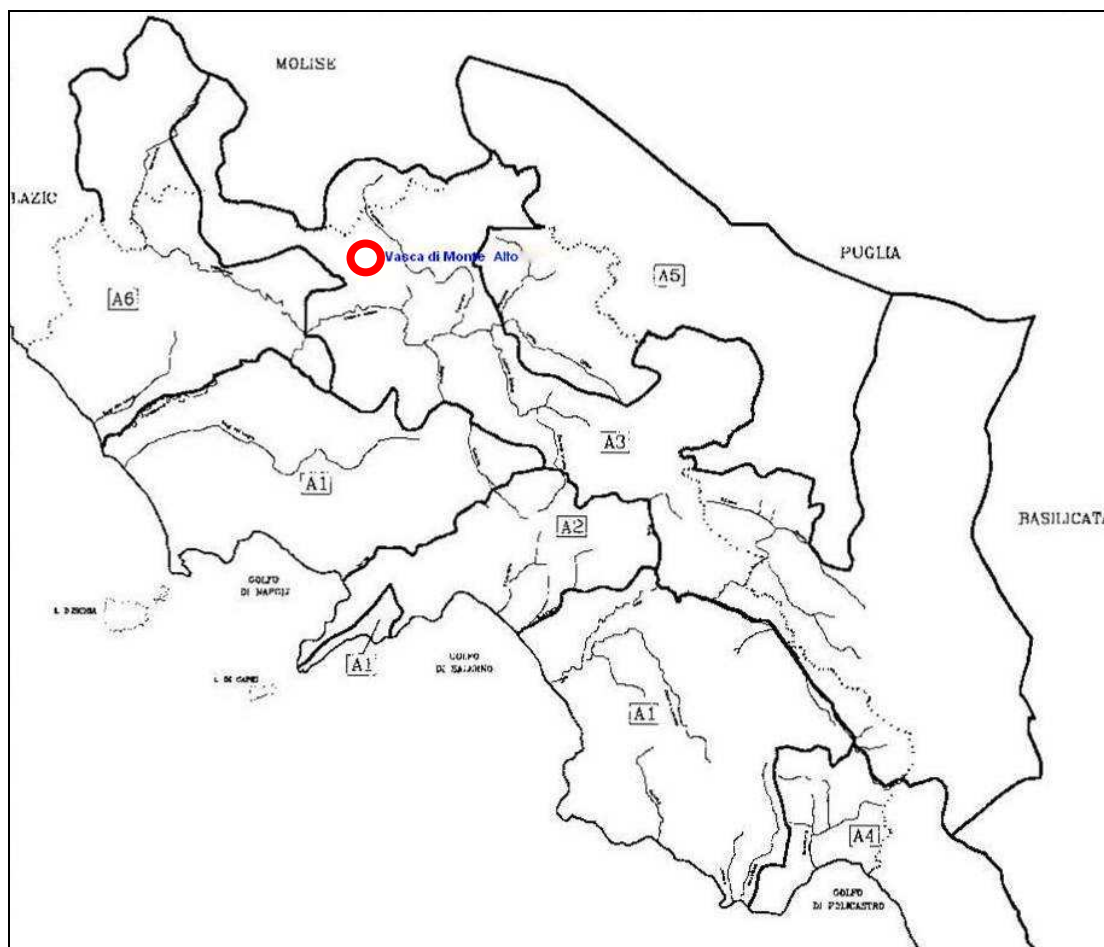


Figura 23 - Corografia della Regione Campania con indicazione della suddivisione del territorio in 6 aree pluviometriche omogenee per quanto riguarda la regionalizzazione delle medie dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliere (fonte: VAPI)

Come si può notare, il bacino idrografico del Rio Secco si trova in zona A3.

La grandezza indice $m(d)$ è una grandezza relativa all'area considerata ed è generalmente il valore medio dei massimi annuali dell'altezza di precipitazione di durata d , mentre il fattore di crescita K_T esprime il legame tra l'altezza della precipitazione di durata d ed il tempo di ritorno T ed ha validità regionale.

Per la valutazione della grandezza indice $m(d)$ si è utilizzata la formula seguente:

$$m[I(d)] = m(I_0) d / (1 + d/dc)^\beta$$

con

$$\beta = C + D \cdot Z$$

dove:

$m[I(d)]$ è la grandezza indice, Z è la quota media del bacino, $m(I_0)$, dc , C e D sono parametri dipendenti dall'area pluviometrica di appartenenza. Per il caso in esame si hanno

rispettivamente i valori 116,7 mm/ora, 0,0976 ore, 0,736 e $8.73 \cdot 10^{-5}$.

Il coefficiente di crescita K_T , funzione del tempo di ritorno T , assume il valore di 2,21 per un tempo di ritorno di 100 anni.

Per la determinazione del tempo di corrivazione del bacino, si può utilizzare la formula empirica proposta nel suddetto Rapporto VAPI, nell'ambito di una prima fase di studio del Piano di Bacino del Fiume Volturno dalla Società SAPPRO su incarico del Provveditorato alle Opere Pubbliche per la Campania:

$$tr = 0,116 A^{0,61},$$

in cui A è la superficie del bacino imbrifero del Rio Secco, pari a $14,45 \text{ km}^2$. Pertanto, per il Rio Secco nella sezione di chiusura in corrispondenza dell'immissione del T. Lente si ottiene un valore del tempo di corrivazione pari a 0,59 ore (circa 36 minuti).

Essendo il valore della grandezza indice adottato per il bacino in esame pari a 18,30 mm, ne consegue un valore di altezza di pioggia centennale di 40,43 mm.

Considerando, invece, il metodo delle curve di possibilità pluviometrica, l'altezza di precipitazione X di durata d per un fissato tempo di ritorno T è pari a:

$$X(T) = a' K_T d^n = a_T d^n$$

ove i parametri a' ed n relativi alla sola stazione di Morcone (riportati nello Studio del rischio idrogeologico nella Regione Molise), sono pari rispettivamente a:

$$a' = 26,2 \text{ mm/ora}^n,$$

$$n = 0,36$$

Considerando che il coefficiente di crescita K_T assume il valore di 2,21 per $T=100$ anni, si ha che l'altezza di precipitazione complessiva è pari a:

$$h_{T=100} = 47,88 \text{ mm}.$$

Tale valore è superiore a quello stimato attraverso le formule proposte dal VAPI di circa +18,5%.

Poiché il bacino idrografico del Rio Secco è molto prossimo alla stazione pluviometrica di Morcone e le formule del VAPI si basano su parametri validi per aree omogenee molto estese, si ritiene più affidabile, oltre che più cautelativo, fare riferimento alla stima dell'altezza di precipitazione effettuata attraverso i parametri delle curve di possibilità pluviometrica di Morcone.

Di seguito si riportano i valori di a_T , n per diversi valori del tempo di ritorno, che vengono di seguito utilizzati per la stima degli idrogrammi di piena.

Tabella 2 - Calcolo dell'altezza di precipitazione per diversi tempi di ritorno nei pressi della stazione pluviometrica di Morcone

T [anni]	K_T	a_T [mm/ora ⁿ]	n
10	1,16	30,4	0,36
50	1,89	49,6	
100	2,21	57,9	
200	2,53	66,2	
500	2,94	77,1	
1000	3,26	85,4	

In particolare è stato assunto come riferimento il tempo di ritorno $T=100$ anni, considerando una curva di possibilità pluviometrica di tipo monomia doppia con valore del parametro n pari a 0,5 per durate di pioggia < 1 ora e 0,36 per durate di pioggia > 1 ora, così da poter tenere conto e meglio rappresentare le precipitazioni intense con durata inferiore a 1 ora.

3.5 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA AL COLMO

La determinazione dell'onda di piena ritenuta critica è stata condotta impiegando le metodologie classiche per la trasformazione afflussi-deflussi partendo da piogge sintetiche critiche dedotte dalle curve di possibilità climatica e assumendo che la piena così ottenuta abbia lo stesso tempo di ritorno della pioggia che l'ha prodotta.

Tra i diversi tipi di piogge sintetiche più o meno utilizzate nella progettazione di opere idrauliche e verifica di corsi d'acqua, si è deciso di adoperare lo ietogramma cosiddetto Chicago, che presentando andamenti temporali non costanti, consente una migliore rappresentazione del fenomeno meteorico intenso, che è normalmente caratterizzato dalla presenza di picchi di intensità di pioggia. Tale diversa distribuzione di pioggia conduce a valutare differentemente la portata al colmo, se vengono considerati operatori non lineari per il calcolo delle perdite idrologiche e per la trasformazione afflussi netti-deflussi.

La principale caratteristica di questo ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione dedotta dallo ietogramma stesso è congruente con quella definita dalla curva di possibilità climatica. Esso presenta il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione delle durata di base, in quanto, per durate progressivamente maggiori, la parte *centrale* dello ietogramma rimane la stessa mentre si aggiungono delle *code* all'inizio e alla fine dell'evento.

Inoltre imponendo che la durata della pioggia sia maggiore del tempo di corrivazione del bacino, si ottiene, proprio per la caratteristica prima detta, che lo "scroscio" critico è

certamente contenuto nella pioggia di progetto. La costruzione dello ietogramma Chicago è stata eseguita numericamente, ad intervalli di 5 minuti, attraverso la sua espressione:

$$i = (t) = n a(T) (t_b/r)^{n-1} \quad \text{prima del picco} \quad (1)$$

$$i = (t) = n a(T) (t_a/(1-r))^{n-1} \quad \text{dopo il picco} \quad (2)$$

dove $i(t)$ è l'intensità all'istante t ; $a(T)$ e n i parametri della curva di possibilità climatica; t_a e t_b i tempi contati rispettivamente dal picco verso la fine dell'evento e dal picco verso l'inizio dello stesso; r è la posizione del picco lungo l'asse dei tempi, rapporto tra il tempo di picco e la durata totale dell'evento.

In è riportata la rappresentazione grafica dello ietogramma Chicago di progetto riferito al tempo di ritorno $T = 100$ anni e $T = 50$ anni, considerando una durata complessiva pari a 24 ore e posizione del picco dell'evento di pioggia a 0,4.

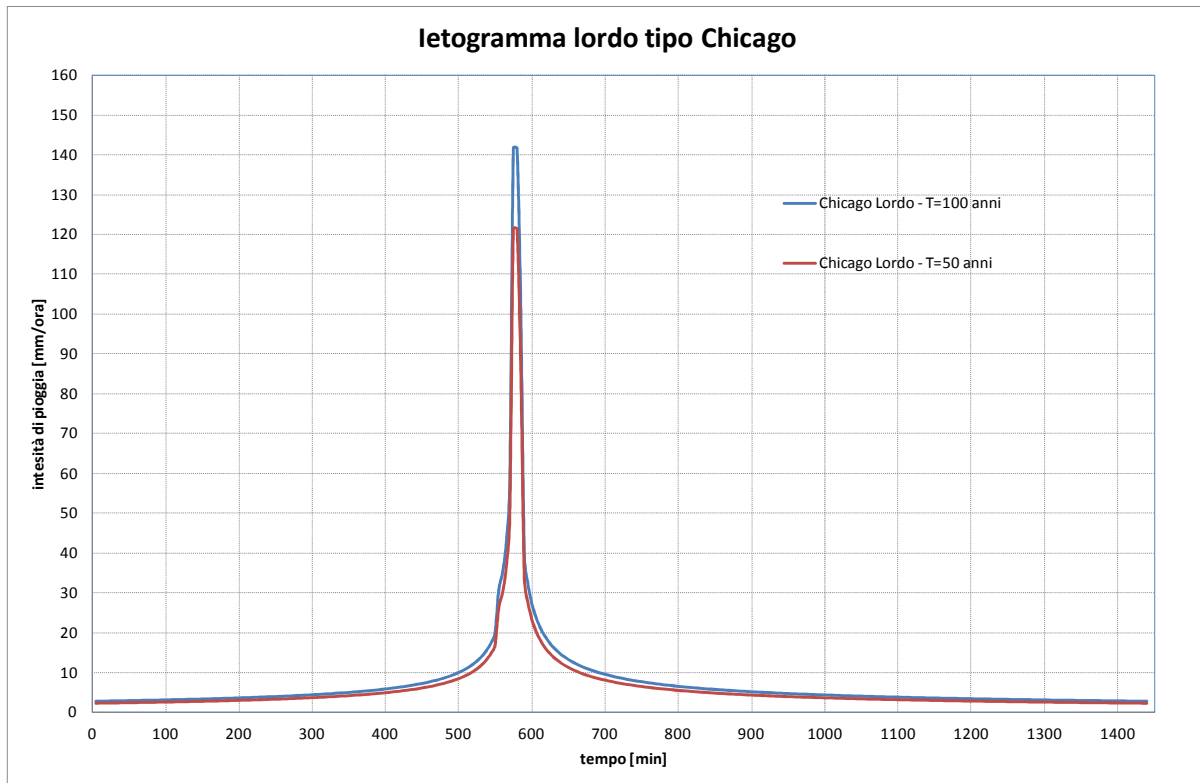


Figura 24 – ietogramma lordo tipo Chicago per T=100 anni e T=50 anni – bacino Rio Secco

A partire da queste piogge sintetiche si è proceduto alla determinazione delle onde di piena prodotte nel bacino scolante attraverso la trasformazione afflussi-deflussi eseguita mediante l'adozione di un modello idrologico non lineare di tipo globale in grado di fornire la risposta del bacino alle sollecitazioni meteoriche.

Per la valutazione delle perdite idrologiche (infiltrazione sotterranea, evapotraspirazione, ecc.), si è adottato il metodo non lineare proposto dal Soil Conservation Service (SCS-CN), che calcola un andamento delle portate di perdita caratterizzato da valori massimi, all'inizio dell'evento e poi progressivamente decrescenti, avendo assunto un valore per il numero di curva CN pari ad 50 e come volume immagazzinabile nelle depressioni superficiali il valore di 45 mm (in funzione della classe geo-litologica del bacino, costituito da calcari e calcari marnosi – Paleocene – Cretacico sup., e dell'uso del suolo), che rientrano tra quelli ammissibili in ambiti idrogeologici simili a quelli di cui trattasi. Con tali parametri il modello adottato ha permesso di calcolare gli ietogrammi netti del bacino del Rio Secco e del T. Lente all'interno del quale il suddetto Rio si immette in comune di Pontelandolfo, associati al tempo di ritorno di T=100 anni e T=50 anni, caratterizzati, rispettivamente, dal valore del coefficiente d'afflusso pari a $\phi=0,26$ e $\phi=0,19$.

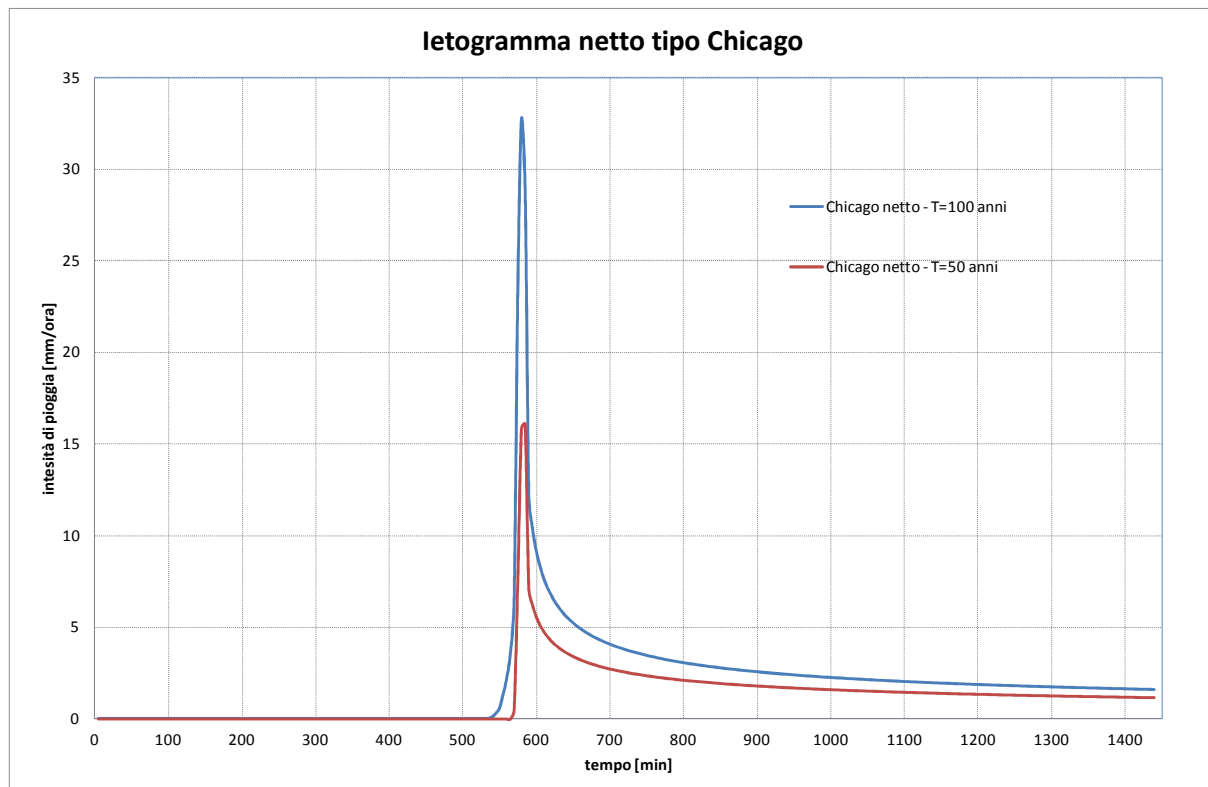


Figura 25 – ietogramma netto tipo Chicago per T=100 anni e T=50 anni

Il modello adottato per la trasformazione afflussi netti-deflussi si basa sulla teoria lineare dell'idrogramma unitario istantaneo, in cui la trasformazione degli afflussi meteorici netti in deflussi viene eseguita numericamente attraverso la convoluzione di un idrogramma unitario istantaneo (IUH) scelto opportunamente tra i diversi tipi esistenti. Esso inoltre rappresenta l'idrogramma di piena che si origina nel bacino in occasione di un singolo impulso di

precipitazione di durata infinitesima, intensità infinita e volume unitario.

L'IUH racchiude al suo interno le caratteristiche fisiche del bacino che interessano la formazione delle piene, come per esempio la capacità di invaso ed il tempo di risposta del bacino stesso. In particolare si è utilizzato il seguente modello di Nash che schematizza il bacino come una cascata di serbatoi lineari secondo l'espressione:

$$h(t) = \frac{1}{K(n-1)!} \cdot (t/K)^{n-1} \cdot e^{-t/K} \quad (3)$$

dove K è la costante caratteristica dei serbatoi ed n il numero degli stessi.

Si è assunto $n = 3$ e K correlato al tempo di corrivazione del bacino T_c e al numero n secondo l'espressione:

$$K = 0,5 T_c / (n-1) \quad (4)$$

Per bacini naturali t_c è valutabile mediante molte formule empiriche fra cui molto usata in Italia è la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}} \quad (5)$$

dove:

- t_c = tempo di corrivazione in ore;
- A = superficie del bacino in kmq;
- L = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino in km;
- H = altitudine media del bacino rispetto alla sezione di chiusura.

In effetti, anche per una pioggia uniforme e costante, il tempo di corrivazione reale non è univocamente definito in quanto la velocità di scorrimento dell'acqua sul bacino varia al variare delle condizioni fisiche ed in funzione del tirante idrico; tuttavia agli effetti pratici si può considerare una velocità costante, e quindi un tempo di corrivazione univocamente definito.

Considerando le sezioni di chiusura del bacino del Rio Secco in loc. Ciarli (3,68 kmq) ed in corrispondenza della confluenza con il T. Lente (14,5 kmq), sono stati valutati tempi di corrivazione rispettivamente pari a 25 minuti e 40 minuti. Per meglio caratterizzare il regime idraulico del Rio Secco, la superficie complessivamente contribuente è stata discretizzata in sottobacini di superficie media pari a 1,5 kmq ai quali è stato associato un IUH con tempo di corrivazione pari a 20 minuti circa.

Ciò premesso, mediante il programma di calcolo automatico URBIS PRO (Mignosa, Paoletti – Politecnico di Milano), è stata eseguita la trasformazione dello ietogramma netto tipo Chicago, in onda di piena, per ogni singolo sottobacino, relativamente a T=100 anni e T=50 anni.

Tabella 3 - portate di piena dei diversi sottobacini contribuenti del Rio Secco

Bacino	Superficie [km ²]	Q colmo T 100 [m ³ /s]	Q colmo T 50 [m ³ /s]
A	1.43	8.68	4.02
B	1.17	7.10	3.30
C	1.09	6.62	3.07
D	1.81	10.98	5.10
E	3.03	16.16	7.60
F	1.47	8.92	4.14
G	1.72	9.17	4.31
H	0.84	5.10	2.36
I	1.90	11.53	5.35

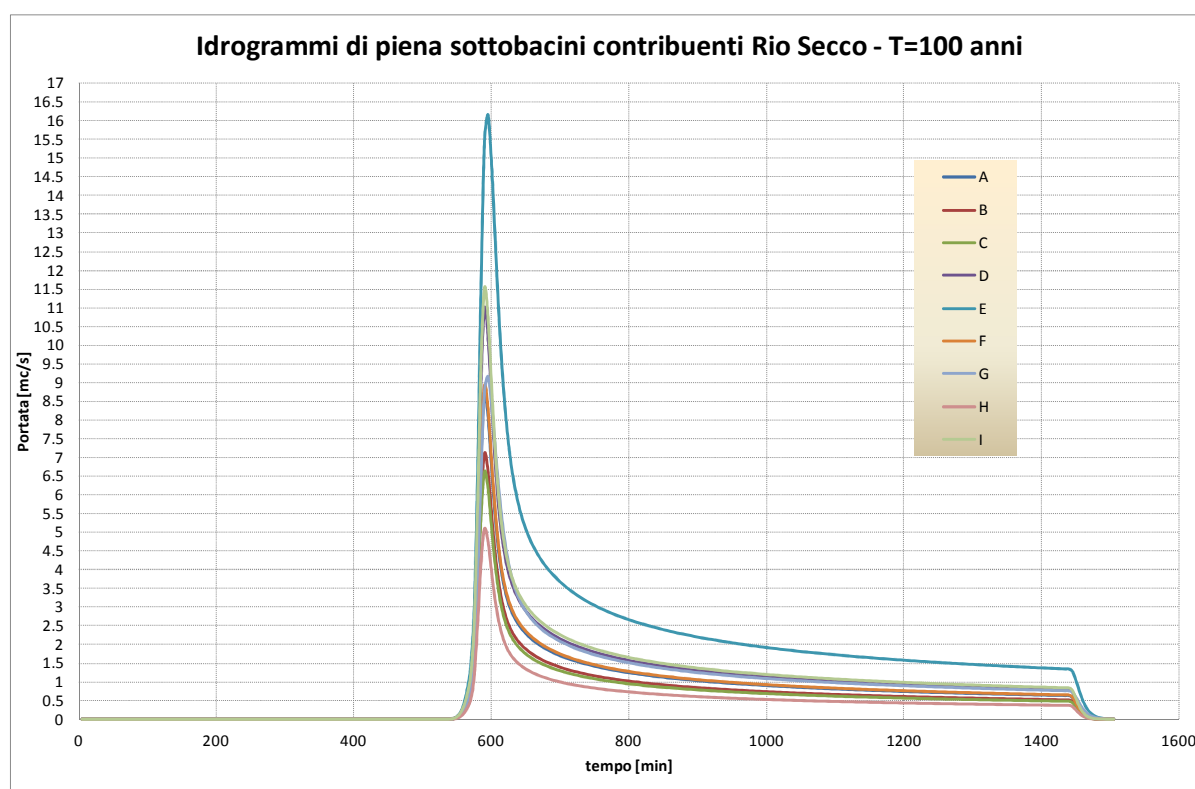


Figura 26 – Idrogrammi di piena per T=100 anni – sottobacini contribuenti del Rio Secco

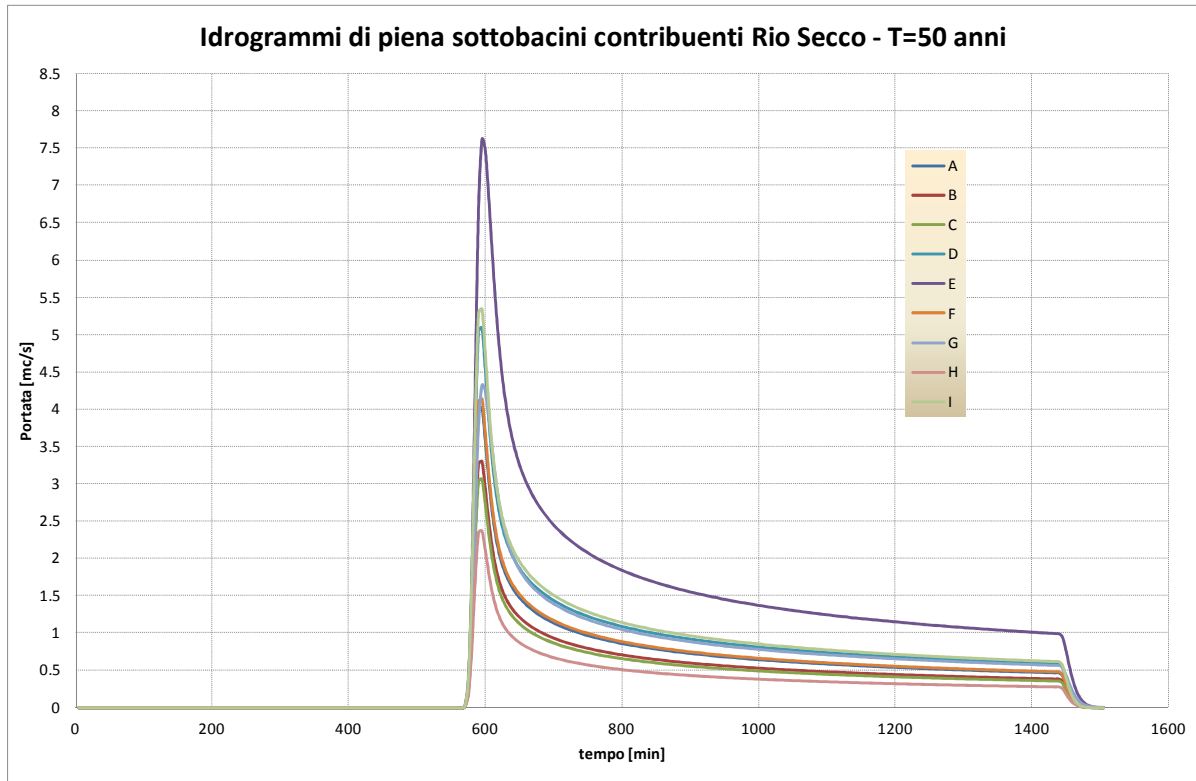


Figura 27 – Idrogrammi di piena per T=50 anni – sottobacini contribuenti del Rio Secco

Per quanto riguarda invece il bacino del T. Lente, con sezione di chiusura in corrispondenza della confluenza con il T. Lente (22,57 kmq), considerando la precedente formula di Giandotti (5) è stato valutato un tempo corrivazione pari a 90 minuti.

Analogamente a quanto fatto per il bacino de Rio Secco, è stata eseguita la trasformazione dello ietogramma netto tipo Chicago, in onda di piena, per il bacino de T. Lente, relativamente a T=100 anni e T=50 anni, rappresentate nella successive Figura 28 e Figura 29.

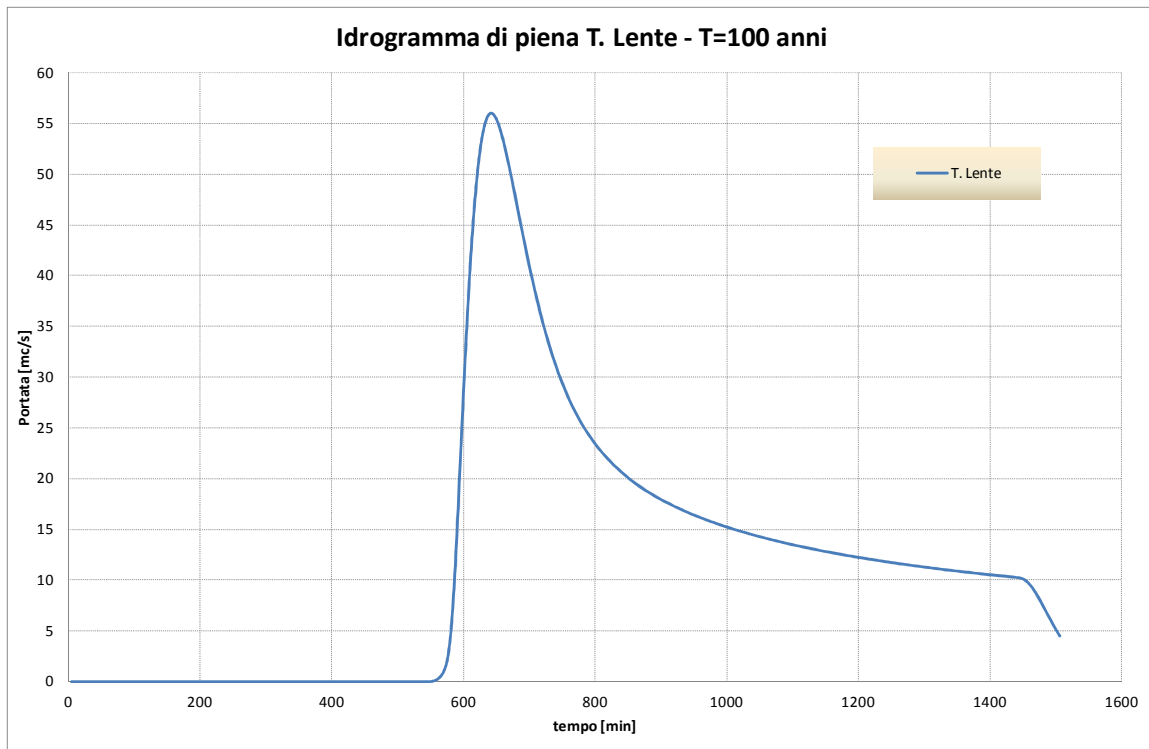


Figura 28 – Idrogramma di piena per T=100 anni – bacino T. Lente alla confluenza del Rio Secco

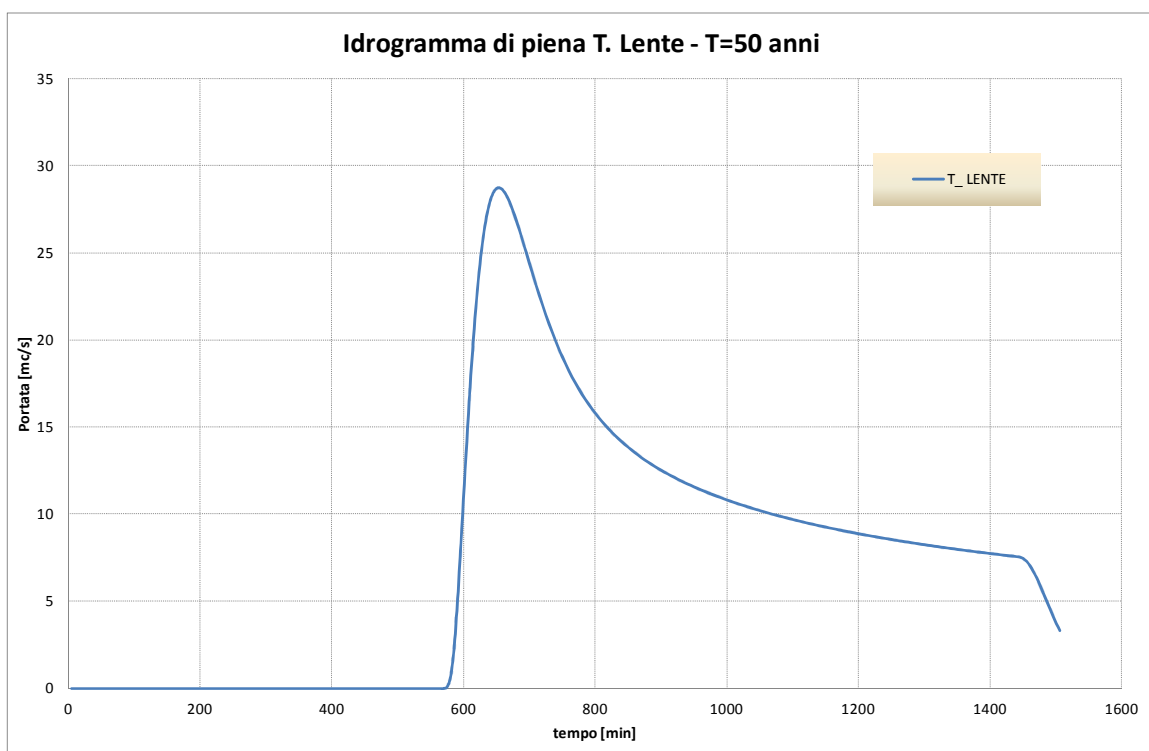


Figura 29 – Idrogramma di piena per T=50 anni – bacino T. Lente alla confluenza del Rio Secco

4. ANALISI IDRAULICA PER LA VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO PROPOSTO

4.1 PREMESSA

Di seguito vengono descritte le analisi svolte per la verifica di compatibilità idraulica del Rio Secco per effetto della realizzazione dell'impianto idroelettrico. Tali analisi sono state condotte al fine di determinare le nuove condizioni di deflusso delle portate di piena in alveo conseguenti alla realizzazione dell'intervento in progetto, e di verificare se l'intervento proposto non causi un peggioramento delle condizioni di sicurezza idraulica sia verso valle che verso monte.

Attraverso la valutazione delle grandezze idrauliche nelle principali sezioni di riferimento (confluenze, cambi di sezioni, ponti ed attraversamenti stradali) è possibile definire le nuove condizioni di deflusso alla realizzazione dell'intervento in progetto. Inoltre, attraverso il confronto dei risultati (livelli e portate) in assenza e con la presenza di tale opera, è possibile verificare se l'intervento in progetto è in grado di alterare, e in che misura, le condizioni idrauliche del sistema fluviale a valle e a monte dell'opera stessa.

4.2 MODELLO IDROLOGICO-IDRAULICO UTILIZZATO

Per conseguire le migliori possibilità di rappresentazione della dinamica fluviale che si sviluppa lungo il Rio Secco in occasione delle piene, sia nella configurazione di stato di fatto sia in quella di progetto, si è utilizzato il ben noto modello MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute. Esso comprende moduli idonei al caso in oggetto, in funzione del livello di conoscenza della reale geometria dei manufatti e delle aree di interesse.

4.3 BREVE SINTESI DELLE CARATTERISTICHE GENERALI DEL MODELLO MIKE 11

Il modulo idraulico HD del modello MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute consente, tramite la risoluzione delle equazioni differenziali di De Saint-Venant, di determinare i profili di corrente sia in condizioni di moto vario, che di moto permanente.

Il modello simula il flusso monodimensionale e quasi-bidimensionale, stazionario e non, di fluidi verticalmente omogenei, in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali.

Si riportano di seguito alcuni rapidi richiami teorici sul moto vario delle correnti a superficie libera e sui metodi di risoluzione delle equazioni che le descrivono.

Il moto di una corrente idrica a superficie libera, nella quale non siano presenti significative componenti trasversali di moto, è descritto matematicamente dalle equazioni di continuità e del moto, note come equazioni di De Saint-Venant monodimensionali. Nelle ipotesi di fluido omogeneo ed incompressibile, pendenza di fondo modesta, distribuzione idrostatica della pressione nelle sezioni trasversali, assenza di immissioni e sottrazioni di portata, tali equazioni assumono la forma seguente:

$$\begin{cases} \frac{\delta Q}{\delta x} + \frac{\delta A}{\delta t} = 0 \\ \frac{\delta Q}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta x} \left(\beta \cdot \frac{Q^2}{A} \right) + g \cdot A \cdot \frac{\delta h}{\delta x} + \frac{g \cdot |Q| \cdot Q}{\chi^2 \cdot A \cdot R} = 0 \end{cases}$$

dove:

h è la quota idrica misurata rispetto ad un livello orizzontale di riferimento (m)

A è l'area bagnata (m²)

R è il raggio idraulico (m)

χ è il coefficiente di scabrezza di Chezy (m^{1/2} s⁻¹)

Q è la portata (m³ s⁻¹)

g è la accelerazione di gravità (m s⁻²)

β è il coefficiente di ragguaglio delle quantità di moto che solitamente si pone uguale all'unità.

Il coefficiente di resistenza di Chezy χ può essere valutato secondo l'espressione di Strickler:

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

in cui k_S è il coefficiente di scabrezza di Strickler.

Le equazioni generali di De Saint Venant vengono trasformate dal modello in un sistema di equazioni implicite alle differenze finite secondo una griglia di calcolo con punti Q e h alternati tra loro, nei quali la portata Q e il livello idrico h, rispettivamente, sono determinati ad ogni passo temporale. La soluzione del sistema di De Saint Venant permette di rappresentare, in dettaglio, tutte le trasformazioni che l'onda di piena subisce nella traslazione da monte a valle per effetto della laminazione naturale, dell'interferenza con le opere idrauliche, delle esondazioni al di fuori dell'alveo attivo, della confluenza di tributari laterali e del contributo distribuito dei bacini versanti.

4.4 CONDIZIONI AL CONTORNO

Le equazioni del moto vengono risolte numericamente dopo aver definito le condizioni al

contorno e quelle iniziali.

Il programma di calcolo ha la possibilità di utilizzare diverse tipologie di condizioni al contorno da definirsi nelle sezioni estreme del tronco in esame, tra le quali si ricordano:

- valore costante del livello idrico o della portata;
- variazione nel tempo del livello idrico o della portata;
- relazioni fra le due variabili h (livello) e Q (portata).

La condizione al contorno di monte del Rio Secco è stata definita attraverso l'inserimento dell'idrogramma di piena afferente al sottobacino contribuente nel tratto iniziale, calcolato secondo il modello idrologico descritto al capitolo precedente. Analogamente la condizione al contorno di monte del tratto di T. Lente oggetto di modellazione idraulica a cavallo dell'immissione del Rio Secco, è stata definita attraverso l'inserimento dell'idrogramma di piena afferente al bacino complessivamente contribuente, calcolato secondo il modello idrologico, in corrispondenza della sezione di immissione del Rio Secco.

Come condizione al contorno di valle del T. Lente in corrispondenza della sezione terminale del modello, posta 200 m a valle dell'immissione del Rio Secco, è stata introdotta la quota idrometrica corrispondente all'altezza di moto uniforme associata alla portata massima di piena e riferita alla pendenza media del fondo nel tratto terminale del T. Lente, corrispondente a 339,50 m s.m.

4.5 DELIMITATORI D'ALVEO

La definizione del tipo di comportamento idraulico più adatto da attribuire ad uno specifico tronco fluviale viene effettuata delimitando, nelle sezioni del modello, i confini dell'alveo principale e delle aree golenali con appositi delimitatori predefiniti, denominati "marker".

Il modello di calcolo MIKE11 permette di utilizzare svariati tipi di delimitatori, aventi funzionalità differenti. Per la modellazione del Rio Secco oggetto di studio sono state utilizzate principalmente solo 3 tipologie:

- *marker 1*: delimita il confine sinistro della sezione fluviale;
- *marker 2*: indica il punto più depresso della sezione fluviale "talweg";
- *marker 3*: delimita il confine destro della sezione fluviale;

I marker 1 e 3, determinano l'ampiezza massima della sezione di calcolo idraulico, la quale risulta confinata verticalmente entro tali delimitatori.

Il marker 2, permette al codice di calcolare la pendenza tra due sezioni adiacenti.

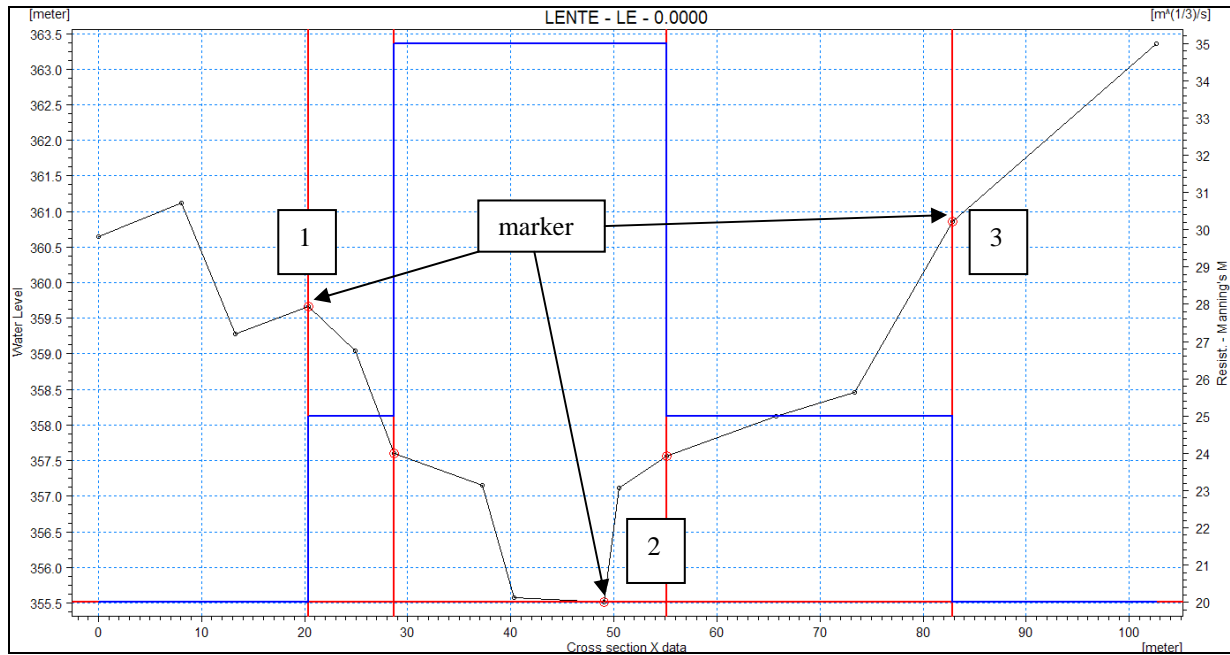


Figura 30 – schematizzazione della sezione trasversale con indicazione della localizzazione dei marker

4.6 PARAMETRI DI SCABREZZA

I coefficienti di scabrezza relativi all'alveo inciso sono stati attribuiti tenendo conto delle caratteristiche dell'asta fluviale (presenza di vegetazione spondale, tipologia del fondo alveo, presenza di barre nude e/o vegetate, ecc.) e delle indicazioni fornite in letteratura (*“Open-Channel Hydraulics”*, Ven Te Chow, ed. McGraw Hill - *“Open-Channel Hydraulics”*, R. H. French, ed. McGraw Hill).

Per ogni singola sezione sono stati utilizzati due valori del coefficiente di Strickler:

- $25 \div 30 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per l'alveo inciso;
- $20 \div 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per le aree golenali laterali.

I valori dei coefficienti di scabrezza scelti sono risultati sufficientemente attendibili.

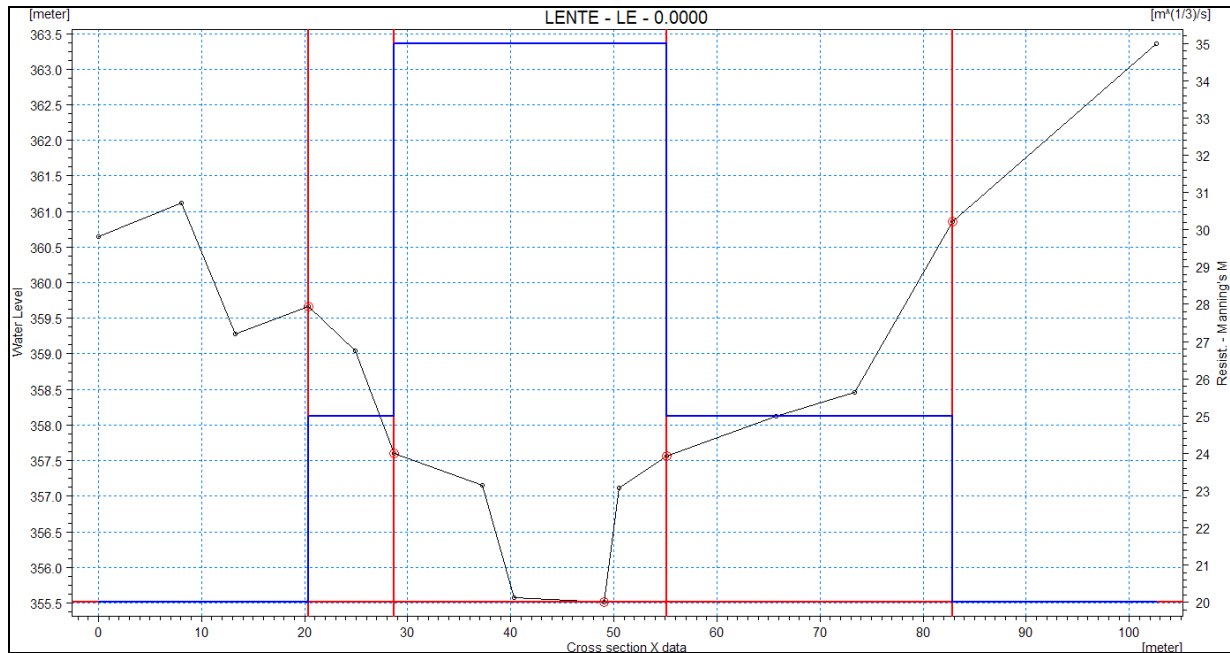


Figura 31 – schematizzazione della sezione trasversale con indicazione dei diversi parametri di scabrezza definiti dalla linea blu (valore indicato in legenda sulla colonna destra)

4.7 RILIEVI TOPOGRAFICI E SCHEMA DEL MODELLO IDRAULICO

L'attendibilità dei calcoli idraulici dipende in maniera decisiva della corretta caratterizzazione geometrica dell'alveo lungo il tratto analizzato. In particolare, nel caso di un'analisi monodimensionale del comportamento idraulico del fiume, è necessario conoscere sia la configurazione geometrica di un certo numero di sezioni trasversali opportunamente scelte per l'esecuzione dei calcoli, sia la sezione longitudinale dell'alveo lungo il tronco analizzato.

La caratterizzazione dettagliata del territorio della zona in esame è stata resa possibile mediante uno specifico ed accurato rilievo topografico dell'alveo del Rio Secco e del tratto di T. Lente posto a cavallo dell'immissione del suddetto Rio, attraverso l'esecuzione di complessive n.63 sezioni fluviali trasversali (n.46 lungo il Rio Secco e n.6 lungo il T. Lente) e n.8 in corrispondenza dei manufatti presenti lungo i suddetti tratti (n.8 ponti stradali).

Per meglio caratterizzare il comportamento idraulico del T. Lente in corrispondenza della confluenza del Rio Secco ed eventuali problematiche idrauliche di rigurgito, sono state rilevate complessivamente n.5 sezioni di cui n.1 in corrispondenza della confluenza, n.2 a monte e n.2 a valle della confluenza del t. Rio Secco in posizione tale da identificare un tratto di asta fluviale di circa 400 m.

Di seguito si riporta la schematizzazione del modello idraulico ricreato.

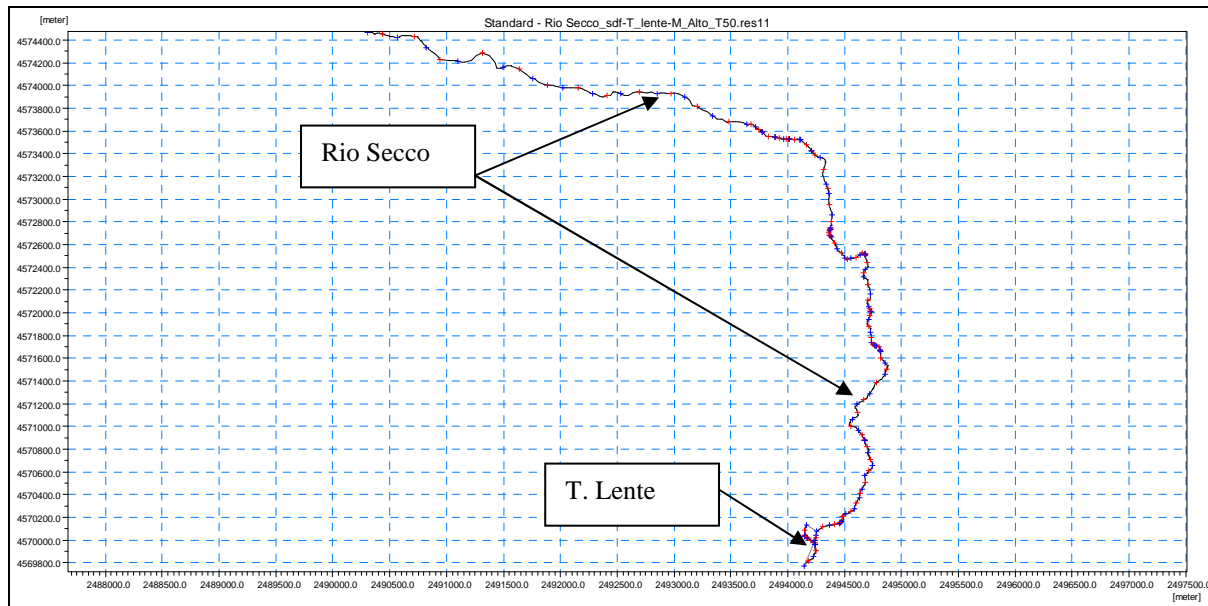


Figura 32 – schematizzazione grafica del corso d'acqua modellato

4.8 VERIFICHE IDRAULICHE DI STATO DI FATTO

Utilizzando il modello idrologico-idraulico descritto nei paragrafi precedenti, ed inserendo le condizioni al contorno di monte e di valle secondo i valori riportati in precedenza, sono state condotte le simulazioni utili a definire i profili della piena di riferimento del Rio Secco e del T. Lente, ed i conseguenti livelli in prossimità delle sezioni di interesse, considerando diversi scenari, come di seguito riportato:

1. condizioni idrologiche di stato di fatto associate ad un evento di piena di T=50 anni;
2. condizioni idrologiche di stato di fatto associate ad un evento di piena di T=100 anni;
3. condizioni idrologiche di stato di fatto associate ad un evento di piena di T=50 anni, ipotizzando l'immissione del contributo proveniente dal canale di gronda di Monte Alto con $Q_{max} \sim 5 \text{ m}^3/\text{s}$ (cfr. idrogramma di cui alla Figura 11);
4. condizioni idrologiche di stato di fatto associate ad un evento di piena di T=100 anni, ipotizzando l'immissione del contributo proveniente dal canale di gronda di Monte Alto con $Q_{max} \sim 5 \text{ m}^3/\text{s}$ (cfr. idrogramma di cui alla Figura 11).

Si specifica che le sopra citate simulazioni sono state condotte facendo riferimento alla configurazione geometria così come rilevata, valutando gli effetti di deflusso in corrispondenza delle aree di fondo valle ed in corrispondenza degli attraversamenti stradali (ponti).

In particolare gli attraversamenti esistenti sono stati studiati al fine di verificarne il

funzionamento idraulico, eventuali ostruzioni e ovvero modalità di deflusso dell'alveo di piena incompatibili con le condizioni di sicurezza delle aree circostanti (effetti di restringimento dell'alveo e/o di indirizzamento della corrente, effetti di rigurgito a monte, compatibilità locale con le opere idrauliche esistenti).

4.8.1 Simulazione per tempo di ritorno $T=50$ anni

L'analisi critica dei risultati forniti dalla modellazione, relativamente al profilo di moto vario relativo ad un evento di piena con $T=50$ anni, e delle grandezze idrauliche ad esse associate, permette di osservare il funzionamento a pelo libero di tutto il tratto del Rio Secco a partire dall'estremo di monte fino all'immissione nel T. Lente, con contenimento dei livelli idrici all'interno delle quote sommitali delle arginature, senza quindi che si verifichino allagamenti delle aree golenali adiacenti.

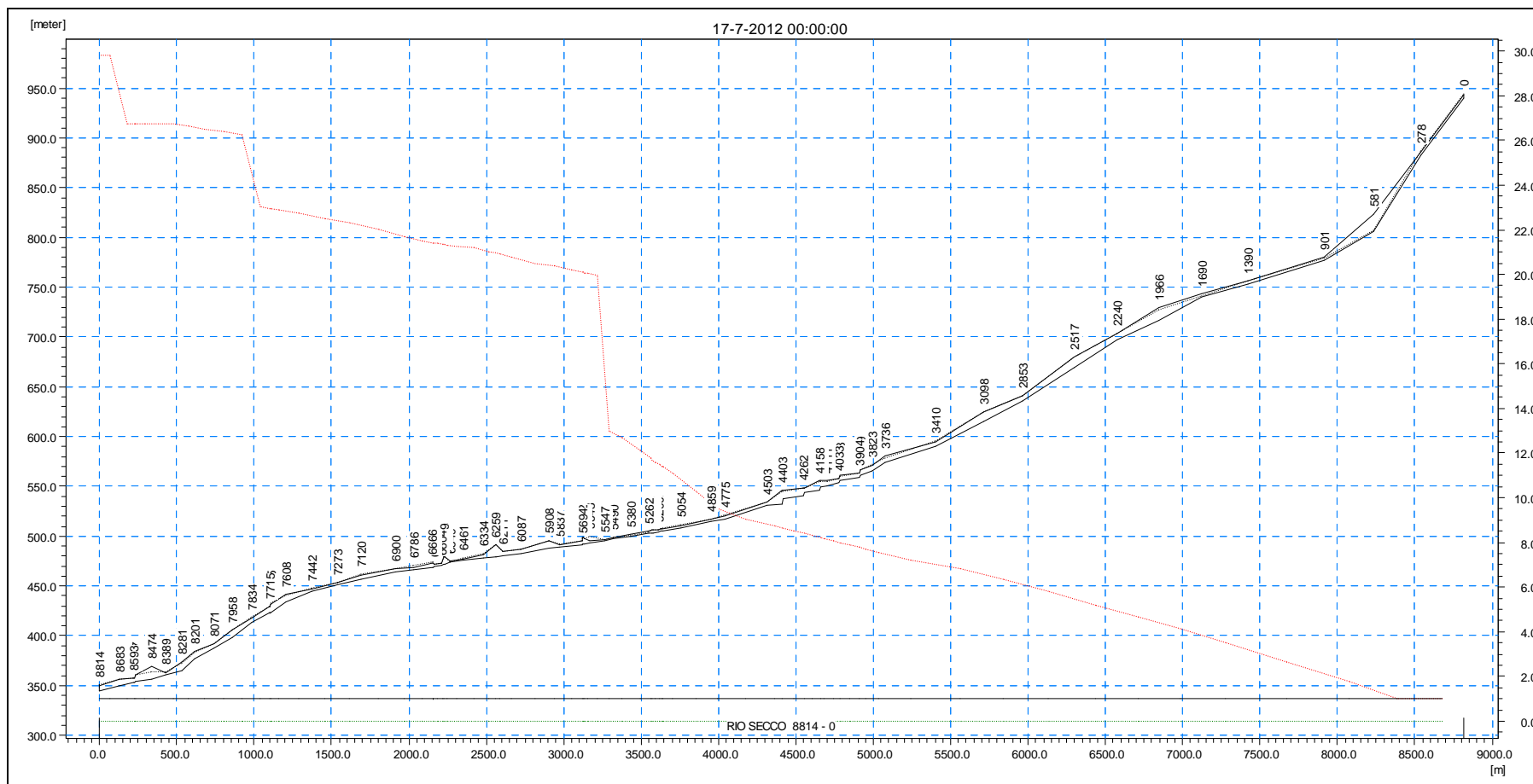


Figura 33 – andamento delle portate piena stato di fatto (linea rossa) in alveo – Rio Secco – T=50 anni

Le simulazioni idrauliche di stato di fatto permettono di verificare una dinamica della corrente molto variabile a seconda che si stia analizzando il tratto di monte (caratterizzato da notevole pendenza e salti di fondo - briglie) ovvero il tratto di valle (caratterizzato da minore pendenza, seppur dell'ordine del 4%, e dalla presenza di manufatti stradali di attraversamento).

In particolare si osserva nel tratto di monte che si sviluppa in direzione W-E, fino alla loc. Ciarli (sezioni di calcolo da sez. 1M-progr. 0 m a sez. 11V-progr. 4.860 m), un profilo di corrente veloce con tiranti idrici di 0,50÷0,80 m circa ed elevate velocità dell'ordine di 2,7÷4,0 m/s che si evidenziano principalmente in corrispondenza degli scivoli di raccordo tra le successive livellette, con portate gradualmente crescenti fino a circa 10 m³/s.

Il deflusso avviene regolarmente senza che ci sia alcun sormonto delle quote arginali, assicurando un opportuno franco di sicurezza, come riportato nella successiva Figura 34.

Per quanto riguarda invece il tratto di valle che si sviluppa in direzione N-S, dalla loc. Ciarli (sezioni di calcolo da sez. 11V-progr. 4.860 m a sez. 46V-progr. 8.682 m), è possibile osservare un profilo di corrente veloce con tiranti idrici di 0,80÷1,30 m circa ed elevate velocità dell'ordine di 3,2÷5,0 m/s che si evidenziano principalmente a valle degli attraversamenti stradali, e locali innalzamenti della corrente idrica a monte degli stessi per effetto del restringimento indotto dalla geometria delle luci di deflusso in corrispondenza dei ponti. Anche in questo tratto il deflusso avviene regolarmente senza che ci sia alcun sormonto delle quote arginali, assicurando un opportuno franco di sicurezza, come riportato nella successiva Figura 35.

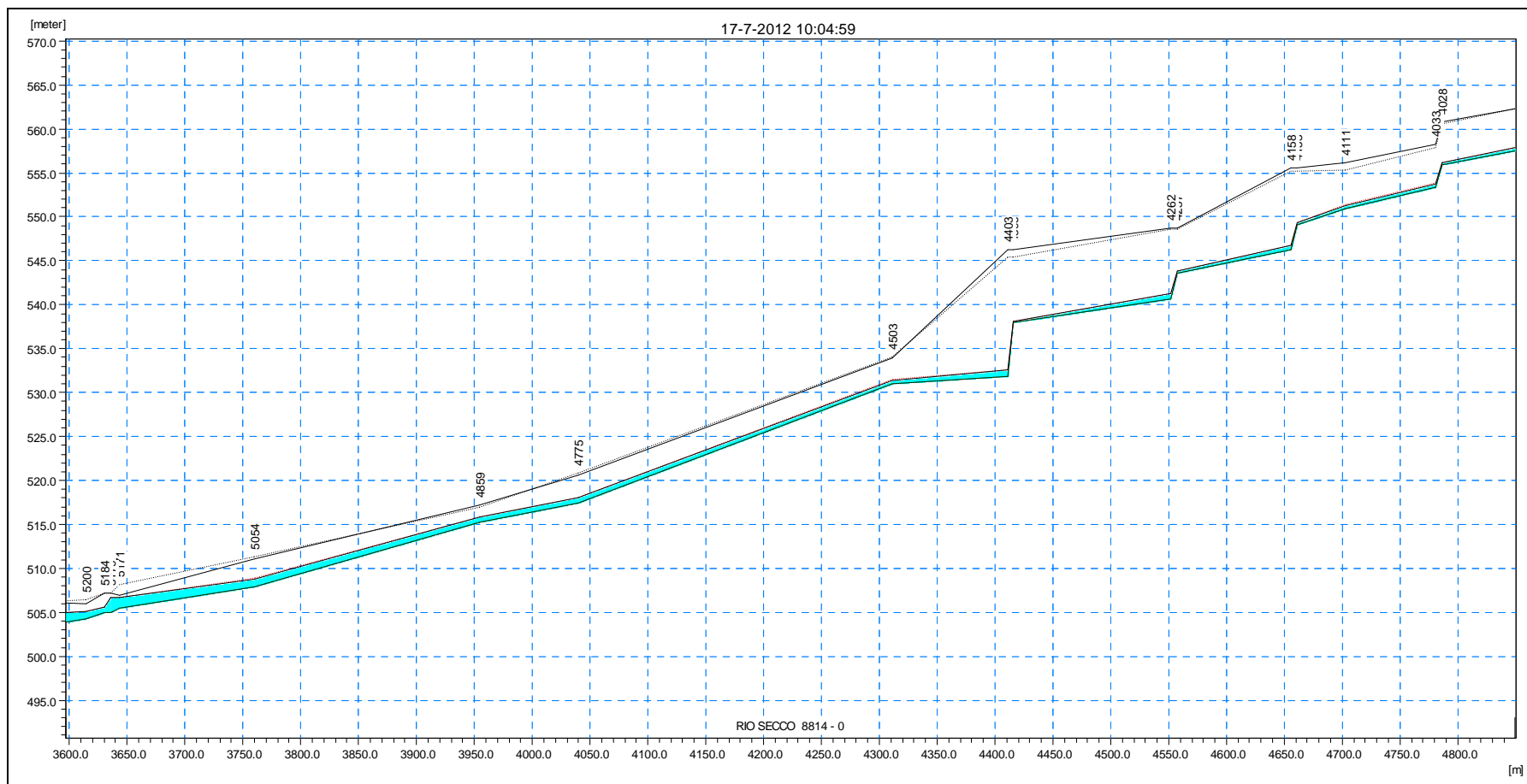


Figura 34 – profilo di piena in alveo – tratto di monte Rio Secco – T=50 anni

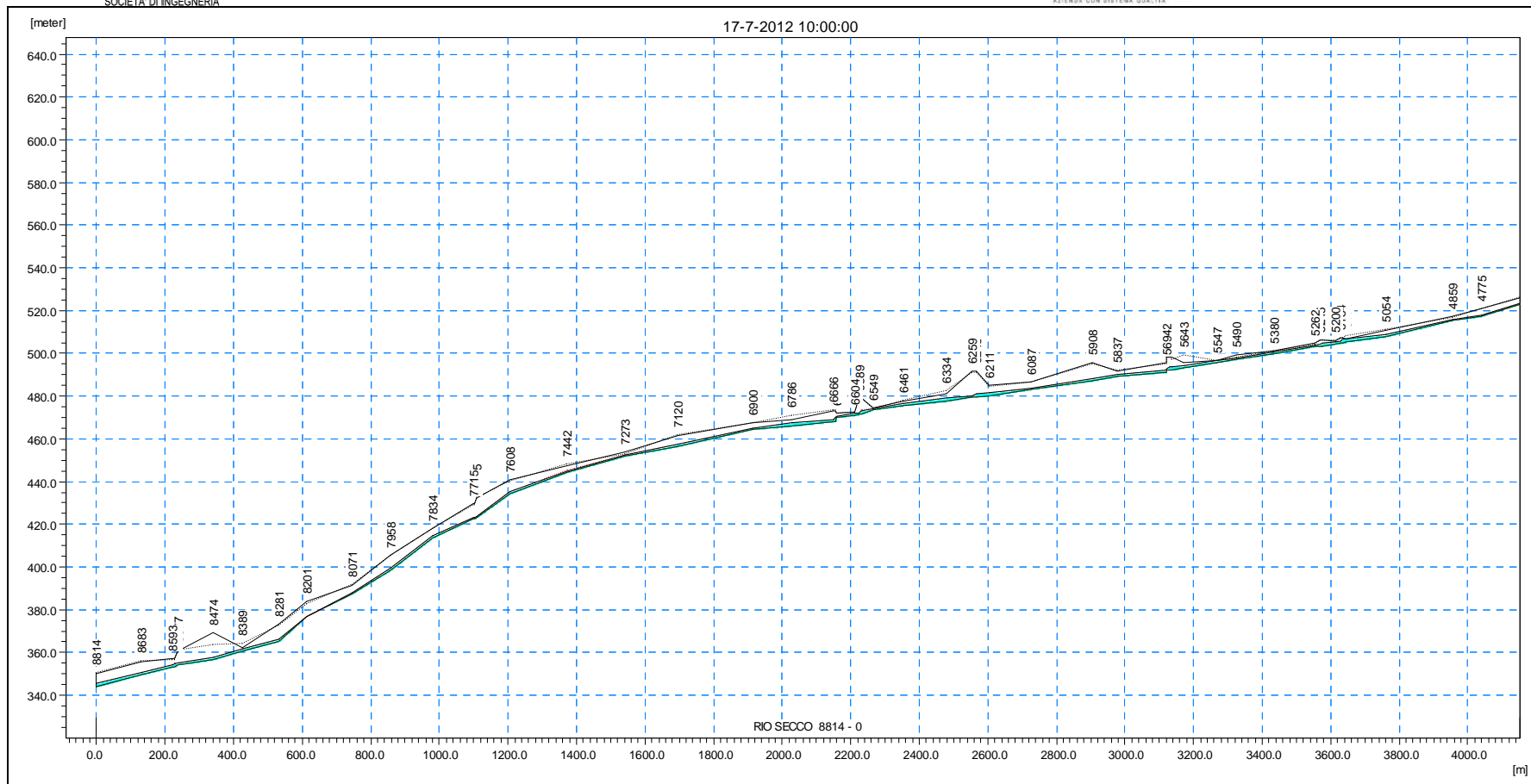


Figura 35 – profilo di piena in alveo – tratto di valle Rio Secco fino all'immissione nel Lente – T=50 anni

Le analisi idrauliche condotte in corrispondenza degli attraversamenti stradali presenti lungo il corso del Rio Secco hanno permesso di verificarne il regolare funzionamento a pelo libero, con franco di sicurezza quasi sempre superiore a 1,0 m rispetto alla quota di intradosso dell'impalcato, come riportato in Tabella 4, ad eccezione del Ponte n.1 situato in loc. Ciarli.

Tabella 4 – attraversamenti stradali lungo il Rio Secco – verifica a T=50 anni – stato di fatto

	Prog. (m)	Quota fondo (m s.m.)	Quota intradosso (m s.m.)	Quota idrica max (m s.m.)	Livello idrico max (m)	Portata max (m ³ /s)	Franco sicurezza (m)
PONTE 1	5,178.63	505.01	506.91	506.75	1.74	11.39	0.16
PONTE 2	5,237.95	503.32	505.77	504.74	1.42	11.61	1.03
PONTE 3	5,684.44	492.10	496.50	493.69	1.59	20.07	2.81
PONTE 4AB	6,247.82	479.45	489.73	481.22	1.77	20.92	8.51
PONTE 4CD	6,583.50	471.42	477.82	473.32	1.89	21.33	4.51
PONTE 5	6,659.56	468.20	472.15	470.03	1.82	21.42	2.13
PONTE 6	7,710.29	422.65	428.95	423.36	0.71	22.94	5.59
PONTE 7	8,586.21	353.25	356.05	355.03	1.78	26.75	1.02

Il Ponte 1 di attraversamento del Rio Secco di una strada poderale è infatti caratterizzato da una struttura scatolare in c.a. dim. 3,05 x 1,80 m, con ridotta capacità di deflusso delle portate di piena.



Figura 36 – Ponte 1 su Rio Secco

In Figura 37 è riportata la localizzazione planimetrica del Ponte n.1, del Ponte n.2 e del Ponte n.3 in loc. Ciarli e loc. Ponte Sorgenza.

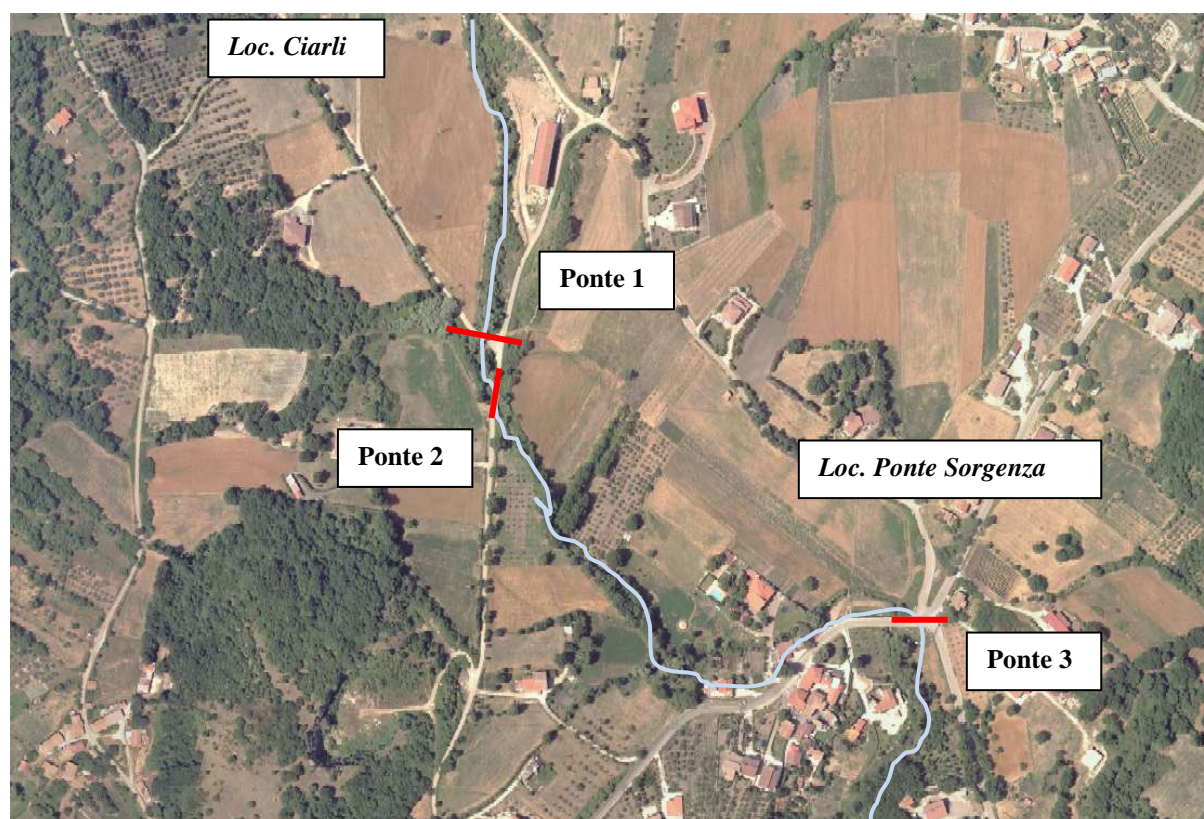


Figura 37 – localizzazione Ponte 1, Ponte 2 e Ponte 3

In Figura 38 è riportato il profilo di deflusso del Rio Secco in corrispondenza del Ponte 1 e del Ponte 2 associata ad una portata di piena di $T=50$ anni. Il rigurgito indotto dalla struttura scatolare del Ponte 1 è comunque tale da non creare inaccettabili allagamenti delle aree agricole adiacenti poste a monte, essendo la corrente idrica contenuta nell'alveo, così come riportato nelle successive Figura 39 e Figura 40.

Infine in Figura 41 è riportato il profilo di deflusso del T. Lente in corrispondenza dell'immissione del Rio Secco: le analisi idrauliche condotte permettono di verificare il regolare e corretto deflusso delle acque senza sormonti arginali, né rigurgiti indotti dall'immissione del Rio Secco.

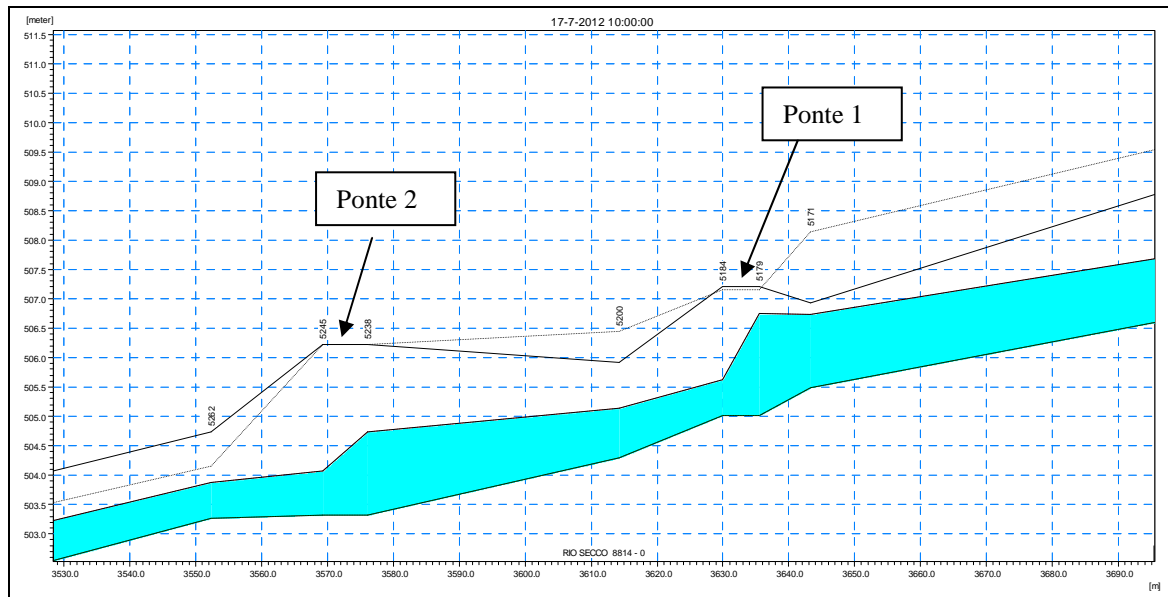


Figura 38 – profilo di piena in alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e Ponte 2 – T=50 anni

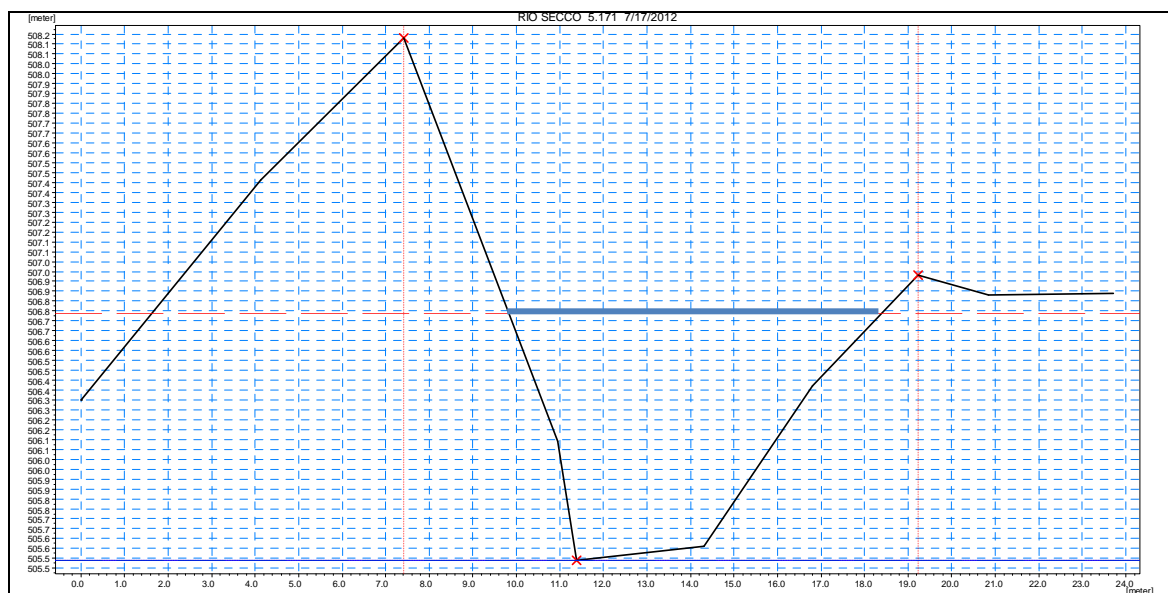


Figura 39 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.1 – T=50 anni (sez. 13V – progr. 5.170 m)

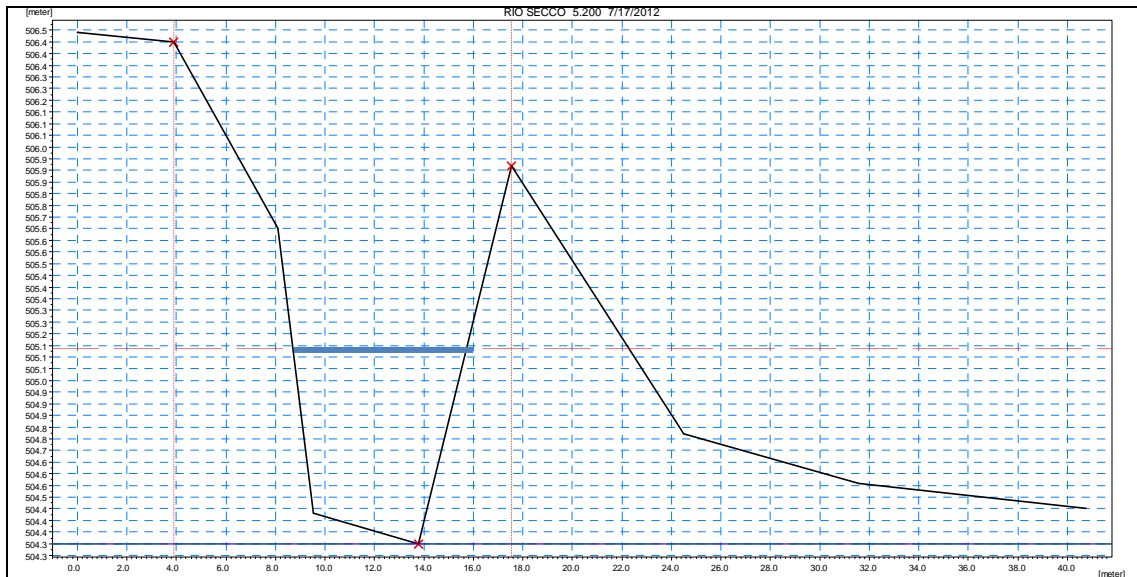


Figura 40 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.2 – T=50 anni (sez. 14V – progr. 5.200 m)

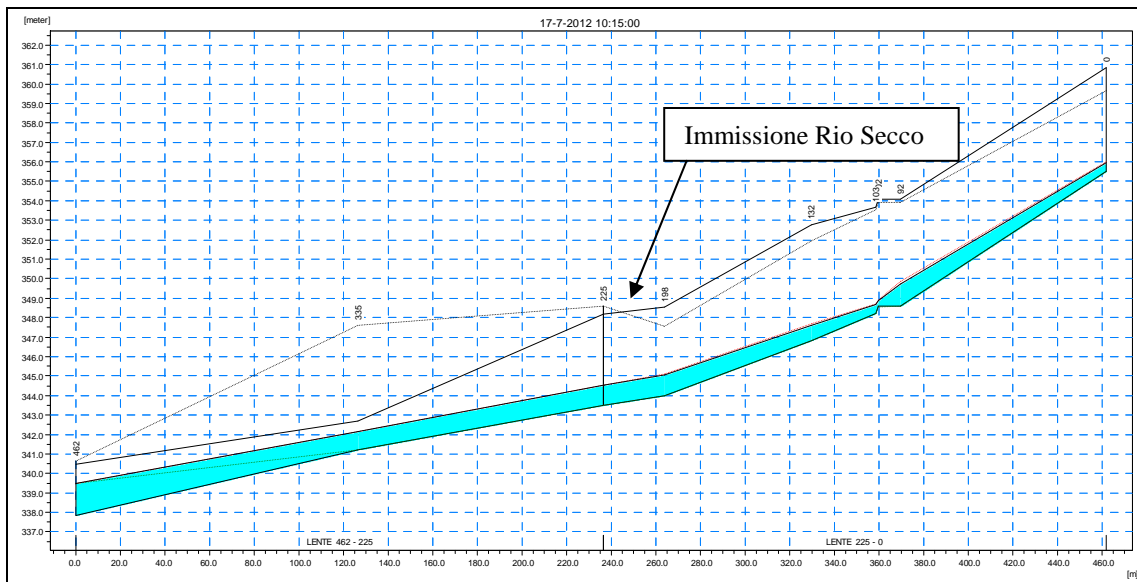


Figura 41 – profilo di piena T. Lente nel tratto di immissione del Rio Secco – T=50 anni

4.8.2 Simulazione per tempo di ritorno T=100 anni

L'analisi critica dei risultati forniti dalla modellazione, relativamente al profilo di moto vario con evento di piena con T=100 anni, e delle grandezze idrauliche ad esse associate, permette di osservare il funzionamento a pelo libero lungo la maggior parte dell'alveo del Rio Secco, con contenimento dei livelli idrici all'interno delle quote sommitali delle arginature, ad eccezione dei tratti posti a ridosso del ponte n.1 (progr. 5.178 m), del ponte n.2 (progr. 5.238 m) e del ponte n.3 (progr. 5.685 m - loc. Ponte Sorgenza) in grado di generare rigurgiti che conseguenti allagamenti, seppur locali e contenuti, delle aree golenali adiacenti.

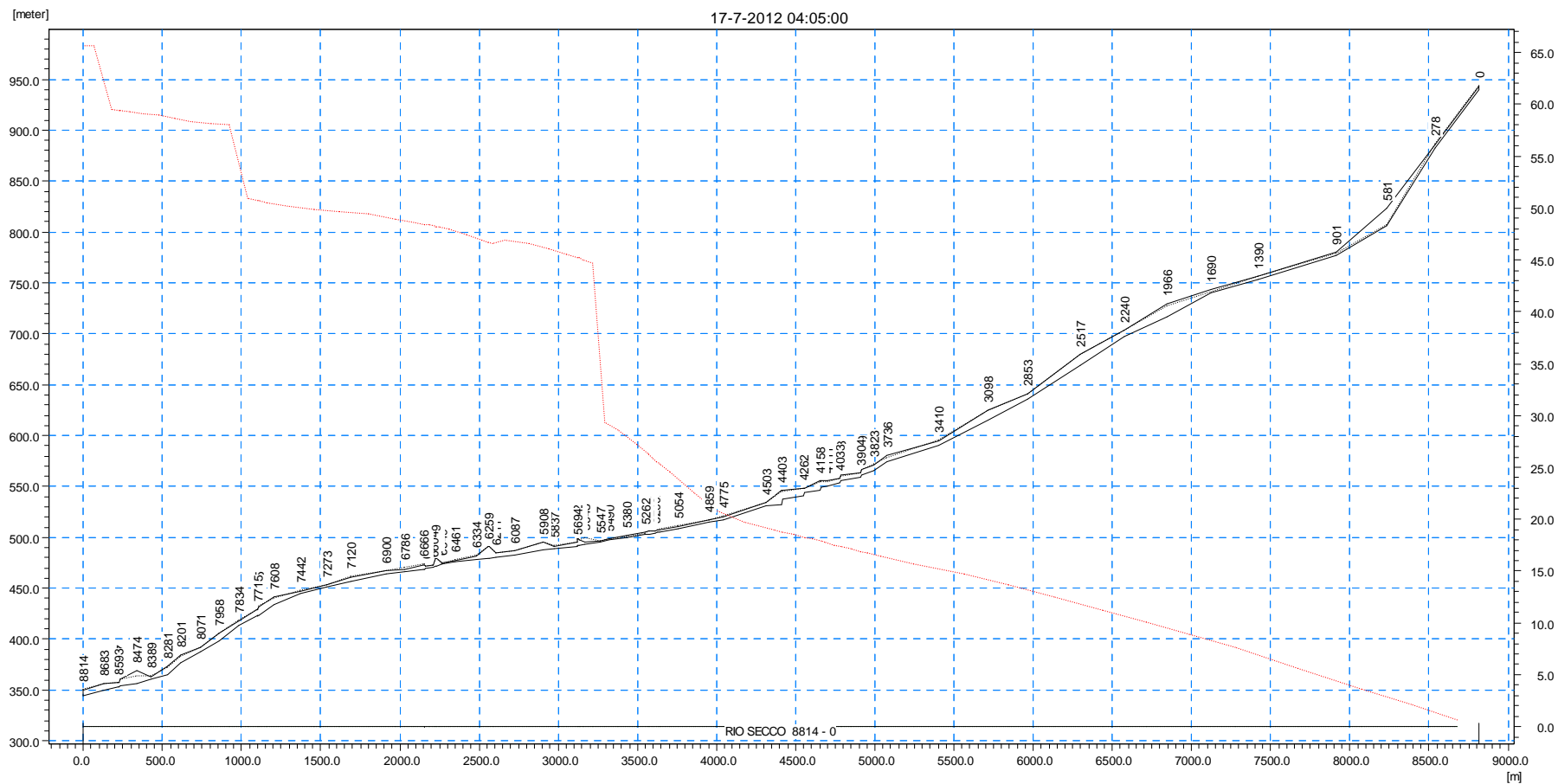


Figura 42 – andamento delle portate piena stato di fatto (linea rossa) in alveo – tratto di monte Rio Secco – T=100 anni

Le simulazioni idrauliche di stato di fatto per $T=100$ anni, analogamente a quanto già descritto per l'evento di piena di $T=50$ anni, permettono di verificare una dinamica della corrente molto variabile a seconda che si stia analizzando il tratto di monte (caratterizzato da notevole pendenza e salti di fondo - briglie) ovvero il tratto di valle (caratterizzato da minore pendenza, seppur dell'ordine del 4%, e dalla presenza di manufatti stradali di attraversamento).

In particolare si osserva nel tratto di monte (sezioni di calcolo da sez. 1M-progr. 0 m a sez. 11V-progr. 4.860 m), un profilo di corrente veloce con tiranti idrici di $0,80\div 1,20$ m circa ed elevate velocità dell'ordine di $3,5\div 4,5$ m/s che si evidenziano principalmente in corrispondenza degli scivoli di raccordo tra le successive livellette, con portate gradualmente crescenti fino a circa $20\text{ m}^3/\text{s}$. Il deflusso avviene regolarmente senza che ci sia alcun sormonto delle quote arginali, assicurando un opportuno franco di sicurezza, come riportato in Figura 43.

Per quanto riguarda invece il tratto di valle che si sviluppa in direzione N-S fino all'immissione nel T. Lente (sezioni di calcolo da sez. 11V-progr. 4.860 m a sez. 46V-progr. 8.682 m), è possibile osservare un profilo di corrente veloce con tiranti idrici di $1,20\div 2,0$ m circa ed elevate velocità dell'ordine di $5,0\div 6,5$ m/s che si evidenziano principalmente a valle degli attraversamenti stradali, con locali rigurgiti della corrente idrica a monte degli stessi per effetto del restringimento indotto dalla geometria delle luci di deflusso in corrispondenza dei ponti e locali allagamenti delle aree golenali agricole adiacenti (tratto da sez. 13V – progr. 5.170 m fino a sez. 20V – progr. 5.676 m a monte del Ponte 3 in loc. Ponte Sorgenza), come riportato in Figura 44 e Figura 45.

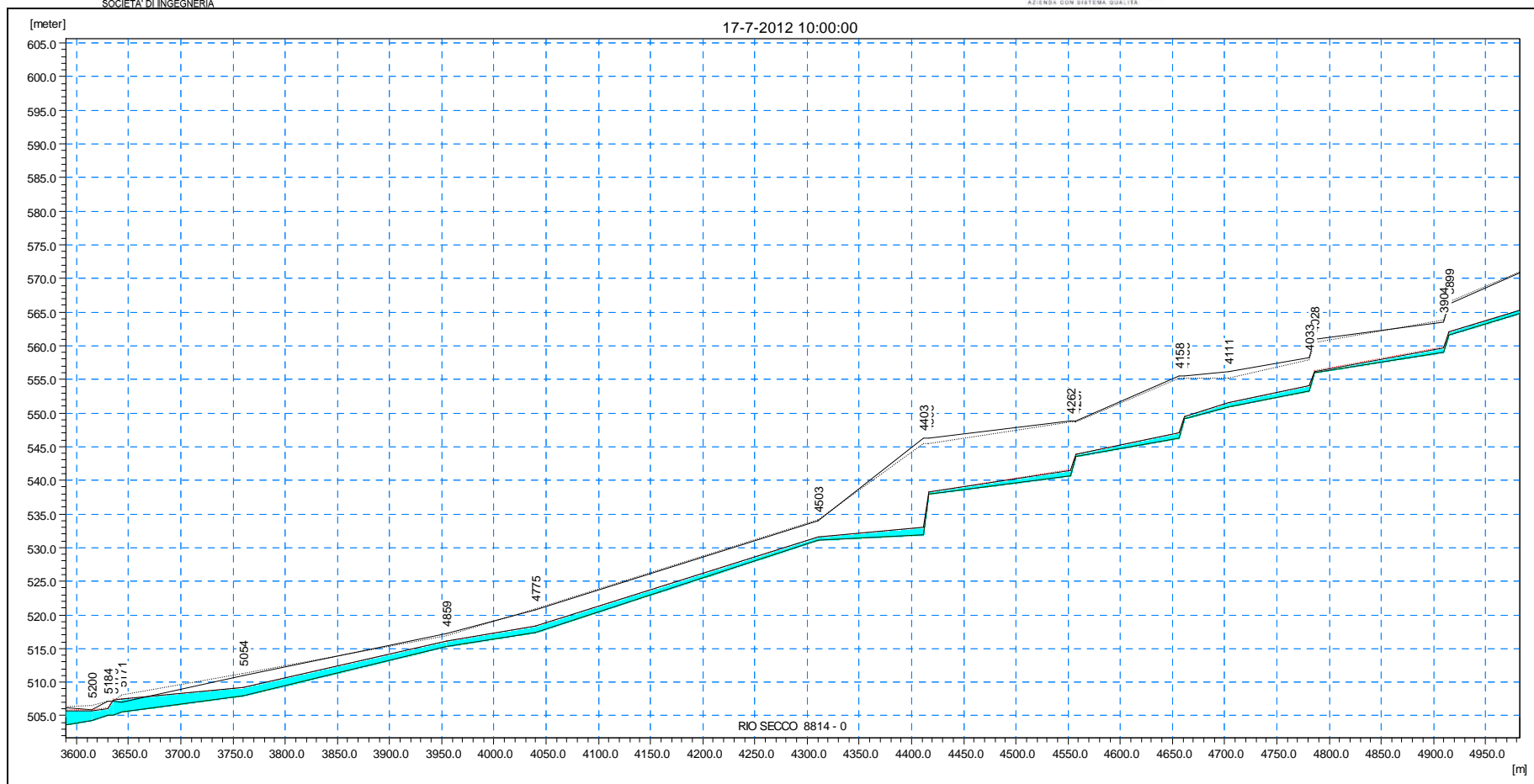


Figura 43 – profilo di piena in alveo – tratto di monte Rio Secco – T=100 anni

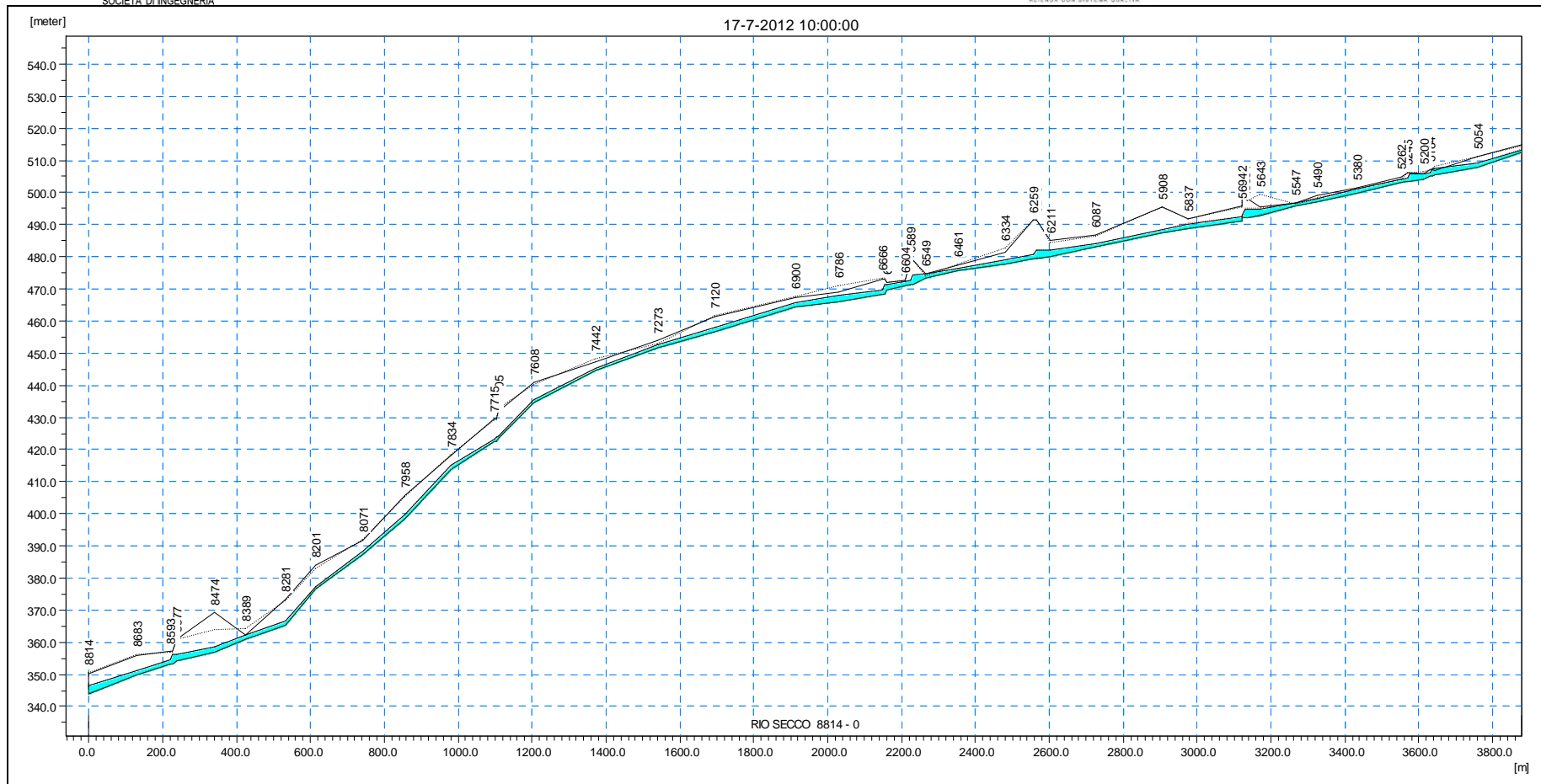


Figura 44 – profilo di piena in alveo – tratto di valle Rio Secco – T=100 anni

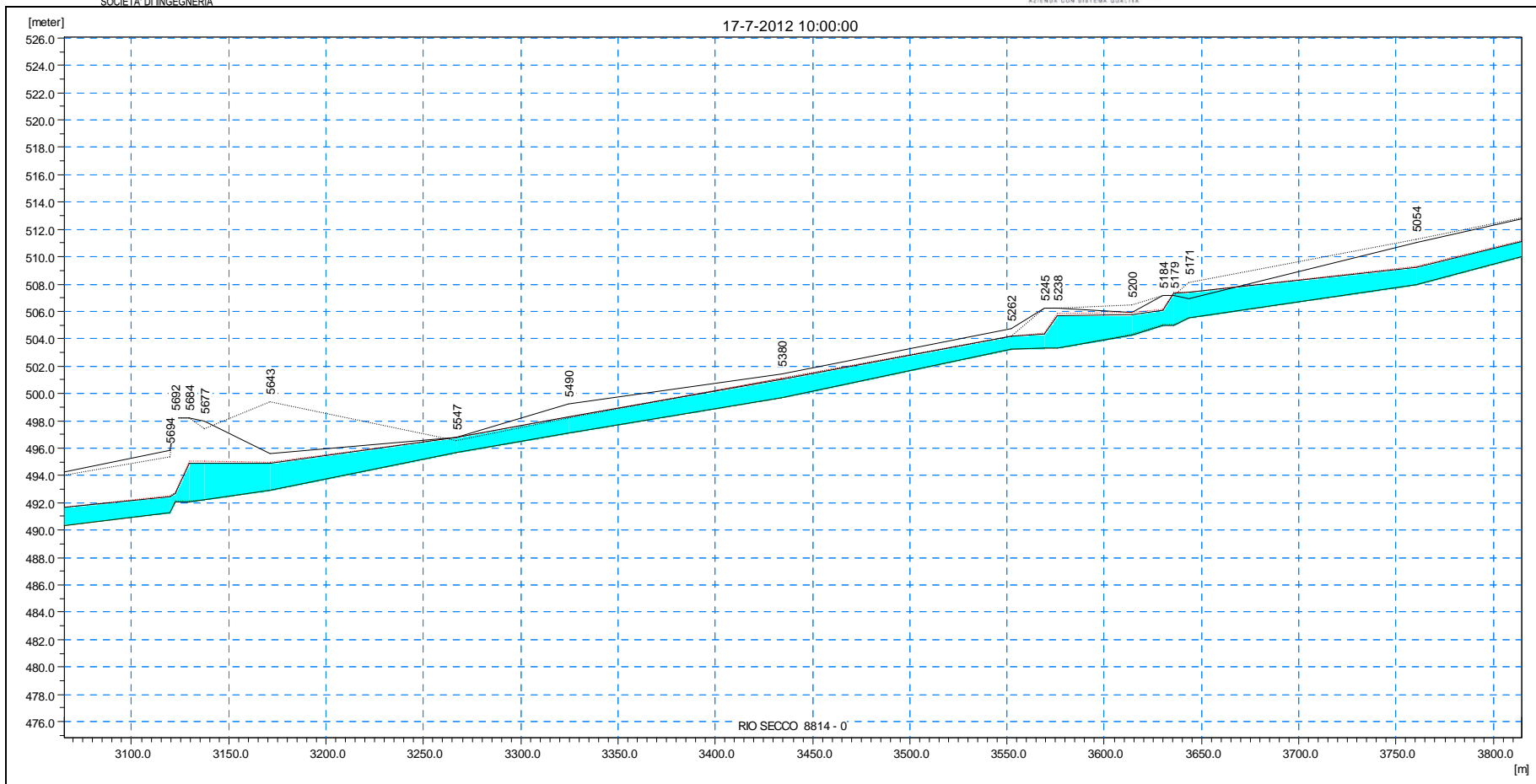


Figura 45 – profilo di piena in alveo – tratto di Rio Secco in corrispondenza dei ponti 1, 2 e 3 – T=100 anni

In particolare, in corrispondenza degli attraversamenti stradali presenti lungo il corso del Rio Secco, le analisi idrauliche condotte hanno permesso di verificare un funzionamento a pelo libero con franco di sicurezza quasi sempre superiore a 1,0 m rispetto alla quota di intradosso dell'impalcato, come riportato in Tabella 5, ad eccezione del ponte n.1, del ponte n.2 e del ponte n.7 idraulicamente insufficienti, con funzionamento in pressione.

Tabella 5 – attraversamenti stradali lungo il Rio Secco – verifica a T=100 anni – stato di fatto

	Progr. (m)	Quota fondo (m s.m.)	Quota intradosso (m s.m.)	Quota idrica max (m s.m.)	Livello idrico max (m)	Portata max (m ³ /s)	Franco sicurezza (m)
PONTE 1	5,178.63	505.01	506.91	507.40	2.39	25.34	-0.49
PONTE 2	5,237.95	503.32	505.77	505.87	2.55	25.93	-0.10
PONTE 3	5,684.44	492.10	496.50	495.02	2.92	45.18	1.48
PONTE 4AB	6,247.82	479.45	489.73	481.91	2.46	46.58	7.82
PONTE 4CD	6,583.50	471.42	477.82	474.25	2.83	48.15	3.57
PONTE 5	6,659.56	468.20	472.15	471.38	3.18	48.38	0.77
PONTE 6	7,710.29	422.65	428.95	423.87	1.22	50.74	5.08
PONTE 7	8,586.21	353.25	356.05	356.24	2.99	59.44	-0.19

Il Ponte 1 di attraversamento del Rio Secco di una strada podereale è infatti caratterizzato da una struttura scatolare in c.a. dim. 3,05 x 1,80 m, con ridotta capacità di deflusso delle portate di piena anche per portate associate a T=50 anni.

Il Ponte 2 di attraversamento del Rio Secco di una strada podereale, posto immediatamente a valle del Ponte 1 e caratterizzato da una struttura scatolare in c.a. dim. 4,10 x 2,45 m, ha geometrie e caratteristiche tali da non garantire il deflusso della portata di piena per T=100 anni pari a circa 25 m³/s.

Per quanto riguarda invece il Ponte 7, posto a monte dell'immissione del Rio Secco all'interno del T. Lente, la luce di deflusso del ponte costituita da n.3 aperture circolari adiacenti ϕ 2,80 m, come riportato in Figura 46, determina il locale funzionamento in pressione della struttura, con locale rigurgito ed innalzamento del profilo idraulico, senza che si osservino allagamenti delle aree agricole adiacenti, ovvero superamenti della sommità stradale in corrispondenza del ponte stesso.

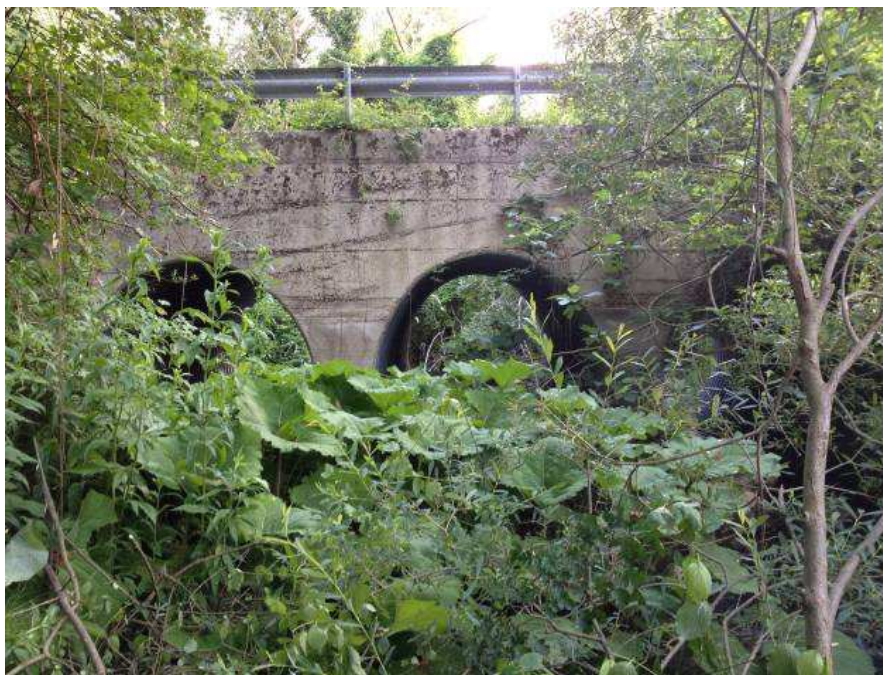


Figura 46 – ponte 7 su Rio Secco a monte immissione nel T. lente

In Figura 47 è riportato il profilo di deflusso del Rio Secco in corrispondenza del Ponte 1 e del Ponte 2 associato ad una portata di piena di $T=100$ anni. Il rigurgito indotto dalle strutture scatolari costituenti sia il Ponte 1 sia il Ponte 2 è tale da creare allagamenti, seppur localizzati e di entità contenuta, delle aree agricole adiacenti poste a monte, di entità comunque limitata (cfr. Figura 49, Figura 50 e Figura 51).

Per quanto riguarda il Ponte 3, invece, sebbene la luce di deflusso del ponte sia tale da non determinare funzionamenti in pressione, è possibile osservare come il rigurgito indotto sia tale da creare l'innalzamento del profilo idraulico con conseguenti locali allagamenti delle aree agricole adiacenti, senza comunque interessare gli insediamenti urbani esistenti (cfr. Figura 48).

Infine in Figura 52 è riportato il profilo di deflusso del T. Lente in corrispondenza dell'immissione del Rio Secco: le analisi idrauliche condotte per eventi di piena $T=100$ anni permettono di verificare il regolare e corretto deflusso delle acque senza sormonti arginali, né rigurgiti indotti dall'immissione del Rio Secco, nonché il regolare deflusso della portata centennale con congruo franco di sicurezza rispetto all'intradosso dell'impalcato del Ponte 8 a monte dell'immissione.

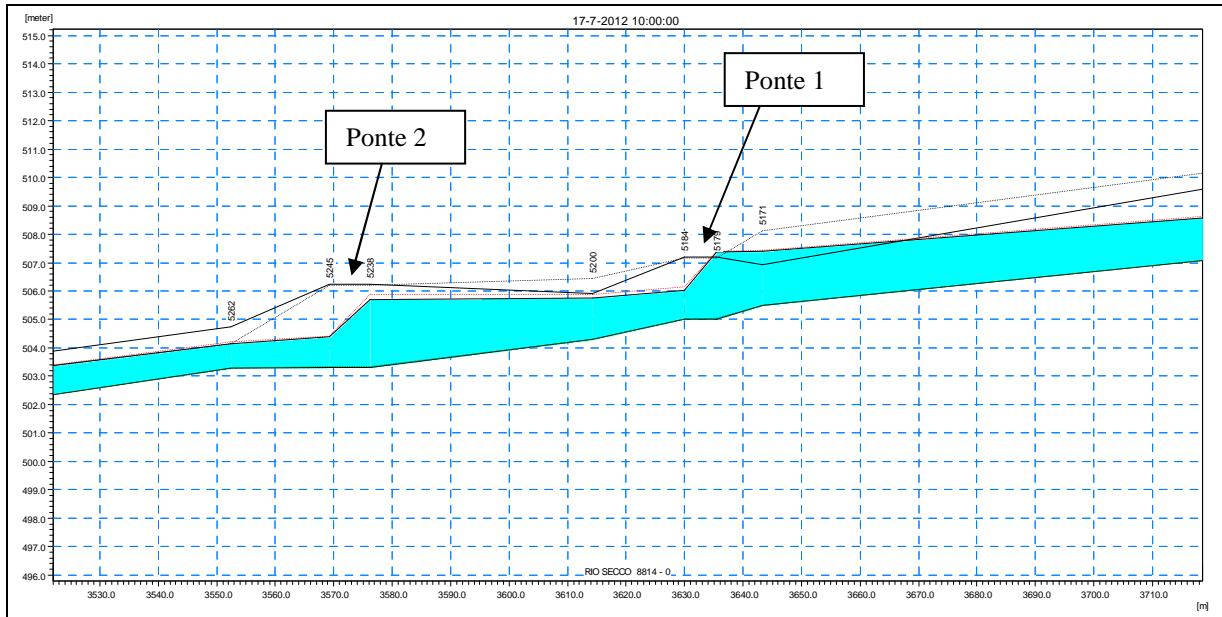


Figura 47 – profilo di piena in alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e Ponte 2 – T=100 anni

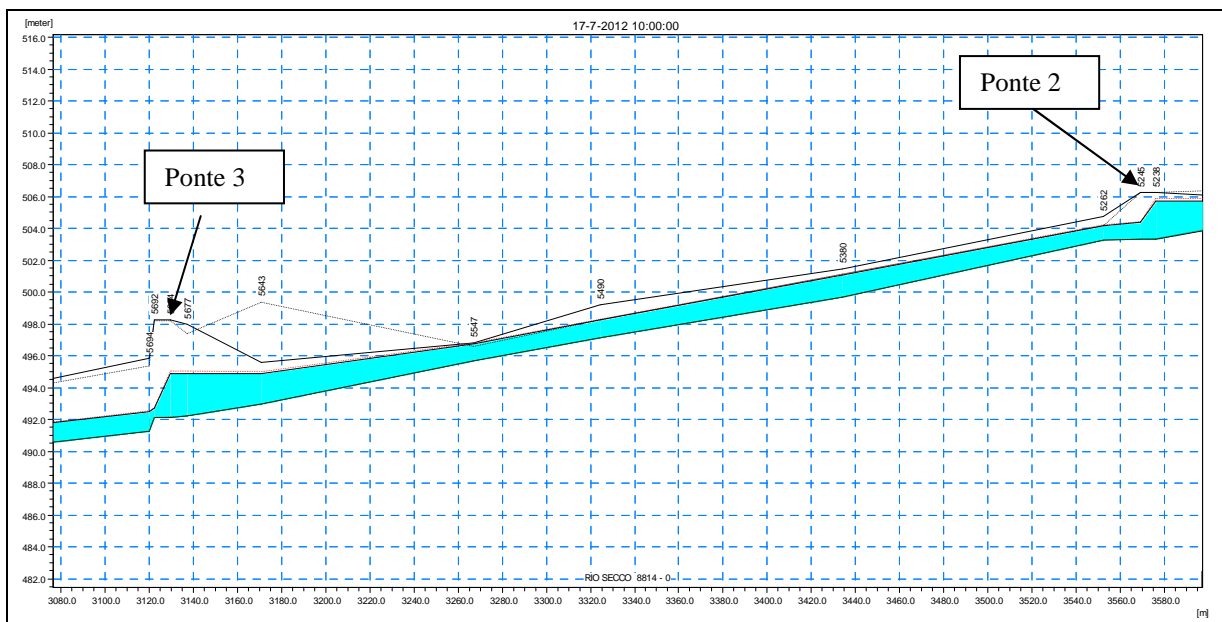


Figura 48 – profilo di piena in alveo Rio Secco – tratto a monte del Ponte 3 – T=100 anni

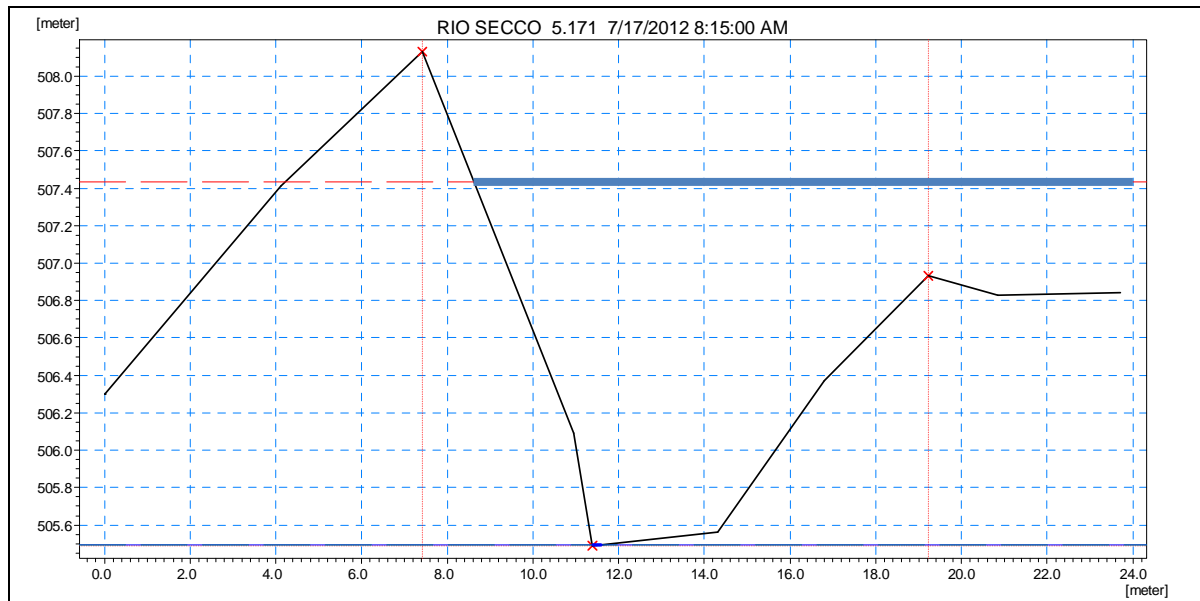


Figura 49 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.1 – T=100 anni (sez. 13V – progr. 5.170 m)

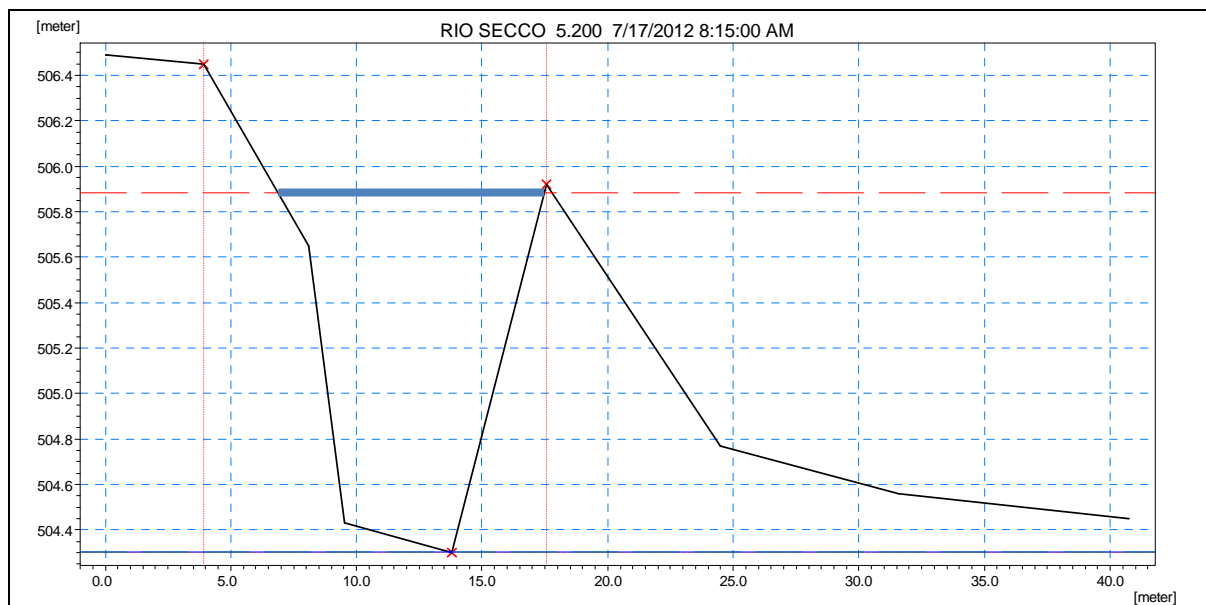


Figura 50 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.2 – T=100 anni (sez. 14V – progr. 5.200 m)

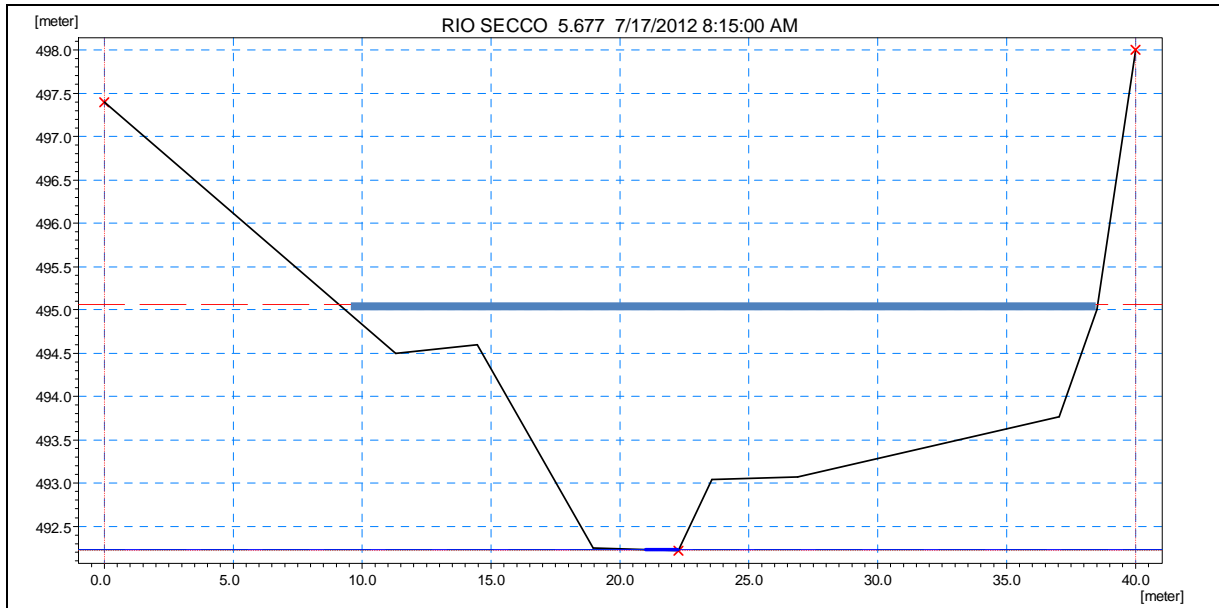


Figura 51 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.3 – T=100 anni (sez. 20V – progr. 5.677 m)

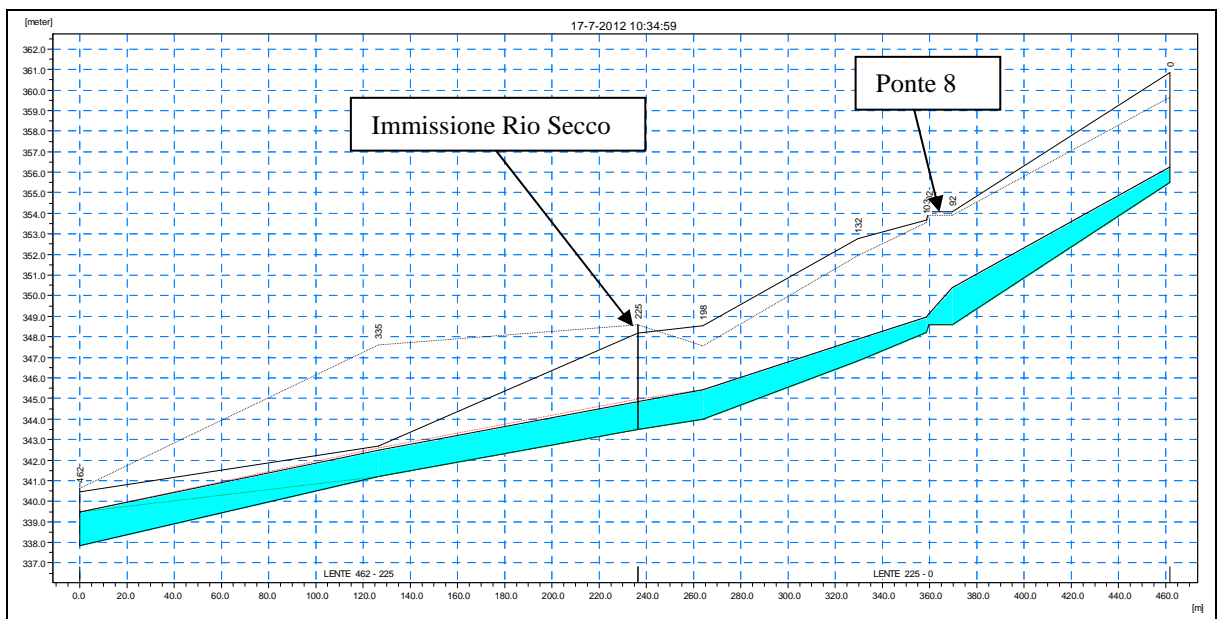


Figura 52 – profilo di piena T. Lente nel tratto di immissione del Rio Secco – T=100 anni

4.8.3 Simulazione per tempo di ritorno T=100 anni e contributo di progetto dal bacino di Monte Alto

Partendo dai risultati della modellazione idraulica del Rio Secco di cui ai precedenti paragrafi e considerando la configurazione geometrica di stato di fatto, è stata simulato il deflusso della portata di piena T=100 anni incrementato del contributo proveniente dal canale di gronda di Monte Alto con $Q_{max} \sim 5 \text{ m}^3/\text{s}$, secondo l'idrogramma riportato in Figura 53 immesso nel

modello alla progr. 278,0 m (sez. 1M).

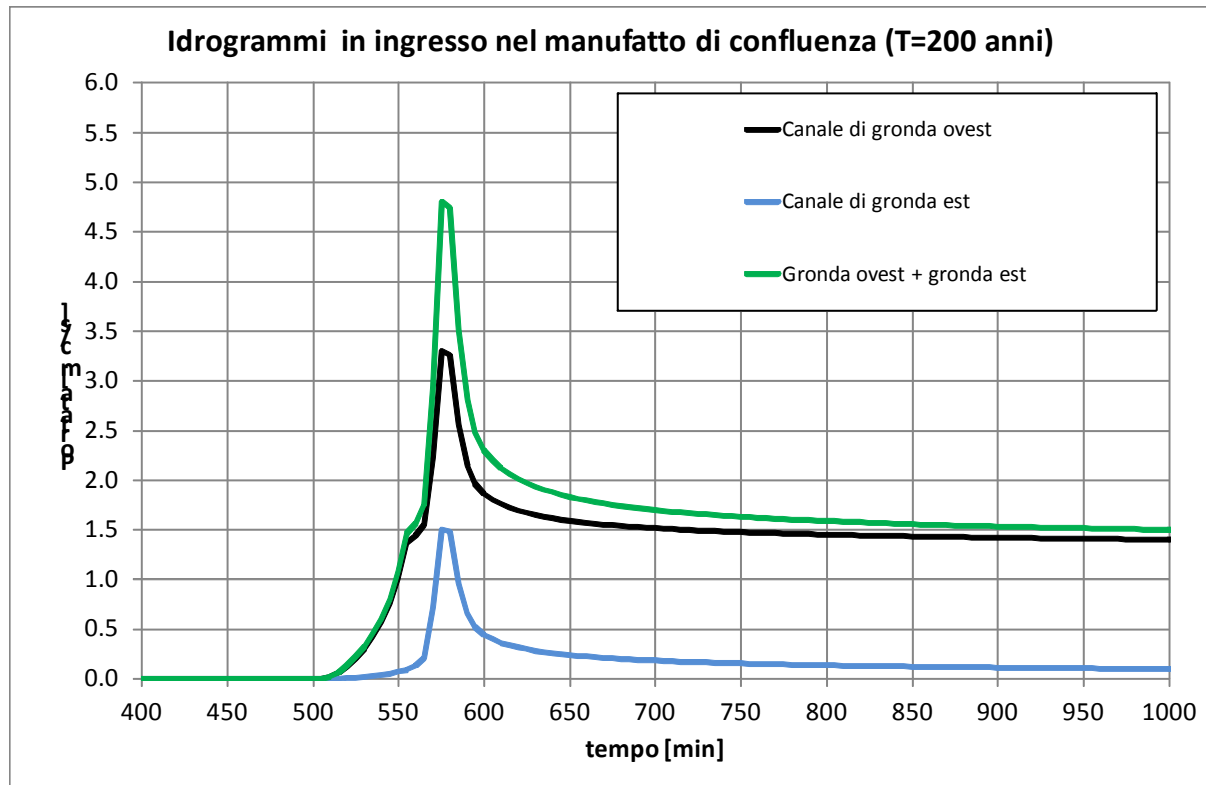


Figura 53 – idrogramma di piena proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto immesso nel tratto iniziale del Rio Secco

È opportuno osservare preliminarmente, come meglio riportato al paragrafo 2.5, che l'idrogramma di piena considerato è riferito ad un evento di piena associato a $T=200$ anni: tuttavia, trattandosi di un contributo idrico principalmente proveniente dal canale di gronda ovest e corrispondente alla quota parte di portata transitante al di sotto della soglia sfiorante di smaltimento dei picchi di piena con recapito finale all'interno del bacino superiore di accumulo di Monte Alto, si è ritenuto cautelativo considerare tale idrogramma in quanto il valore di portata massima al colmo non subirebbe significative riduzioni con un evento di piena $T=100$ anni.

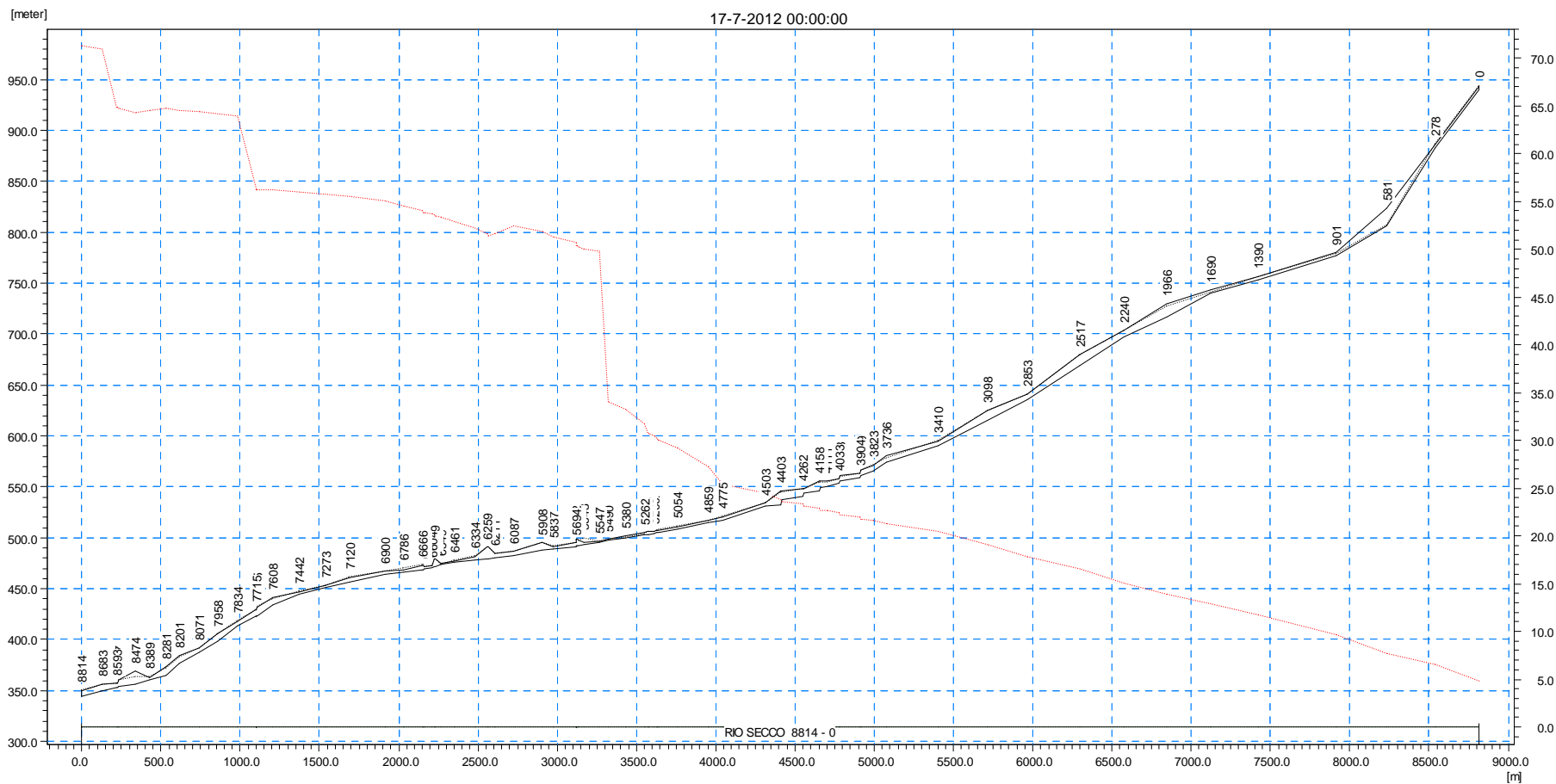


Figura 54 – andamento delle portate piena di stato di fatto incrementata del contributo proveniente dal bacino di Monte Alto (linea rossa) in alveo – Rio Secco – T=100 anni

L'analisi critica dei risultati forniti da tale modellazione e delle grandezze idrauliche ad esse associate, permette di osservare una sostanziale invarianza del funzionamento a pelo libero di tutto il tratto del Rio Secco, a partire dall'estremo di monte fino all'immissione nel T. Lente, rispetto alla condizione senza contributo del bacino di Monte Alto, con ridotti incrementi sia dell'altezza idrica (+10÷15 cm) sia della velocità di deflusso (+0,10 m/s), specialmente nel tratto di monte.

I livelli idrici risultano contenuti all'interno delle quote sommitali delle arginature, senza allagamenti delle aree golenali adiacenti, ad eccezione dei tratti posti a ridosso del Ponte n.1 (progr. 5.178 m), del Ponte n.2 (progr. 5.238 m) e del Ponte n.3 (progr. 5.685 m - loc. Ponte Sorgenza) ove la già critica situazione di stato di fatto peggiora localmente con aumento del livello di rigurgito e conseguenti locali allagamenti, seppur di entità contenuta e localizzati nell'intorno dei ponti stessi, delle aree golenali adiacenti a destinazione agricola (cfr. successive Figura 56, Figura 57 e Figura 58).

Le analisi idrauliche condotte hanno inoltre permesso di confermare il regolare funzionamento a pelo libero di quasi tutti gli attraversamenti stradali presenti lungo il corso del Rio Secco con franco di sicurezza quasi sempre superiore a 1,0 m rispetto alla quota di intradosso dell'impalcato, come riportato in Tabella 6, ad eccezione del ponte n.1, del ponte n.2 e del ponte n.7 idraulicamente insufficienti, con funzionamento in pressione.

Tabella 6 – attraversamenti stradali lungo il Rio Secco – verifica a T=100 anni – stato di fatto con contributo del bacino di Monte Alto

	Progr. (m)	Quota fondo (m s.m.)	Quota intradosso (m s.m.)	Quota idrica max (m s.m.)	Livello idrico max (m)	Portata max (m3/s)	Franco sicurezza (m)
PONTE 1	5,178.63	505.01	506.91	507.44	2.43	30.01	-0.53
PONTE 2	5,237.95	503.32	505.77	506.18	2.86	30.33	-0.41
PONTE 3	5,684.44	492.10	496.50	495.26	3.16	50.30	1.24
PONTE 4AB	6,247.82	479.45	489.73	482.02	2.57	51.30	7.71
PONTE 4CD	6,583.50	471.42	477.82	474.41	2.99	53.39	3.41
PONTE 5	6,659.56	468.20	472.15	471.63	3.43	53.83	0.52
PONTE 6	7,710.29	422.65	428.95	423.96	1.31	56.24	4.99
PONTE 7	8,586.21	353.25	356.05	356.47	3.22	64.80	-0.42

In Figura 55 è riportato il profilo di deflusso del Rio Secco in corrispondenza del Ponte 1 e del Ponte 2 associato ad una portata di piena di T=100 anni con contributo proveniente dal

bacino di Monte Alto. Rispetto alla situazione idraulica di stato di fatto, l'incremento di portata amplifica il fenomeno di rigurgito indotto dalle strozzature identificate nelle strutture scatolari sia del Ponte 1 (dim. 3,05 x 1,80 m) sia del Ponte 2 (dim. 4,10 x 2,45 m) con sormonto delle quote arginali e locali allagamenti delle aree agricole adiacenti, senza che comunque vengano interessate aree urbanizzate.

Per quanto riguarda invece il Ponte 7, considerato il locale funzionamento in pressione della struttura già evidenziato come criticità nella configurazione di stato di fatto a T=100 anni, il locale rigurgito ed innalzamento del profilo idraulico, non determina superamenti della sommità stradale in corrispondenza del ponte stesso (cfr. Figura 59).

Infine in Figura 60 è riportato il profilo di deflusso del T. Lente in corrispondenza dell'immissione del Rio Secco: le analisi idrauliche condotte per eventi di piena T=100 anni permettono di verificare il regolare e corretto deflusso delle acque senza sormonti arginali, né rigurgiti indotti dall'immissione del Rio Secco, nonché il regolare deflusso della portata centennale con congruo franco di sicurezza rispetto all'intradosso dell'impalcato del Ponte 8 a monte dell'immissione.

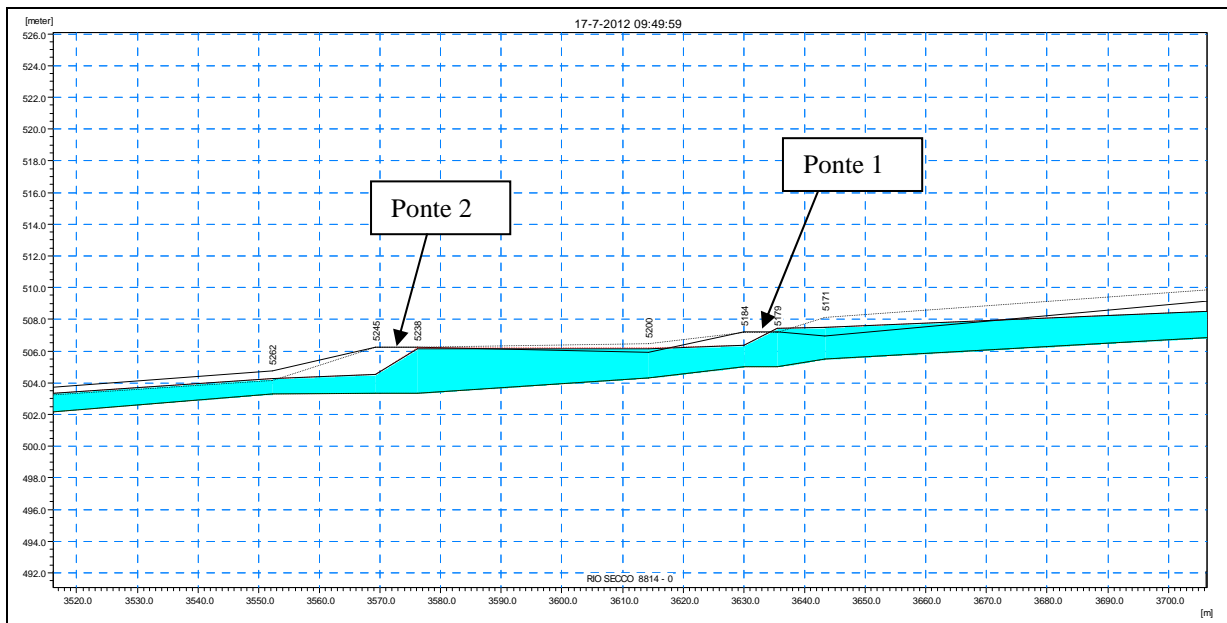


Figura 55 – profilo di piena in alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e 2 – T=100 anni e contributo Monte Alto

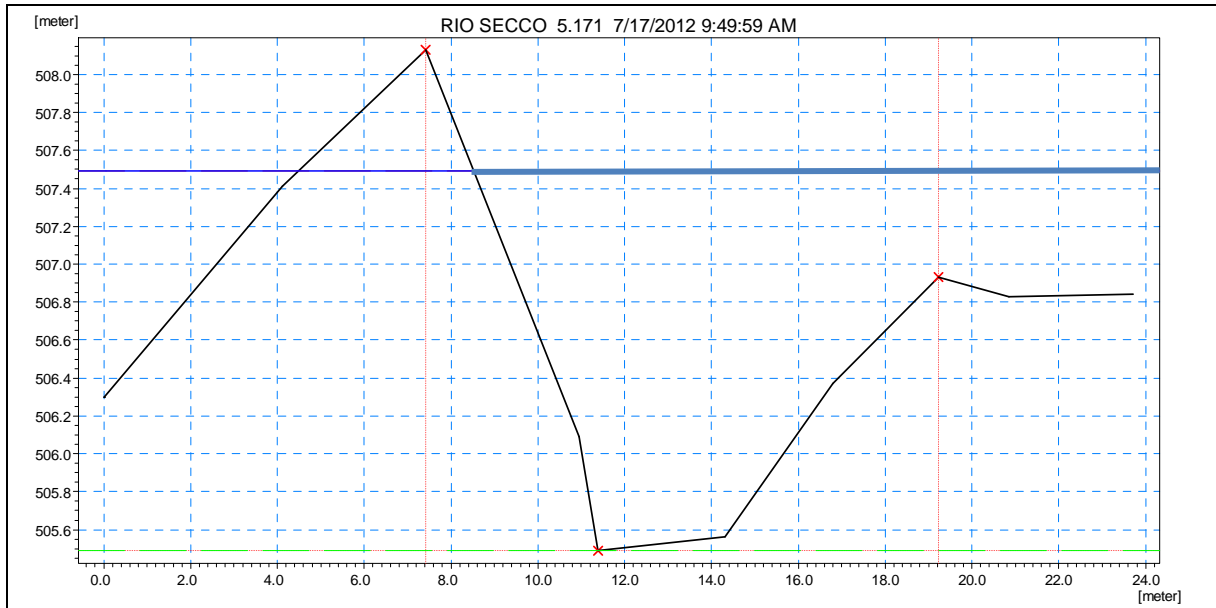


Figura 56 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.1 – T=100 anni e contributo Monte Alto (sez. 13V – progr. 5.170 m)

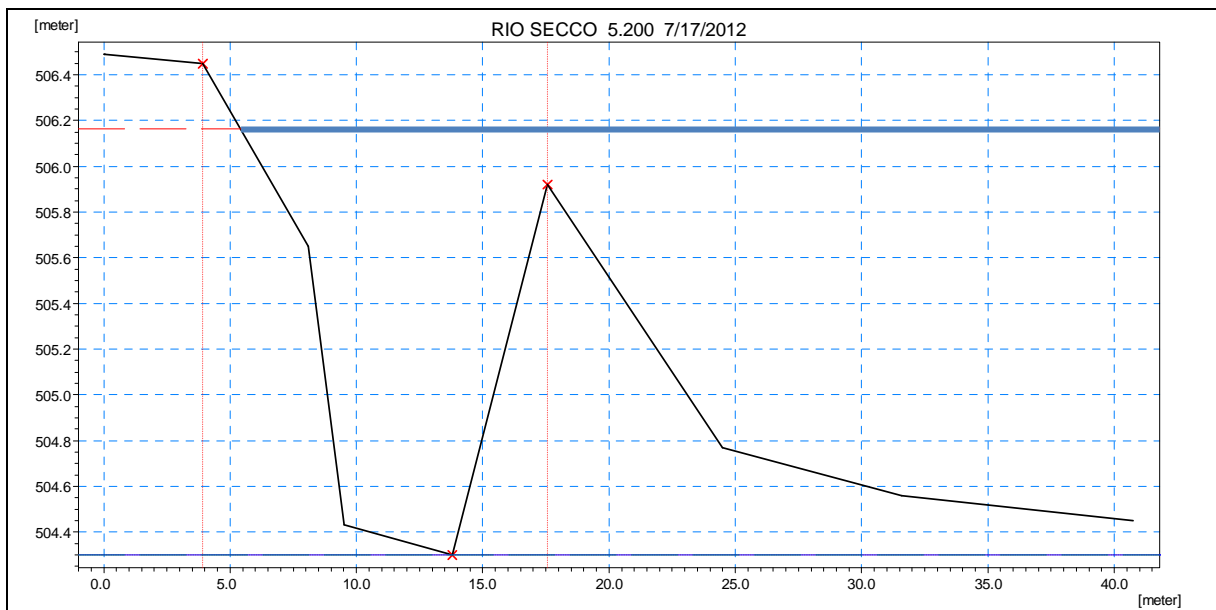


Figura 57 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.2 – T=100 anni e contributo Monte Alto (sez. 14V – progr. 5.200 m)

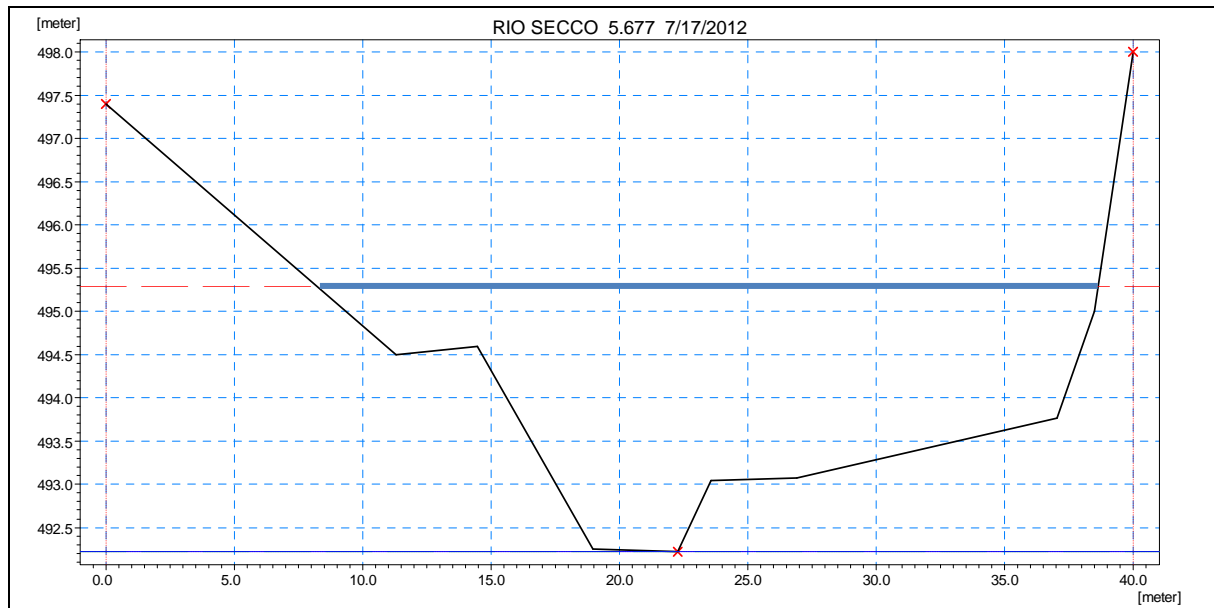


Figura 58 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.3 – T=100 anni e contributo Monte Alto (sez. 20V – progr. 5.677 m)

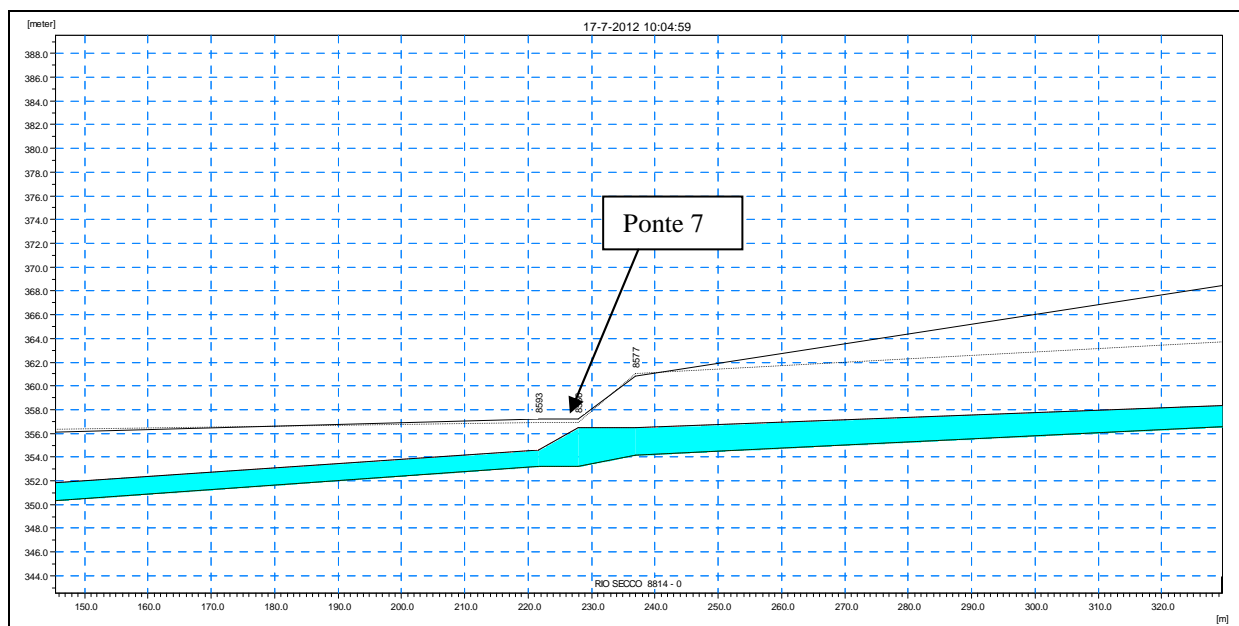


Figura 59 – profilo di piena in alveo Rio Secco - zona Ponte 7 – T=100 anni e contributo Monte Alto

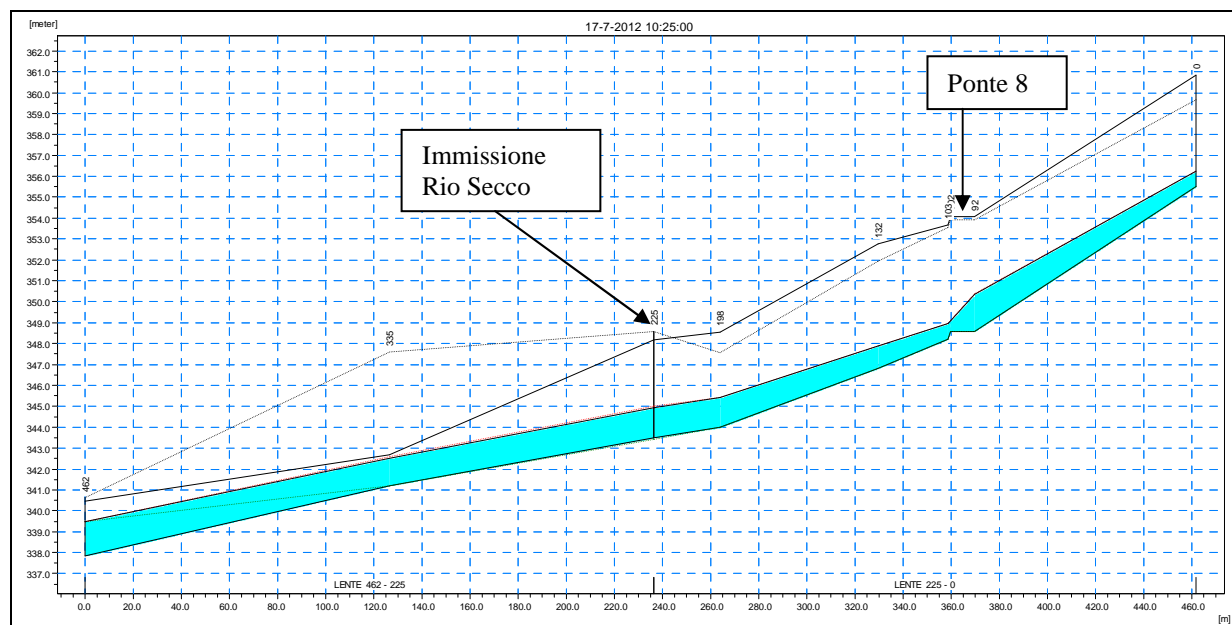


Figura 60 – profilo di piena T. Lente nel tratto di immissione del Rio Secco – T=100 anni contributo Monte Alto

4.8.4 Simulazione per tempo di ritorno T=50 anni e contributo di progetto dal bacino di Monte Alto

Partendo dai risultati della modellazione idraulica del Rio Secco di cui al precedente paragrafo e considerando la configurazione geometrica di stato di fatto, è stata simulato il deflusso della portata di piena T=50 anni incrementato del contributo proveniente dal canale di gronda di Monte Alto con $Q_{max} \sim 5 \text{ m}^3/\text{s}$, secondo l'idrogramma riportato in Figura 53 immesso nel modello alla progr. 278,0 m (sez. 1M), al fine di valutare le eventuali insufficienze idrauliche conseguenti all'incremento della portata proveniente da monte.

L'analisi critica dei risultati forniti da tale modellazione e delle grandezze idrauliche ad esse associate, permette di osservare il regolare deflusso delle portate lungo tutto l'alveo del Rio Secco, a partire dall'estremo di monte fino all'immissione nel T. Lente. A parità di onda di piena associata a T=50 anni, l'incremento della portata al colmo di $5 \text{ m}^3/\text{s}$ rispetto alla condizione senza contributo del bacino di Monte Alto, determina un incremento dell'altezza idrica di +15÷20 cm nel tratto di monte fino alla loc. Ciarli (sez. 11 – progr. 4.860 m) e di +10 cm nel tratto di valle fino all'immissione nel T. Lente, con incremento medio della velocità di deflusso di circa +0,10 m/s, specialmente nel tratto di monte.

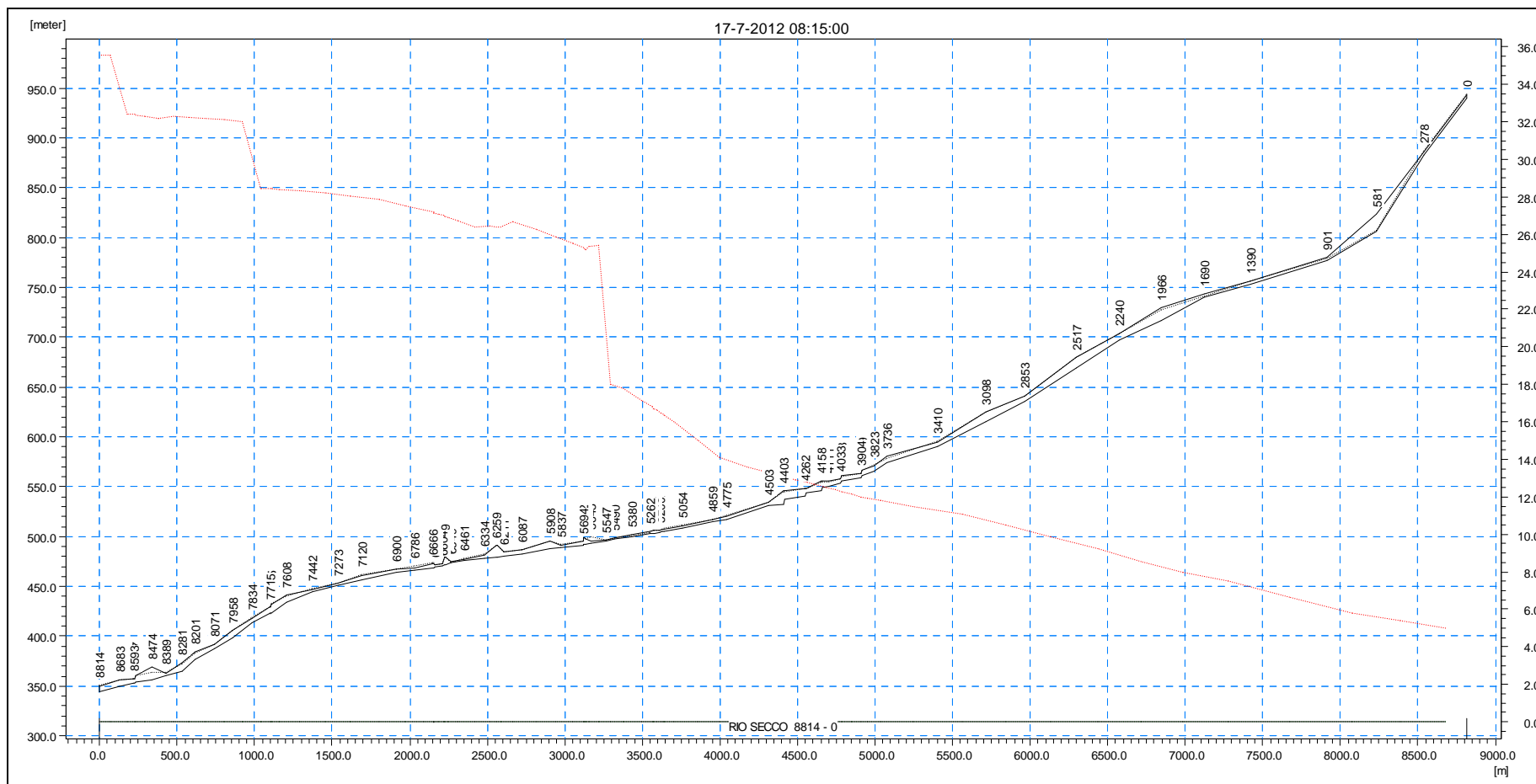


Figura 61 – andamento delle portate piena di stato di fatto incrementata del contributo proveniente dal bacino di Monte Alto (linea rossa) in alveo – Rio Secco – T=50 anni

Così come riportato nelle successive Figura 62, Figura 63 e Figura 64, i livelli idrici risultano contenuti all'interno delle quote sommitali delle arginature, senza allagamenti delle aree golenali adiacenti, ad eccezione dei tratti posti a ridosso del ponte n.1 (progr. 5.178 m).

Le analisi idrauliche condotte hanno confermato il regolare funzionamento a pelo libero di quasi tutti gli attraversamenti stradali presenti lungo il corso del Rio Secco con franco di sicurezza quasi sempre superiore a 1,0 m rispetto alla quota di intradosso dell'impalcato, come riportato in Tabella 7, ad eccezione del ponte n.1, idraulicamente insufficiente, caratterizzato da un locale funzionamento in pressione. È comunque necessario osservare come tale attraversamento si trovi già in condizioni critiche anche con una portata T=50 anni (~10 m³/s) a cui corrisponde un franco di sicurezza di circa 10 cm: l'incremento di portata corrispondente al contributo proveniente dal bacino di Monte Alto amplifica il mal funzionamento idraulico dell'attraversamento, senza che ci sia sormonto del piano stradale, così come riportato in Figura 65.

Tabella 7 – attraversamenti stradali lungo il Rio Secco – verifica a T=50 anni – stato di fatto con contributo del bacino di Monte Alto

	Progr. (m)	Quota fondo (m s.m.)	Quota intradosso (m s.m.)	Quota idrica max (m s.m.)	Livello idrico max (m)	Portata max (m ³ /s)	Franco sicurezza (m)
PONTE 1	5,178.63	505.01	506.91	507.23	2.22	16.38	-0.32
PONTE 2	5,237.95	503.32	505.77	505.16	1.84	16.62	0.61
PONTE 3	5,684.44	492.10	496.50	493.98	1.88	25.21	2.52
PONTE 4AB	6,247.82	479.45	489.73	481.41	1.96	26.39	8.32
PONTE 4CD	6,583.50	471.42	477.82	473.54	2.12	26.90	4.28
PONTE 5	6,659.56	468.20	472.15	470.33	2.13	27.15	1.82
PONTE 6	7,710.29	422.65	428.95	423.47	0.82	28.44	5.48
PONTE 7	8,586.21	353.25	356.05	355.23	1.98	32.37	0.82

Infine in è riportato il profilo di deflusso del T. Lente in corrispondenza dell'immissione del Rio Secco: le analisi idrauliche condotte per eventi di piena T=100 anni permettono di verificare il regolare e corretto deflusso delle acque senza sormonti arginali, ne rigurgiti indotti dall'immissione del Rio Secco, nonché il regolare deflusso della portata centennale con congruo franco di sicurezza rispetto all'intradosso dell'impalcato del Ponte 8 a monte dell'immissione.

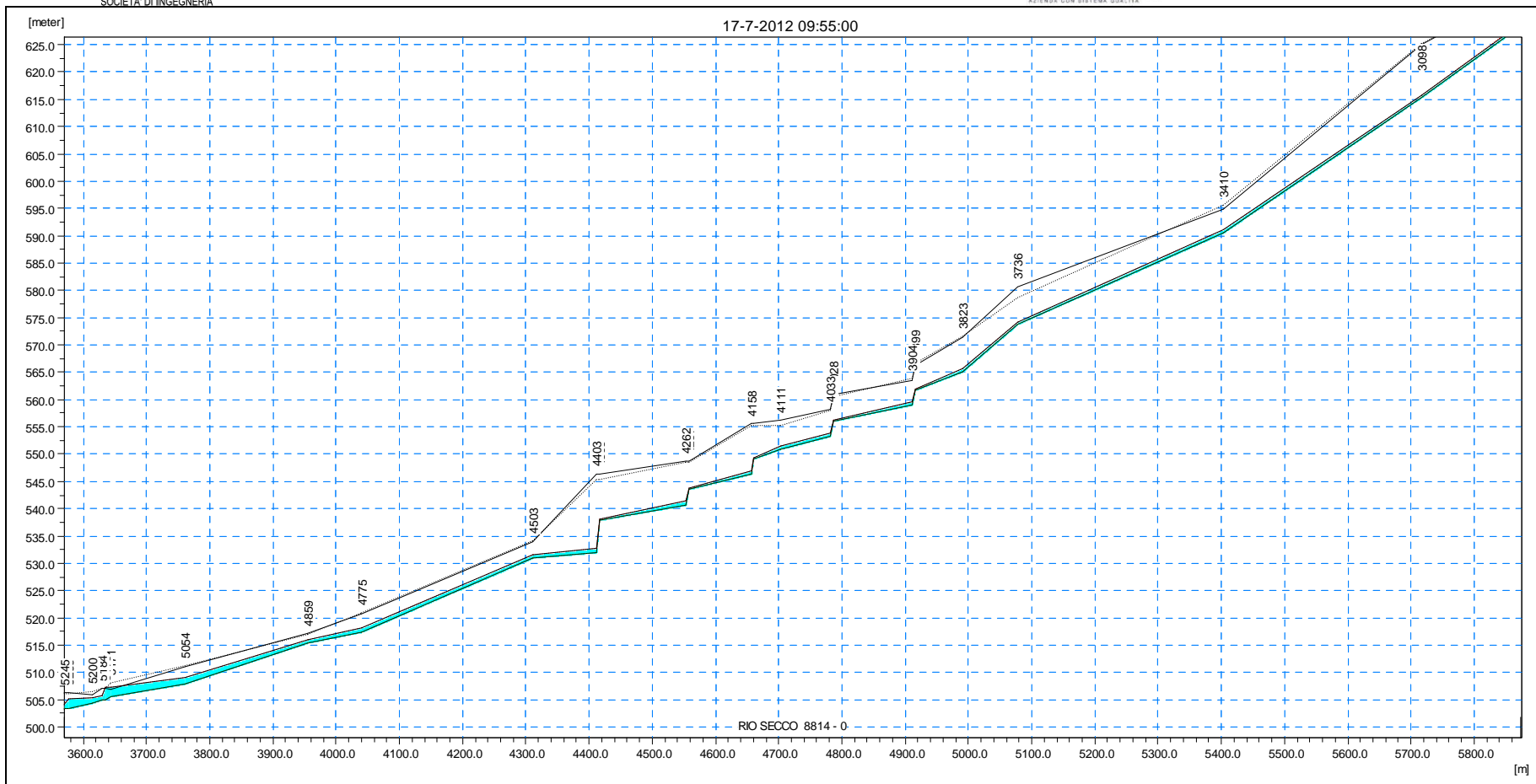


Figura 62 – profilo di piena in alveo – tratto di monte Rio Secco – T=50 anni con contributo di Monte Alto

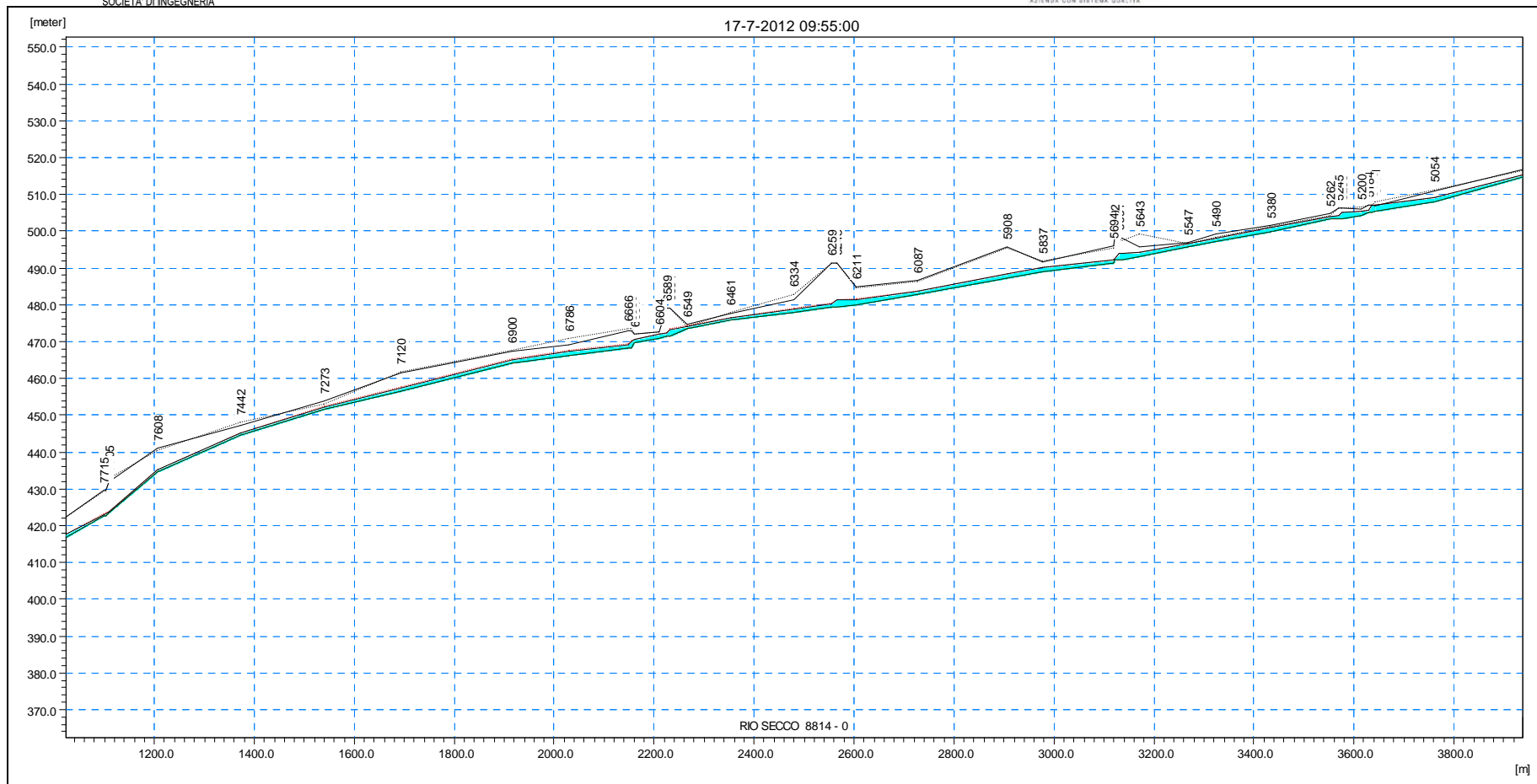


Figura 63 – profilo di piena in alveo – tratto di valle Rio Secco – T=50 anni con contributo di Monte Alto

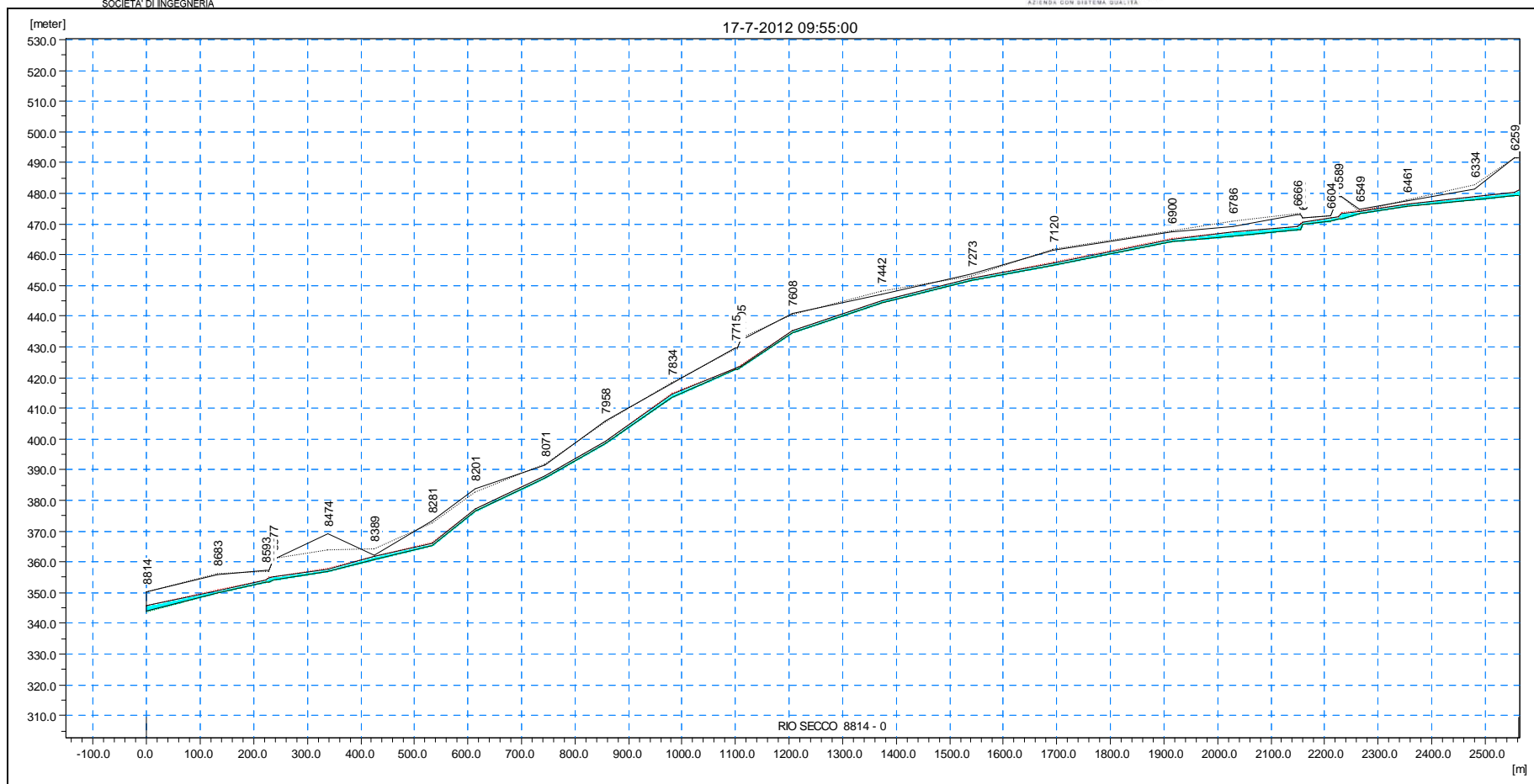


Figura 64 – profilo di piena in alveo – tratto di valle Rio Secco in corrispondenza dell’immissione nel T. Lente – T=50 anni con contributo di Monte Alto

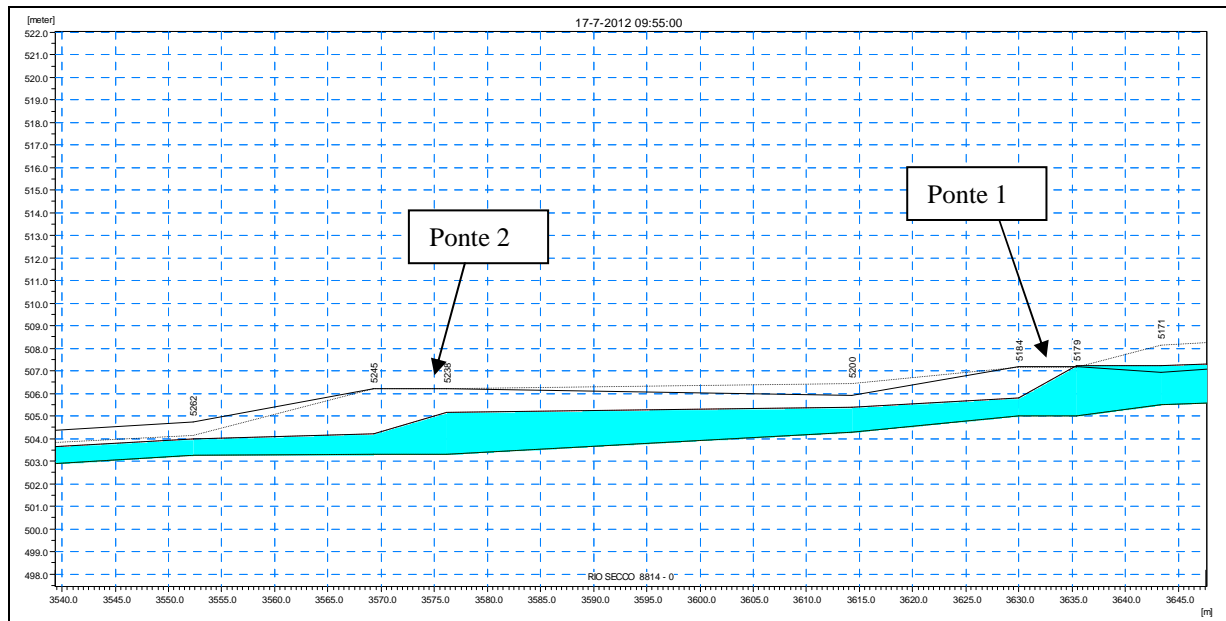


Figura 65 – profilo di piena in alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e 2 – T=50 anni e contributo Monte Alto

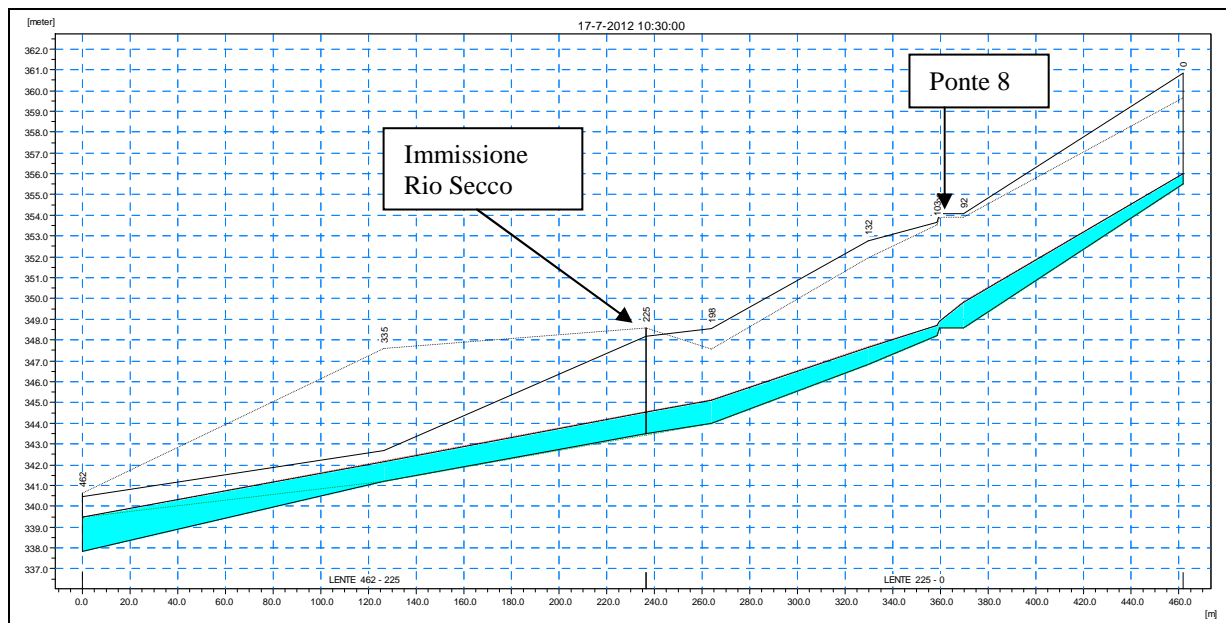


Figura 66 – profilo di piena T. Lente nel tratto di immissione del Rio Secco – T=50 anni contributo Monte Alto

4.9 VERIFICHE IDRAULICHE CON CONFIGURAZIONE GEOMETRICA DI PROGETTO

Considerati i risultati forniti dalle analisi svolte per la verifica di compatibilità idraulica del Rio Secco nella configurazione di stato di fatto di cui ai precedenti paragrafi e l'analisi critica di tali dati, è stato possibile constatare la presenza di alcune criticità idrauliche lungo l'alveo del Rio Secco, in particolar modo nel tratto intermedio posto a cavallo con gli attraversamenti stradali identificati dai Ponti n.1, n.2 e n.3 (loc. Ciarli e Loc. Ponte Sorgenza).

In particolare si osservano locali rigurgiti del profilo di corrente associato ad eventi di piena di $T=100$ anni a monte dei suddetti ponti, con superamenti delle quote arginale dell'alveo, seppur di poche decine di centimetri, e locali allagamenti delle aree agricole adiacenti. Tale problematica tende ad amplificarsi considerando il contributo proveniente dal canale di gronda del bacino superiore di Monte Alto in progetto immesso nel tratto iniziale del Rio Secco.

Pertanto, al fine di garantire la compatibilità idraulica dell'alveo del Rio Secco al deflusso sia della portata associata ad un evento di piena di $T=100$ anni sia del contributo proveniente dal bacino superiore di Monte Alto, la in prima analisi, si è valutata l'opportunità di innalzare localmente le sommità arginali dell'alveo del Rio Secco di circa $40\div 50$ cm nei tratti posti a ridosso dei suddetti ponti (tratto da sez. 12V – progr. 5.054 m a sez. 20V – progr. 5.680 m) al fine di scongiurare il rischio di allagamento golenale.

Tuttavia tale soluzione non è da sola in grado di ridurre il rischio di allagamento delle aree agricole per piene di $T=100$ anni, in quanto permangono le criticità idrauliche al deflusso indotto dalle limitate dimensioni delle luci costituenti i ponti delle strade poderali identificati come Ponte n.1 (scatolare in c.a. dim. $3,05 \times 1,90$ m - progr. 5.178 m) e Ponte n.2 (scatolare in c.a. dim. $4,10 \times 2,45$ m – progr. 5.238 m).

Pertanto si è valutato il comportamento idraulico del Rio Secco mediante una modellazione idraulica in cui le caratteristiche geometriche di stato di fatto sono state parzialmente modificate con una possibile configurazione di progetto consistente nel locale innalzamento delle sommità arginali in destra e sinistra di circa $40\div 50$ cm del Rio Secco per un tratto di circa 600 m da sez. 12V – progr. 5.054 m a sez. 20V – progr. 5.680 m, e nella modifica della geometria delle luci di deflusso del Ponte n.1 con dim. $5,05 \times 2,40$ m e del Ponte n.2 con dim. $6,10 \times 2,80$ m.

L'analisi critica dei risultati forniti da tale modellazione per eventi di piena associati a $T=100$ anni e delle grandezze idrauliche ad esse associate, permette di osservare il regolare deflusso delle portate lungo tutto l'alveo del Rio Secco, a partire dall'estremo di monte fino all'immissione nel T. Lente, con particolare attenzione al tratto critico precedentemente identificato tra le progr. 5.053 m e la progr. 5.690 m, come riportato in Figura 67.

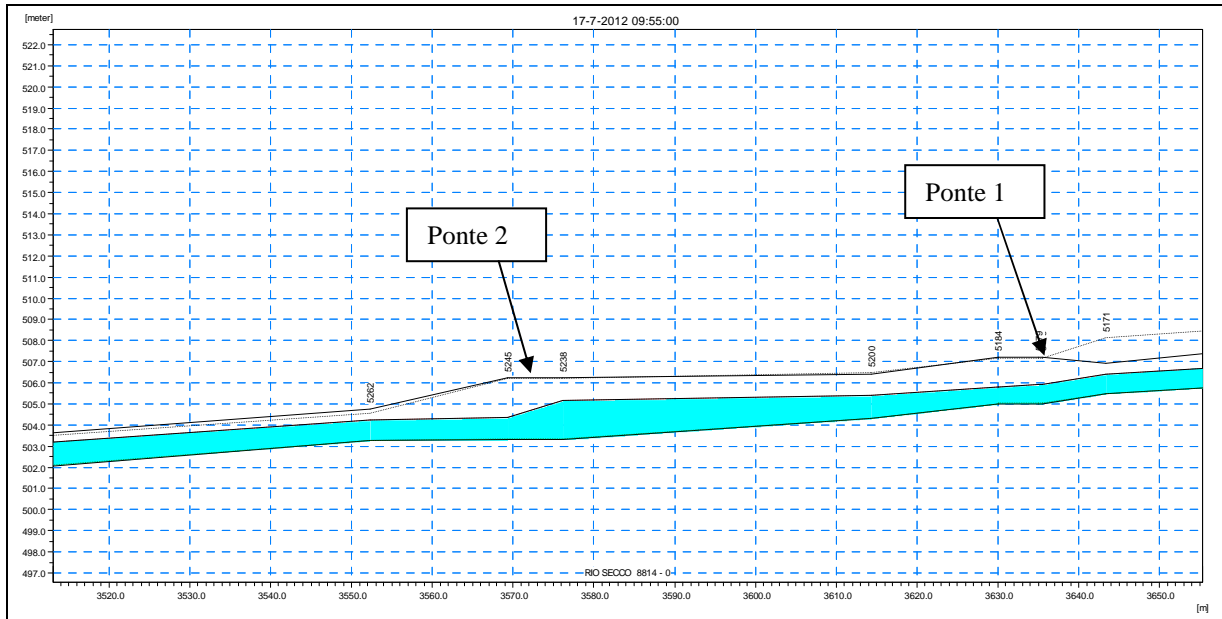


Figura 67 – profilo di piena alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e 2 – T=100 anni – configurazione di progetto

Analogamente a quanto sopra, l'analisi idraulica condotta considerando anche il contributo immesso dal bacino superiore di Monte Alto permette di osservare l'assenza di condizioni di criticità idraulica nonché il regolare deflusso delle portate lungo tutto l'alveo del Rio Secco, a partire dall'estremo di monte fino all'immissione nel T. Lente, con particolare attenzione al tratto critico precedentemente identificato tra le progr. 5.053 m e la progr. 5.690 m, come riportato in Figura 68, Figura 69 e Figura 70.

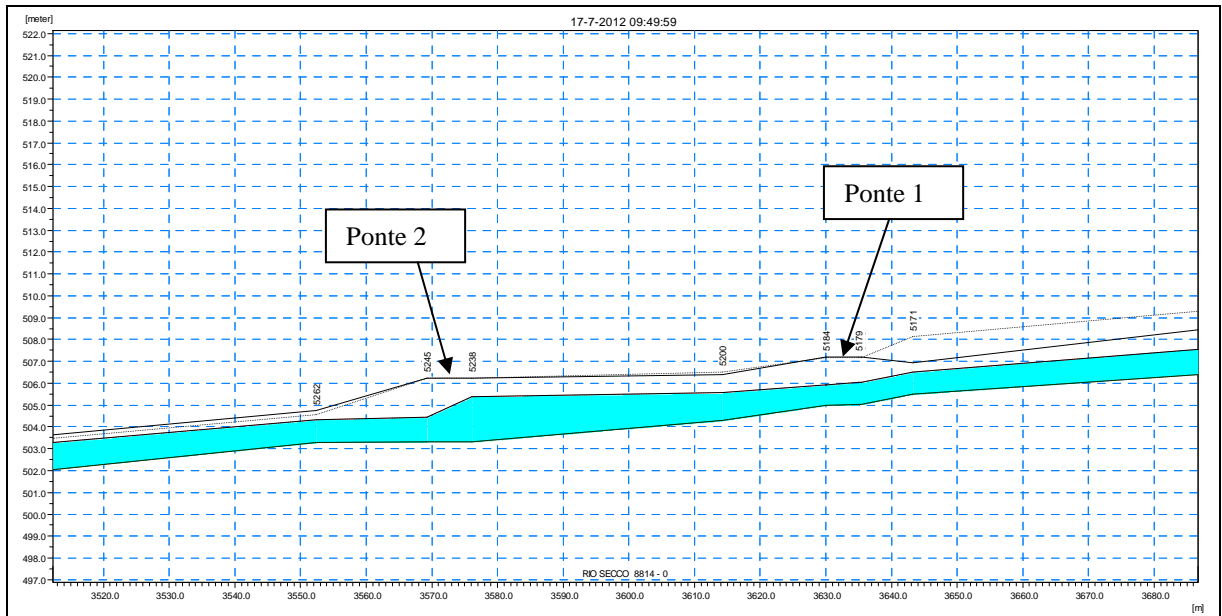


Figura 68 – profilo di piena alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e 2 – T=100 anni – configurazione di progetto e contributo proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto

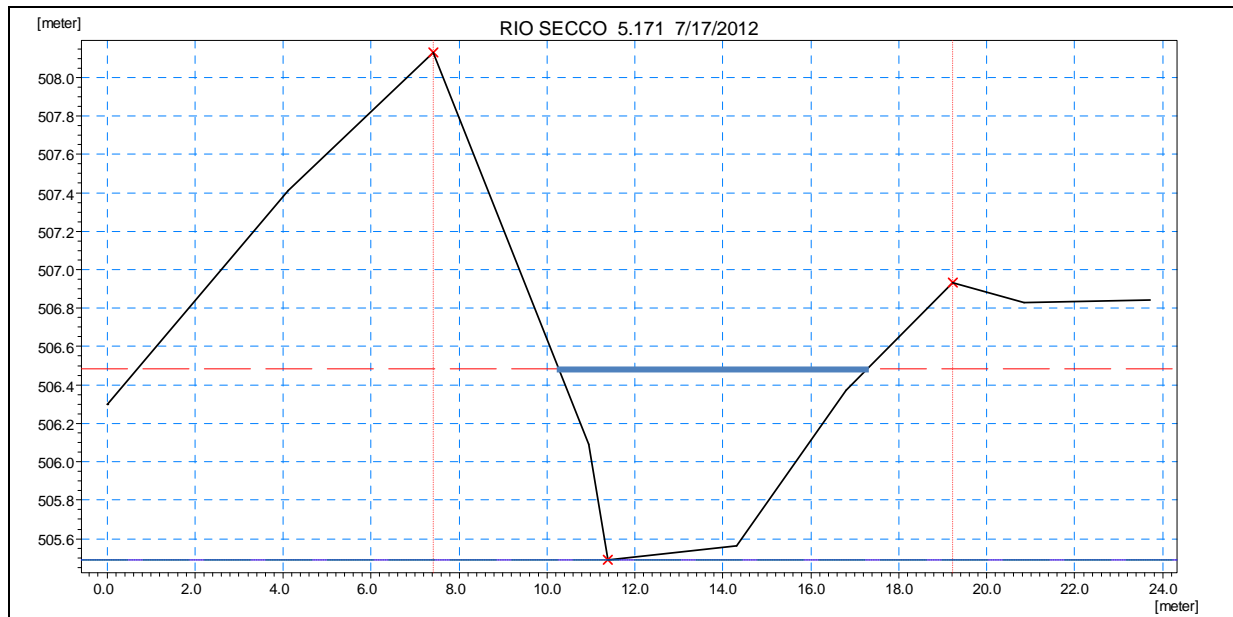


Figura 69 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.1 – T=100 anni - configurazione di progetto e contributo Monte Alto (sez. 13V – progr. 5.170 m)

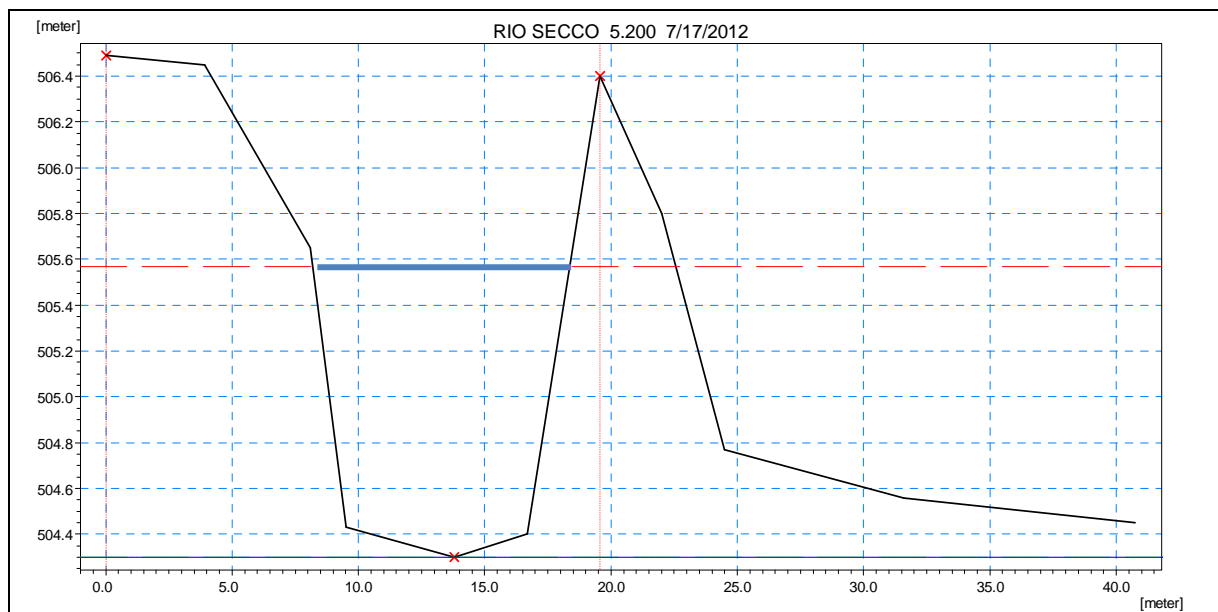


Figura 70 – sezione alveo Rio Secco a monte del Ponte n.2 – T=100 anni - configurazione di progetto e contributo Monte Alto (sez. 14V – progr. 5.200 m)

Le analisi idrauliche condotte con la configurazione di progetto e per eventi di piena a T=100 anni, sia senza il contributo del Bacino di Monte Alto sia con il contributo dello stesso, hanno confermato il regolare funzionamento a pelo libero di quasi tutti gli attraversamenti stradali presenti lungo il corso del Rio Secco, così come riportato in Tabella 8 ed in Tabella 9,

con franco di sicurezza quasi sempre superiore a 1,0 m rispetto alla quota di intradosso dell'impalcato, come riportato in, ad eccezione del ponte n.7, idraulicamente insufficiente, caratterizzato da un locale e contenuto funzionamento in pressione. È comunque necessario osservare come tale attraversamento (Ponte n.7) si trovi già in condizioni critiche anche nella verifica di stato di fatto (cfr. precedente Tabella 5) ed il suo locale malfunzionamento è comunque tale da non creare particolari problematiche, non configurandosi il rischio di sormonto del piano stradale e/o di allagamento di aree golenali adiacenti.

Tabella 8 – attraversamenti stradali lungo il Rio Secco – verifica a T=100 anni – configurazione di progetto senza contributo del bacino di Monte Alto

	Progr. (m)	Quota fondo (m s.m.)	Quota intradosso (m s.m.)	Quota idrica max (m s.m.)	Livello idrico max (m)	Portata max (m ³ /s)	Franco sicurezza (m)
PONTE 1	5,178.63	505.01	507.41	505.92	0.91	25.32	1.49
PONTE 2	5,237.95	503.32	506.42	505.17	1.85	25.90	1.25
PONTE 3	5,684.44	492.10	496.50	495.03	2.93	45.28	1.47
PONTE 4AB	6,247.82	479.45	489.73	481.91	2.46	46.62	7.82
PONTE 4CD	6,583.50	471.42	477.82	474.26	2.84	48.34	3.56
PONTE 5	6,659.56	468.20	472.15	471.39	3.19	48.63	0.76
PONTE 6	7,710.29	422.65	428.95	423.88	1.23	50.89	5.07
PONTE 7	8,586.21	353.25	356.05	356.25	3.00	59.67	-0.20

Tabella 9 – attraversamenti stradali lungo il Rio Secco – verifica a T=100 anni – configurazione di progetto con contributo del bacino di Monte Alto

	Progr. (m)	Quota fondo (m s.m.)	Quota intradosso (m s.m.)	Quota idrica max (m s.m.)	Livello idrico max (m)	Portata max (m ³ /s)	Franco sicurezza (m)
PONTE 1	5,178.63	505.01	507.41	506.02	1.01	30.00	1.39
PONTE 2	5,237.95	503.32	506.42	505.39	2.07	30.50	1.03
PONTE 3	5,684.44	492.10	496.50	495.26	3.16	50.35	1.24
PONTE 4AB	6,247.82	479.45	489.73	482.02	2.57	51.71	7.71
PONTE 4CD	6,583.50	471.42	477.82	474.41	2.99	53.48	3.41
PONTE 5	6,659.56	468.20	472.15	471.64	3.44	53.98	0.51
PONTE 6	7,710.29	422.65	428.95	423.97	1.32	56.61	4.98
PONTE 7	8,586.21	353.25	356.05	356.47	3.22	64.94	-0.42

Le modifiche della geometria d'alveo (innalzamento delle sommità arginali) e delle

dimensioni utili al deflusso dei Ponti n.1 e n.2 proposte come soluzioni di progetto al fine di risolvere le criticità idrauliche del Rio Secco non sono comunque tali da alterare le caratteristiche dell'idrogramma di piena transitante a valle dei suddetti ponti, sia come forma sia come portata di picco (cfr. successive Figura 71 e Figura 72), evitando quindi che ci sia il rischio di far defluire una portata maggiore rispetto allo stato di fatto ovvero evitando di aumentare il rischio idraulico delle aree urbane poste a valle.

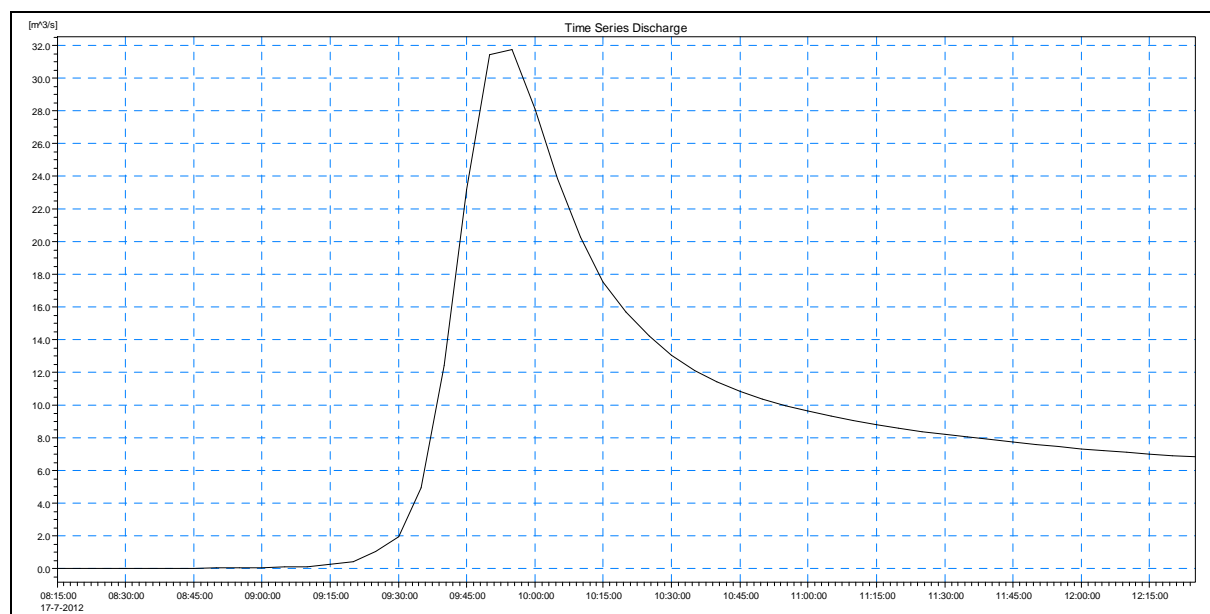


Figura 71 – idrogramma di piena a valle del Ponte 2 alla progr. 5.320 m – T=100 anni – configurazione di stato di fatto e contributo proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto

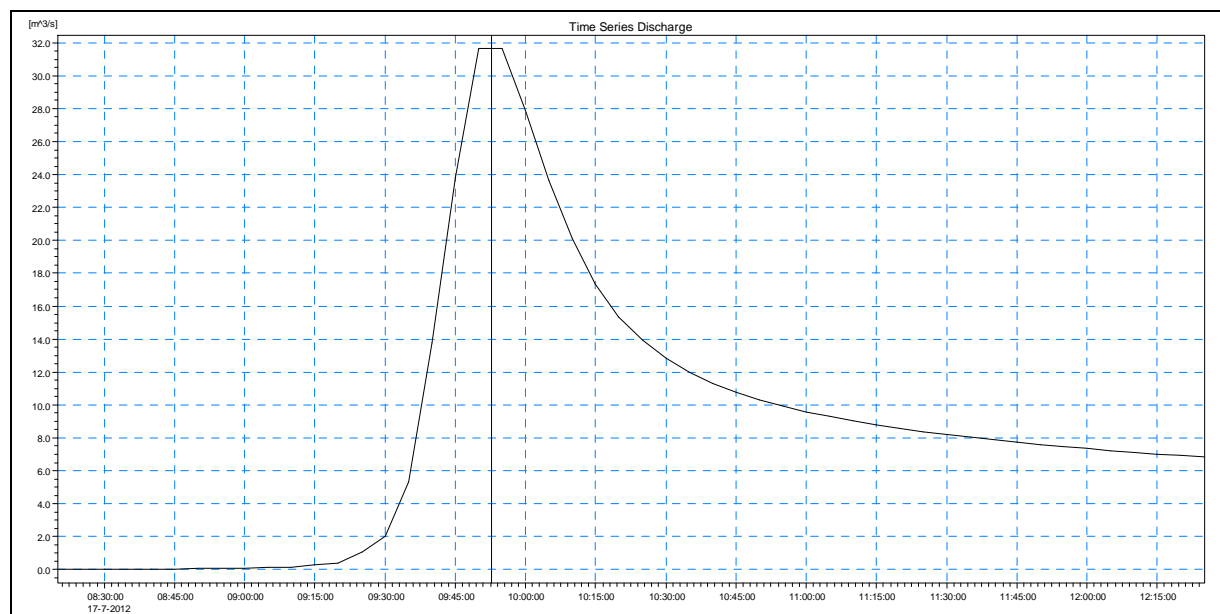


Figura 72 – idrogramma di piena a valle del Ponte 2 alla progr. 5.320 m – T=100 anni – configurazione di progetto e contributo proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto

4.10 VALUTAZIONI IDRAULICHE CON CONFIGURAZIONE GEOMETRICA DI PROGETTO E FUNZIONAMENTO DELLO SCARICO DI FONDO DEL BACINO DI MONTE ALTO

Come riportato al precedente paragrafo 2.7, l'impianto idroelettrico in progetto prevede la realizzazione di scarico di fondo del bacino superiore di Monte Alto al fine di garantire sia la completa sicurezza idraulica dell'impianto, sia la versatilità gestionale in occasione di interventi ordinari e straordinari di manutenzione sulle opere al fine di poter svuotare l'invaso in tempi relativamente rapidi, compatibilmente con la capacità ricettiva del sistema di valle.

Tale scarico permette di svuotare parzialmente o totalmente il bacino di Monte Alto, con recapito delle acque all'interno dell'alveo del Rio Secco di una portata massima pari a circa $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

L'impianto è progettato in modo tale che, qualora che ne sia necessità, lo svuotamento del bacino superiore di Monte Alto avvenga attraverso la galleria in pressione dell'impianto idroelettrico in grado di prelevare dall'invaso superiore una portata nominale e costante pari a $126 \text{ m}^3/\text{s}$, che consente di svuotare l'intero invaso in circa 15 ore, scaricandola direttamente all'interno del bacino inferiore di Campolattaro.

È comunque opportuno osservare come l'operazione di scarico delle portate immesse all'interno del Rio Secco attraverso la galleria di scarico di fondo del bacino di Monte Alto risulta essere una manovra eccezionale ed assolutamente straordinaria di gestione dell'impianto, che non necessariamente deve avvenire in concomitanza di un evento di piena del Rio Secco stesso. In particolare, come riportato nella Relazione idraulica, tale condizione identifica una operazione sfavorevole e assolutamente straordinaria necessaria solo nel momento in cui si rende indispensabile svuotare l'intero invaso superiore in condizioni di massima regolazione (900,00 m s.m., che si verifica generalmente solo per un giorno alla settimana) senza poter utilizzare la galleria in pressione dell'impianto.

Ciò premesso e considerato, l'eventuale operazione di scarico di volumi idrici presenti nel bacino di Monte Alto all'interno dell'alveo del Rio Secco verrà comunque effettuata solo quanto non sono in atto eventi di piena nel Rio stesso, e comunque con valori di portata eventualmente ridotti rispetto a quelli ipotizzati ($\sim 10 \text{ m}^3/\text{s}$), incrementando conseguentemente il tempo di svuotamento programmato dell'invaso.

Trattandosi di operazione di gestione straordinaria dell'impianto (come già riportato, lo svuotamento del bacino superiore è previsto tramite la galleria in pressione dell'impianto), nel caso in cui comunque questa eccezionale attività gestionale dovesse coincidere con eventi di piena nel Rio Secco, l'operazione di svuotamento del bacino superiore dovrà essere

necessariamente interrotta, fin tanto che l'evento di piena del Rio Secco sia concluso e si sia ristabilito il regime idrologico ordinario.

Sulla scorta delle analisi idrauliche descritte ai precedenti paragrafi, che hanno permesso di valutare e verificare la capacità idraulica del Rio Secco lungo il suo completo sviluppo sia nella configurazione di stato di fatto sia in quella di progetto per effetto del contributo proveniente dal canale di gronda perimetrale al bacino di Monte Alto con riferimento ad eventi di piena associati a tempi di ritorno $T=50$ anni e $T=100$ anni, sono state quindi sviluppate le necessarie considerazioni in merito alla compatibilità idraulica del Rio Secco per effetto del contributo eventualmente proveniente dallo scarico di fondo.

In particolare considerando la situazione eccezionale e straordinaria di:

- un evento di piena del Rio Secco con $T=50$ anni;
- la configurazione geometrica di progetto descritta al precedente paragrafo 4.9 (rifacimento Ponte n.1 e Ponte n.2, adeguamento quote arginali tratto da sez. 12V – progr. 5.054 m a sez. 20V – progr. 5.680 m);
- l'immissione delle portate intercettate e convogliate dal canale di gronda del bacino di Monte Alto ($Q_{\max} = 5 \text{ m}^3/\text{s}$);
- il concomitante funzionamento dello scarico di fondo del serbatoio superiore con scarico nel Rio a valle della sez. 5M – progr. 1750 m ($Q_{\max} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$);

le analisi idrauliche condotte hanno permesso di verificare il regolare deflusso delle acque ed il contenimento delle portate all'interno dell'alveo del Rio Secco, con opportuno franco di sicurezza. In Figura 73 è riportato il profilo di piena in corrispondenza dei Ponti n.1 e n.2.

Analogamente, con le medesime ipotesi, è stata condotta l'analisi idraulica considerando un evento di piena del Rio Secco con $T=100$ anni (cfr. Figura 74): in questo caso si è verificato il deflusso, seppur con minimo franco di sicurezza, delle acque ed il contenimento delle portate all'interno dell'alveo del Rio Secco lungo quasi tutto il suo sviluppo, ad eccezione del tratto compreso tra il ponte 4CD ed il Ponte 5 con locali superamenti delle quote arginali, come riportato in Figura 75.

In tale configurazione, inoltre, non viene garantito il necessario franco di sicurezza in corrispondenza degli attraversamenti stradali, comunque inferiori a 1 m.

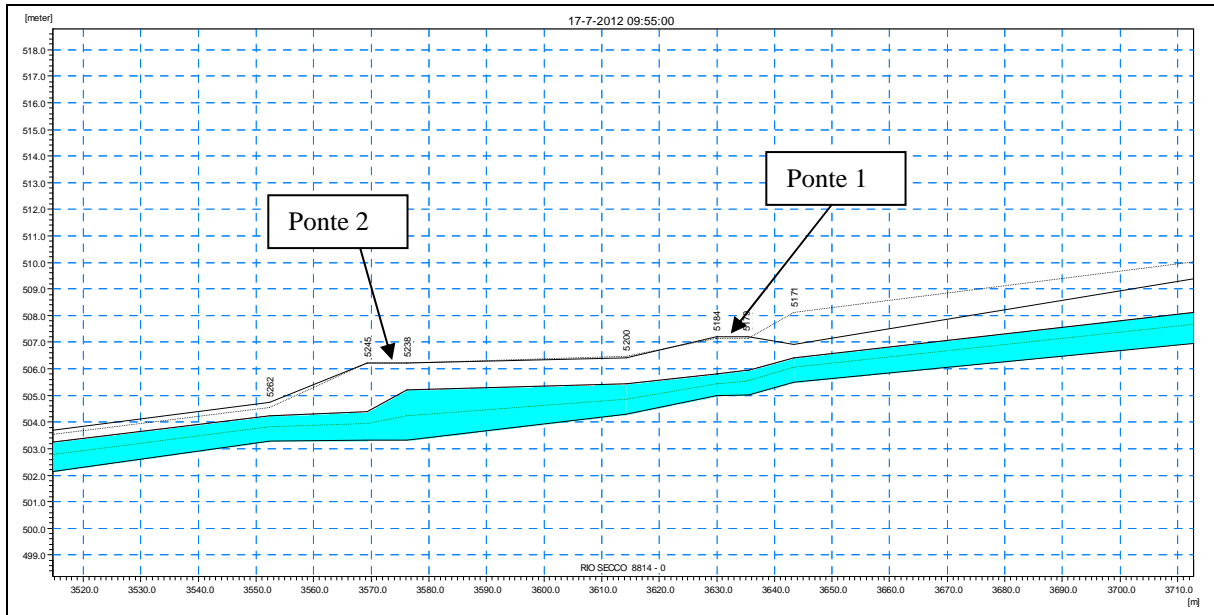


Figura 73 – profilo di piena alveo Rio Secco - zona Ponte 1 e 2 – T=50 anni – configurazione di progetto e contributo proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto e dalla galleria di scarico di fondo

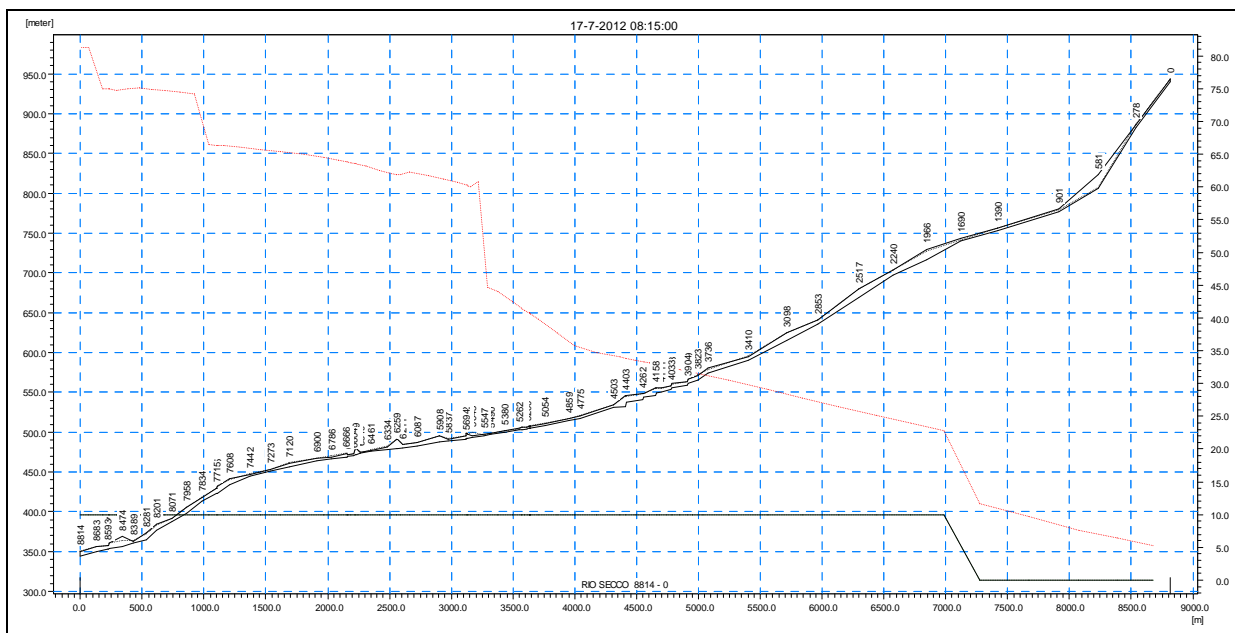


Figura 74 – andamento delle portate di piena lungo il Rio secco con evento T=100 anni – configurazione di progetto e contributo proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto e dalla galleria di scarico di fondo

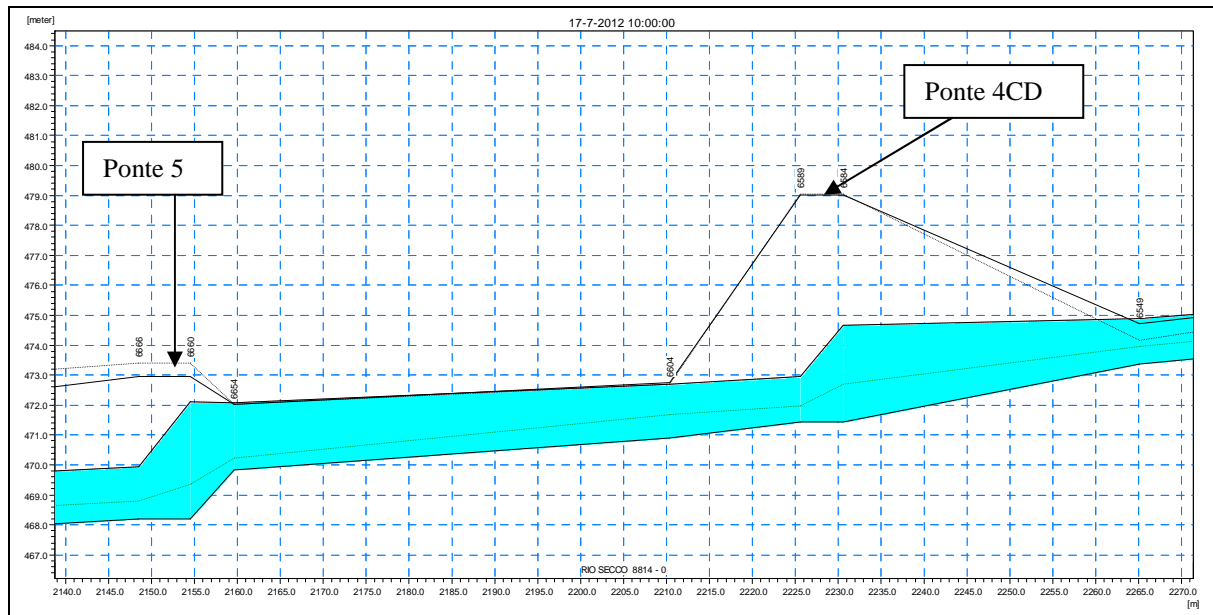


Figura 75 – profilo di piena alveo Rio Secco - zona Ponte 4CD e 5 – T=100 anni – configurazione di progetto e contributo proveniente dal canale di gronda del bacino di Monte Alto e dalla galleria di scarico di fondo

Si può quindi ragionevolmente affermare che, anche in occasione di eventi di piena eccezionali (T=50 anni e T=100 anni), l'alveo del Rio Secco, opportunamente adeguato e sistemato secondo le indicazioni riportate al paragrafo 4.9, è in grado di accogliere e veicolare anche le portate provenienti dai due punti di immissione di scarico dell'impianto idroelettrico in progetto.

5. INTERVENTI PROPOSTE

Sulla scorta delle caratteristiche geometriche e geomorfologiche dell'alveo del Rio Secco e dei risultati forniti dalle analisi svolte per la verifica di compatibilità idraulica nella configurazione di stato di fatto e di progetto nei diversi scenari considerati, è stato possibile individuare e definire una serie di interventi proposti al fine di risolvere le criticità riscontrate e rendere compatibile l'impianto idroelettrico in progetto con il Rio Secco.

Pertanto, al fine di garantire la compatibilità idraulica dell'alveo del Rio Secco al deflusso sia della portata associata ad un evento di piena di $T=100$ anni sia del contributo proveniente dal bacino superiore di Monte Alto e dallo scarico di fondo si prevede di:

- risezionare la geometria ed innalzare localmente le sommità arginali dell'alveo del Rio Secco di circa 40÷50 cm nel tratto da sez. 12V – progr. 5.054 m a sez. 20V – progr. 5.680 m a ridosso dei Ponti n.1 e n.2;
- eseguire una generale pulizia dell'alveo, mediante decespugliamento di specie arboree ed arbustive presenti lungo il greto del Rio Secco che possono, in qualche modo, ostruire o creare ostacolo al regolare deflusso delle acque;
- modificare la geometria delle luci di deflusso del Ponte n.1 e del Ponte n.2, prevedendone la demolizione e ricostruzione mediante strutture in c.a., rispettivamente di dim. 5,05 x 2,40 m (Ponte n.1) e dim. 6,10 x 2,80 m (Ponte n.2), trattandosi di ponti di attraversamento di strade poderali per l'accesso alle aree agricole;
- proteggere il fondo e le sponde del Rio Secco immediatamente a monte ed a valle degli attraversamenti stradali Ponte n.1 e Ponte n.2, oggetto di rifacimento, al fine di evitare che il locale innalzamento del valore di velocità possa innescare inaccettabili azioni erosive e di scalzamento;
- realizzare un manufatto di dissipazione dell'energia posseduta dalla corrente idrica proveniente dal canale di gronda perimetrale al bacino superiore di Monte Alto in corrispondenza nell'alveo del Rio Secco alla sez. 1M (progr. 278 m), al fine di regolarizzare il deflusso entro velocità compatibili con la morfologia del Rio secondo le caratteristiche geometriche riportate nell'elaborato grafico 483-01E-ET-DDF-143. L'alveo del Rio Secco, in corrispondenza del manufatto di immissione e confluenza, sarà opportunamente protetto mediante corazzamento del fondo e delle sponde con pietrame calcareo, onde prevenire ed evitare inaccettabili scalzamenti ed erosioni. Si prevede, inoltre, la realizzazione di una briglia in pietrame, nel tratto terminale del suddetto

manufatto, al fine di intercettare e trattenere l'eventuale materiale di trasporto solido veicolato dalla corrente proveniente dal canale di gronda;

- realizzare un manufatto di dissipazione dell'energia posseduta dalla corrente idrica scaricata dallo sbocco della galleria di scarico di fondo del bacino superiore di Monte Alto in corrispondenza nell'alveo naturale del Rio Secco a valle della sez. 5M (progr. 1750 m), al fine di regolarizzare il deflusso entro velocità compatibili con la morfologia del Rio secondo le caratteristiche geometriche riportate negli elaborati grafici 483-01E-ET-DDF-141÷142. Quest'ultimo sarà localmente protetto mediante corazzamento del fondo e delle sponde con pietrame calcareo, onde prevenire ed evitare inaccettabili scalzamenti ed erosioni;
- posizionare, a margine dell'alveo inciso del Rio Secco gabbioni in massi, a protezione del sedime fluviale in corrispondenza delle aree identificate di attenzione medio-alta nello Studio di Compatibilità Idrogeologica del Rio Secco, a cui si rimanda per maggiori dettagli;

Tale interventi proposti dovranno comunque essere opportunamente concordati e preventivamente autorizzati dall'Autorità di Bacino del Liri-Garigliano e Volturno, competente in materiale di pianificazione degli interventi strutturali e non strutturali dei corsi d'acqua ricadenti nel bacino al fine di garantire la necessaria sicurezza idraulica delle aree.

6. CONCLUSIONI

La presente relazione descrive le analisi svolte per la verifica di compatibilità idraulica del Rio Secco conseguente alla realizzazione dell'impianto idroelettrico di regolazione di Campolattaro. Tali analisi sono state condotte al fine di determinare le nuove condizioni di deflusso delle portate di piena in alveo conseguenti alla realizzazione dell'intervento in progetto, e di verificare se l'intervento proposto non causi un peggioramento delle condizioni di sicurezza idraulica sia verso valle che verso monte.

Attraverso l'analisi delle grandezze idrauliche nelle principali sezioni di riferimento (confluenze, cambi di sezioni, ponti ed attraversamenti stradali) valutate con specifica modellazione idraulica in condizioni di moto vario è stato possibile definire le nuove condizioni di deflusso successive alla realizzazione dell'intervento in progetto. Il confronto dei risultati (livelli e portate) in assenza e con la presenza di tale opera, ha permesso di verificare come l'intervento in progetto risulta essere assolutamente compatibile con le caratteristiche idrauliche ed idrogeologiche del Rio Secco senza che vi siano sostanziali alterazioni delle condizioni idrauliche del sistema fluviale lungo il suo complessivo sviluppo.

Infatti l'analisi dei risultati forniti dalla modellazione, relativamente alla configurazione di stato di fatto e con evento di piena con $T=100$ anni, ha permesso di osservare il regolare deflusso lungo la maggior parte dell'alveo del Rio Secco, con contenimento dei livelli idrici all'interno delle quote sommitali delle arginature, ad eccezione dei tratti posti a ridosso del ponte n.1 (progr. 5.178 m), del ponte n.2 (progr. 5.238 m) e del ponte n.3 (progr. 5.685 m - loc. Ponte Sorgenza) in grado di generare locali rigurgiti dei livelli.

In tale condizione, considerando il contributo ($Q_{\max} = 5 \text{ m}^3/\text{s}$) proveniente dal canale di gronda perimetrale al bacino di Monte Alto in occasione di un evento di piena con $T=100$ anni, la modellazione idraulica condotta ha permesso di verificare che i livelli idrici risultano contenuti all'interno delle quote sommitali delle arginature, senza allagamenti delle aree golenali adiacenti, ad eccezione dei tratti posti a ridosso del Ponte n.1 (progr. 5.178 m), del Ponte n.2 (progr. 5.238 m) e del Ponte n.3 (progr. 5.685 m - loc. Ponte Sorgenza) ove la già critica situazione di stato di fatto peggiora localmente con aumento del livello di rigurgito e conseguenti locali allagamenti, seppur di entità contenuta e localizzati nell'intorno dei ponti stessi, delle aree golenali adiacenti a destinazione agricola.

Considerate tali criticità idrauliche, in particolar modo nel tratto intermedio posto a cavallo con gli attraversamenti stradali identificati dai Ponti n.1, n.2 e n.3 (loc. Ciarli e Loc. Ponte

Sorgenza), al fine di garantire la compatibilità idraulica al deflusso sia della portata associata ad un evento di piena di $T=100$ anni sia del contributo proveniente dal bacino superiore di Monte Alto, sono state individuate alcune soluzioni progettuali consistenti nella parziale modificata della geometria della sezione trasversale del Rio Secco nel tratto da sez. 12V – progr. 5.054 m a sez. 20V – progr. 5.680 m per una lunghezza di circa 600 m con locale innalzamento delle sommità arginali in destra e sinistra di circa 40÷50 cm, e nella modifica della geometria delle luci di deflusso del Ponte n.1 con dim. 5,05 x 2,40 m e del Ponte n.2 con dim. 6,10 x 2,80 m.

La modellazione idraulica così eseguita ha permesso di constatare il regolare deflusso delle portate lungo tutto l'alveo del Rio Secco, a partire dall'estremo di monte fino all'immissione nel T. Lente, con particolare attenzione al tratto critico precedentemente identificato tra le progr. 5.053 m e la progr. 5.690 m.

Considerando infine l'eventualità, seppur sfavorevole e assolutamente straordinaria, di concomitante funzionamento dello scarico di fondo del bacino superiore di Monte Alto con immissione di una portata massima di $10 \text{ m}^3/\text{s}$ all'interno dell'alveo del Rio Secco in occasione di un evento di piena di $T=100$ anni, le analisi idrauliche condotte hanno permesso di verificare il regolare deflusso delle acque ed il contenimento delle portate all'interno dell'alveo del Rio Secco nella quasi totalità del suo sviluppo, sebbene con ridotti franchi di sicurezza.

È comunque opportuno osservare che l'eventualità di concomitante funzionamento di entrambi gli scarichi del bacino di Monte Alto è da ritenersi scarsamente probabile, in quanto lo scarico di fondo viene azionato solo quando si rende indispensabile svuotare l'intero invaso superiore in condizioni di massima regolazione (900,00 m s.m., che si verifica generalmente solo per un giorno alla settimana) senza poter utilizzare la galleria in pressione dell'impianto.

Milano, luglio 2012

I PROGETTISTI

ETATEC srl

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

Dott. Ing. Stefano Croci

Dott. Ing. Filippo Malingegno