

CUP: E32G11000200005

FSC 2014-2020 "Patto per lo sviluppo della Regione Puglia"

PROGETTO DEFINITIVO

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELL'ACQUEDOTTO DEL
LOCONE - II LOTTO - DAL TORRINO DI BARLETTA AL
SERBATOIO DI BARI-MODUGNO

Il Responsabile del Procedimento

ing. Massimo Pellegrini

PROGETTAZIONE

Progettisti

ing. Michelangelo GUASTAMACCHIA (Responsabile del progetto)

ing. Tommaso DI LERNIA

ing. Rosario ESPOSITO

ing. M. Alessandro SALIOLA

geom. Pietro SIMONE

geom. Giuseppe VALENTINO

Il Responsabile Ingegneria di Progettazione

ing. Massimo PELLEGRINI



acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune
Direzione Ingegneria

Il Direttore

ing. Andrea VOLPE



STUDIO AC3
STUDIO AC3 INGEGNERIA SRL

Studio AC3 Ingegneria srl

L'Amministratore unico

ing. Roberto Michele CAGNAZZI

STUDIO AC3
INGEGNERIA S.R.L.
Via S. Pertini, 2
76017 - S. Ferdinando di P. (BT)
P. Iva: 0317240714

Elaborato

D.9

Studio di compatibilità idrologica e idraulica


Codice Intervento P1063

Codice SAP: 21/10993

Prot. N. 0093292

Data 25/11/2019


N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato
00	NOV.2019	Emesso per PROGETTO DEFINITIVO	/	/	/

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

STUDIO di COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	DESCRIZIONE INTERSEZIONI CONDOTTA DI PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO	4
3	INDIVIDUAZIONE DEI BACINI DELLE LAME PRINCIPALI.....	15
4	ANALISI PLUVIOMETRICA ED IDROLOGICA DELLE LAME PRINCIPALI.....	20
5	VERIFICA IDRAULICA DELLE LAME PRINCIPALI	34
5.1	DETERMINAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE	34
5.2	COSTRUZIONE DEL MODELLO IDRAULICO E RISULTATI	43
5.2.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	43
5.2.2	MODELLO GEOMETRICO	45
6	VERIFICA IDRAULICA COMPLUVI SECONDARI	64
7	VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ DI EROSIONE/TRASPORTE SOLIDO DEL CORSO D'ACQUA.....	69
8	CONCLUSIONI.....	73

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

1 PREMESSA

L'Acquedotto Pugliese S.p.A. ha predisposto un progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno).


L'intervento consiste essenzialmente nella realizzazione di un'adduttrice in acciaio della lunghezza di oltre 47 km, dal nuovo torrino di Barletta sino al serbatoio di Modugno. È inoltre prevista la realizzazione di un nuovo torrino piezometrico in agro di Molfetta e di condotte di derivazione verso i serbatoi esistenti per l'alimentazione delle città di Trani, Bisceglie, Molfetta e Palese – Santo Spirito.

Il tracciato delle condotte sopra descritto interseca in molteplici punti il reticolo idrografico in sezioni di corsi d'acqua ad importanza variabile in termini di superficie scolante. A tal riguardo, a parte due casi, si prevede l'alloggiamento delle condotte mediante scavo in trincea con relativo rivestimento.

Con nota prot. n°0010900 del 09/08/2016 l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia (ex Autorità di Bacino Puglia), in fase di valutazione preliminare dell'intervento in oggetto, ha rilevato che le opere previste risultano comprese tra quelle consentite dalle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del vigente Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Puglia, a condizione che il progetto venga corredato da uno studio idrologico ed idraulico di compatibilità al PAI (relazione e tavole) che analizzi compiutamente gli effetti della realizzazione dell'intervento sul regime idraulico dei luoghi in cui lo stesso è previsto.

Nel rilasciare parere preliminare positivo in merito agli interventi proposti, l'Autorità ha prescritto che il successivo progetto definitivo venga redatto ottemperando alle seguenti prescrizioni:


- il progetto venga corredato da un adeguato studio di compatibilità al PAI che analizzi tutte le molteplici intersezioni con il reticolo idrografico mediante la redazione di idonee tavole e descrizioni (relazione) riportanti nel dettaglio le modalità di intersezione;
- venga eseguito uno studio idrologico ed idraulico riguardante almeno le 6 intersezioni individuate nella relazione D.1 (par. 6.1.5) che analizzi, mediante una propagazione almeno in moto permanente di un tratto significativo di corso d'acqua, gli effetti della piena bicentenaria generati dalla realizzazione degli interventi proposti e valuti le massime profondità di scavo che la stessa piena può generare nella sezione di intersezione;
- riguardo le analisi di cui al punto precedente, venga eseguito un rilievo topografico di dettaglio su un tratto significativo dei reticoli idrografici intersecati, con un'adeguata

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

estensione a monte e a valle rispetto alle sezioni di intersezione. La capacità di erosione del fondo alveo della piena bicentenaria venga inoltre correlata alla reale stratigrafia delle sezioni di intersezione, da valutare mediante apposite analisi in sito.

Conformemente a quanto richiesto da AdB, sulla base del rilievo topografico e delle indagini geologiche appositamente eseguite da AQP in corrispondenza delle 6 principali intersezioni della condotta di progetto con il reticolo idrografico, è stato condotto uno studio idrologico e idraulico in moto permanente per analizzare gli effetti di un possibile trascinamento del materiale costituente il fondo delle lame, a seguito del ripristino delle sezioni di scavo.

Inoltre, sfruttando i dati di portata ricavati dal suddetto studio relativo alle 6 lame principali, sono state effettuate verifiche in moto uniforme in tutte le restanti intersezioni con il reticolo idrografico adottando criteri di similitudine per caratteristiche morfologiche dei bacini scolanti, finalizzate anche in questo caso ad analizzare gli effetti di un possibile trascinamento del materiale costituente il fondo delle lame.

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

2 DESCRIZIONE INTERSEZIONI CONDOTTA DI PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

Come anticipato in premessa, i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO interesseranno una vasta zona della Puglia centro-settentrionale.

In particolare, tali lavori si estenderanno dal torrino di Barletta fino al serbatoio di Bari-Modugno, con la realizzazione di opere idrauliche quali n. 1 torrino piezometrico, nell'agro di Molfetta, n. 1 condotta adduttrice in acciaio della lunghezza di circa 47 km e varie condotte di derivazione da quest'ultima verso i serbatoi esistenti (in particolare, per l'alimentazione delle città di Trani, Bisceglie, Molfetta e Palese-Santo Spirito). Nella successiva figura 2-1 è riportato su ortofoto il tracciato della condotta adduttrice principale.

La suddetta condotta interseca il reticolo idrografico in diversi punti, interessando pertanto corsi d'acqua aventi superfici scolanti molto variabili tra loro, alcune molto contenute e altre certamente più vaste, il cui contributo, in termini di portata, può essere decisamente più consistente. Tra i corsi d'acqua classificati come "principali" certamente sono da annoverare lama Balice, un affluente di lama Balice, lama Cupa, lama Di Pietra, lama Giulia e lama Lioy (cfr. successiva figura 2-2), per le quali sono stati effettuati rilievi topografici di dettaglio su un tratto significativo a monte e a valle di ciascuna intersezione con il tracciato della condotta, oltre che eseguite apposite indagini geologiche finalizzate a ricostruire la reale stratigrafia delle sezioni di intersezione.

Oltre alle suddette lame principali, il tracciato della condotta interseca il reticolo idrografico in altri 34 punti, il tutto come riportato nelle successive figure 2-3, 2-4 e 2-5, classificate nel proseguo del presente studio come "compluvi secondari", in quanto per essi è stato condotto uno studio idraulico in moto uniforme utilizzando i valori di portata duecentennale relativi alle prima richiamate lame principali simili per caratteristiche morfologiche dei bacini scolanti. In tali figure i compluvi secondari sono identificati con un numero rappresentativo del picchetto riportato nel profilo longitudinale di progetto (elaborati grafici da 9.1 a 9.11) in cui la condotta interseca i suddetti compluvi secondari.

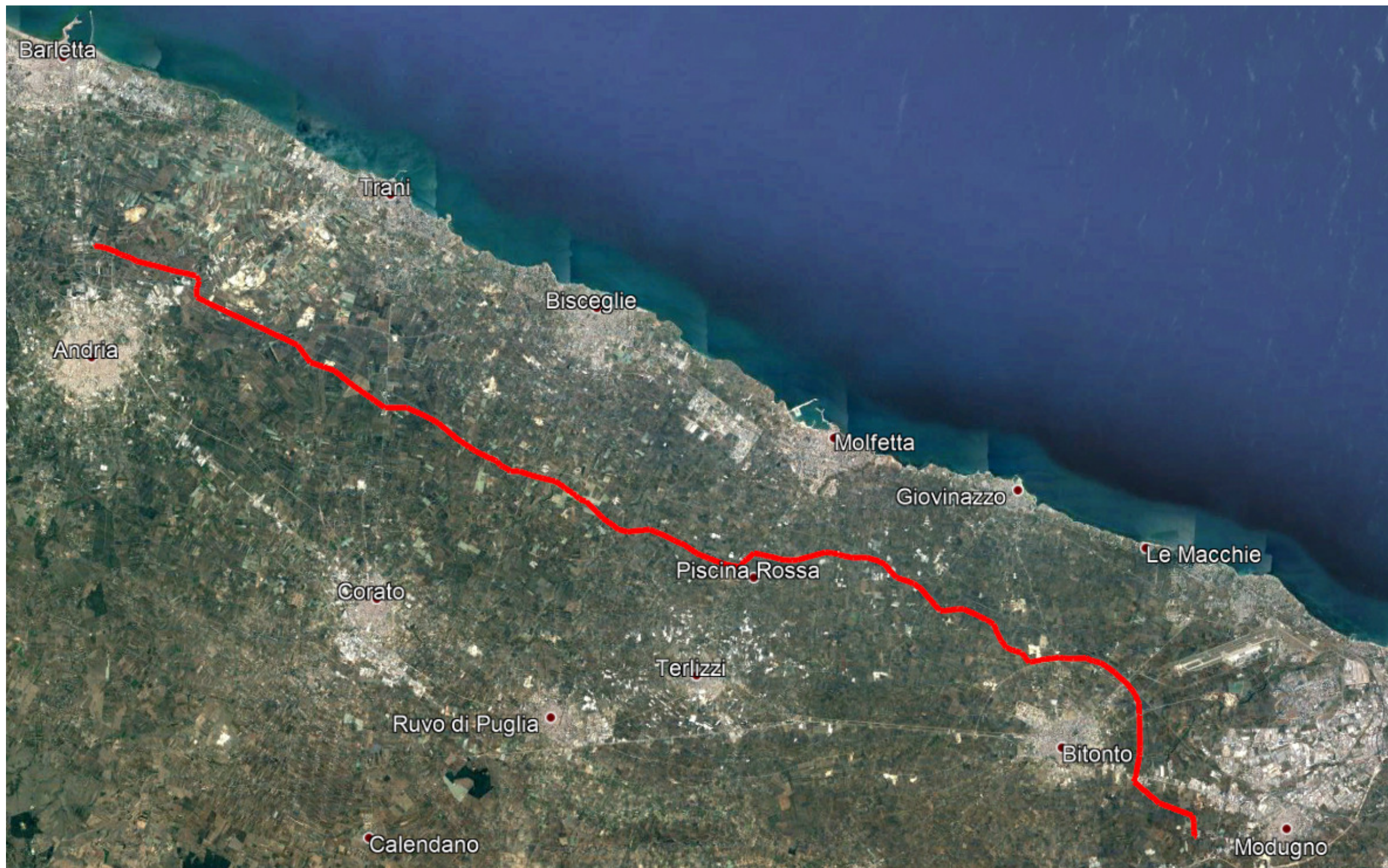


Figura 2-1 – inquadramento su estratto di Google Earth del tracciato della condotta del Locone (evidenziata in rosso).



Figura 2-2 – inquadramento su estratto di Google Earth del tracciato della condotta del Locone (evidenziata in rosso) e del reticolo idrografico (evidenziato in blu) con evidenziate le 6 “lame principali”.




Figura 2-3 – inquadramento di dettaglio su estratto di Google Earth del tracciato della condotta del Locone (evidenziata in rosso) e del reticolo idrografico (evidenziato in blu) con evidenziati i “compluvi secondari” – dettaglio n.1.



Figura 2-4 – inquadramento di dettaglio su estratto di Google Earth del tracciato della condotta del Locone (evidenziata in rosso) e del reticolo idrografico (evidenziato in blu) con evidenziati i “compluvi secondari” – dettaglio n. 2.



Figura 2-5 – inquadramento di dettaglio su estratto di Google Earth del tracciato della condotta del Locone (evidenziata in rosso) e del reticolo idrografico (evidenziato in blu) con evidenziati i “compluvi secondari” – dettaglio n. 3.

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI Maggio 2019

Per la realizzazione degli attraversamenti, quindi per la posa in opera di tale condotta, l'intervento di progetto prevede principalmente due tipologie di scavo:

- 1) attraversamento tramite la realizzazione di scavi a cielo aperto: la metodologia adottata risulta essere la classica metodologia di scavo del terreno per la posa in opera di una condotta alla profondità indicata nei profili longitudinali di progetto, con una larghezza di scavo atta a rendere ottimale la posa in opera e la realizzazione del rinfiango della stessa; a tal proposito, è stata individuata la sezione di scavo tipologica nel caso di attraversamenti di compluvi, come indicato nelle figure a seguire. Nello specifico, in prossimità degli attraversamenti la condotta sarà posata ad una profondità tale da garantire almeno un ricoprimento minimo pari a 1,60 metri, rispetto al cielo della condotta, e la stessa sarà inserita all'interno di un cassonetto in calcestruzzo, per una dimensione minima di 0,20 m in tutte le direzioni, che poggerà su un letto di posa sporgente di 0,20 m rispetto all'ingombro del cassonetto e di spessore almeno pari a 0,20 m; inoltre, per completare il ripristino della sezione di scavo, con riferimento alle 6 "lame principali" saranno ubicati in sommità dei massi calcarei, caratterizzati da un diametro rappresentativo D_{50} pari a 0,50 m, mentre per quanto riguarda i "compluvi secondari" sarà posto in opera del pietrame calcareo avente diametro rappresentativo D_{50} pari a 0,22 m, in entrambi i casi per una larghezza almeno pari a 8,00 m riempiti con cotico erboso e di lunghezza complessiva pari all'impronta idraulica relativa alla portata con tempo di ritorno $T_R = 200$ anni come derivata dalle analisi idrauliche illustrate nei successivi paragrafi. Nelle figure successive 2-6, 2-7, 2-8 e 2-9 vengono illustrate le sezioni tipologiche, secondo la vista longitudinale e trasversale.

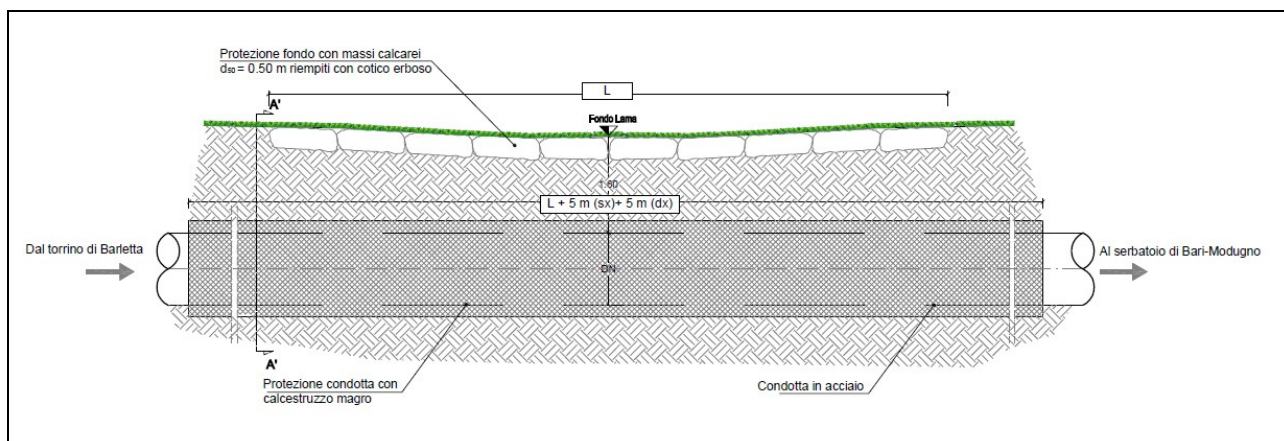


Figura 2-6 – sezione tipologica per il ripristino degli scavi a cielo aperto per le 6 "lame principali" – vista longitudinale. Con "L" si indica la lunghezza del ripristino da effettuare con massi da $D_{50} = 0,50$ m, mentre per la condotta si dovrà adottare una protezione con un cassonetto in calcestruzzo per una lunghezza pari a "L" a cui si aggiungeranno 5 metri in destra e 5 metri in sinistra.

Protezione fondo con massi calcarei $d_{50} = 0.50$ m riempiti con cotico erboso

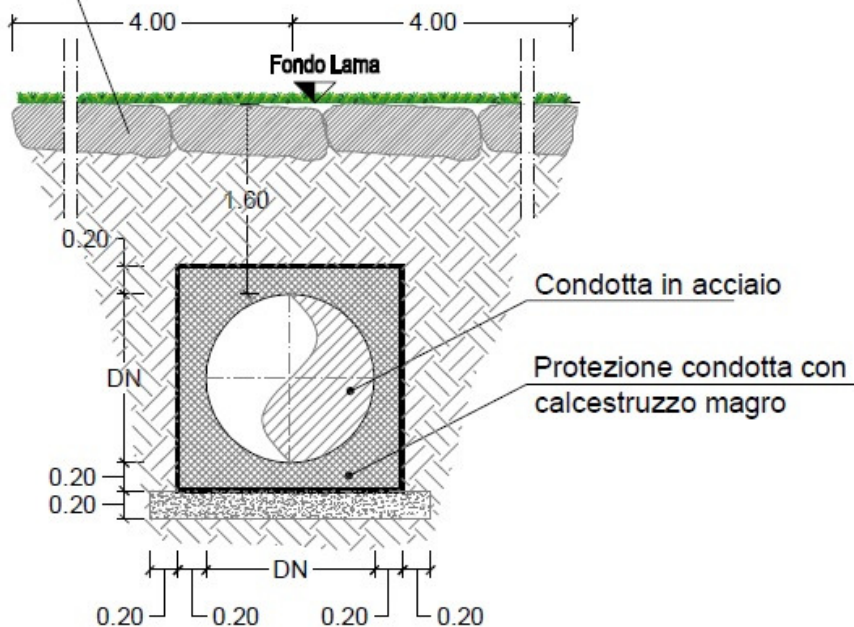


Figura 2-7 – sezione tipologica per il ripristino degli scavi a cielo aperto per le 6 “lame principali” – vista trasversale.

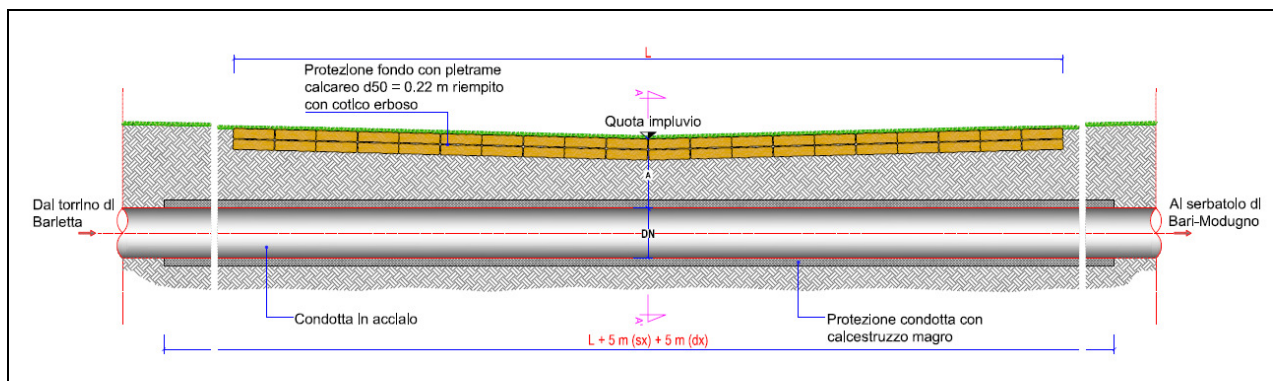


Figura 2-8 – sezione tipologica per il ripristino degli scavi a cielo aperto per i “compluvi secondari” – vista longitudinale. Con “L” si indica la lunghezza del ripristino da effettuare con massi da $D_{50} = 0,22$ m, mentre per la condotta si dovrà adottare una protezione con un cassonetto in calcestruzzo per una lunghezza pari a “L” a cui si aggiungeranno 5 metri in destra e 5 metri in sinistra.

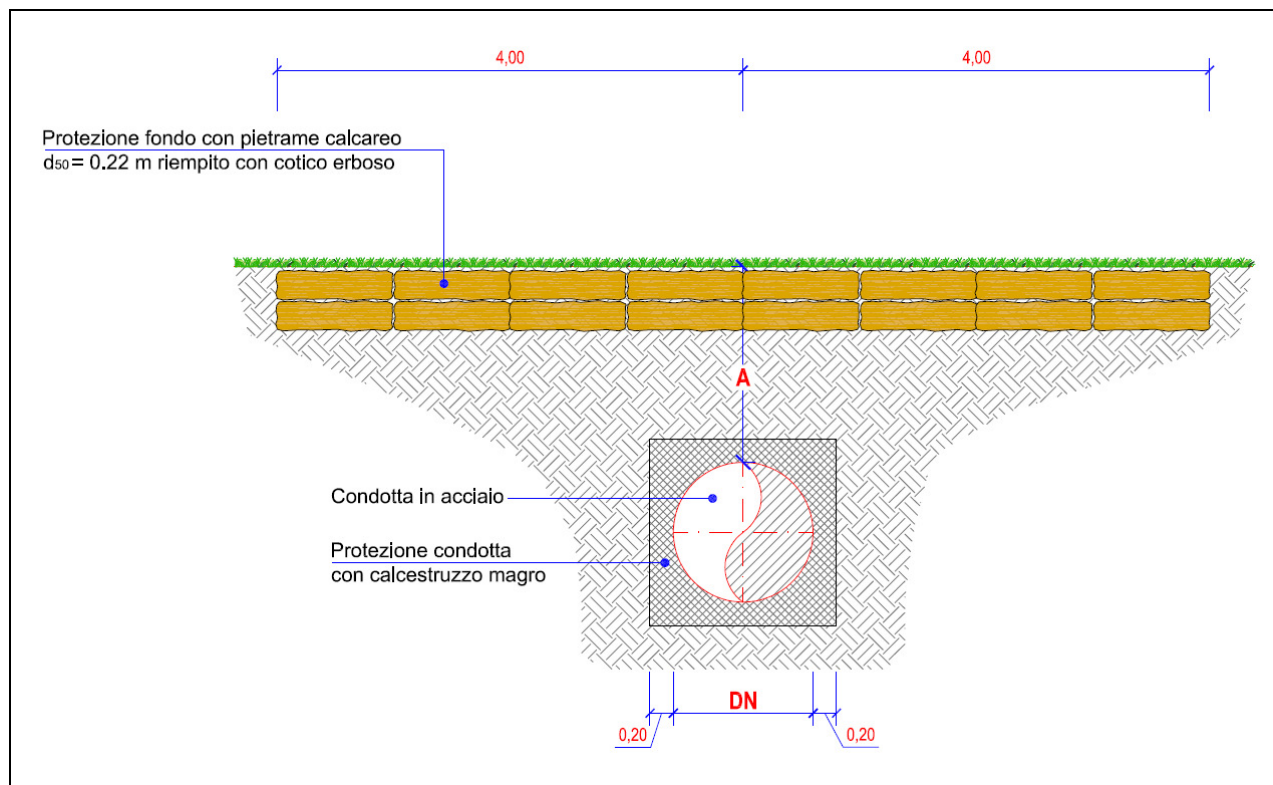



Figura 2-9 – sezione tipologica per il ripristino degli scavi a cielo aperto per i “compluvi secondari” – vista trasversale.

- 2) Attraversamento tramite tecnica NO-DIG: in tale caso non verrà realizzato alcuno scavo, ma l'attraversamento verrà realizzato tramite la posa in opera della condotta direttamente alla profondità indicata utilizzando una delle svariate tecniche presenti (spingi-tubo, trivellazione orizzontale controllata e/o teleguidata, ecc.). In tale caso, non si dovrà realizzare alcun ripristino della sezione di scavo, dato che la condotta risulta direttamente infissa nel terreno.

Nella successiva tabella – 2.1 si riportano, come indicato nei profili longitudinali di progetto, tutti i punti di intersezione tra la condotta di progetto e le aste del reticolo idrografico, con indicata la tipologia di attraversamento adottata. In grassetto sono evidenziate le 6 lame principali.

Picchetto	Tipologia di attraversamento	Quota cielo condotta	Quota fondo scavo	Altezza di scavo
(#)	(#)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)
22	A CIELO APERTO	79,49	78,07	3,74
28	A CIELO APERTO	81,79	80,37	4,04
54	A CIELO APERTO	82,86	81,44	4,03
68	A CIELO APERTO	80,52	79,10	3,56
90	A CIELO APERTO	69,85	68,43	3,33
129	A CIELO APERTO	92,47	91,05	3,38
142	A CIELO APERTO	93,75	92,33	3,39
154	A CIELO APERTO	94,66	93,24	3,40
168	A CIELO APERTO	92,36	90,94	3,45
177	A CIELO APERTO	91,42	90,00	3,66
213	A CIELO APERTO	95,90	94,48	4,24
231	A CIELO APERTO	95,49	94,07	3,39
238	A CIELO APERTO	90,08	88,66	3,39
277	A CIELO APERTO	95,36	93,94	3,39
310	A CIELO APERTO	94,47	93,05	3,34
339	A CIELO APERTO	93,30	91,88	4,29
363	A CIELO APERTO	96,92	95,50	3,41
460V	A CIELO APERTO	85,02	83,60	5,17
505	A CIELO APERTO	99,15	97,73	3,30
523	A CIELO APERTO	94,43	93,01	4,41
553	A CIELO APERTO	94,62	93,20	3,32
578	NO-DIG	93,49	92,07	6,39
607	A CIELO APERTO	97,58	96,16	3,54
619	A CIELO APERTO	95,04	93,62	3,40
626	A CIELO APERTO	93,71	92,29	3,32
670	A CIELO APERTO	86,90	85,48	4,27
674	A CIELO APERTO	87,29	85,87	3,99

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

Picchetto	Tipologia di attraversamento	Quota cielo condotta	Quota fondo scavo	Altezza di scavo
(#)	(#)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)
694	A CIELO APERTO	84,68	83,26	3,99
708	NO-DIG	75,23	73,81	7,89
740	A CIELO APERTO	70,97	69,55	3,36
847	A CIELO APERTO	74,05	72,63	3,31
876	A CIELO APERTO	75,72	74,50	3,14
893	A CIELO APERTO	72,73	71,51	3,17
913	A CIELO APERTO	74,40	73,18	3,12
972	A CIELO APERTO	81,27	80,05	3,12
1.001	A CIELO APERTO	71,38	70,17	3,30
1.139	A CIELO APERTO	70,28	69,07	5,55
1.149	A CIELO APERTO	75,14	73,93	3,54
1.186	A CIELO APERTO	88,99	87,78	3,79
1.235	A CIELO APERTO	89,34	88,12	3,22

Tabella 2-1 – indicazione dei punti di intersezione tra il reticolo idrografico e la condotta di progetto (in grassetto sono indicate le sei lame principali).

In ottemperanza con quanto richiesto dall'AdB, si illustra di seguito prima lo studio idrologico ed idraulico in regime di moto permanente riguardante le n. 6 intersezioni significative individuate, vale a dire lama Balice (picchetto 1.139), un affluente di lama Balice (picchetto 1.149), lama Cupa (picchetto 708), lama Di Pietra (picchetto 460V), lama Giulia (picchetto 523) e lama Liroy (picchetto 578), finalizzato alla determinazione della piena duecentennale da utilizzarsi per la individuazione delle lunghezze delle impronte idrauliche a cui estendere la sistemazione del fondo delle suddette n.6 lame principali in corrispondenza della sezione di scavo. Successivamente, si riporta la verifica effettuata in moto uniforme per tutti i restanti compluvi secondari effettuata utilizzando i valori di portata duecentennale relativi alle suddette lame principali simili per caratteristiche morfologiche dei bacini scolanti.

Infine sono espone le verifiche della capacità di erosione di ciascuna lama interferente (principali e secondarie) con il tracciato della condotta di progetto per verificare l'idoneità della tipologia di ripristino delle sezioni di scavo a cielo aperto, considerando la forza di trascinamento della corrente.

3 INDIVIDUAZIONE DEI BACINI DELLE LAME PRINCIPALI

Per quanto concerne le n. 6 lame principali, nota l'ubicazione della condotta e il punto d'intersezione della stessa, sono stati individuati gli effettivi bacini scolanti di pertinenza delle singole lame, indicando la sezione di intersezione come sezione di chiusura dei singoli bacini. Tali bacini sono stati ricostruiti grazie ai dati dei DTM (Digital Terrain Models) messi a disposizione sul portale "puglia.con" e la "carta idrogeomorfologica" redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia. In tal modo si sono individuati con precisione i bacini per le singole lame, con sovrapposto il tracciato della condotta di progetto, di cui si riportano di seguito gli stralci planimetrici e i principali parametri geo – morfo – idrologici, ricavati dal modello digitale del terreno così ricostruito sfruttando appositi *tools* in ambiente GIS.

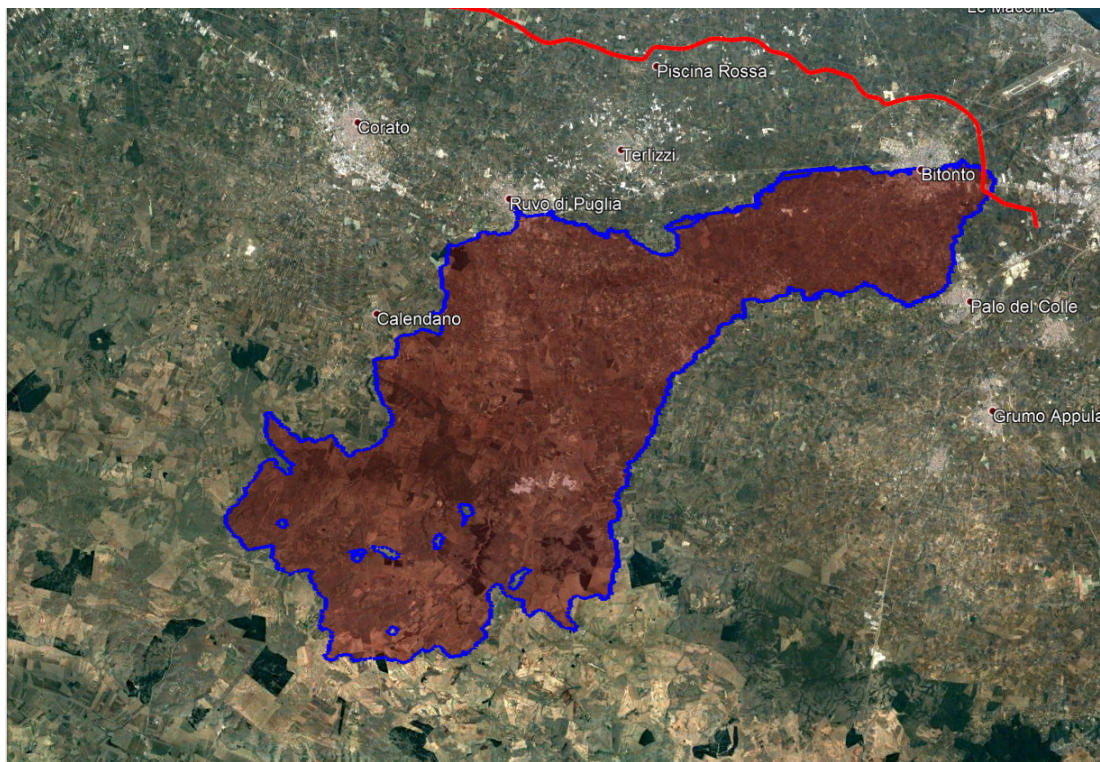


Figura 3-1 – inquadramento su estratto di Google Earth del bacino di lama Balice alla sezione di chiusura corrispondente con l'intersezione con la condotta del Locone.



Figura 3-2 – inquadramento su estratto di Google Earth del bacino di un affluente di lama Balice alla sezione di chiusura corrispondente con l'intersezione con la condotta del Locone.

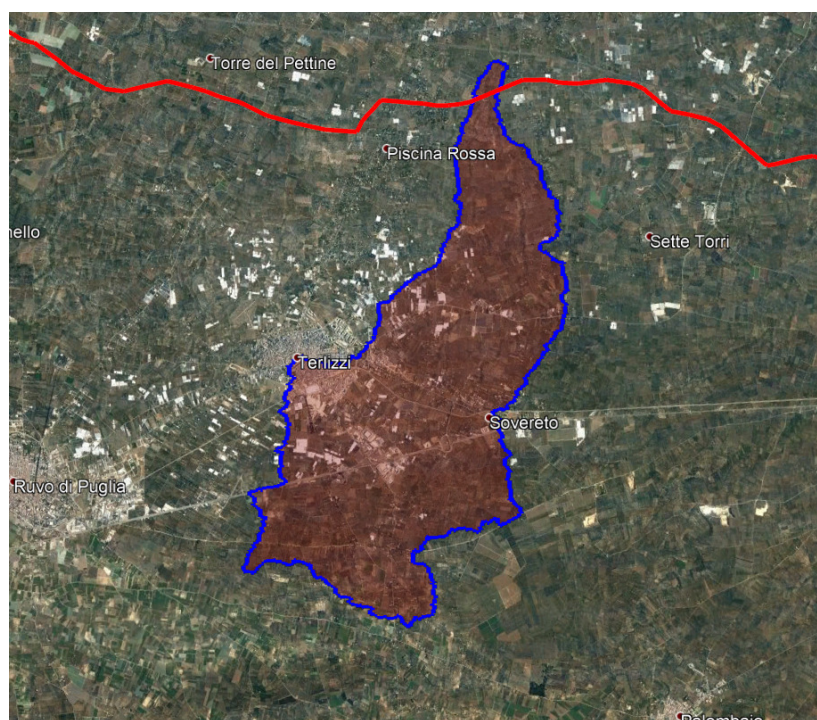


Figura 3-3 – inquadramento su estratto di Google Earth del bacino di lama Cupa alla sezione di chiusura corrispondente con l'intersezione con la condotta del Locone.

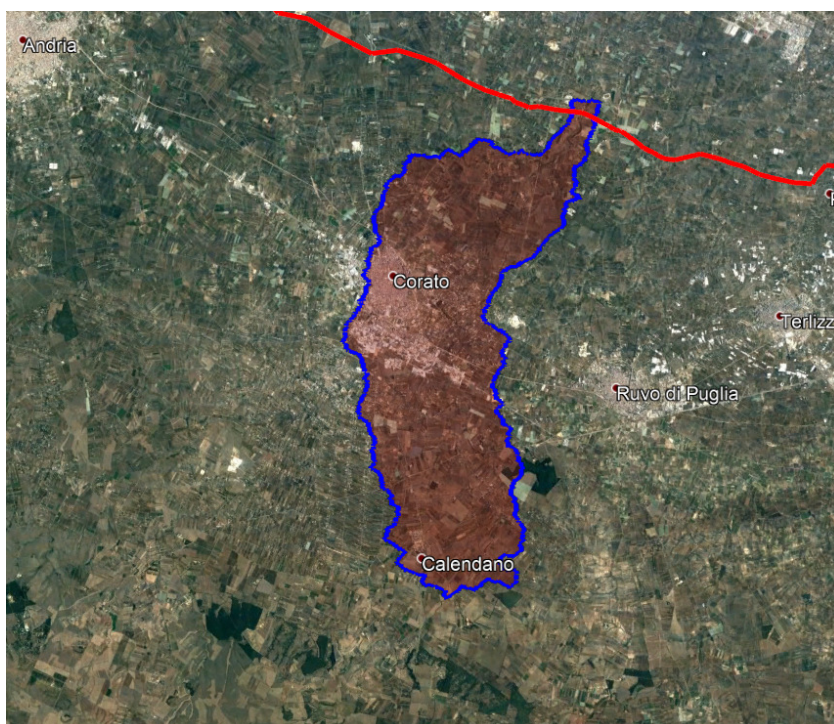


Figura 3-4 – inquadramento su estratto di Google Earth del bacino di lama Di Pietra alla sezione di chiusura corrispondente con l'intersezione con la condotta del Locone.

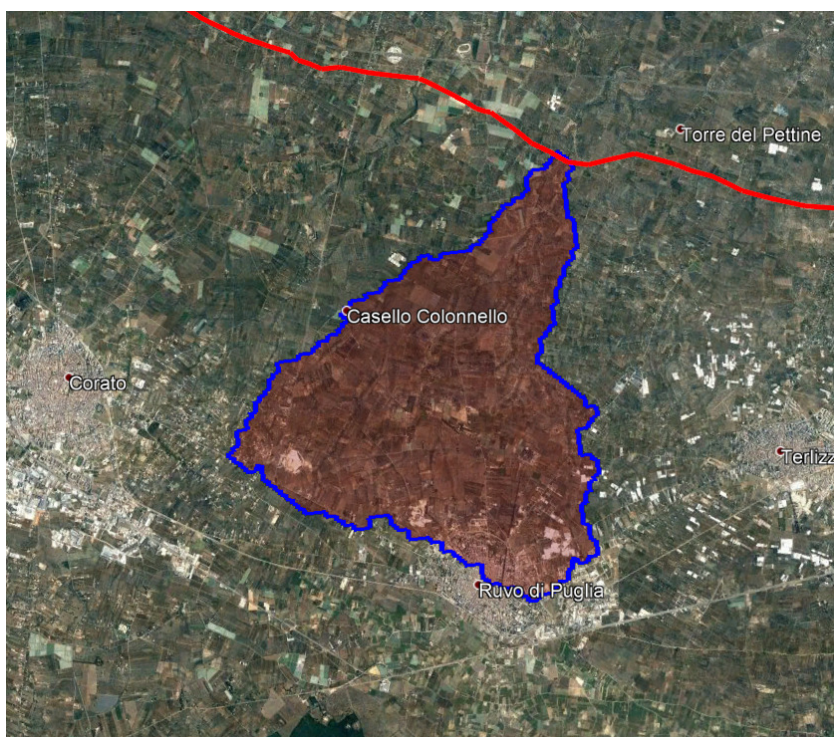


Figura 3-5 – inquadramento su estratto di Google Earth del bacino di lama Giulia alla sezione di chiusura corrispondente con l'intersezione con la condotta del Locone.

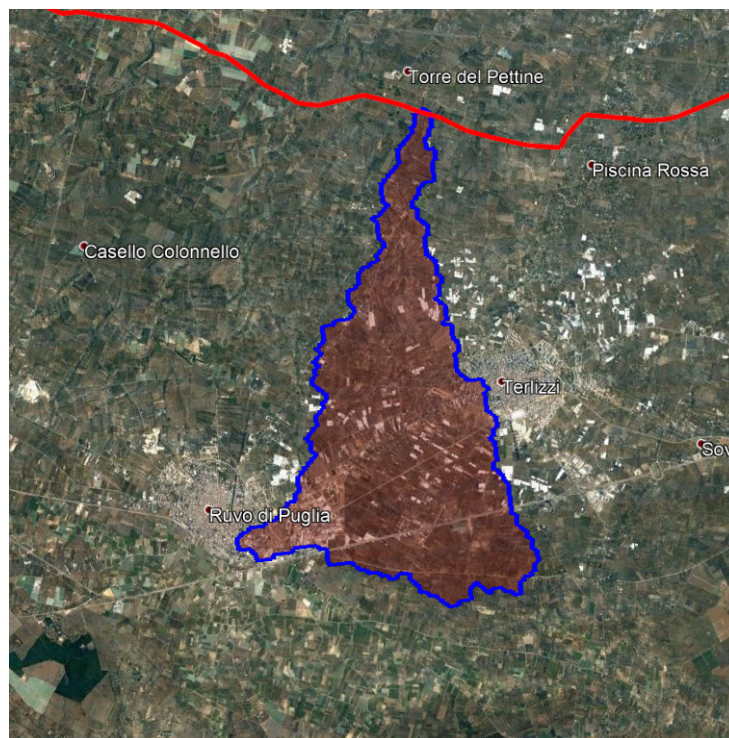



Figura 3-6 – inquadramento su estratto di Google Earth del bacino di lama Lioy alla sezione di chiusura corrispondente con l'intersezione con la condotta del Locone.

Nella successiva tabella 3-1 si riportano i principali dati geometrici e morfologici dei bacini così individuati.


ID LAMA	Area di drenaggio alla sezione di chiusura	Lunghezza percorso idraulico principale	Altitudine massima	Altitudine media	Altitudine minima	Pendenza media del bacino
	(km ²)	(m)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m/m)
BALICE	272,88	53.591,10	635,76	328,27	68,99	0,053
AFFLUENTE BALICE	17,59	6.830,42	196,35	139,61	75,28	0,024
CUPA	22,57	11.479,05	228,92	170,67	67,82	0,027
DI PIETRA	52,80	19.673,65	354,43	243,59	81,73	0,040

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

ID LAMA	Area di drenaggio alla sezione di chiusura	Lunghezza percorso idraulico principale	Altitudine massima	Altitudine media	Altitudine minima	Pendenza media del bacino
	(km ²)	(m)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m/m)
GIULIA	21,21	8.035,33	262,16	194,45	95,30	0,046
LIOY	15,78	7.870,81	242,85	194,75	93,87	0,033

Tabella 3-1 – caratteristiche salienti dei bacini scolanti delle lame oggetto di studio.

Coerentemente a quanto descritto nel Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico, varato dall'Autorità di Bacino della Puglia il 30/11/2005, lo studio idrologico a livello di bacino (per la determinazione delle portate attese con diversi tempi di ritorno) è stato condotto in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI). Pertanto, l'utilizzo del metodo VaPi diventa il riferimento per definire la portata di progetto.

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

4 ANALISI PLUVIOMETRICA ED IDROLOGICA DELLE LAME PRINCIPALI

Un'analisi che prescinde dalla singolarità dell'evento è quella realizzata sulla base del progetto VaPi (Valutazione delle Piene), ovvero attraverso un modello statistico che fa riferimento alla distribuzione TCEV con regionalizzazione di tipo gerarchico.


Il metodo della regionalizzazione dei dati consente di svincolarsi da valori singolari o eccezionali di precipitazione e, pertanto, permette l'applicazione ragionevole ed oggettiva dei risultati delle elaborazioni su largo spettro.

L'analisi idrologica a livello di bacino è stata condotta determinando le curve di possibilità pluviometrica, considerando le procedure individuate dal CNR-GNDCl (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) nell'ambito del progetto VaPi (Valutazione delle Piene) e contenute nel Rapporto Sintetico (*Analisi regionale dei massimi annuali dette precipitazioni in Puglia centro-meridionale*). Facendo riferimento a quest'ultimo, l'analisi regionale delle piogge massime annuali di durata compresa tra 1 ora e 1 giorno è stata effettuata per il territorio della Puglia centro – meridionale ad integrazione di quanto effettuato in Puglia settentrionale da Claps e al. (1994).

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi e al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino e al. 1987). Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Iritano, 1994).

I risultati hanno evidenziato (Castorani e Iacobellis, 2001) per l'area esaminata la consistenza di zona unica di primo e secondo livello. L'intero territorio di competenza del compartimento di Bari del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale risulta quindi diviso, al primo e secondo livello, in due sottozone. La prima (Claps e al, 1994) comprende la Capitanata, il Sub-Appennino Dauno, il Gargano e l'Alta Murgia, la seconda include la restante parte del Tavoliere e della Murgia e la Penisola Salentina. L'analisi di terzo livello basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota ha portato alla individuazione, oltre alle quattro zone omogenee in Claps e al. (1994), di altre due zone e delle rispettive curve di possibilità climatica.

I dati pluviometrici utilizzati per le elaborazioni sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del Compartimento di Bari del S.I.M.N., le cui stazioni costituiscono una rete di misura con buona densità territoriale. Le osservazioni pluviometriche interessano il periodo dal 1932 al 1994 in tutte le stazioni di studio, con almeno quindici anni di misure, dei massimi annuali delle precipitazioni giornaliere ed orarie. Si è potuto disporre di serie variabili da un minimo di 19 dati ad un massimo di 47 dati per un numero totale di stazioni pari a 66, appartenenti alla Puglia centro-meridionale.

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

L'analisi condotta sulle piogge giornaliere consente di accogliere l'ipotesi che le 66 stazioni appartengano ad una zona unica, al primo livello, entro la quale si possono ritenere costanti i valori teorici dei parametri Θ^* e Λ^* . La stima, ottenuta utilizzando la procedura iterativa standard (Claps et al 1994), ha fornito i seguenti risultati:

$$\Theta^* = 2,121$$

$$\Lambda^* = 0,351$$

Anche nella procedura operata al 2° livello di regionalizzazione la verifica dell'ipotesi di unica zona omogenea ha condotto ad un risultato positivo con valore costante di Λ_1 . Di seguito, nelle tabelle 4-1 e 4-2, sono riepilogati i risultati ottenuti in tutta la regione.

Zona	Λ^*	Θ^*	Λ_1
Puglia Settentrionale	0,772	2,351	44,63
Puglia Centro-meridionale	0,353	2,121	17,55

Tabella 4-1 - parametri regionali TCEV di 1 e 2 livello.

Zona	C_a	$\sigma^2(C_a)$	C_v	$\sigma^2(C_v)$
Puglia Settentrionale	1,66	0,52	1,31	0,554
Puglia Centro-meridionale	1,31	0,50	0,45	0,007

Tabella 4-2 - asimmetria (C_a) e coefficiente di variazione osservati.

L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione è finalizzata alla determinazione delle curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare, per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV (C_v e G), è utile rappresentare la legge $F(X_t)$ della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata X_t come prodotto tra il suo valore medio $\mu(X_t)$ ed una quantità $K_{T,t}$, detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T e della durata t , definito dal rapporto:

$$K_{t,T} = X_{t,T} / \mu(X_t) \quad (1)$$

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto (1) corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV.

La dipendenza del fattore di crescita con la durata si può ritenere trascurabile; infatti, calcolando sulle stazioni disponibili le medie pesate dei coefficienti di asimmetria C_a , e dei coefficienti di

variazione C_v , alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria. L'indipendenza dalla durata di $K_{T,T}$ (nel seguito indicato con K_T), autorizza ad estendere, anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione. In base ai valori regionali dei parametri Θ^* , Λ^* e Λ_1 , si ottengono le curve di crescita per la zona della Puglia settentrionale e centro – meridionale riportate rispettivamente nelle figure 4-1 e 4-2. Il valore di K_T può essere calcolato in funzione di T attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita (Rossi e Villani, 1995):

$$K_T = a + b \ln T \quad (2)$$

in cui :

$$a = (\Theta^* \ln \Lambda^* + \ln \Lambda_1) / \eta, \quad b = \Theta^* / \eta;$$

$$\eta = \ln \Lambda_1 + C - T_0;$$

$$C = 0,5772 \text{ (costante di Eulero);}$$

$$T_0 = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(-1)^i \cdot \lambda^i}{i!} \cdot \Gamma\left(\frac{i}{\theta_*}\right).$$

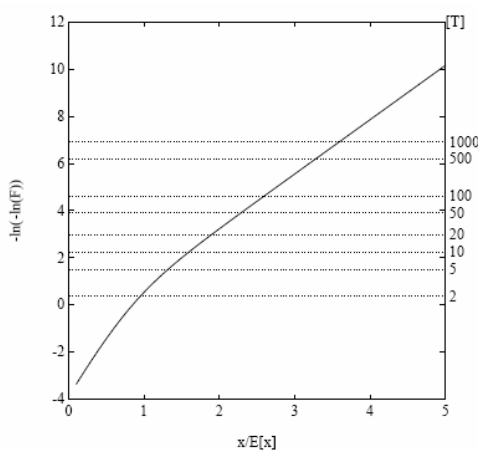


Figura 4-1 - curva di crescita per la Puglia settentrionale.

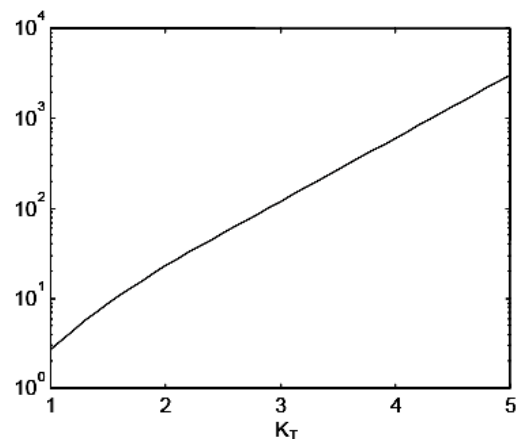



Figura 4.2 - curva di crescita per la Puglia centro – meridionale.

Nella sottostante tabella 4-3 sono riportati i valori dei parametri a e b e i relativi valori η e T_0 , che consentono di determinare, nella forma (2), le leggi di crescita relative all'area sia della Puglia settentrionale che di quella centro – meridionale.

Zona omogenea	a	b	T_0	H
Puglia settentrionale	0,5670	0,4180	-1,2522	5,6280
Puglia centro-meridionale	0,1599	0,5166	0,6631	4,1053

Tabella 4-3 – parametri dell'espressione asintotica (2).

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali. Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_t) = a t^n \quad (3)$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di *curva di probabilità pluviometrica*.

Nell'area della Puglia settentrionale, il VaPi Puglia fornisce l'individuazione di 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera $\mu(X_g)$ e quota. Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori $\mu(X_g)$ e le quote sul mare h :

$$\mu(X_g) = C \cdot h + D \quad (4)$$

in cui C e D sono parametri che dipendono dall'area omogenea.

Lo studio condotto nell'area centro-meridionale della Puglia ha portato alla individuazione di una analoga dipendenza della precipitazione giornaliera dalla quota s.l.m. per le 66 stazioni pluviometriche esaminate nella regione. Il territorio è suddivisibile in due sottozone omogenee, individuate rispettivamente dal "Nord-Barese-Murgia centrale" e dalla "Penisola Salentina", contrassegnate rispettivamente come zona 5 e zona 6, in continuità con quanto fatto per la Puglia Settentrionale.

Alla luce di quanto fin qui esposto, la relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito, per le due aree in esame, viene generalizzata nella forma:

$$\mu(X_t) = a t^{(Ch + D + \log \alpha - \log a) / \log 24} \quad (5)$$

in cui a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_1)$ relativi alle serie ricadenti in ciascuna zona omogenea, $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata 24 ore per serie storiche di pari 6 numerosità.

Per la Puglia, il valore del coefficiente α è praticamente costante sull'intera regione e pari a 0,89; C e D sono i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare. Nella sottostante tabella 3-4 si riportano i valori dei suddetti parametri con riferimento alle sei zone individuate al terzo livello di regionalizzazione.

Zona	α	a	C	D	n
1	0,89	28,7	0,000503	3,9590	-
2	0,89	22,2	-	-	0,247
3	0,89	25,3	0,000531	3,8110	-
4	0,89	24,7	-	-	0,256
5	0,89	28,2	0,000200	4,0837	-
6	0,89	33,7	0,002200	4,1223	-

Tabella 4-4 – parametri delle curve di 3° livello.

Nelle successive figure 4-3, 4-4 e 4-5 sono rappresentate, rispettivamente, la suddivisione del territorio regionale in zone omogenee al terzo livello e la curva di possibilità climatica nella zona omogenea 4, nella quale rientrano i bacini di lama Di Pietra e lama Giulia, e nella zona omogenea 5, nella quale rientrano i restanti bacini.



Figura 4-3 - zone omogenee, 3° livello di regionalizzazione con indicata la zona oggetto di studio.

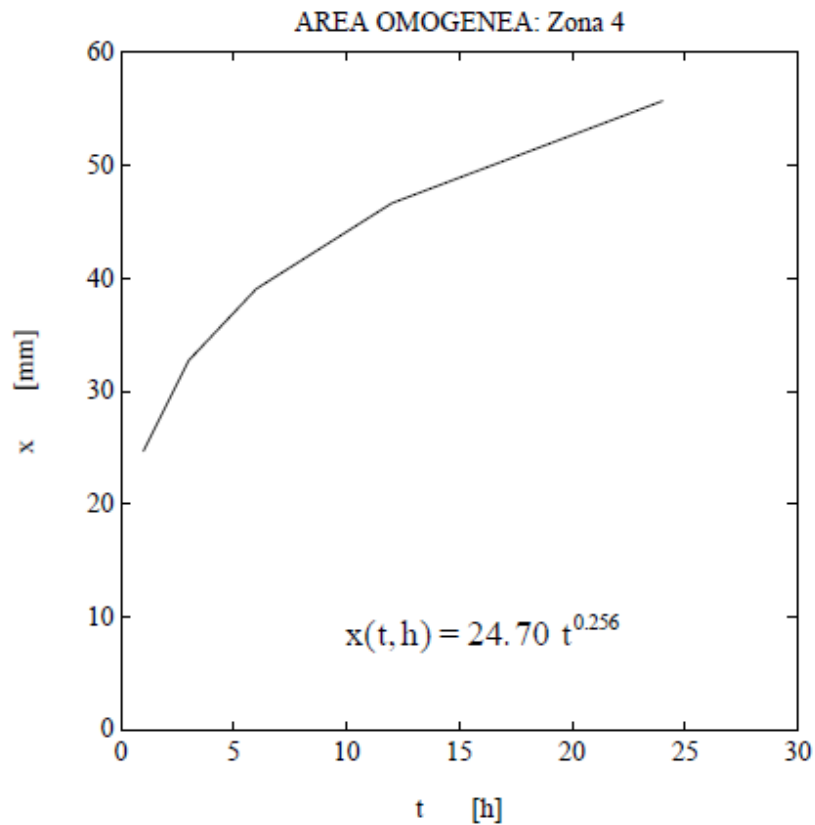


Figura 4-4 - curva di probabilità pluviometrica, zona 4, valida per i bacini delle lame Di Pietra e Giulia.

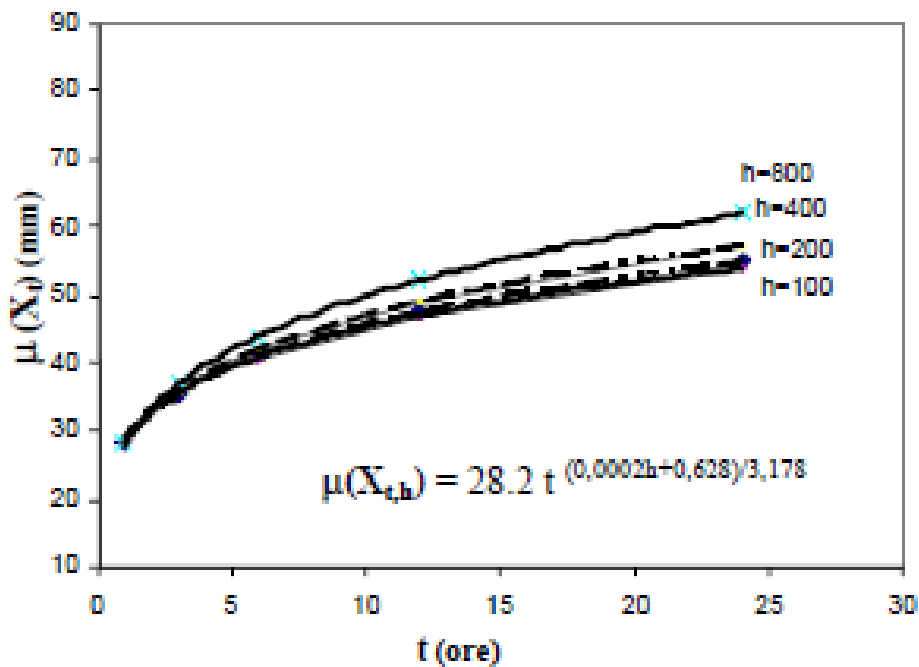


Figura 4-5 - curva di probabilità pluviometrica, zona 5, valida per i bacini delle lame Balice, il suo affluente, Cupa e Lioy.

In aderenza a tale metodologia sono state determinate, per ogni bacino individuato, le altezze di pioggia lorda attese con diversi tempi di ritorno, nello specifico 30, 200 e 500 anni.

I valori delle altezze di pioggia per le diverse durate, da 1 a 24 ore, sono riportati nelle sottostanti tabelle ed esplicitati nei grafici a seguire.

Durata di pioggia "t" (ore)	Altezza di pioggia T _R = 30 anni (mm)	Altezza di pioggia T _R = 200 anni (mm)	Altezza di pioggia T _R = 500 anni (mm)
1	54,06	81,70	95,04
2	62,89	95,04	110,57
3	68,71	103,83	120,80
4	73,16	110,56	128,63
5	76,81	116,08	135,05
6	79,93	120,79	140,53
7	82,66	124,93	145,34
8	85,11	128,62	149,64
9	87,33	131,97	153,53
10	89,36	135,04	157,11
11	91,24	137,88	160,41
12	92,98	140,52	163,48
13	94,62	143,00	166,37
14	96,17	145,33	169,08
15	97,63	147,54	171,64
16	99,01	149,63	174,08
17	100,33	151,62	176,40
18	101,59	153,53	178,61
19	102,79	155,35	180,73
20	103,95	157,10	182,77
21	105,07	158,78	184,72
22	106,14	160,40	186,61
23	107,17	161,96	188,43
24	108,17	163,48	190,19

Tabella 4-5 - calcolo delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia – bacino lama Balice.

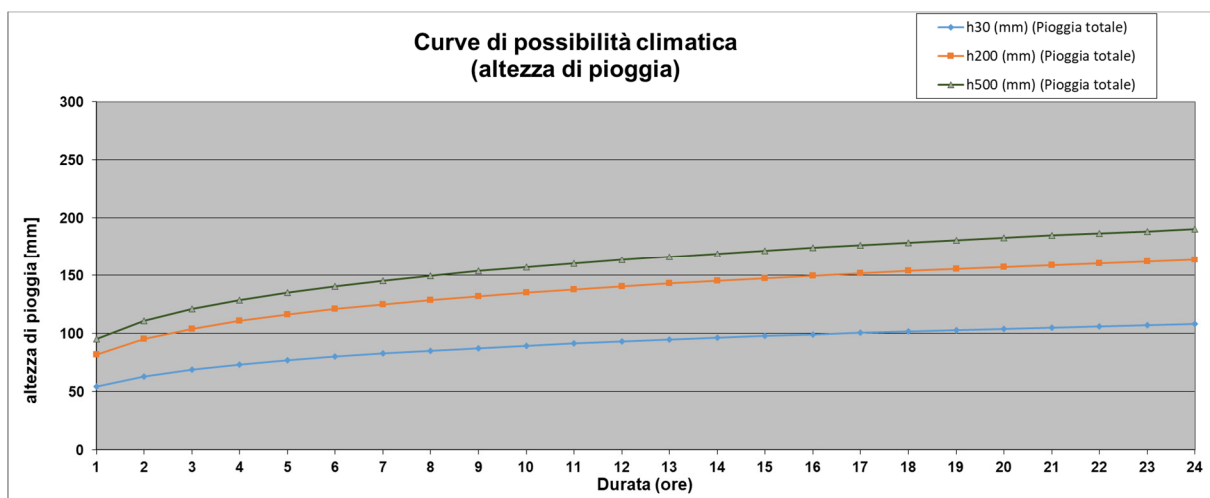


Figura 4-6 - grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia – bacino lama Balice.

Durata di pioggia "t" (ore)	Altezza di pioggia $T_R = 30$ anni (mm)	Altezza di pioggia $T_R = 200$ anni (mm)	Altezza di pioggia $T_R = 500$ anni (mm)
1	54,06	81,70	95,04
2	62,37	94,26	109,66
3	67,82	102,49	119,23
4	71,97	108,76	126,53
5	75,36	113,88	132,49
6	78,25	118,25	137,57
7	80,78	122,07	142,02
8	83,03	125,49	145,99
9	85,08	128,57	149,58
10	86,95	131,40	152,87
11	88,67	134,01	155,91
12	90,28	136,44	158,73
13	91,79	138,71	161,38
14	93,20	140,85	163,86
15	94,54	142,87	166,21
16	95,80	144,78	168,44
17	97,01	146,61	170,56
18	98,16	148,35	172,59
19	99,26	150,01	174,52
20	100,32	151,61	176,38
21	101,34	153,14	178,17
22	102,31	154,62	179,88
23	103,26	156,05	181,54
24	104,17	157,42	183,14

Tabella 4-6 - calcolo delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia – bacino affluente della lama Balice.

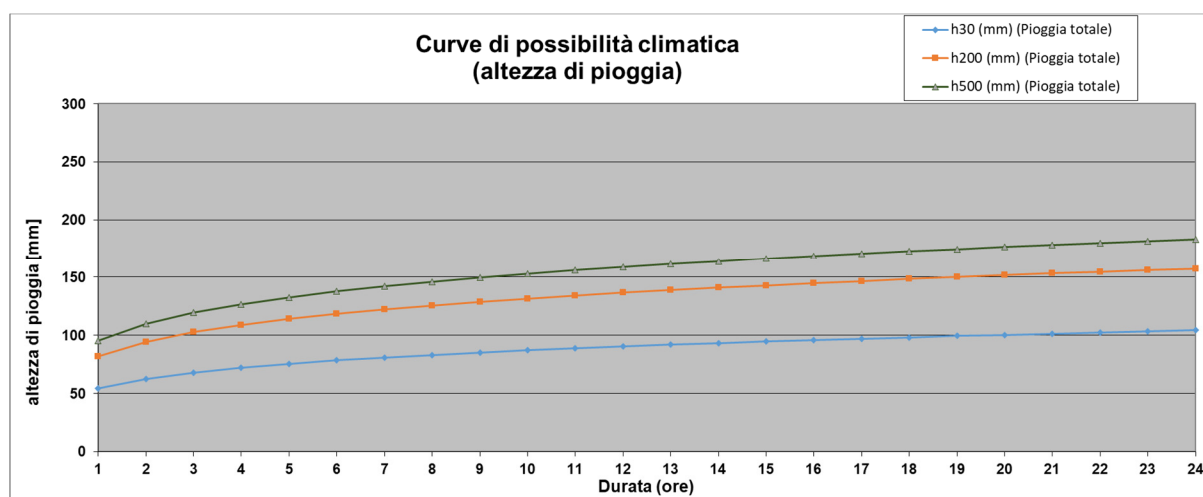


Figura 4-7 - grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia – bacino affluente della lama Balice.

Durata di pioggia "t" (ore)	Altezza di pioggia $T_R = 30$ anni (mm)	Altezza di pioggia $T_R = 200$ anni (mm)	Altezza di pioggia $T_R = 500$ anni (mm)
1	54,06	81,70	95,04
2	62,46	94,39	109,81
3	67,96	102,71	119,49
4	72,16	109,05	126,87
5	75,59	114,24	132,91
6	78,52	118,67	138,06
7	81,08	122,54	142,56
8	83,37	126,00	146,58
9	85,44	129,13	150,22
10	87,34	131,99	153,56
11	89,09	134,64	156,64
12	90,72	137,10	159,50
13	92,25	139,41	162,19
14	93,68	141,58	164,71
15	95,04	143,63	167,10
16	96,33	145,57	169,36
17	97,55	147,42	171,51
18	98,72	149,19	173,56
19	99,84	150,88	175,53
20	100,91	152,50	177,42
21	101,94	154,06	179,23
22	102,93	155,56	180,98
23	103,89	157,01	182,66
24	104,82	158,40	184,29

Tabella 4-7 - calcolo delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia – bacino lama Cupa.

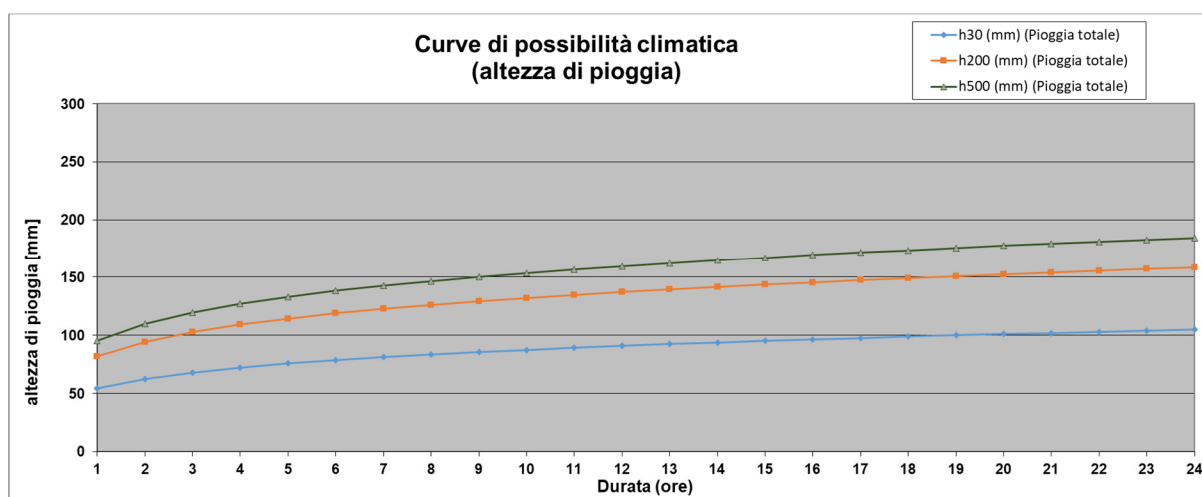


Figura 4-8 - grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia – bacino lama Cupa.

Durata di pioggia "t" (ore)	Altezza di pioggia $T_R = 30$ anni (mm)	Altezza di pioggia $T_R = 200$ anni (mm)	Altezza di pioggia $T_R = 500$ anni (mm)
1	48,81	68,26	77,65
2	58,29	81,51	92,73
3	64,67	90,43	102,87
4	69,61	97,34	110,74
5	73,70	103,06	117,25
6	77,22	107,99	122,85
7	80,33	112,34	127,79
8	83,13	116,24	132,24
9	85,67	119,80	136,28
10	88,01	123,08	140,01
11	90,19	126,12	143,47
12	92,22	128,96	146,70
13	94,13	131,63	149,74
14	95,93	134,15	152,61
15	97,64	136,54	155,32
16	99,27	138,81	157,91
17	100,82	140,98	160,38
18	102,31	143,06	162,75
19	103,73	145,06	165,01
20	105,10	146,97	167,20
21	106,42	148,82	169,30
22	107,70	150,60	171,32
23	108,93	152,33	173,29
24	110,12	153,99	175,18

Tabella 4-8 - calcolo delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia – bacino lama Di Pietra.

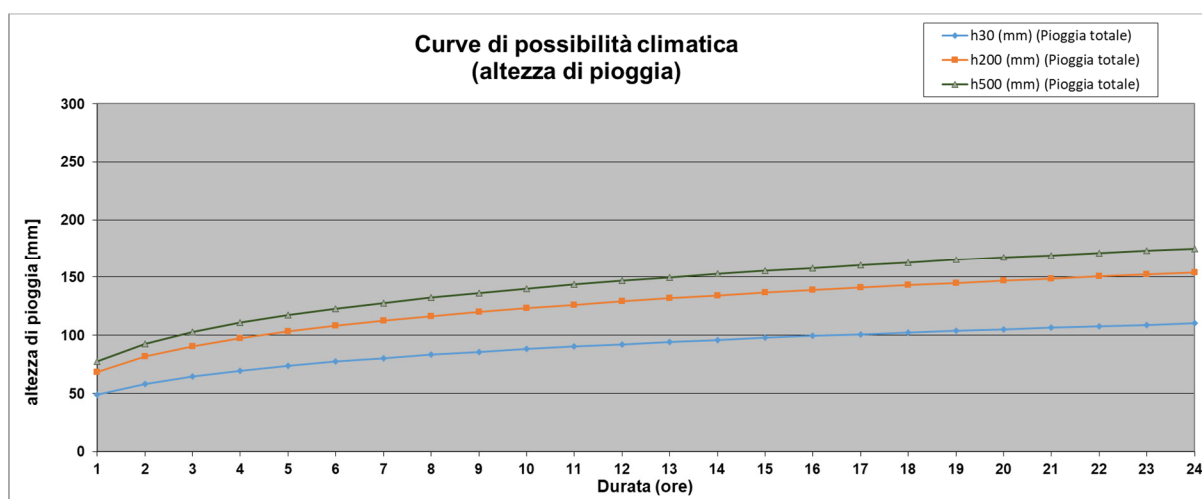


Figura 4-9 - grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia – bacino lama Di Pietra.

Durata di pioggia "t" (ore)	Altezza di pioggia $T_R = 30$ anni (mm)	Altezza di pioggia $T_R = 200$ anni (mm)	Altezza di pioggia $T_R = 500$ anni (mm)
1	48,81	68,26	77,65
2	58,29	81,51	92,73
3	64,67	90,43	102,87
4	69,61	97,34	110,74
5	73,70	103,06	117,25
6	77,22	107,99	122,85
7	80,33	112,34	127,79
8	83,13	116,24	132,24
9	85,67	119,80	136,28
10	88,01	123,08	140,01
11	90,19	126,12	143,47
12	92,22	128,96	146,70
13	94,13	131,63	149,74
14	95,93	134,15	152,61
15	97,64	136,54	155,32
16	99,27	138,81	157,91
17	100,82	140,98	160,38
18	102,31	143,06	162,75
19	103,73	145,06	165,01
20	105,10	146,97	167,20
21	106,42	148,82	169,30
22	107,70	150,60	171,32
23	108,93	152,33	173,29
24	110,12	153,99	175,18

Tabella 4-9 - calcolo delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia – bacino lama Giulia.

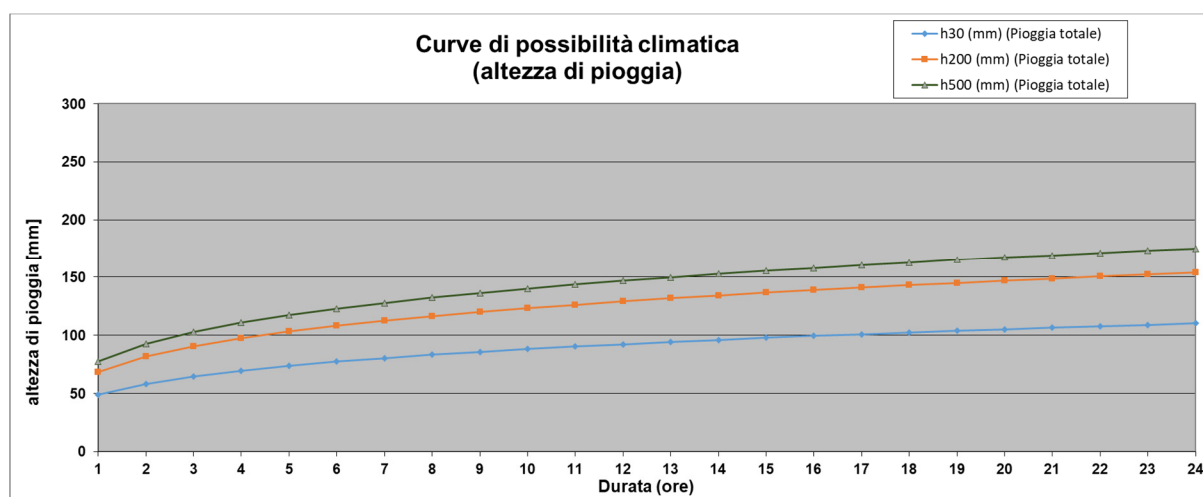


Figura 4-10 - grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia – bacino lama Giulia.

Durata di pioggia "t" (ore)	Altezza di pioggia $T_R = 30$ anni (mm)	Altezza di pioggia $T_R = 200$ anni (mm)	Altezza di pioggia $T_R = 500$ anni (mm)
1	54,06	81,70	95,04
2	62,52	94,49	109,93
3	68,08	102,88	119,69
4	72,31	109,28	127,14
5	75,78	114,52	133,23
6	78,74	118,99	138,43
7	81,32	122,90	142,98
8	83,64	126,39	147,05
9	85,73	129,56	150,73
10	87,64	132,45	154,10
11	89,42	135,13	157,21
12	91,06	137,62	160,11
13	92,61	139,95	162,82
14	94,06	142,14	165,37
15	95,43	144,22	167,78
16	96,73	146,18	170,07
17	97,97	148,06	172,25
18	99,15	149,84	174,33
19	100,28	151,55	176,32
20	101,37	153,19	178,22
21	102,41	154,77	180,06
22	103,42	156,29	181,82
23	104,39	157,75	183,53
24	105,32	159,17	185,18

Tabella 4-10 - calcolo delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia – bacino lama Liroy.

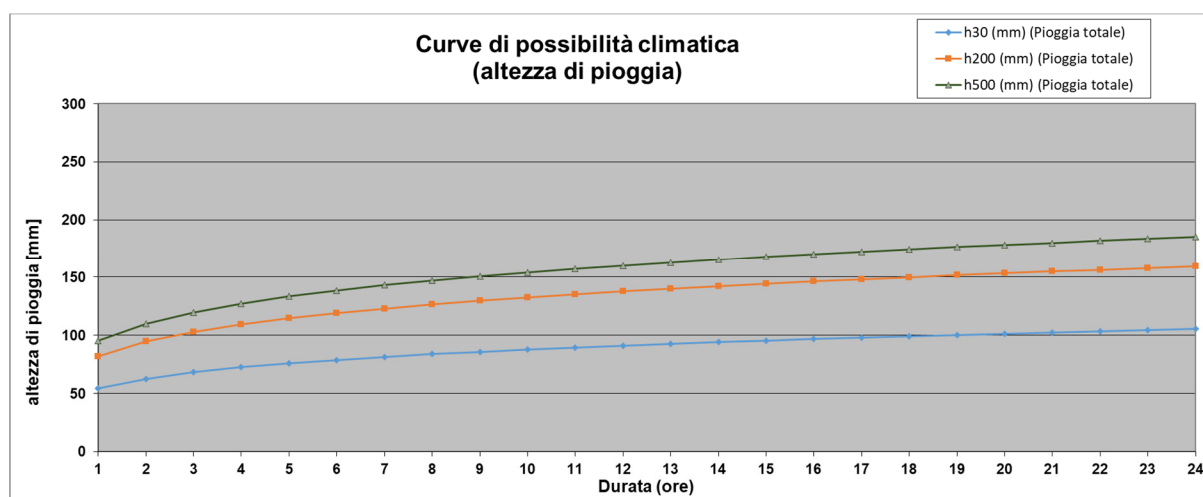



Figura 4-11 - grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia – bacino lama Liroy.

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

Con riferimento alle curve relative ai tempi di ritorno $T_R = 30, 200, 500$ anni scritte nella forma $h = a \cdot t^n$, applicando il principio dei minimi quadrati si sono stimati i valori dei parametri “a” e “n” riportati nelle sottostanti tabelle.

T_R (anni)	a (mm/h)	n
30	54,058	0,2183
200	81,696	0,2183
500	95,044	0,2183

Tabella 4-11 - parametri della curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 30, 200, 500 anni relativi alla zona 5 – bacino della lama Balice.

T_R (anni)	a (mm/h)	n
30	54,058	0,2064
200	81,696	0,2064
500	95,044	0,2064

Tabella 4-12 - parametri della curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 30, 200, 500 anni relativi alla zona 5 – bacino dell'affluente della lama Balice.

T_R (anni)	a (mm/h)	n
30	54,058	0,2083
200	81,696	0,2083
500	95,044	0,2083


Tabella 4-13 - parametri della curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 30, 200, 500 anni relativi alla zona 5 – bacino della lama Cupa.

T_R (anni)	a (mm/h)	n
30	48,815	0,2560
200	68,261	0,2560
500	77,653	0,2560

Tabella 4-14 - parametri della curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 30, 200, 500 anni relativi alla zona 4 – bacino della lama Di Pietra.

T_R (anni)	a (mm/h)	n
30	48,815	0,2560
200	68,261	0,2560
500	77,653	0,2560

Tabella 4-15 - parametri della curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 30, 200, 500 anni relativi alla zona 4 – bacino della lama Giulia.

 acquedotto pugliese l'acqua, bene comune	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019


T_R (anni)	a (mm/h)	n
30	54,058	0,2099
200	81,696	0,2099
500	95,044	0,2099

Tabella 4-16 - parametri della curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 30, 200, 500 anni relativi alla zona 5 – bacino della lama Lioy.

In conformità con quanto indicato nelle prescrizioni di AdB, il successivo studio idraulico per la deduzione della portata significativa è stato condotto relativamente al tempo di ritorno pari a 200 anni. Nella sottostante tabella 4-17 si riportano i parametri della curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 200 anni relativi ai bacini delle sei lame principali.

ID Lama	T_R (anni)	a (mm/h)	n
Balice	200	81,696	0,2183
Affluente Balice	200	81,696	0,2064
Cupa	200	81,696	0,2083
Di Pietra	200	68,261	0,2560
Giulia	200	68,261	0,2560
Lioy	200	81,696	0,2099

Tabella 4-17 - parametri della curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 200 anni relativi ai bacini delle sei lame principali.

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

5 VERIFICA IDRAULICA DELLE LAME PRINCIPALI

5.1 DETERMINAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE

Ai fini del calcolo idraulico, è stato utilizzato il “metodo cinematico o della corrivazione”, il quale si basa sulle seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta unicamente ad un trasferimento della massa liquida;
- ogni goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende solo dal punto in cui è caduta;
- la velocità di una goccia non è influenzata dalla presenza di altre gocce;
- la portata defluente è data dalla somma delle portate elementari provenienti dalle diverse parti del bacino, che si presentano nello stesso istante alla sezione di chiusura.

Si definisce tempo di corrivazione quel tempo che impiega la particella idraulicamente più lontana a raggiungere la sezione di chiusura del generico bacino di calcolo. *Turazza* ha dimostrato che questo è il tempo critico per un dato canale poiché l'intensità media di pioggia (che si suppone costante su tutto il bacino) al tempo di corrivazione è la massima che il nostro canale può sopportare; per cui essa diventa un dato di progetto.


Nella ipotesi di pluviogramma rettangolare, si dimostra come possa normalmente assumersi che la portata massima in una generica sezione di una rete si ottenga per una pioggia di durata pari al tempo massimo di corrivazione del bacino sotteso e risulti:

$$Q_M = \frac{\varphi \cdot i \cdot A}{360}$$

con Q_M in m^3/s , i in mm/h e A superficie del bacino in ettari.

E' possibile stimare il tempo di corrivazione t_c espresso in ore mediante delle formule empiriche che sono state messe a punto attraverso l'osservazione diretta di alcuni bacini reali; ognuna ha un campo di validità limitato, in linea di principio, alla tipologia dei bacini osservati.

Nella presente relazione è stata utilizzata la formula di *Kirpich*, per i bacini più piccoli, e la formulazione del VAPI per i bacini più grandi (in analogia con quanto già fatto nello studio redatto dall'AdB relativo alle lame Bari-Brindisi), di seguito indicate:

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

Formulazione	Bacino
Kirpich: $t_c = 0,066 \cdot (L/\sqrt{i})^{0,77}$	Affluente della lama Balice Lama Cupa Lama Giulia Lama Lioy
VAPI: $t_c = (0,344 \cdot \sqrt{A})/0,6$	Lama Balice Lama Di Pietra

Tabella 5.1-1 – formulazioni utilizzate per i bacini oggetto di studio.

in cui L [km] è la lunghezza dell'asta principale, i [m/m] è la pendenza media del bacino stesso, A [kmq] è la superficie del bacino.

Stimato in questo modo il tempo di corrivazione, l'intensità di pioggia ad esso corrispondente risulta essere:


$$i_c = \frac{h}{t_c} = \frac{a \cdot t_c^n}{t_c} = a \cdot t_c^{n-1}$$

con “a” e “n” parametri della curva di possibilità climatica relativa al tempo di ritorno prefissato.

Per quanto concerne la stima del coefficiente di deflusso e, dunque, della precipitazione efficace, è stato utilizzato il metodo del CN-SCS (*Curve Number del Soil Conservation Service*), molto diffuso in letteratura e particolarmente adatto alla realtà territoriale; il metodo, infatti, consente la ricostruzione delle piene in bacini idrografici di estensione contenuta, con reticolo idrografico non ben definito o continuo, attraverso la definizione dell'indice CN (*Curve Number*).

Il CN rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a produrre deflusso e si stima in base alle caratteristiche idrologiche dei suoli e della copertura vegetale presenti nel bacino; il metodo tiene anche conto delle condizioni di umidità del suolo antecedenti all'inizio dell'evento. Il *Curve Number* è un parametro adimensionale decrescente in funzione della permeabilità, intesa come caratteristica globale del tipo e dell'uso del suolo. La sua determinazione è ottenuta in base al grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato, alla tipologia pedologica e litologica dei suoli ed all'uso del suolo. Il suo valore è compreso tra 0 e 100 ed è diffusamente tabulato, specialmente nella letteratura scientifica americana, come frutto dell'analisi di molti esempi applicativi.

Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi, rispettivamente la I, la II, e la III del grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (*Antecedent Moisture Condition*): molto asciutto (<50 mm), standard (tra 50 e 110 mm) e molto umido (oltre 110 mm).

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

La classificazione dei tipi di suolo è funzione delle caratteristiche di permeabilità secondo la suddivisione proposta dal *Soil Conservation Service* che prevede quattro classi aventi, rispettivamente, potenzialità di deflusso scarsa (A), moderatamente bassa (B), moderatamente alta (C) e molto alta (D). La suddivisione in base al tipo di copertura o uso del suolo comprende, invece, diverse situazioni di aree caratterizzate da differenti morfologie (pascoli, terrazzamenti, etc.) varie coperture vegetali (boschi, praterie, parchi), condizioni di conservazione e destinazione d'uso (coltivazioni, parcheggi, distretti industriali o altro).


Nel caso in esame, il bacino scolante è stato analizzato suddividendo l'intera superficie, in base al tipo e all'uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso: si ottengono così varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del bacino. E' stato ricavato, poi, un valore medio del parametro CN, ottenuto come "media pesata" dei valori singolari imposti sulle *i-esime* sub-aree:

$$CN = p_1CN_1 + p_2CN_2 + \dots + p_nCN_n$$

dove p_1, p_2, \dots, p_n sono le percentuali dell'area totale del bacino caratterizzate da un valore del parametro rispettivamente pari a CN_1, CN_2, \dots, CN_n .

Nella individuazione e caratterizzazione delle zone omogenee si fa riferimento alla Carta dell'uso del suolo, alla Carta geologica – litologica ed alla carta Drastic (permeabilità dei suoli). Le zone omogenee individuate sono riportate nella sottostante tabella 5.1-2.

Tipo di copertura	A	B	C	D
altre colture permanenti	62	71	78	81
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79	86	89
aree a ricolonizzazione naturale	45	66	77	83
aree a vegetazione sclerofilla	45	66	77	83
aree estrattive	0	0	0	0
aree prevalentemente occupate da coltura agrarie	62	71	78	81
aree sportive (calcio, atletica, tennis, ecc.)	49	69	79	84
boschi di conifere	36	60	73	79
boschi di latifoglie	36	60	73	79
boschi misti di conifere e latifoglie	36	60	73	79
cantieri e spazi in costruzione e scavi	77	85	90	92
cespuglieti e arbusteti	45	66	77	83
cimiteri	61	75	83	87

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

Tipo di copertura	A	B	C	D
colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree	72	81	88	91
colture temporanee associate a colture permanenti	62	71	78	81
depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	89	92	94	95
insediamenti produttivi agricoli	77	85	90	92
insediamento degli impianti tecnologici	81	88	91	93
insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	89	92	94	95
insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	81	88	91	93

Tabella 5.1-2 - zone omogenee per il *Curve Number*.


Incrociando i dati derivanti dalle cartografie della geologia e dell'uso del suolo, quindi della permeabilità dello stesso, ottenute dall'archivio cartografico on-line della Regione Puglia, è stata ricavata una carta del *Curve Number*, da cui è stato possibile, mediante l'ausilio di appositi *tools* in ambiente GIS, associare un *Curve Number* medio ad ogni singolo bacino. Il valore di CN così determinato è quello relativo al CNII, il quale, data la consistente dimensione dei bacini oggetto di studio, è stato utilizzato per il calcolo della precipitazione efficace come descritto di seguito. Al fine dello scorrimento superficiale, è stato effettuato il calcolo della precipitazione efficace depurando gli ietogrammi dalle perdite per infiltrazione e per immagazzinamento nelle depressioni superficiali. Come detto in precedenza, si è utilizzato il metodo di depurazione della pioggia noto come *Curve Number* proposto dal *Soil Conservation Service* basato sul modello *Hortoniano* di descrizione del fenomeno dell'assorbimento; come noto, tale procedura consente di calcolare il volume di pioggia defluito nella sezione di chiusura sulla base dell'espressione:

$$h_n = \frac{(h_r - I_a)^2}{h_r - I_a + S}$$

dove:

- h_n [mm] è il volume specifico complessivamente defluito durante l'evento;
- h_r [mm] è il volume specifico di pioggia lorda;
- S [mm] è il potenziale specifico massimo di assorbimento del terreno, cioè il volume immagazzinabile a saturazione nello stesso;
- I_a [mm] rappresenta la quota parte del volume affluito che si infiltra prima che il deflusso abbia inizio.

La determinazione di S viene effettuata sulla base della relazione:

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Pertanto, individuato il valore del CNII come dapprima indicato, è stato possibile calcolare il valore di S e di I_a per il calcolo delle precipitazioni nette.

Nella sottostante tab.5.1-3 si riportano, per ciascuna delle sei lami principali, i valori di S, I_a e h_r , desunto quest'ultimo per ciascuna lama dalla relativa curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno pari a 200 anni in corrispondenza del tempo di corrivazione proprio del bacino.

ID Lama	S [mm]	I_a [mm]	h_r [mm]
Balice	122,163	24,432	133,459
Afluente Balice	109,793	21,959	87,173
Cupa	104,8078	20,962	96,594
Di Pietra	106,033	21,207	98,952
Giulia	113,679	22,734	75,651
Lioy	108,360	21,672	88,817

Tabella 5.1-3 – valori dei parametri S, I_a e h_r relativi a ciascuna delle sei lame principali.

Questi valori, applicati ai valori di altezza di precipitazione relativi alla curva di possibilità pluviometrica in precedenza determinati, danno luogo ad una curva di possibilità pluviometrica in termini di precipitazione efficace.

In conformità con quanto indicato nelle prescrizioni di AdB, lo studio idrologico per la deduzione della portata significativa è stato condotto relativamente al tempo di ritorno pari a 200 anni, pertanto di seguito saranno illustrati i grafici e le tabelle di confronto tra le precipitazioni lorde e nette di ogni singolo bacino relative a tale tempo di ritorno.

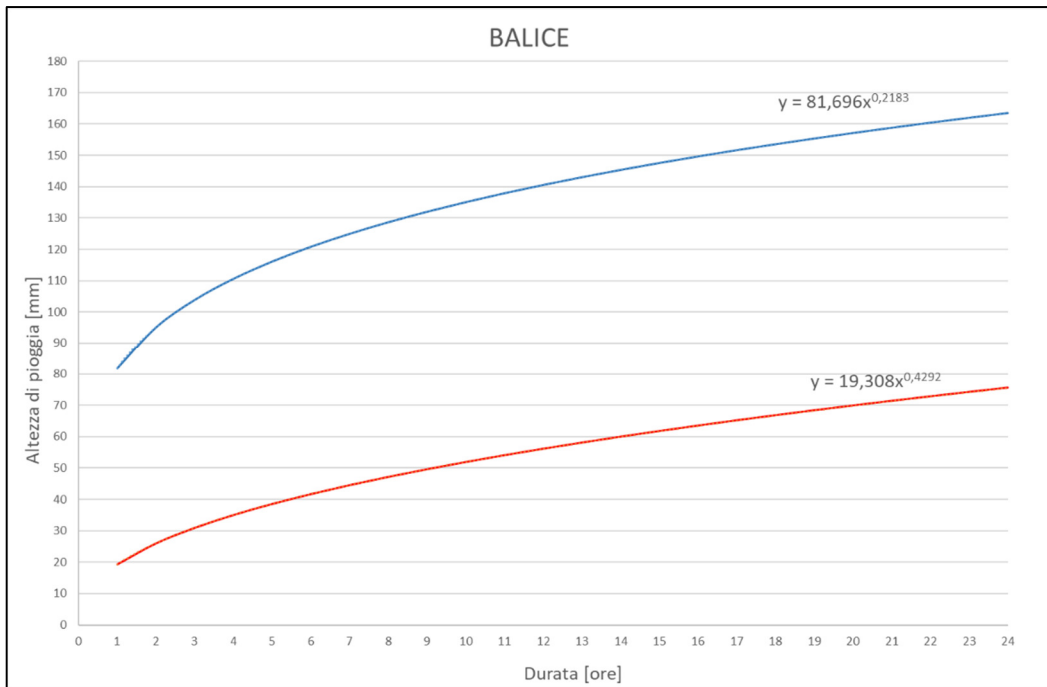


Figura 5.1-1 - Grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia “VAPI” Puglia per il bacino di lama Balice relative alla pioggia totale ed a quella netta $T_R = 200$ anni.

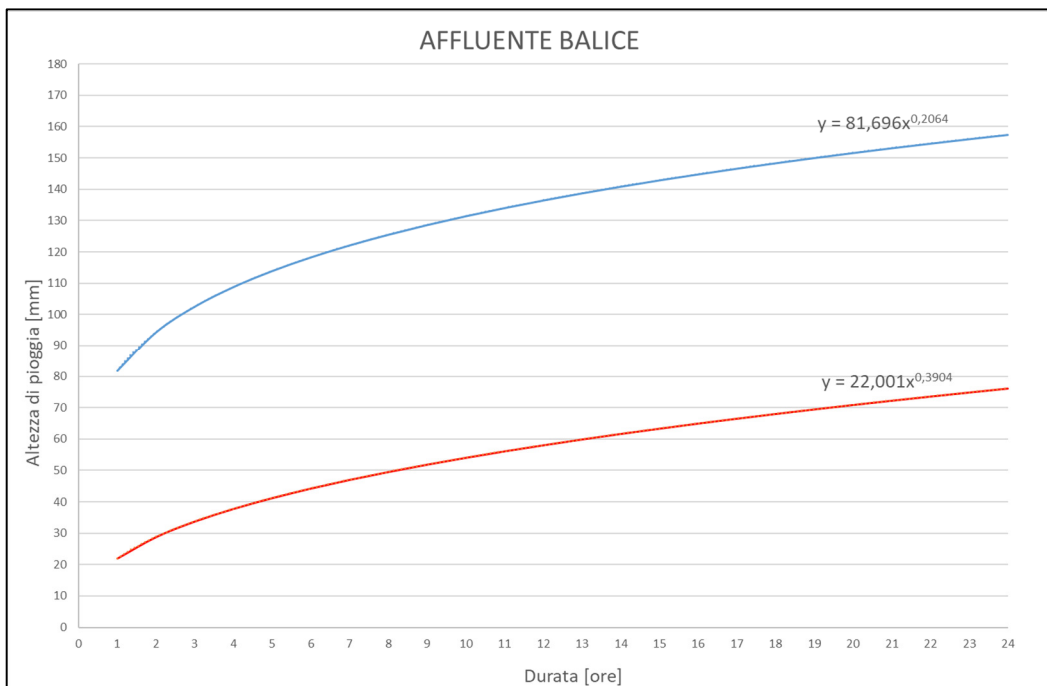


Figura 5.1-2 - grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia “VAPI” Puglia per il bacino dell'affluente di lama Balice relative alla pioggia totale ed a quella netta $T_R = 200$ anni.

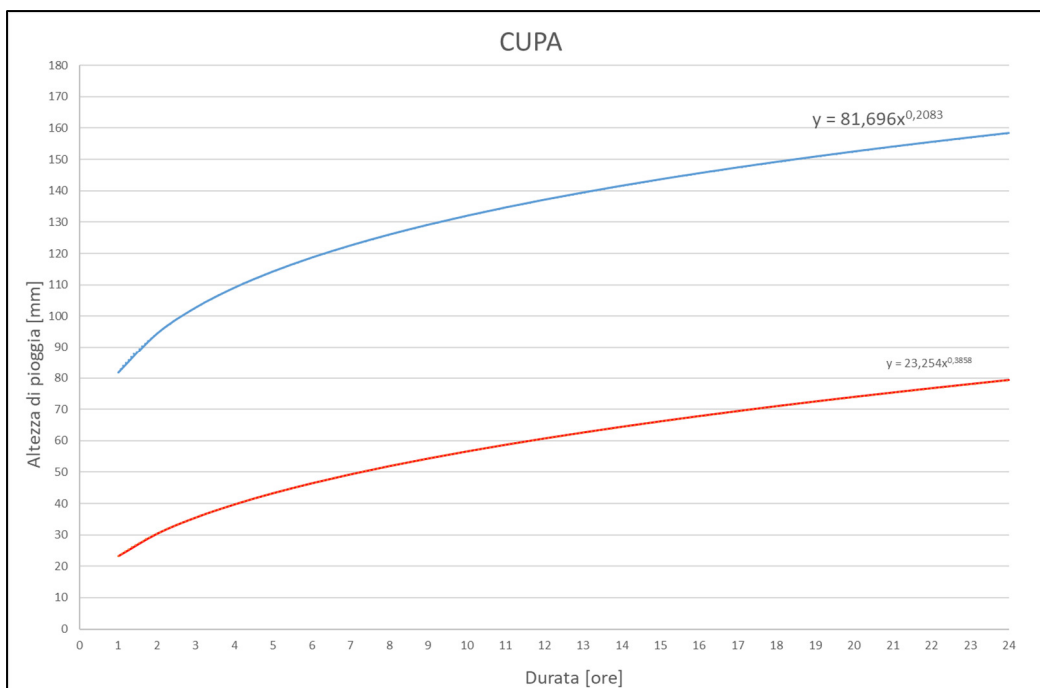


Figura 5.1-3 - grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia per il bacino di lama Cupa relative alla pioggia totale ed a quella netta $T_R = 200$ anni.

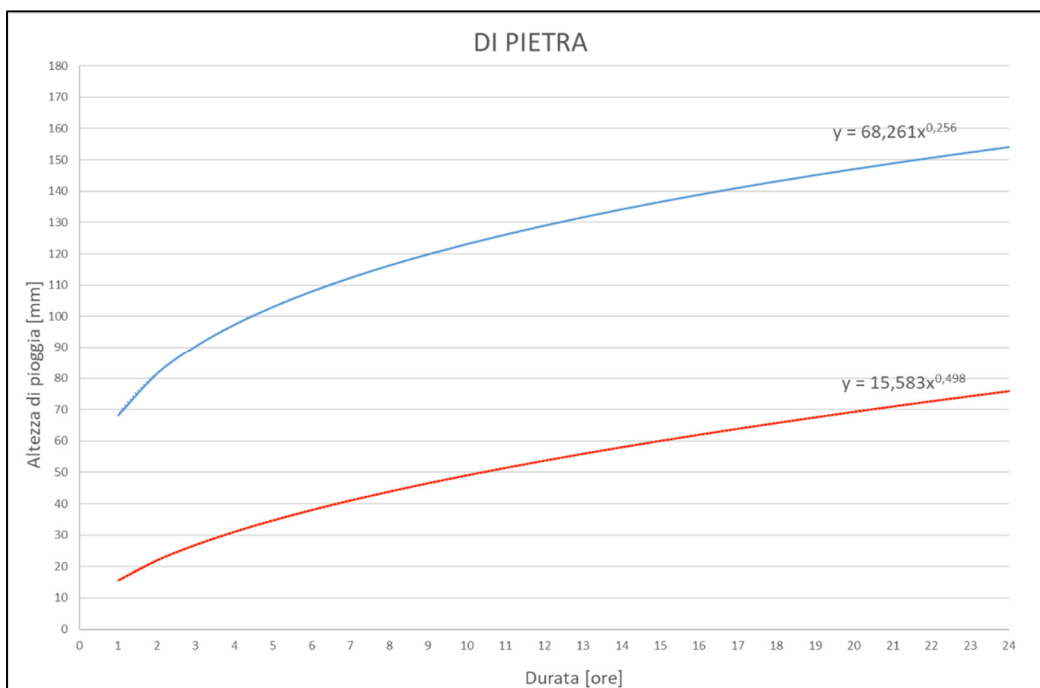


Figura 5.1-4 - grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia per il bacino di lama Di Pietra relative alla pioggia totale ed a quella netta $T_R = 200$ anni.

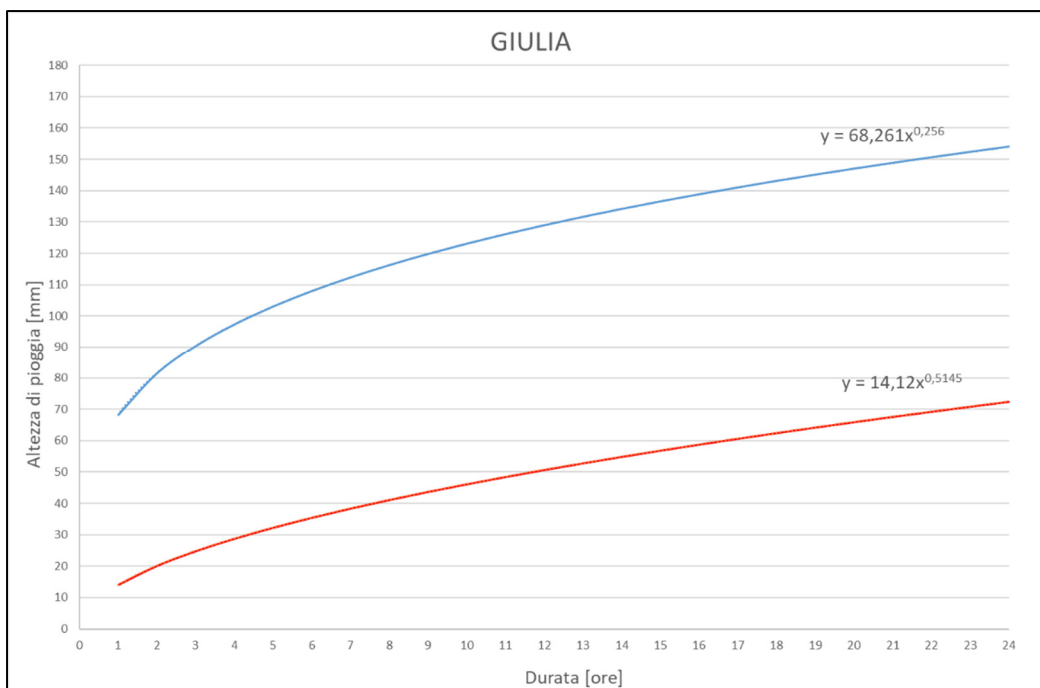


Figura 5.1-5 - grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia per il bacino di lama Giulia relative alla pioggia totale ed a quella netta $T_R = 200$ anni.

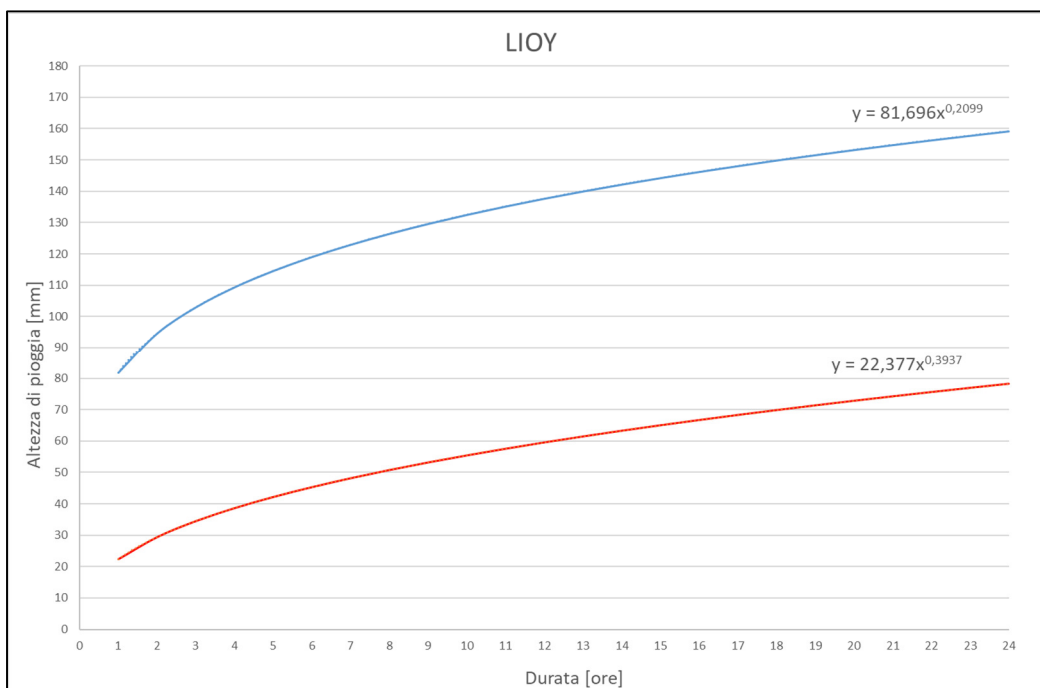



Figura 5.1-6 - grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la metodologia "VAPI" Puglia per il bacino di lama Lioy relative alla pioggia totale ed a quella netta $T_R = 200$ anni.

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

Nella successiva tabella 5.1-4 si riportano i valori dei parametri “a” e “n” relativi alle curve nette come sopra determinate ricavati applicando il principio dei minimi quadrati.


ID LAMA	a (mm/h)	n
Balice	19,308	0,4292
Affluente Balice	22,001	0,3904
Cupa	23,254	0,3858
Di Pietra	15,583	0,4980
Giulia	14,120	0,5145
Lioy	22,377	0,3937

Tabella 5.1-4 – valori della curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 200 anni relativi alle lame oggetto di studio in termini di pioggia netta.

Nella successiva tabella 5.1-5 si riporta il calcolo della portata di pioggia con riferimento ai bacini scolanti analizzati, con i dati salienti utilizzati.

ID LAMA	Superficie	Lunghezza asta principale	Tempo di corrivazione	CNII	Q ₂₀₀
	[kmq]	[km]	[ore]	[#]	[mc/s]
Balice	19,308	0,4292	9,47	67,52	411,50
Affluente Balice	22,001	0,3904	1,37	69,82	86,75
Cupa	23,254	0,3858	2,23	70,79	88,99
Di Pietra	15,583	0,4980	4,17	70,55	115,79
Giulia	14,120	0,5145	1,46	69,08	67,83
Lioy	22,377	0,3937	1,49	70,10	75,61

Tabella 5.1-5 – calcolo della portata netta con tempo di ritorno pari a 200 anni per le n. 6 lame principali.

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

5.2 COSTRUZIONE DEL MODELLO IDRAULICO E RISULTATI

5.2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Infoworks ICM[®] è un applicativo software per la verifica e la progettazione di sistemi idraulici complessi, nato per consentire la modellazione numerica integrata di alvei fluviali, reticoli di bonifica e fognature urbane. Il software consente di creare e risolvere modelli idraulici monodimensionali (1D), per lo studio della propagazione dell'onda di piena in alveo, bidimensionali (2D), per lo studio della propagazione dell'esondazione su aree di dominio bidimensionale, dotato di un risolutore del moto vario bidimensionale che utilizza la metodologia dei volumi finiti, e misti (1D/2D), generalmente con la modellazione monodimensionale nel canale e bidimensionale nel territorio inondabile.

Il moto idraulico a pelo libero all'interno degli elementi monodimensionali viene sviluppato con l'integrazione delle equazioni di *De Saint-Venant* (conservazione del momento e della massa). Le equazioni alla base del modello di calcolo sono le seguenti:


$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0$$

ove:

- A area bagnata del condotto;
- Q portata;
- x distanza lungo l'asse del condotto;
- t tempo;
- g costante gravitazionale;
- H carico idraulico totale dato da $z + h$;
- z quota dello scorrimento;
- h livello idrico;
- S_f cadente piezometrica.

In particolare, la (1) è l'equazione di continuità in moto vario in assenza di afflussi e deflussi laterali, la (2) è l'equazione del momento della quantità di moto; quest'ultima può essere scritta in più forme, in funzione della scelta delle variabili dipendenti. Per poter essere integrate, queste equazioni devono essere opportunamente semplificate e linearizzate in modo tale che il sistema

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

di equazioni possa essere risolto con la teoria delle matrici. Lo schema di linearizzazione usato da InfoWorks CS è quello dei 4 punti di *Priessmann*, mentre il risolutore adottato è quello di *Newton-Raphson*.

Tale metodo di soluzione è stato testato in centinaia di studi e applicazioni, con riscontri di misure idrometriche ottenuti su dei bacini sperimentali.

La cadente piezometrica viene computata con varie possibili metodologie: in InfoWorks sono disponibili le equazioni di *Colebrook-White*, *Manning* e *Strickler*.

Il modello usato per la rappresentazione matematica del flusso 2D è basato sulle equazioni delle acque basse (*shallow water equations*, SWE), cioè la versione a profondità media che si ricava dalle equazioni di *Navier–Stokes*:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (hu^2 + gh^2/2) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} \\ = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D}u_{1D} \end{aligned}$$


$$\begin{aligned} \frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} (hv^2 + gh^2/2) \\ = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{1D}v_{1D} \end{aligned}$$

dove:

- h è il tirante idrico;
- u e v sono rispettivamente le velocità nelle direzioni x e y ;
- $S_{0,x}$ e $S_{0,y}$ sono rispettivamente le pendenze dell'alveo nelle direzioni x e y ;
- $S_{f,x}$ e $S_{f,y}$ sono rispettivamente gli attriti nelle direzioni x e y ;
- q_{1D} è la portata per unità di area;
- u_{1D} e v_{1D} sono rispettivamente le componenti di velocità della portata q_{1D} nelle direzioni x e y .

Questa formulazione conservativa delle equazioni delle acque basse è discretizzata utilizzando un sistema di primo ordine esplicito del volume finito.

Il motore di calcolo 2D utilizzato in InfoWorks ICM si basa sulle procedure descritte in Alcrudo e Mulet-Marti "*Urban inundation models based upon the Shallow Water equations. Numerical and practical issues*" (2005).

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

Lo schema che viene utilizzato per risolvere le SWE è basata sulla combinazione numerica *Godunov*, con i flussi numerici attraverso i confini dei volumi di controllo calcolati utilizzando il metodo approssimato di *Roe* per la soluzione al problema di *Riemann*.

Poiché il regime è una soluzione esplicita, non richiede iterazione per raggiungere la stabilità entro tolleranze definite, come il regime di 1D. Invece, per ciascun elemento, il passo temporale necessario viene calcolato utilizzando la condizione di *Courant - Friedrichs-Lewy* al fine di raggiungere la stabilità, in cui la condizione è:


$$c \frac{\Delta x}{\Delta t} \leq 1$$

dove *c* è il numero adimensionale di *Courant* (il controllo di stabilità timestep impostato nei parametri 2D default = 0,95). InfoWorks ICM utilizza una *mesh* non strutturata per rappresentare la zona di 2D e questo insieme consente di ottenere una simulazione stabile anche per flussi rapidamente variabili, così come i flussi super-critici e di transizione.

5.2.2 MODELLO GEOMETRICO

Ai fini di calcolare la forza di trascinamento al fondo per gli scopi del presente studio, è stato ricostruito un modello idraulico per ogni lama principale; in particolare, tale modello sarà un modello del tipo monodimensionale (1D), basato sui seguenti elementi:

- Modello digitale del terreno (D.T.M.): tale modello del terreno è stato ricostruito a partire dai rilievi effettuati per un'estensione planimetria di circa 400 metri, di cui una parte a monte della sezione di intersezione tra il tracciato della condotta e la lama oggetto di studio, e la medesima parte a valle della stessa; il DTM così individuato è stato utilizzato per la ricostruzione delle sezioni trasversali;
- Nodo "sorgente" e nodo "foce": tali due nodi sono stati così intitolati all'interno di ciascun modello per indicare il nodo a cui è associata la condizione di monte, ovvero il nodo sorgente (nel software, indicato come "break"), e quello a cui è associata la condizione di valle, ovvero il nodo foce (nel software, indicato come "outfall");
- Sezioni trasversali: tali sezioni costituiscono il corpo del modello idraulico e rappresentano l'andamento plano-altimetrico delle lame oggetto di studio; queste hanno un'estensione molto ampia, variabile tra i 200 e i 500 metri, dovuta dalla caratteristica principale di tali lame, ovvero

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

che sono di fatto poco incise nel terreno, pertanto è stato necessario estendere di molto i rilievi rispetto all'asse della lama;

- Scabrezza: in analogia con quanto è stato fatto nello studio delle lame Bari-Brindisi, per la deduzione della scabrezza si è utilizzata la carta di uso del suolo, associando un valore di scabrezza di Manning "n" ad ogni tipologia di copertura, come sintetizzato nella successiva tabella;

Uso del suolo	Coefficiente di Manning
Frutteti e frutti minori	0,06
Uliveti	0,06
Seminativi semplici in aree non irrigue	0,04
Aree a pascolo naturale, praterie, incolti	0,03
Cespuglieti e arbusteti	0,05
Insediamiento industriale o artigianale con spazi annessi	0,15
Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	0,15
Reti stradali e spazi accessori	0,15
Tessuto residenziale sparso	0,15
Vigneti	0,10

Tabella 5.2.2-1 – coefficiente di scabrezza per tipologia di copertura del suolo.

- Condizione di monte: data la finalità del presente studio, si è scelto di condurre lo studio idraulico in moto permanente, pertanto la condizione di contorno di monte coincide con la portata netta duecentennale dapprima individuata;
- Condizione di valle: per quanto concerne la condizione di contorno di valle, si è utilizzata l'altezza di moto uniforme.

Nelle successive figure si illustrano i modelli idraulici, in ambiente InfoWorks ICM, ricostruiti per ciascuna lama oggetto di studio, con i relativi DTM ed evidenziando, in rosso, la sezione in cui avverrà l'intersezione tra l'asta e il tracciato della condotta del Locone.

A seguire, si riportano i profili idraulici della parte di lama oggetto di studio, le impronte planimetriche, corrispondenti all'estensione della portata duecentennale in ogni singola lama, e i livelli idrici raggiunti nelle sezioni d'intersezione tra l'asta oggetto di studio e la condotta di progetto (nelle sezioni, le linee verticali celesti indicano i limiti delle varie zone di scabrezza).

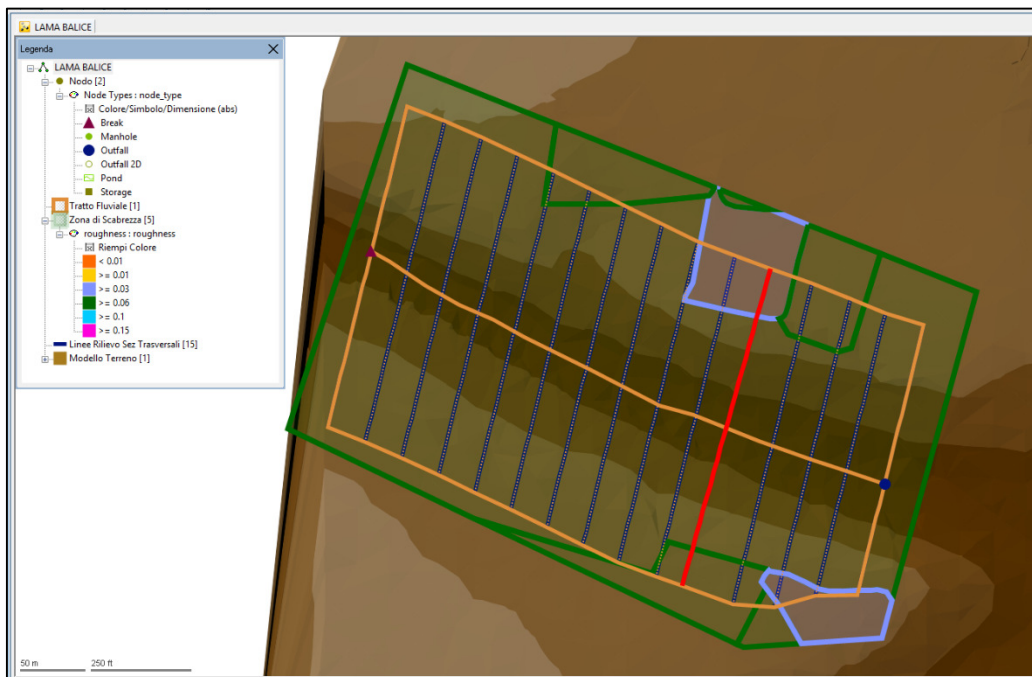


Figura 5.2.2-1 – rappresentazione del modello idraulico di lama Balice in ambiente InfoWorks ICM, con evidenziata in rosso la sezione d'intersezione tra la condotta di progetto e l'asta oggetto di studio.

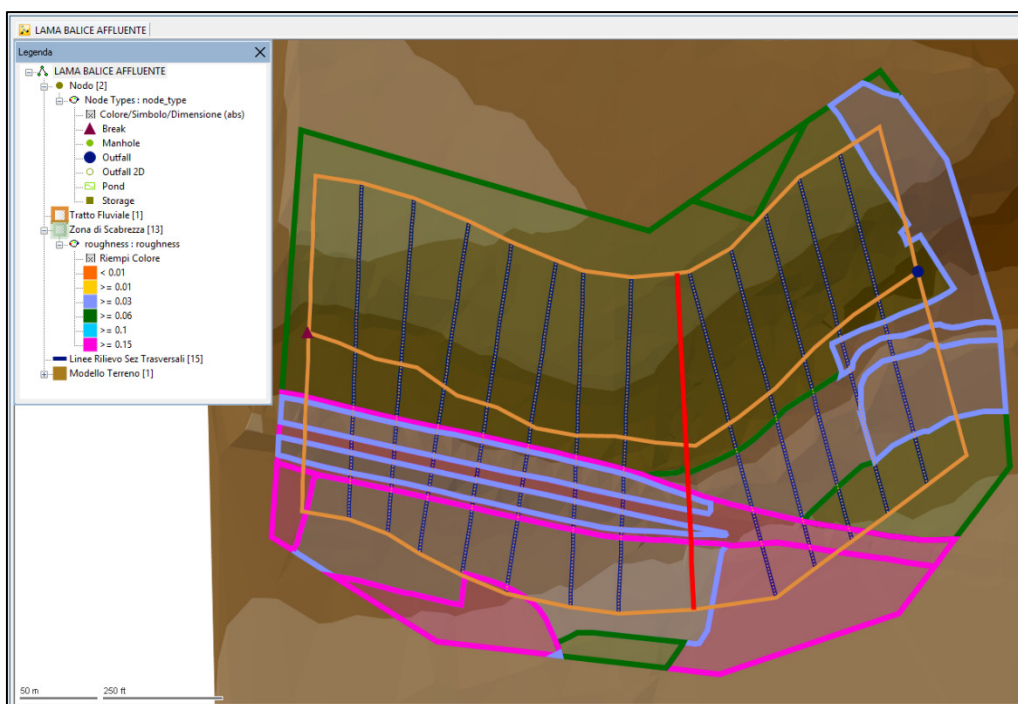


Figura 5.2.2-2 – rappresentazione del modello idraulico dell'affluente di lama Balice in ambiente InfoWorks ICM, con evidenziata in rosso la sezione d'intersezione tra la condotta di progetto e l'asta oggetto di studio.

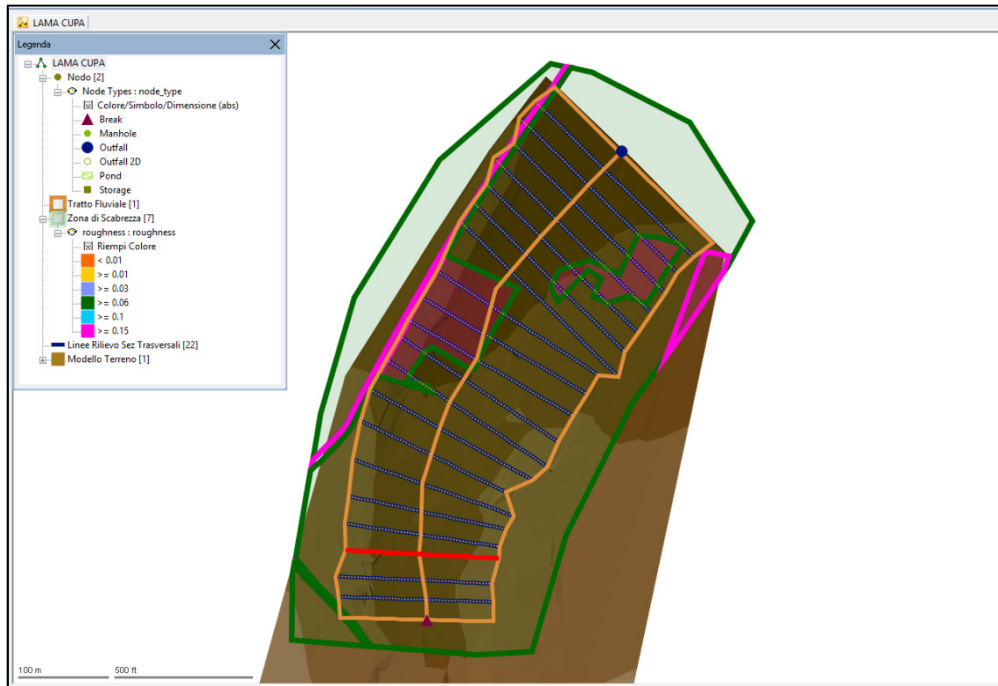


Figura 5.2.2-3 – rappresentazione del modello idraulico di lama Cupa in ambiente InfoWorks ICM, con evidenziata in rosso la sezione d'intersezione tra la condotta di progetto e l'asta oggetto di studio.

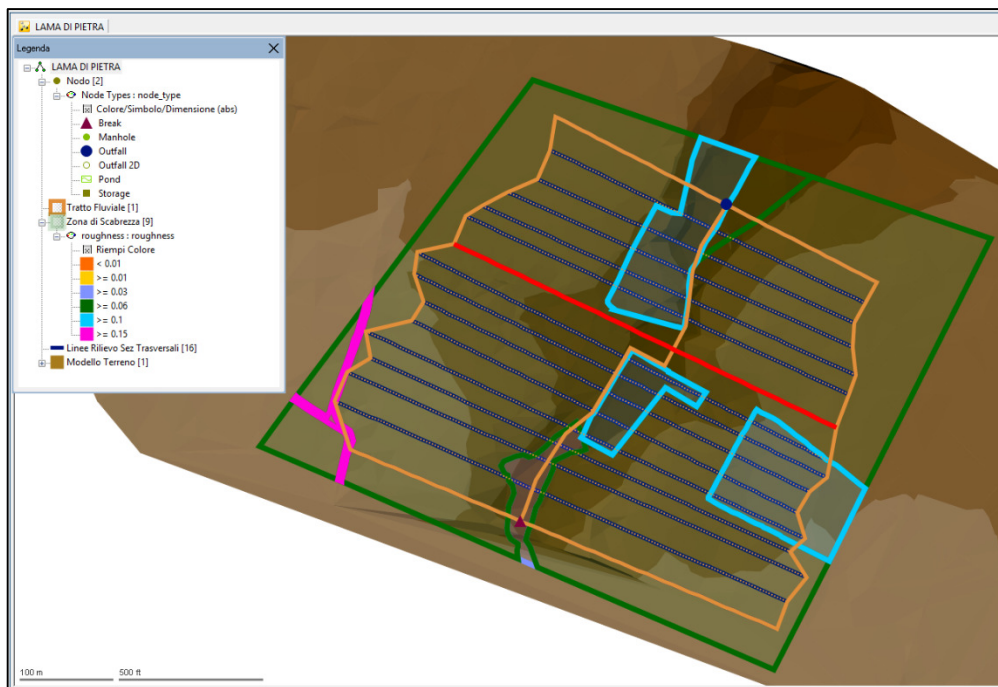


Figura 5.2.2-4 – rappresentazione del modello idraulico di lama Di Pietra in ambiente InfoWorks ICM, con evidenziata in rosso la sezione d'intersezione tra la condotta di progetto e l'asta oggetto di studio.

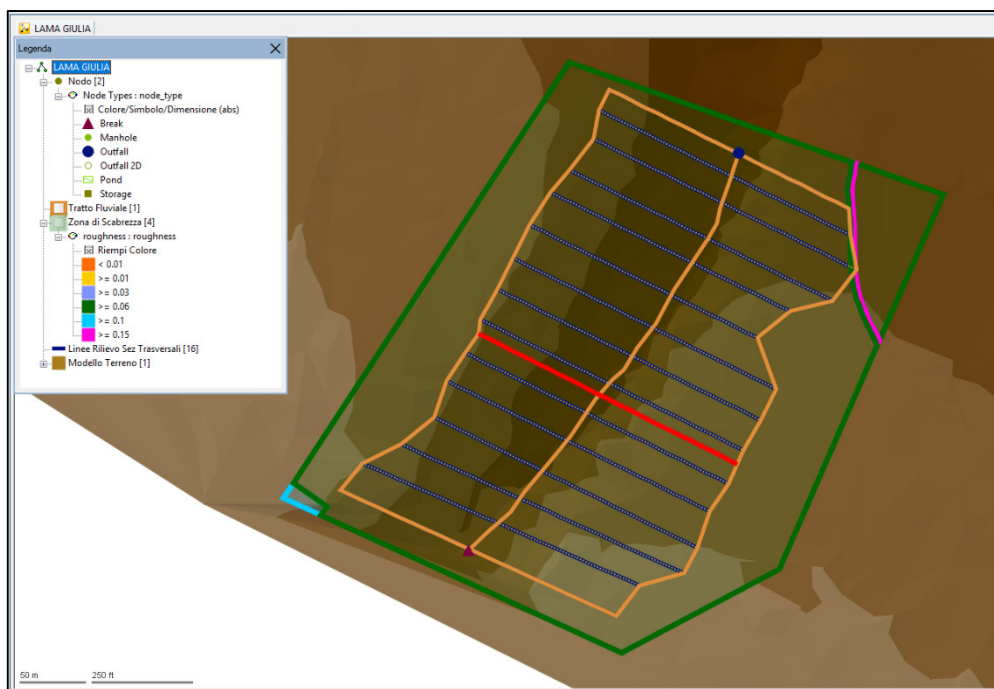


Figura 5.2.2-5 – rappresentazione del modello idraulico di lama Giulia in ambiente InfoWorks ICM, con evidenziata in rosso la sezione d'intersezione tra la condotta di progetto e l'asta oggetto di studio.

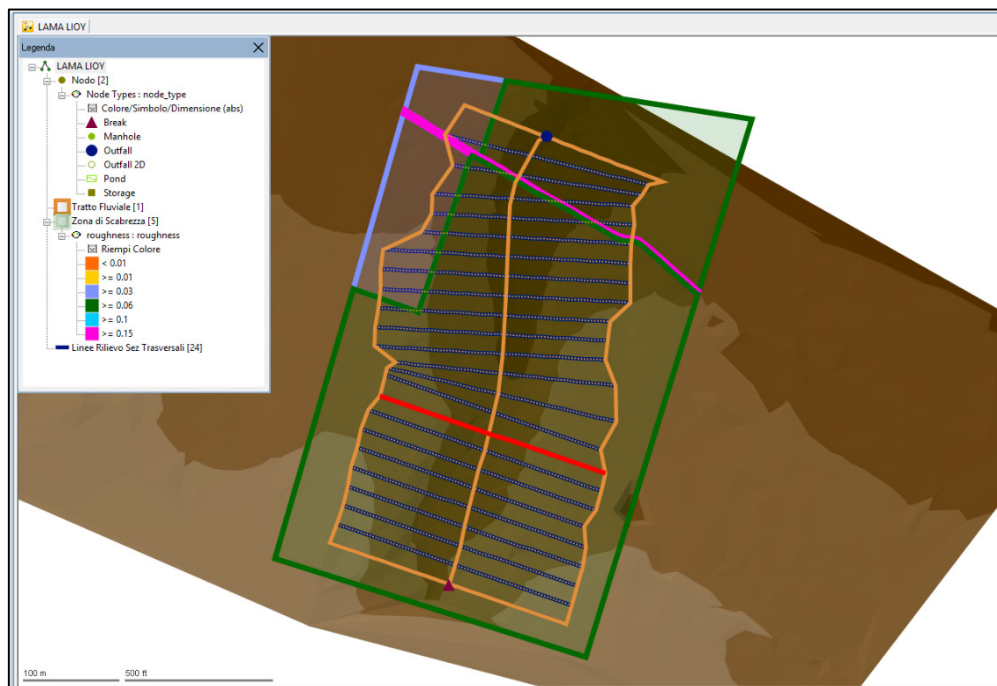


Figura 5.2.2-6 – rappresentazione del modello idraulico di lama Lioy in ambiente InfoWorks ICM, con evidenziata in rosso la sezione d'intersezione tra la condotta di progetto e l'asta oggetto di studio.

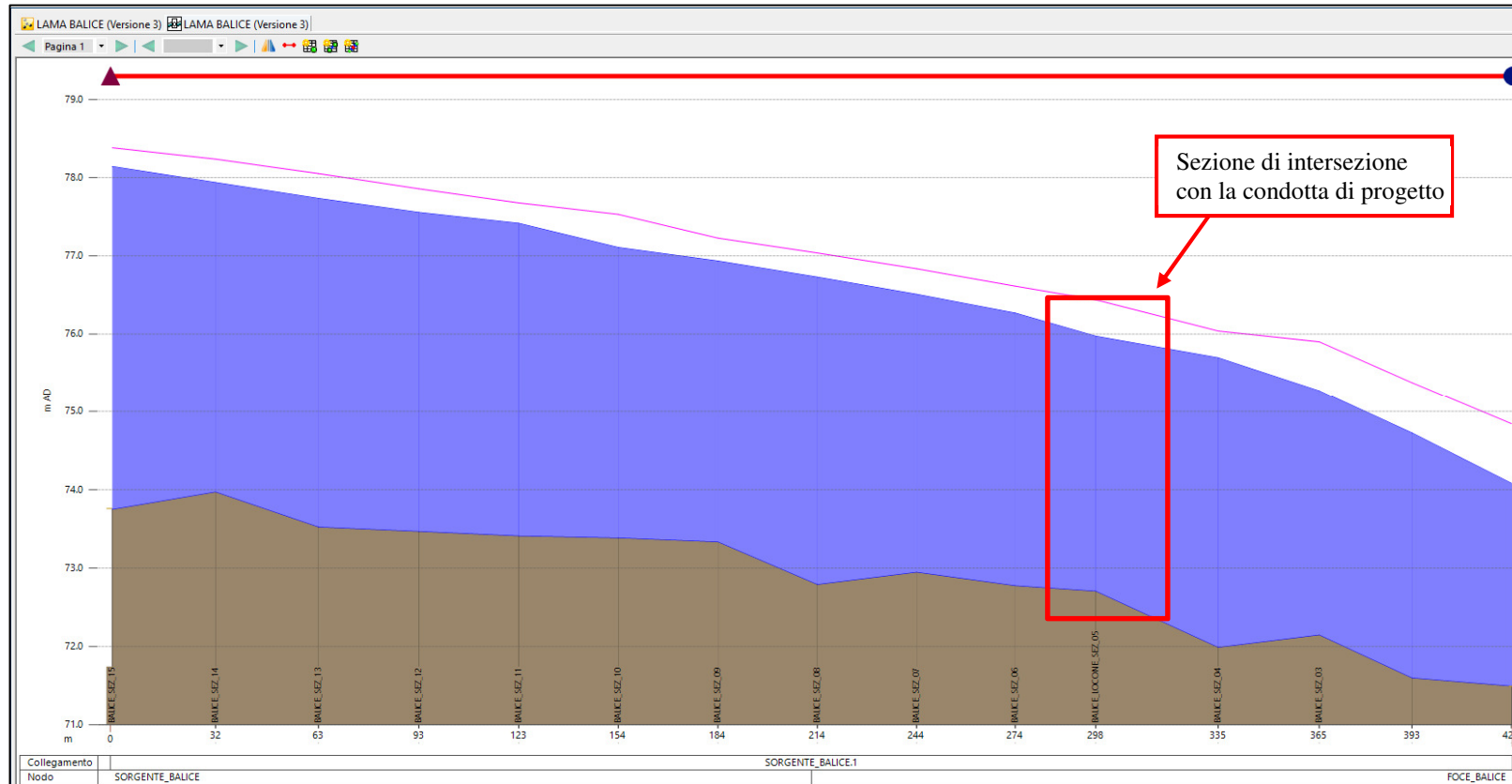


Figura 5.2.2-7 – profilo idraulico di lama Balice con indicato il tirante relativo alla portata duecentennale.

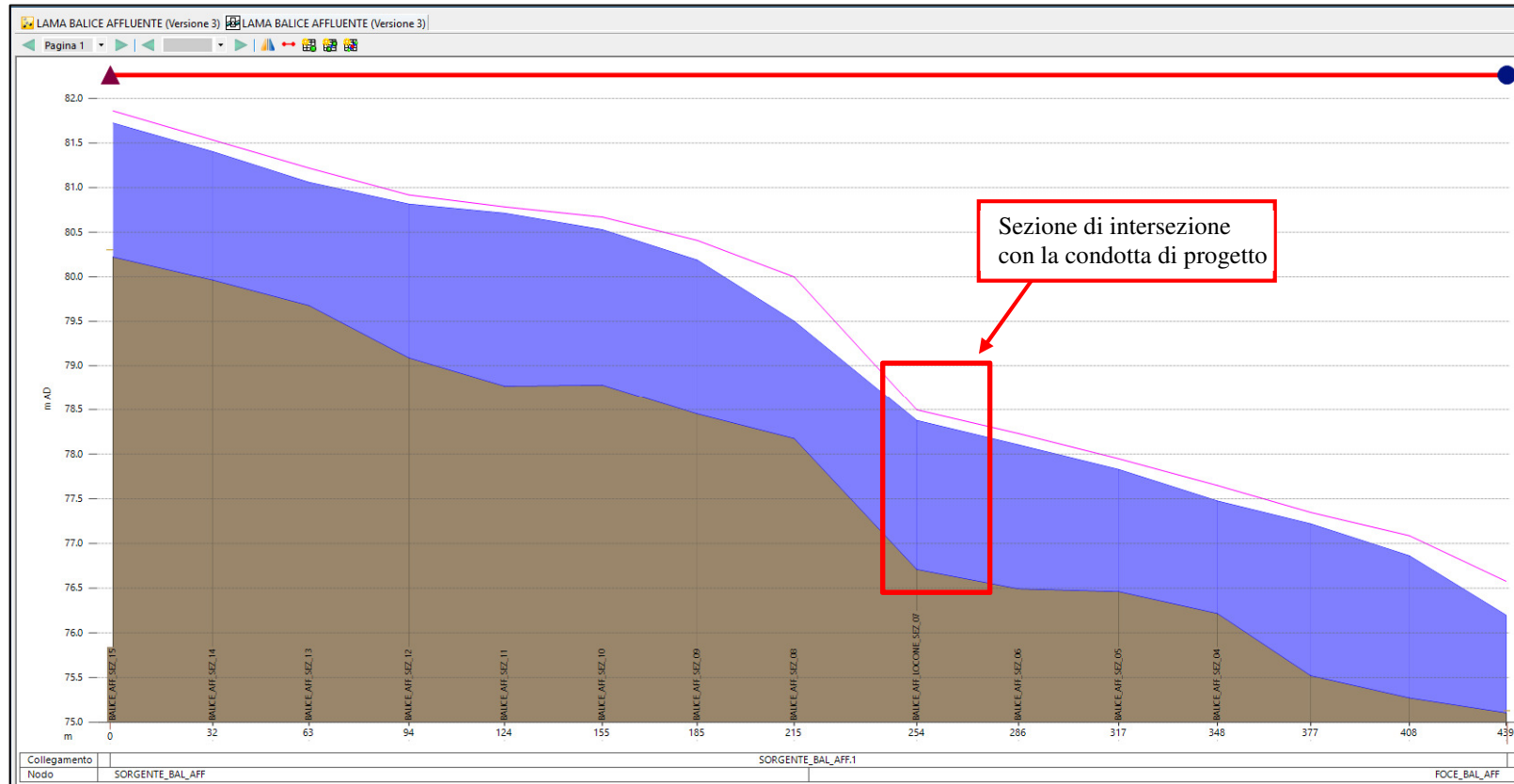


Figura 5.2.2-8 – profilo idraulico dell'affluente di lama Balice con indicato il tirante relativo alla portata duecentennale.

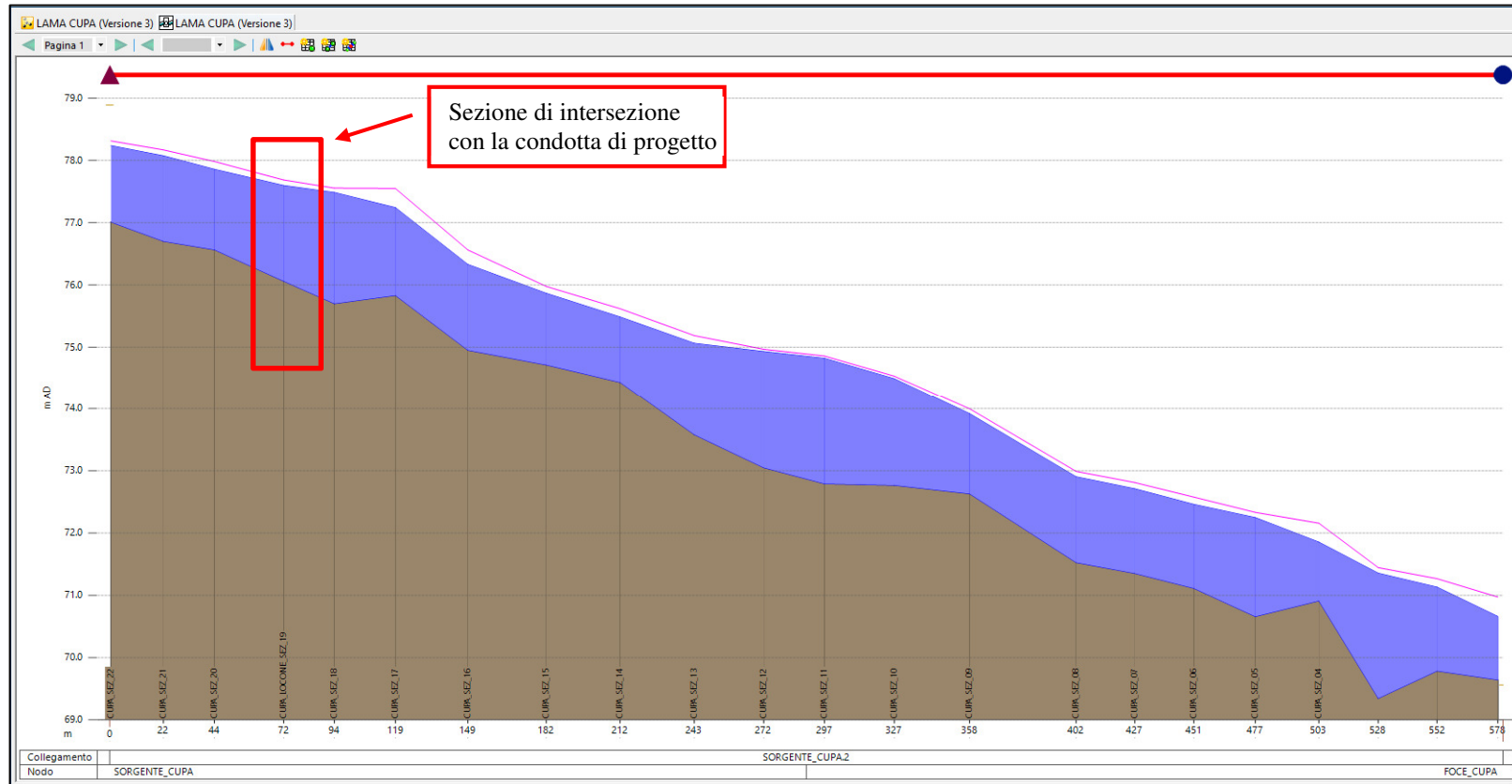


Figura 5.2.2-9 – profilo idraulico di lama Cupa con indicato il tirante relativo alla portata duecentennale.

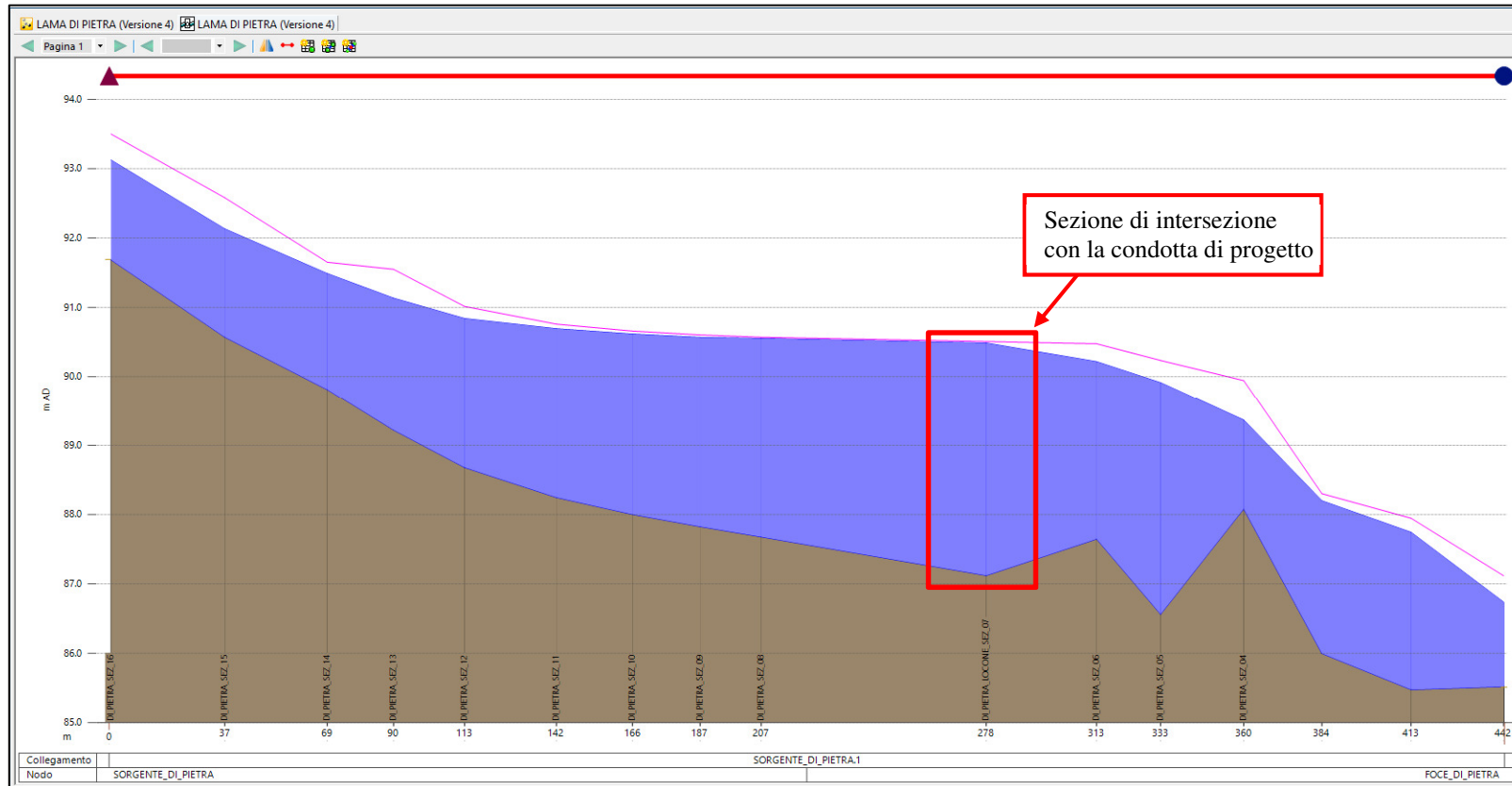


Figura 5.2.2-10 – profilo idraulico di lama Di Pietra con indicato il tirante relativo alla portata duecentennale.

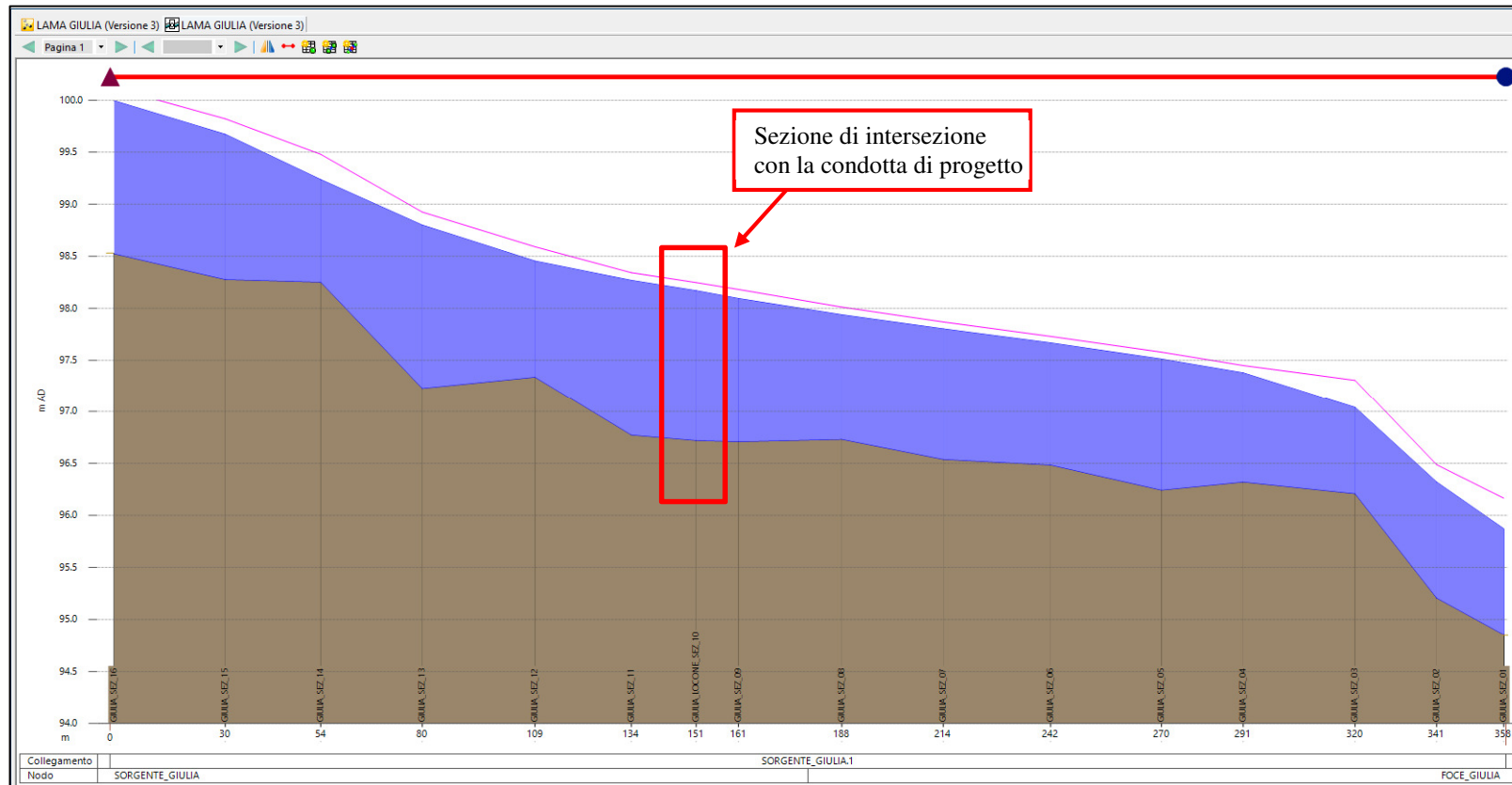


Figura 5.2.2-11 – profilo idraulico di lama Giulia con indicato il tirante relativo alla portata duecentennale.

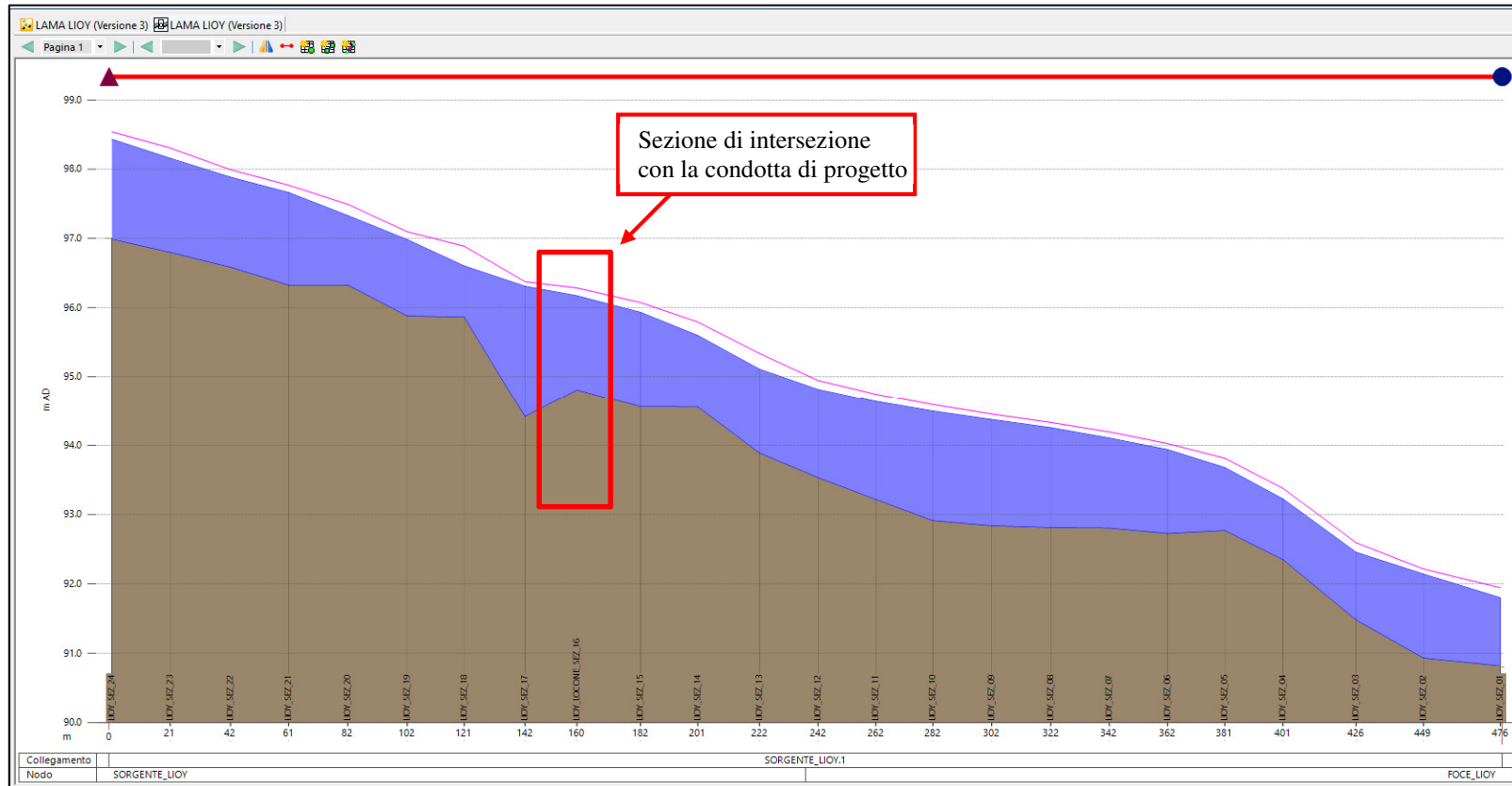


Figura 5.2.2-12 – profilo idraulico di lama Lioy con indicato il tirante relativo alla portata duecentennale.

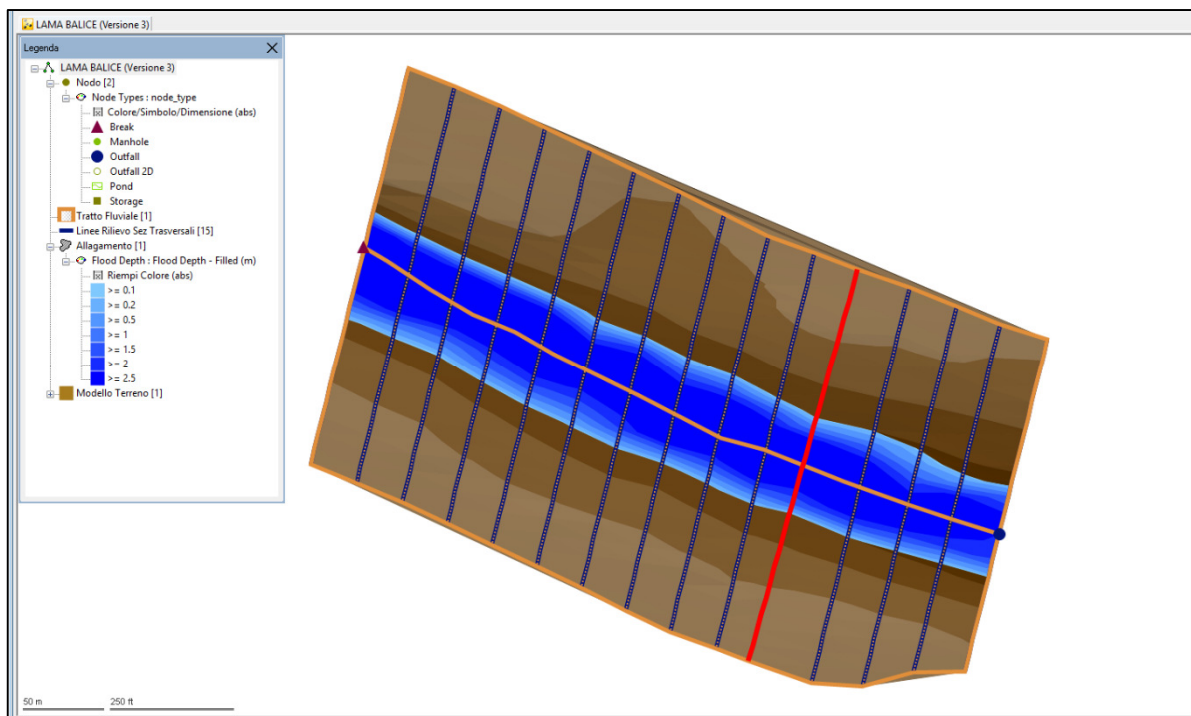


Figura 5.2.2-13 – rappresentazione dell'impronta planimetrica derivante dal transito della portata duecentennale per la lama Balice in ambiente InfoWorks ICM, con evidenziata in rosso la sezione d'intersezione tra la condotta di progetto e l'asta oggetto di studio.

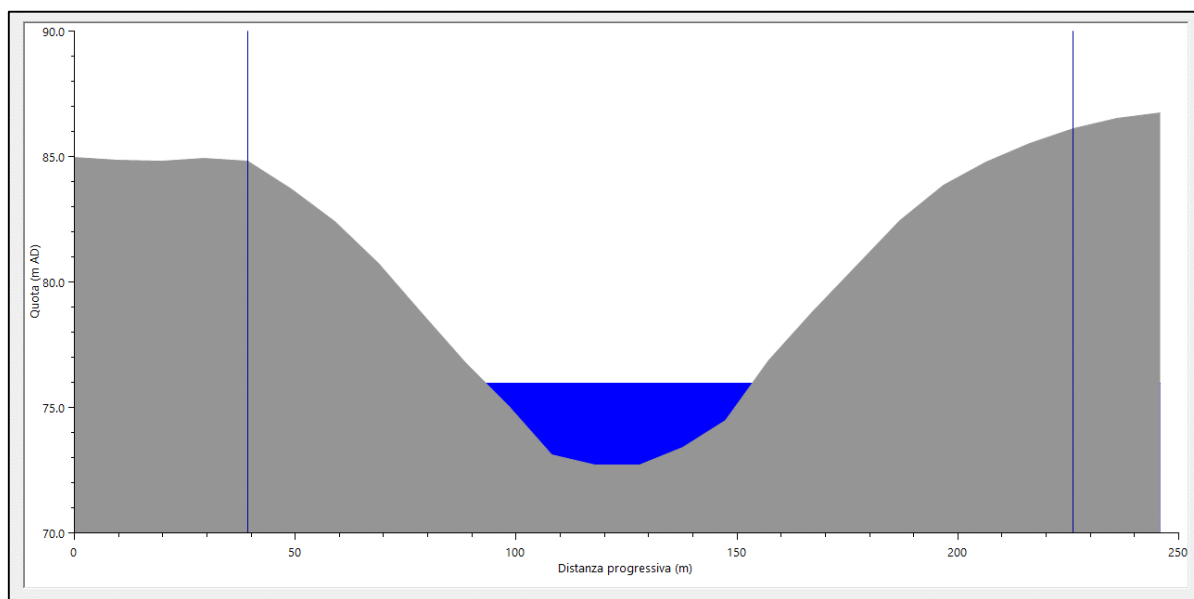


Figura 5.2.2-14 – rappresentazione del tirante idrico nella sezione di intersezione tra la lama Balice e la condotta di progetto.

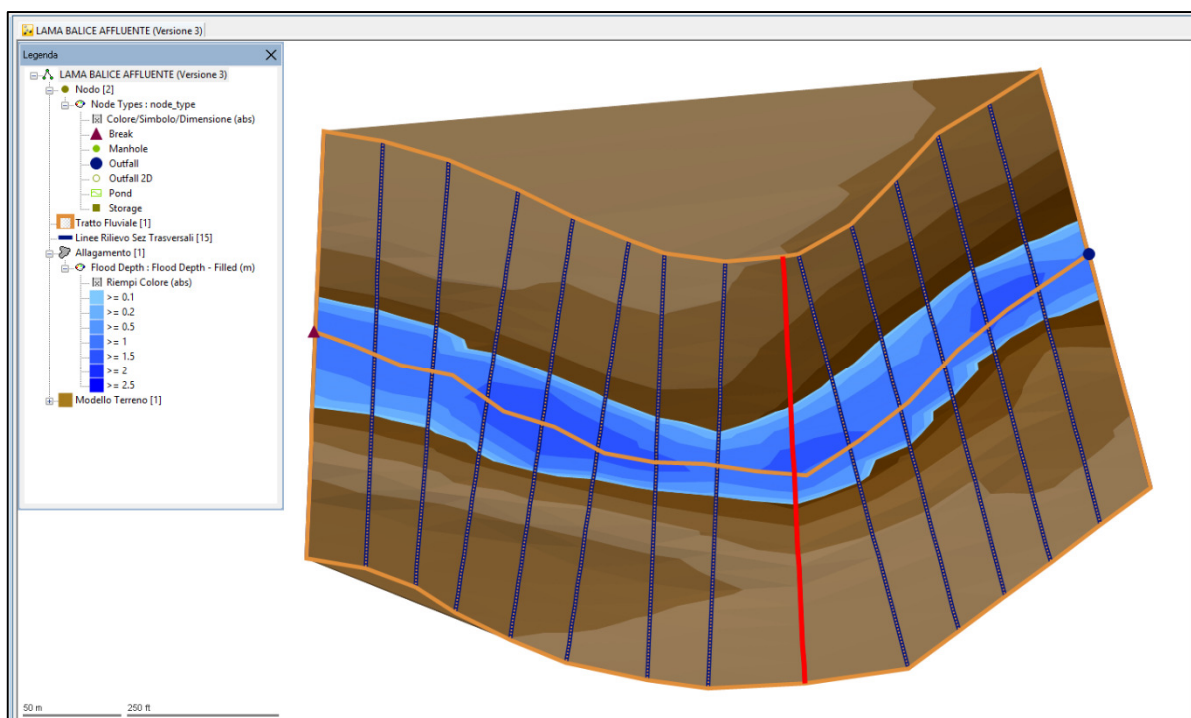


Figura 5.2.2-15 – rappresentazione dell'impronta planimetrica derivante dal transito della portata duecentennale per l'affluente di lama Balice in ambiente InfoWorks ICM, con evidenziata in rosso la sezione d'intersezione tra la condotta di progetto e l'asta oggetto di studio.

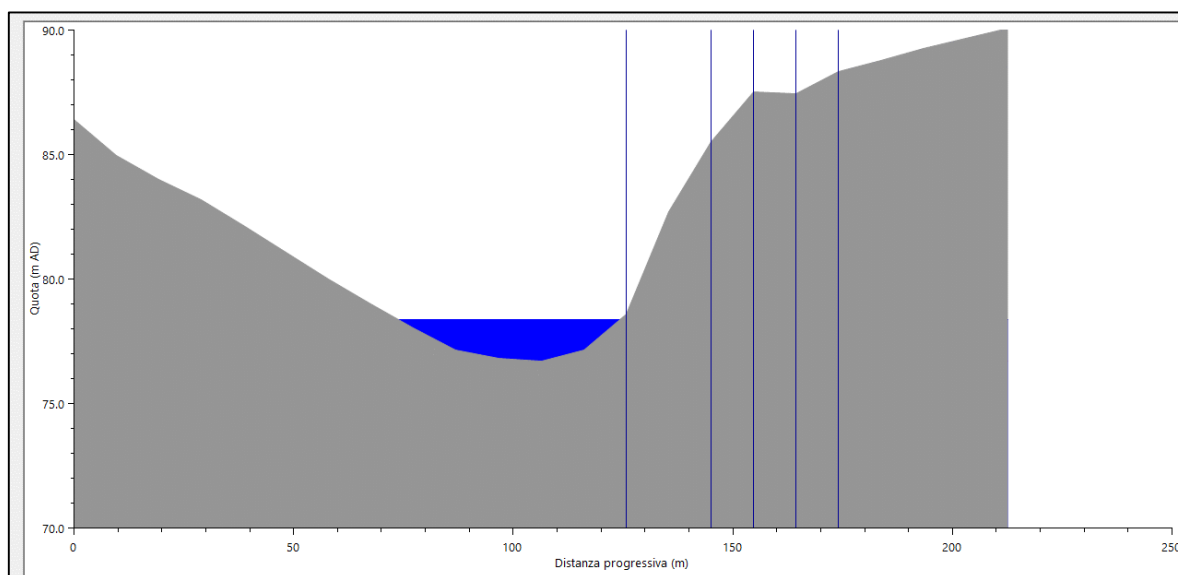


Figura 5.2.2-16 – rappresentazione del tirante idrico nella sezione di intersezione tra l'affluente di lama Balice e la condotta di progetto.

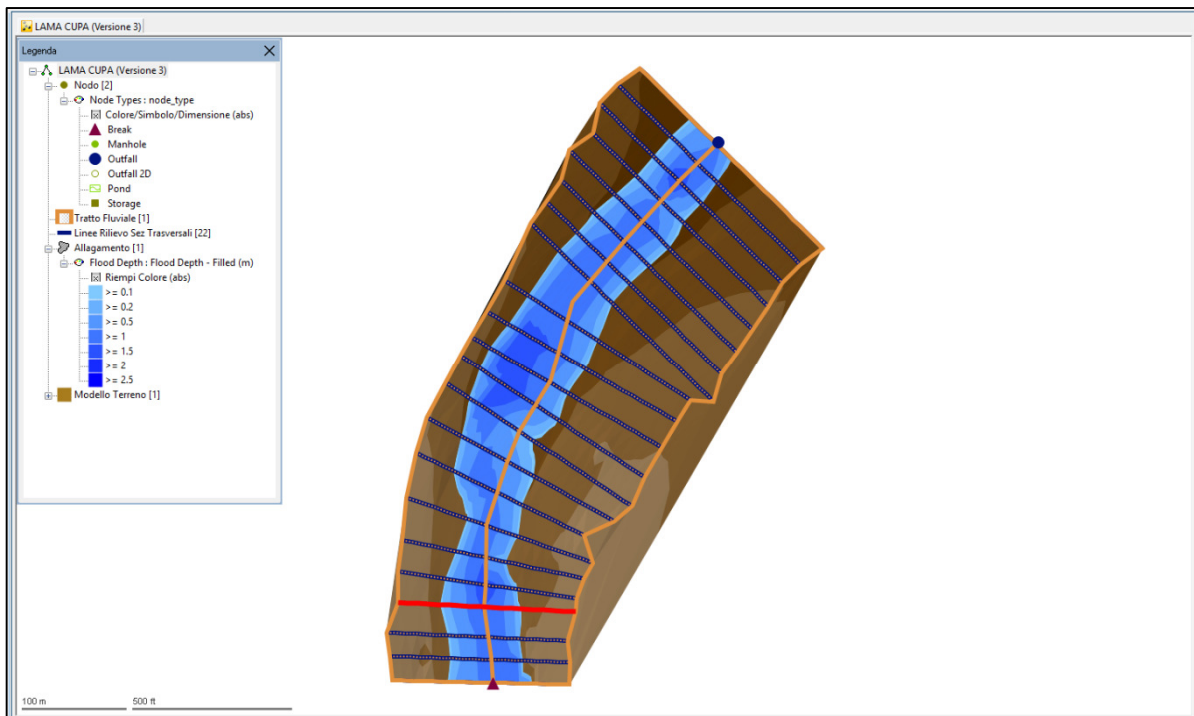


Figura 5.2.2-17 – rappresentazione dell'impronta planimetrica derivante dal transito della portata duecentennale per la lama Cupa in ambiente InfoWorks ICM, con evidenziata in rosso la sezione d'intersezione tra la condotta di progetto e l'asta oggetto di studio.

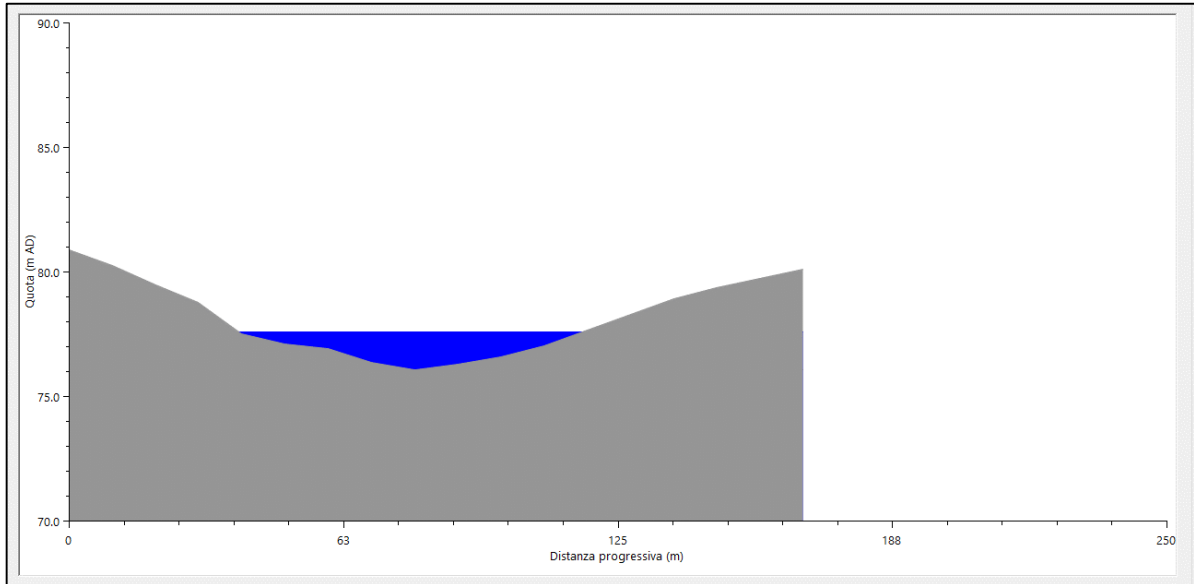


Figura 5.2.2-18 – rappresentazione del tirante idrico nella sezione di intersezione tra la lama Cupa e la condotta di progetto.

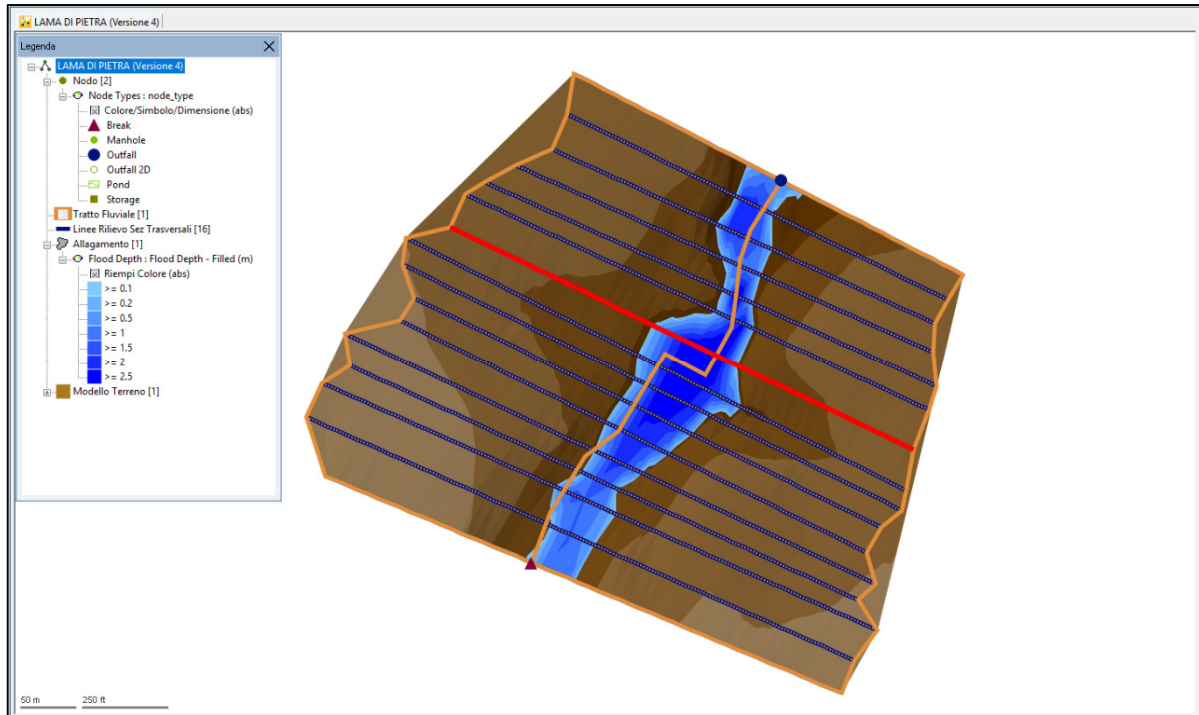


Figura 5.2.2-19 – rappresentazione dell'impronta planimetrica derivante dal transito della portata duecentennale per la lama Di Pietra in ambiente InfoWorks ICM, con evidenziata in rosso la sezione d'intersezione tra la condotta di progetto e l'asta oggetto di studio.

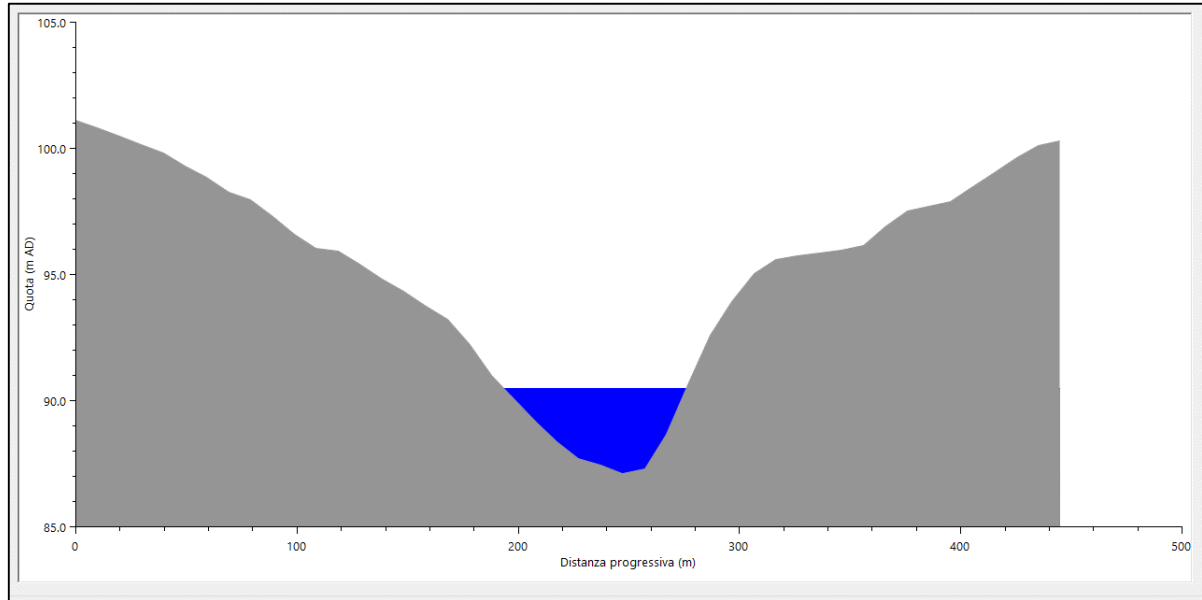


Figura 5.2.2-20 – rappresentazione del tirante idrico nella sezione di intersezione tra la lama Di Pietra e la condotta di progetto.

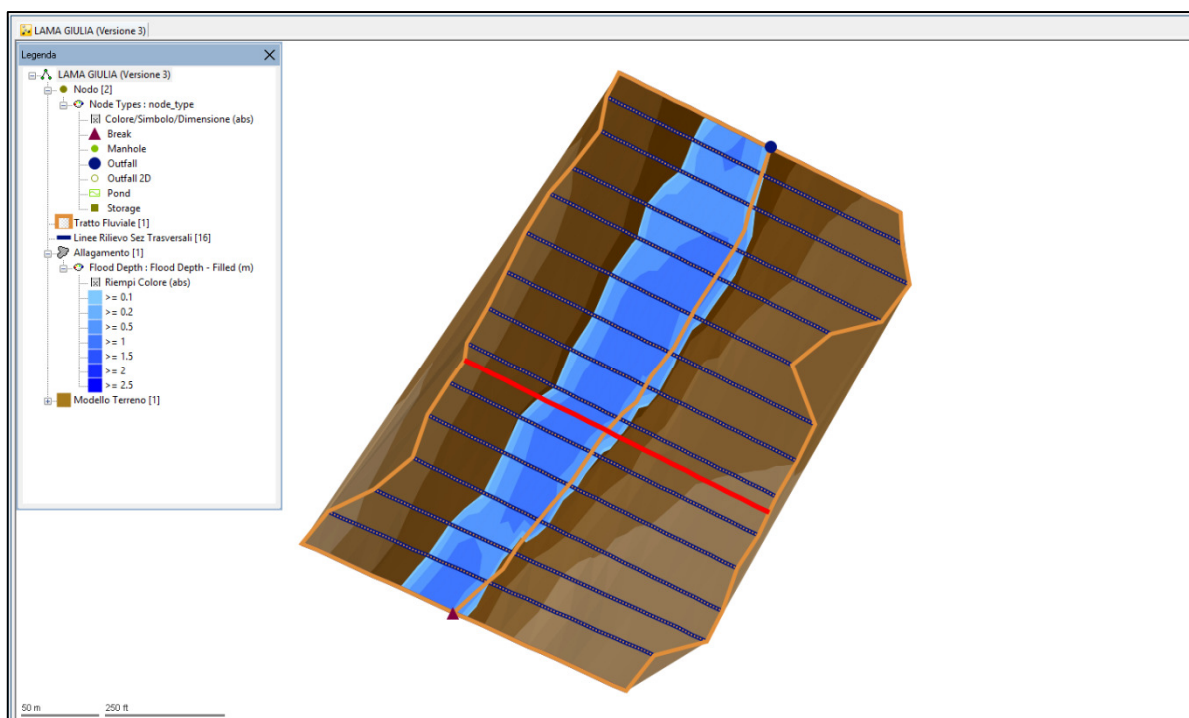


Figura 5.2.2-21 – rappresentazione dell'impronta planimetrica derivante dal transito della portata duecentennale per la lama Giulia in ambiente InfoWorks ICM, con evidenziata in rosso la sezione d'intersezione tra la condotta di progetto e l'asta oggetto di studio.

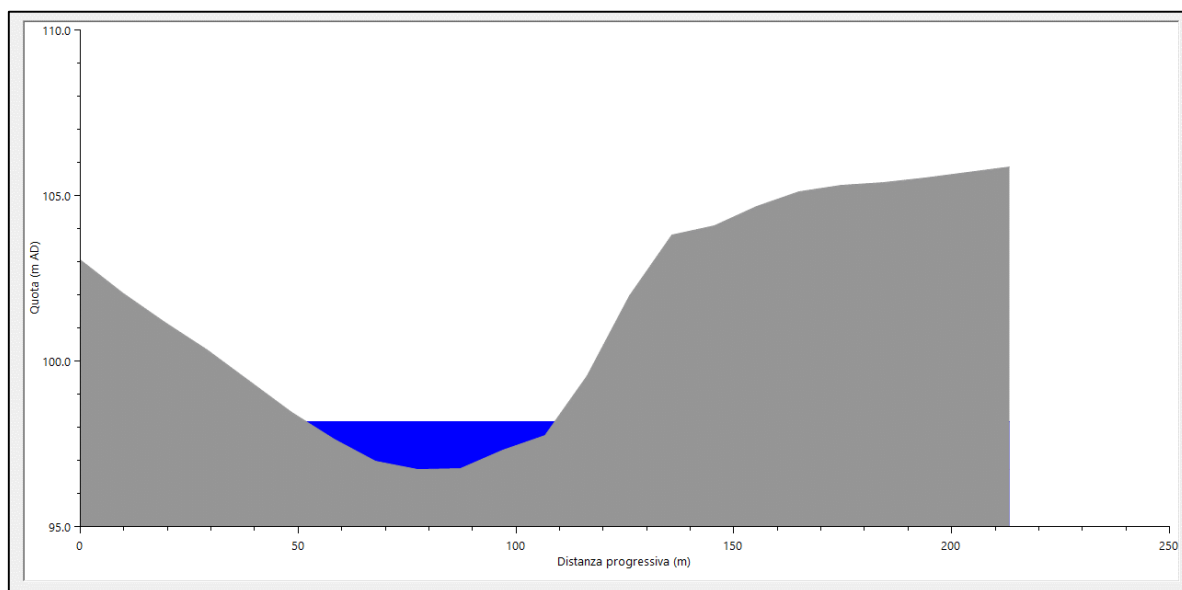


Figura 5.2.2-22 – rappresentazione del tirante idrico nella sezione di intersezione tra la lama Giulia e la condotta di progetto.

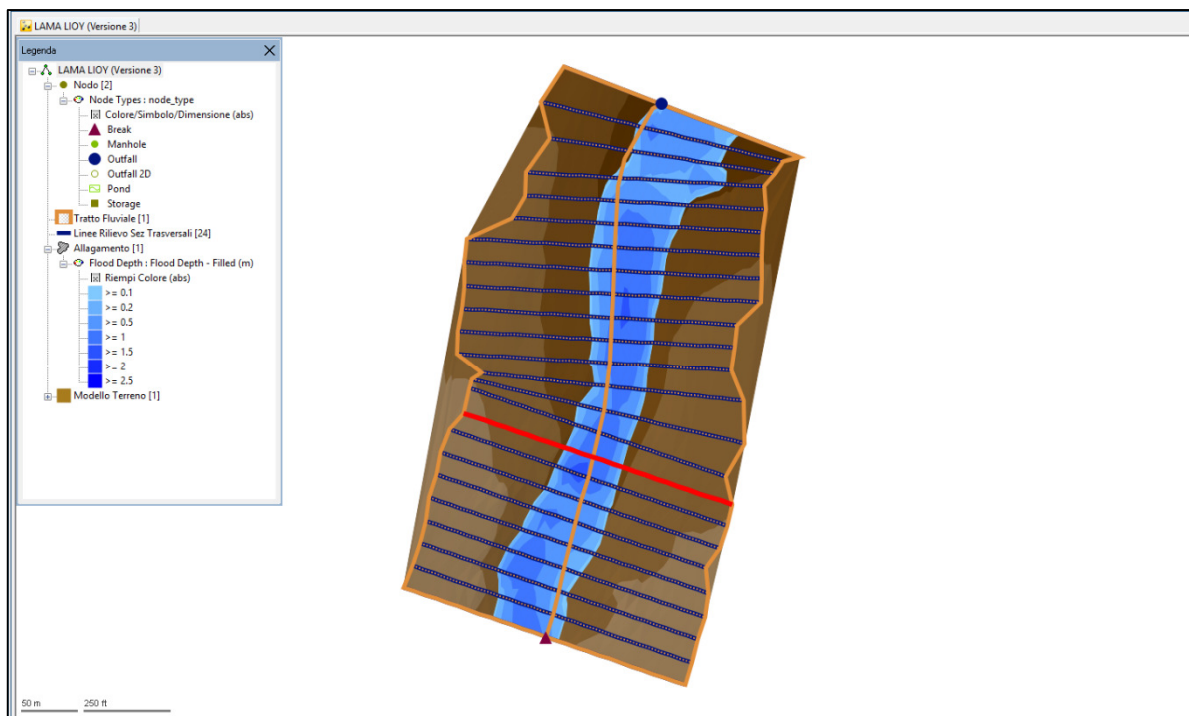


Figura 5.2.2-23 – rappresentazione dell'impronta planimetrica derivante dal transito della portata duecentennale per la lama Lioy in ambiente InfoWorks ICM, con evidenziata in rosso la sezione d'intersezione tra la condotta di progetto e l'asta oggetto di studio.

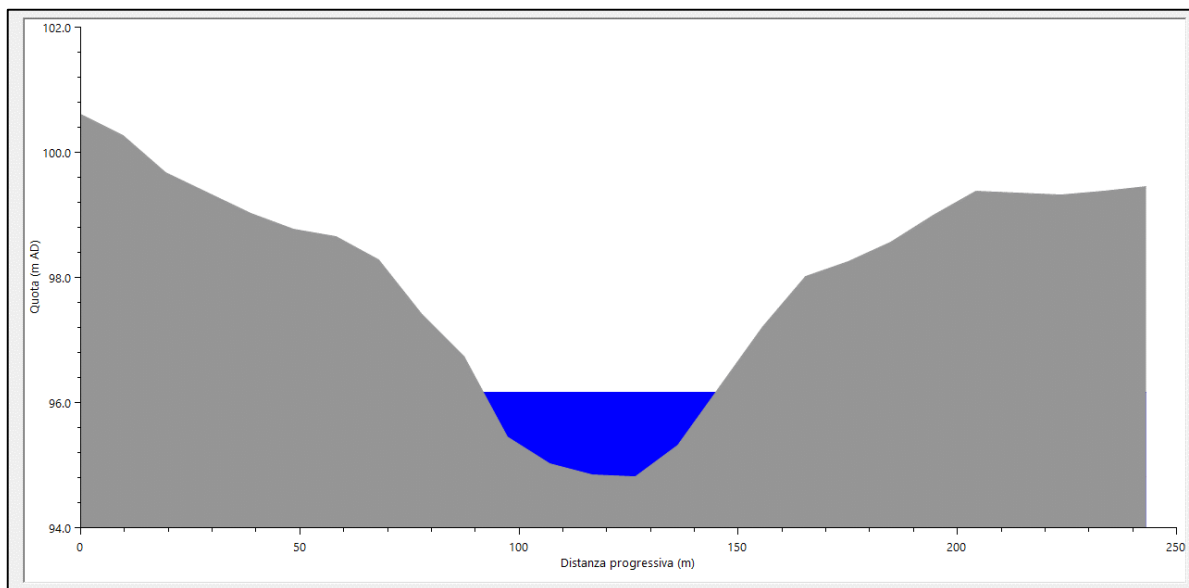



Figura 5.2.2-24 – rappresentazione del tirante idrico nella sezione di intersezione tra la lama Lioy e la condotta di progetto.

Dai risultati dei modelli appena descritti si è ottenuta l'impronta planimetrica dovuta al transito della portata duecentennale, con particolare riferimento alla sezione di intersezione tra la

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

condotta di progetto e le singole lame dapprima individuate. Nella sottostante tabella 5.2.2-2 si riportano tali risultati con l'indicazione della lunghezza di protezione del fondo di ciascuna lama con i massi calcarei e la lunghezza di protezione della condotta con bauletto in calcestruzzo, pari alla lunghezza di protezione del fondo lama aumentata di cinque metri sia in sinistra che in destra idraulica, il tutto come mostrato nelle successive figure 5.2.2-25 e 5.2.2-26.

È da sottolineare che, nel caso dell'intersezione con lama Lioy e lama Cupa, è prevista la posa in opera della condotta di progetto mediante soluzione NO-DIG, ovvero tramite infissione nel terreno senza la realizzazione di scavi; pertanto, per tali lame, non sussiste il problema relativo al trasporto, essendo queste ultime caratterizzate da terreno roccioso affiorante (come evidenziato nelle indagini geognostiche effettuate a supporto del presente studio) e non essendo previsto alcun ripristino. Ad ogni modo, qualora nei successivi livelli di progettazione tale previsione dovesse essere modificata, nel senso di prevedere anche per tali lame la soluzione dello scavo a cielo aperto, è stato ritenuto utile fornire anche per esse l'indicazione circa la lunghezza dell'impronta idraulica e della lunghezza di protezione del fondo lama e della protezione della condotta.

ID LAMA	Lunghezza impronta idraulica	Lunghezza protezione del fondo della lama L	Lunghezza protezione della condotta L+5m (sx) +5m (dx)
	(m)	(m)	(m)
BALICE	60,29	65,00	75,00
AFFLUENTE BALICE	50,34	55,00	65,00
CUPA	78,18	80,00	90,00
DI PIETRA	82,72	85,00	95,00
GIULIA	57,20	60,00	70,00
LIOY	53,08	55,00	65,00

Tabella 5.2.2-2 – indicazione dell'impronta idraulica dovuta al transito della portata duecentennale in corrispondenza della sezione di intersezione della condotta di progetto con ciascuna delle sei lame principali e indicazione del ripristino delle sezioni di scavo.

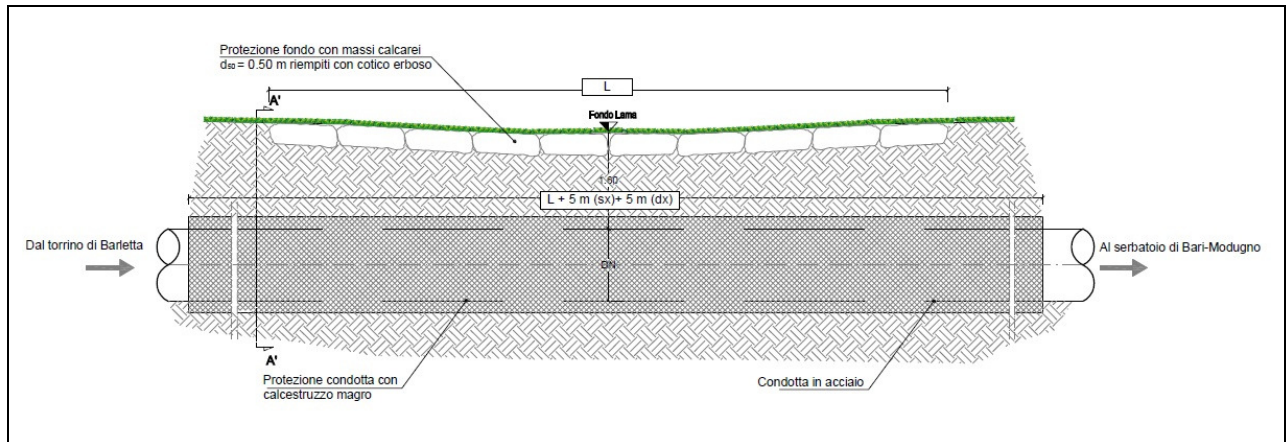


Figura 5.2.2-25 – sezione tipologica per il ripristino degli scavi a cielo aperto – vista longitudinale.

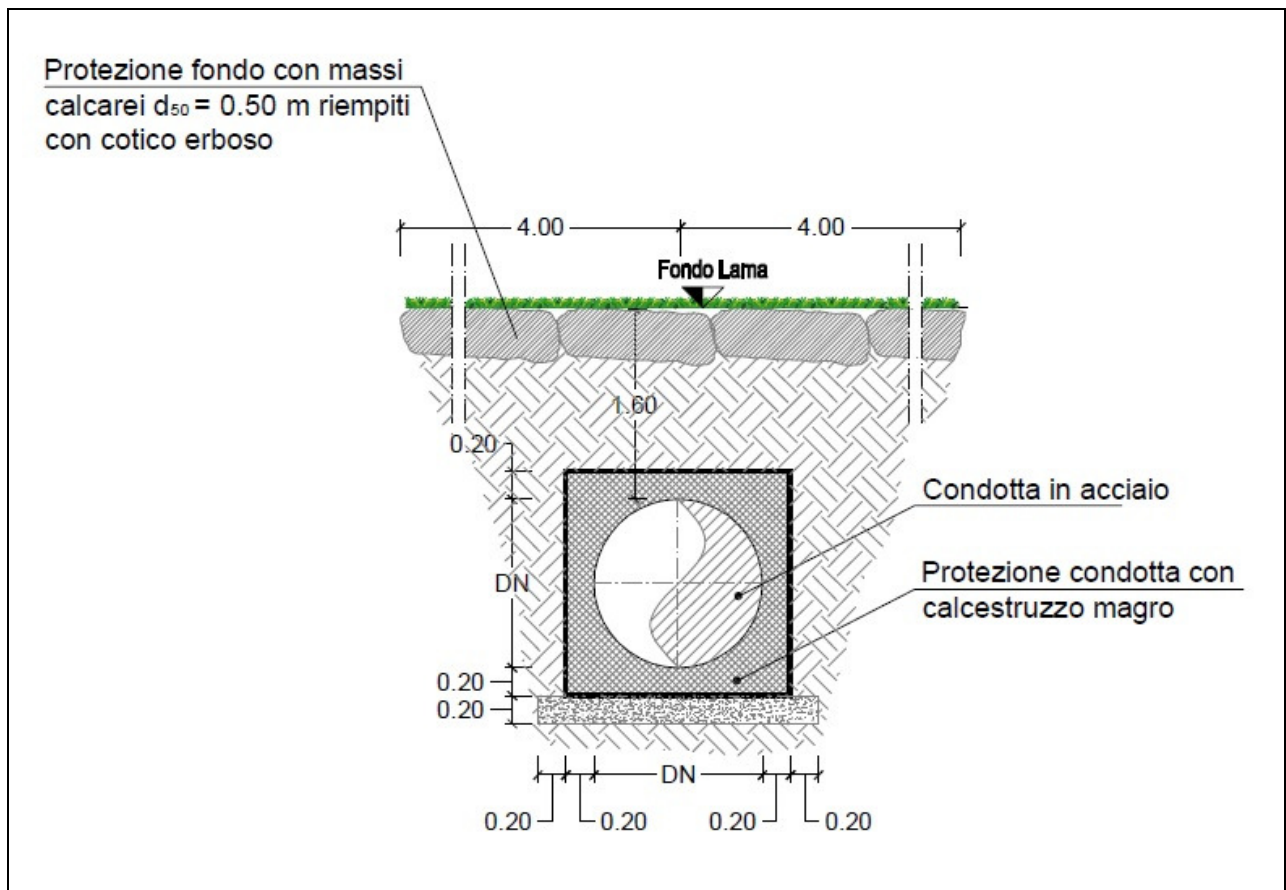



Figura 5.2.2-26 – sezione tipologica per il ripristino degli scavi a cielo aperto – vista trasversale.


 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

6 VERIFICA IDRAULICA COMPLUVI SECONDARI

Per quanto concerne gli attraversamenti relativi ai compluvi secondari, si sono condotte analisi in moto uniforme, individuando i dati salienti per ciascun compluvio come indicato di seguito:


- 1) Sezione di calcolo: la sezione è stata individuata dal profilo longitudinale della condotta di progetto riportante anche l'andamento del terreno, il cui ID è stato attribuito dal numero del picchetto in cui è stata individuata l'intersezione tra il compluvio e la condotta di progetto;
- 2) Pendenza: la pendenza di calcolo è stata individuata dal DTM, messo a disposizione dalla Regione Puglia sul portale "puglia.con", in corrispondenza dell'ubicazione planimetrica degli attraversamenti dei compluvi secondari;
- 3) Scabrezza: a vantaggio di sicurezza e considerando la realtà territoriale ivi presente, è stato considerato per tutti i compluvi un coefficiente di scabrezza di Manning pari a $n = 0,10$, ovvero pari al coefficiente di scabrezza individuato per i vigneti;
- 4) Portata di calcolo: partendo da quanto già ottenuto dallo studio idrologico delle 6 lame principali, si è ricavata la portata duecentennale di ogni compluvio secondario rapportando alla effettiva estensione di ciascun bacino la portata di "lama Giulia", essendo questa la più simile tra quelle principali ai compluvi secondari per caratteristiche morfometriche del bacino stesso. Gli unici compluvi esclusi da tale trattazione sono il compluvio relativo all'intersezione con il picchetto 876, per il quale, data la sua modestissima superficie scolante, è stato considerato un valore minimo di ripristino della sezione di scavo (ovvero della lunghezza della protezione della lama indicata con "L") pari 30,00 m, e il compluvio relativo all'intersezione con il picchetto 972, per il quale, data la particolare conformazione orografica (in sinistra idraulica risulta ben definito il compluvio, mentre in destra idraulica non risulta esserci un confine marcato), è stata considerata, sempre a vantaggio di sicurezza, l'impronta idraulica massima ottenuta tra i compluvi che presentano la medesima portata duecentennale.

Nelle successive tabelle si riportano i dati salienti di tutti i compluvi secondari simulati, indicando i risultati idraulici atti a definire le lunghezze necessarie sia per il ricoprimento della tubazione in corrispondenza degli attraversamenti con i suddetti compluvi, che per le lunghezze del bauletto di

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

protezione in calcestruzzo. A seguire, le figure relative alle sezioni trasversale e longitudinale per indicazione delle modalità di ripristino della sezione di scavo (figure 6-1 e 6-2).


ID SEZIONE	AREA BACINO	PORTATA	PENDENZA	ALTEZZA DI MOTO UNIFORME
(#)	(Km ²)	(m ³ /s)	(m/m)	(m)
22 e 28	2,82	13,57	0,023	0,403
54	2,82	13,57	0,022	0,870
68	2,26	10,85	0,016	0,518
90	15,74	75,61	0,018	2,104
129	2,82	13,57	0,020	0,611
142	4,24	20,35	0,024	0,314
154	2,82	13,57	0,016	0,630
168	4,24	20,35	0,017	0,962
177	4,24	20,35	0,014	0,753
213	4,24	20,35	0,015	0,740
231	4,24	20,35	0,006	0,478
238	14,12	67,83	0,013	2,100
277	26,09	125,31	0,006	1,629
310	14,12	67,83	0,012	0,704
339	4,24	20,35	0,008	0,597
363	4,24	20,35	0,025	0,471
505	4,24	20,35	0,015	0,926
553	5,10	24,51	0,014	0,835
607	4,24	20,35	0,016	0,669
619	4,24	20,35	0,037	0,409
626	5,10	24,51	0,001	1,161
670 e 674	5,10	24,51	0,020	0,887
694	4,24	20,35	0,008	0,715
740	5,10	24,51	0,018	0,639
847	5,10	24,51	0,026	0,638

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

ID SEZIONE	AREA BACINO	PORTATA	PENDENZA	ALTEZZA DI MOTO UNIFORME
(#)	(Km ²)	(m ³ /s)	(m/m)	(m)
893	10,20	49,00	0,015	0,638
913	4,24	20,35	0,019	0,635
1.001	4,24	20,35	0,010	0,724
1.186	4,24	20,35	0,005	0,550
1.235	10,20	49,00	0,007	0,855

Tabella 6-1 – principali caratteristiche idrauliche dei compluvi secondari derivanti dall'analisi in moto uniforme.

ID SEZIONE	Lunghezza impronta idraulica	Lunghezza protezione del fondo della lama L	Lunghezza protezione della condotta L+5m (sx) +5m (dx)
	(m)	(m)	(m)
22 e 28	81,95	85,00	95,00
54	26,68	30,00	40,00
68	114,61	115,00	125,00
90	49,60	50,00	60,00
129	48,08	50,00	60,00
142	143,72	145,00	155,00
154	94,74	95,00	105,00
168	58,09	60,00	70,00
177	76,95	80,00	90,00
213	66,58	70,00	80,00
231	140,24	145,00	155,00
238	74,70	75,00	85,00
277	255,65	260,00	270,00
310	116,22	120,00	130,00

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI Maggio 2019

ID SEZIONE	Lunghezza impronta idraulica	Lunghezza protezione del fondo della lama L	Lunghezza protezione della condotta L+5m (sx) +5m (dx)
	(m)	(m)	(m)
339	168,04	170,00	180,00
363	122,88	125,00	135,00
505	57,38	60,00	70,00
553	84,12	85,00	95,00
607	90,61	95,00	105,00
619	78,87	80,00	90,00
626	109,66	110,00	120,00
670 e 674	144,69	145,00	155,00
694	67,52	70,00	80,00
740	86,88	90,00	100,00
847	74,38	75,00	85,00
876	-	30,00	40,00
893	216,74	220,00	230,00
913	97,71	100,00	110,00
972	168,04	170,00	180,00
1.001	84,39	85,00	95,00
1.186	123,39	125,00	135,00
1.235	149,16	150,00	160,00

Tabella 6-2 – indicazione dell'impronta idraulica dovuta al transito della portata duecentennale derivante dalla precedente analisi in moto uniforme in corrispondenza della sezione di intersezione della condotta di progetto con ciascuno dei compluvi secondari indagati e indicazione del ripristino delle sezioni di scavo.

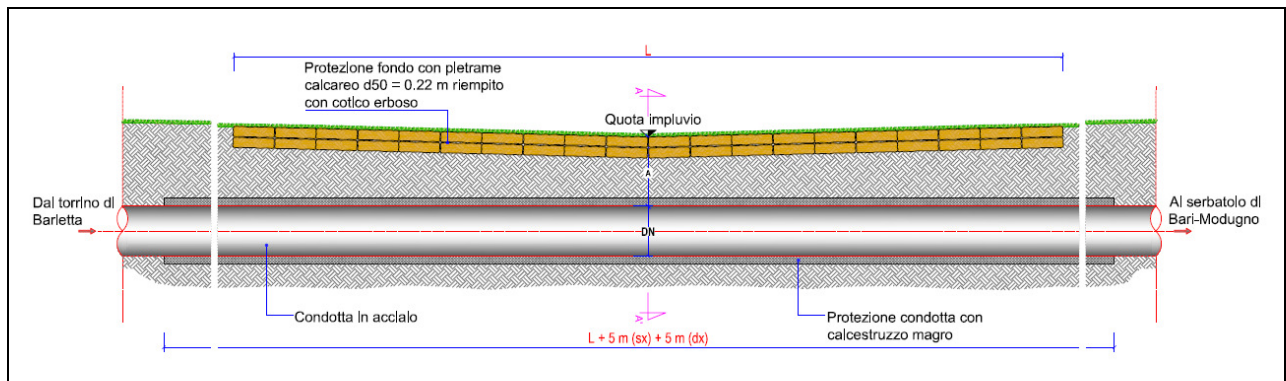


Figura 6-1 – sezione tipologica per il ripristino degli scavi a cielo aperto – vista longitudinale.

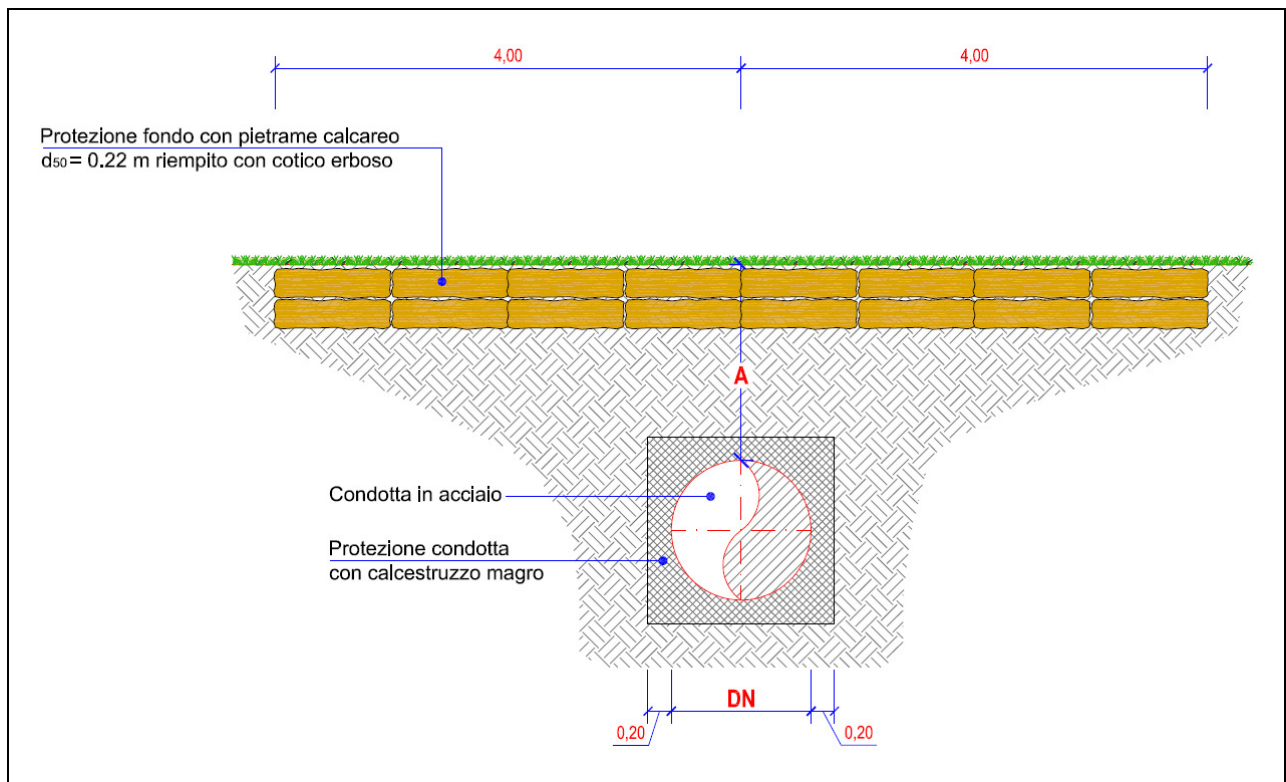



Figura 6-2 – sezione tipologica per il ripristino degli scavi a cielo aperto – vista trasversale.

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

7 VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ DI EROSIONE/TRASPORTO SOLIDO DEL CORSO D'ACQUA

Lo scopo delle verifiche condotte nel presente paragrafo è quello di controllare che la soluzione adottata per il ripristino della sezione di scavo, a seguito della posa in opera della condotta di progetto, sia idonea al fine del contenimento della capacità di erosione di ciascuna lama interferente con il tracciato della condotta di progetto.

Difatti, come stabilito dalle NTA del PAI vigente, dato che la condotta di progetto interseca trasversalmente diverse aste del reticolo idrografico, l'intervento così indicato risulta compatibile con le norme vigenti, a patto che il ripristino della sezione di scavo sia realizzato con un materiale idoneo, in altre parole che sia in grado di resistere all'azione di trascinamento esercitata dal transito della portata idraulica significativa (ovvero, con tempo di ritorno almeno pari a 200 anni), e che quindi non si verifichi la messa a nudo della condotta stessa.

La natura litologica dei suoli ivi presenti risulta essere prettamente calcarea, con delle zone in particolare in cui lo strato di roccia risulta essere addirittura essere affiorante. La sezione di posa della condotta rappresenta, di fatto, un'alterazione di tale condizione. Pertanto, risulta necessario effettuare la suddetta verifica di trascinamento in funzione dei materiali utilizzati per il ripristino delle sezioni di scavo.

Quando una corrente uniforme turbolenta sollecita un fondo incoerente, si osserva che esistono condizioni in cui quasi nessun granulo viene mobilitato. Malgrado il moto turbolento in prossimità del fondo presenti in modo intermittente intense eruzioni, quindi la probabilità di mobilitazione dei granuli non sia mai esattamente nulla, è possibile individuare condizioni limite al di sotto delle quali il trasporto solido può considerarsi nullo ai fini pratici.

Il criterio d'inizio del trasporto dei sedimenti uniformi, proposto da Shields (1936), consiste nella definizione di un valore minimo di soglia θ_{cr} della tensione adimensionale, al di sopra del quale si potranno realizzare le condizioni di erosione/trasporto al fondo.

Pertanto, si dovrà calcolare dapprima il valore di θ legato all'azione di trascinamento del fondo, dedotta dai modelli idraulici dapprima descritti, secondo la seguente formulazione:

$$\theta = \frac{\tau_0}{(\rho_s - \rho)gD}$$

con " τ_0 " tensione tangenziale esercitata dal fluido, " ρ_s " e " ρ " rispettivamente il peso di volume della parte solida con cui verrà effettuato il ripristino della sezione di scavo per la posa della condotta e il peso di volume del fluido, " g " accelerazione gravitazionale terrestre e " D " il diametro rappresentativo dei sedimenti (ovvero il D_{50}).

Poi, si dovranno calcolare R_p (numero di Reynolds legato ai sedimenti, in forma esplicita) e θ_{cr} (tensione adimensionale critica) secondo le seguenti formulazioni:

$$R_p = \frac{\sqrt{(s-1)gD^3}}{\nu}$$

$$\theta_{cr} = 0,22R_p^{-0,6} + 0,06 \exp(-17,77R_p^{-0,6})$$

Con “s” densità relativa (dedotta dal rapporto tra il peso di volume dei sedimenti e il peso di volume del fluido) e “ ν ” la viscosità dinamica del fluido, il cui legame è stato proposto da Brownlie (1981), come indicato nella seguente figura 7-1.

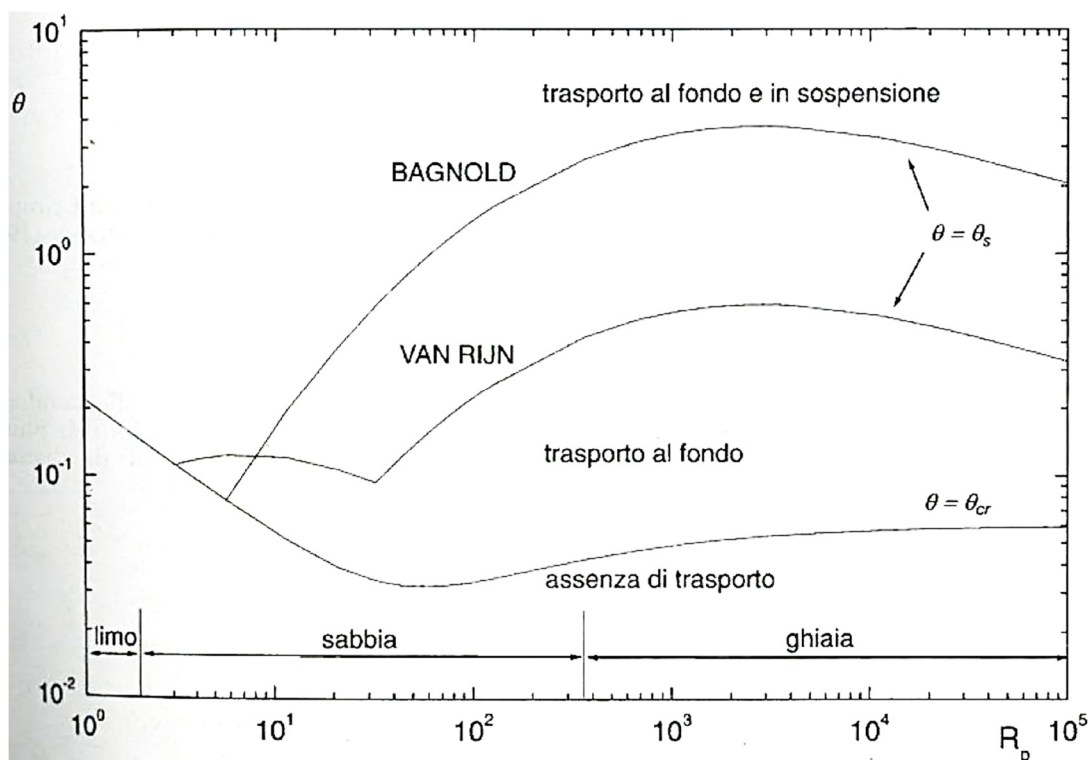



Figura 7-1 – criteri di inizio del trasporto di fondo ($\theta=\theta_{cr}$) e del trasporto in sospensione ($\theta=\theta_s$).

Pertanto, confrontando tra loro i valori di θ e di θ_{cr} , si realizzerà il trasporto e/o erosione del fondo solo se il valore critico sarà minore del valore calcolato; nelle successive tabelle, si riportano i dati salienti della verifica così condotta. Solo per la lama Di Pietra si è inserito il valore di azione di trascinarsi nella sezione subito a valle dell'intersezione con la condotta di progetto, in quanto tale valore risulta maggiore del valore individuato nella sezione di intersezione con la condotta, pertanto a vantaggio di sicurezza si è considerato il valore maggiore.

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

I dati relativi alla tipologia di materiale (peso di volume e diametro rappresentativo) sono stati desunti dalla scelta del materiale con cui si dovranno realizzare i ripristini delle sezioni di scavo, ovvero i massi calcarei a protezione della parte del fondo della lama interessata.

g (m/s ²)	D₅₀ (m)	γ_v (KN/m ³)	v (m ² /s)	γ_w (KN/m ³)	s (#)
9,81	0,50	24,00	10 ⁻⁶	9,81	2,446


Tabella 7-1 – parametri inseriti nel calcolo di R_p , θ e θ_{cr} .

ID LAMA	τ_o (N/m ²)	R_p (#)	θ (#)	θ_{cr} (#)	Trasporto e/o erosione
Balice	243,92	1,33*10 ⁶	0,0344	0,0598	NO
Affluente Balice	81,02	1,33*10 ⁶	0,0114	0,0598	NO
Cupa	63,45	1,33*10 ⁶	0,0089	0,0598	NO
Di Pietra	174,12	1,33*10 ⁶	0,0016	0,0598	NO
Giulia	53,83	1,33*10 ⁶	0,0076	0,0598	NO
Lioy	78,49	1,33*10 ⁶	0,0111	0,0598	NO

Tabella 7-2 – risultati delle verifiche al trasporto solido nella sezione di intersezione tra la condotta di progetto e le sei lame principali.

Come si evince dalla precedente tabella, il valore adimensionale della tensione tangenziale risulta essere sempre minore rispetto al valore indicato come valore minimo di soglia (o valore critico), pertanto, realizzando il ripristino della sezione di scavo con la tipologia di materiale scelto, non si realizzeranno le condizioni di trasporto e/o erosione al fondo in nessuna delle sezioni oggetto di studio.


È da sottolineare che, nel caso dell'intersezione con lama Lioy e lama Cupa, è prevista la posa in opera della condotta di progetto mediante soluzione NO-DIG, ovvero tramite infissione nel terreno senza la realizzazione di scavi; pertanto, per tali lame, non sussiste il problema relativo al trasporto, essendo queste ultime caratterizzate da terreno roccioso affiorante (come evidenziato nelle indagini geognostiche effettuate a supporto del presente studio) e non essendo previsto alcun ripristino. Ad ogni modo, è stato effettuato lo studio idraulico anche per tali lame, essendo comunque quest'ultime di rilevante importanza in termini di superficie scolante e, di conseguenza, di portata defluente.

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019

Per quanto concerne i compluvi secondari, la verifica è stata condotta utilizzando il massimo valore di tensione tangenziale ricavato da tutte le simulazioni condotte in moto uniforme, il tutto come riportato nella sottostante tabella, così come anche in questo caso i dati relativi alla tipologia di materiale (peso di volume e diametro rappresentativo) sono stati desunti dalla scelta del materiale con cui si dovranno realizzare i ripristini delle sezioni di scavo, ovvero il pietrame calcareo a protezione della parte del fondo di ciascuna lama interessata.

ID COMPLUVO SECONDARIO	τ_0 (N/m ²)	R _p (#)	θ (#)	θ_{cr} (#)	Trasporto e/o erosione
Sezione 90	178,19	3,89*10 ⁵	0,0571	0,0595	NO

Tabella 7-3 – risultati della verifica al trasporto solido nella sezione di intersezione tra la condotta di progetto e i compluvi secondari dove si raggiunge il massimo valore di tensione tangenziale.

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI
		Maggio 2019


8 CONCLUSIONI

La presente relazione attiene allo studio di compatibilità idrologica ed idraulica al vigente PAI delle opere relative ai lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno). Come detto in premessa, l'intervento consiste essenzialmente nella realizzazione di un'adduttrice in acciaio della lunghezza di oltre 47 km, dal nuovo torrino di Barletta sino al serbatoio di Modugno. E' inoltre prevista la realizzazione di un nuovo torrino piezometrico in agro di Molfetta e di condotte di derivazione verso i serbatoi esistenti per l'alimentazione delle città di Trani, Bisceglie, Molfetta e Palese – Santo Spirito. Il tracciato delle condotte sopra descritto interseca in molteplici punti il reticolo idrografico in sezioni di corsi d'acqua ad importanza variabile in termini di superficie scolante. A tal riguardo, a parte due casi, si prevede l'alloggiamento delle condotte mediante scavo in trincea con relativo rivestimento.

Conformemente a quanto richiesto da AdB, con la presente relazione, sulla base del rilievo topografico e delle indagini geologiche appositamente eseguite da AQP in corrispondenza delle 6 principali intersezioni della condotta di progetto con il reticolo idrografico, è stato predisposto uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ha analizzato gli effetti di un possibile trascinamento del materiale costituente il fondo delle suddette 6 intersezioni principali. Nello specifico, sono stati prima ricostruiti i loro bacini grazie ai dati dei DTM (Digital Terrain Models) messi a disposizione sul portale "puglia.con" e la "carta idrogeomorfologica" redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia. Successivamente, dopo aver determinato le relative portate duecentennali secondo la metodologia VAPI, sfruttando il rilievo topografico di dettaglio effettuato da AQP per un tratto significativo di ciascuna delle sei lame nell'intorno della sezione di intersezione con la condotta di progetto, si sono costruiti dei modelli idraulici monodimensionali (1D) di tali tratti utilizzando il software di calcolo InfoWorks ICM®, sviluppato dall'azienda inglese HR Wallingford. A valle dello studio idrologico e idraulico condotto per le n. 6 lame principali, è stato condotto lo studio idraulico in moto uniforme per le ulteriori intersezioni tra la condotta di progetto e i compluvi indicati come secondari, per i quali sono stati ricavati i valori delle impronte idrauliche determinate dalla propagazione delle portate duecentennali relative ai singoli compluvi.

Dai suddetti modelli idraulici, si sono ricavati i valori di tensione tangenziale al fondo esercitati dalle piene duecentennali, con particolare riferimento alle sezioni di intersezione con la condotta di progetto.

Utilizzando il "criterio d'inizio del trasporto dei sedimenti uniformi", proposto da Shields (1936) e consistente nella definizione di un valore minimo di soglia θ_{cr} della tensione adimensionale al di sopra del quale si potranno realizzare le condizioni di erosione/trasporto al fondo, i suddetti valori

	Progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare) per i lavori di completamento dell'Acquedotto del LOCONE II LOTTO (Dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari – Modugno) Studio di compatibilità idrologica ed idraulica al PAI	SCI Maggio 2019

di tensione tangenziale al fondo sono stati messi a confronto con il valore minimo di soglia relativo alla tipologia di materiale utilizzato per la sistemazione del fondo delle lame in corrispondenza delle sezioni di intersezione con la condotta di progetto.

I risultati di tali verifiche hanno mostrato come il valore adimensionale della tensione tangenziale risulta essere sempre minore rispetto al valore indicato come valore minimo di soglia (o valore critico); pertanto, realizzando il ripristino della sezione di scavo con la tipologia di materiale scelto, non si realizzeranno le condizioni di trasporto e/o erosione al fondo in nessuna delle sezioni oggetto di studio.

I tecnici

