

Regione Emilia Romagna



Provincia di Piacenza



Comuni di Rivergaro e Vigolzone



***RINNOVO CONCESSIONE MINERARIA
PER L'ESTRAZIONE DI MARNA DA CEMENTO
DENOMINATA "ALBAROLA"***

PROGETTO DEFINITIVO UNITARIO

Regimazione delle acque meteoriche
RELAZIONE IDRAULICA

La Ditta

 **Buzzi Unicem S.p.A.**
Esercente
Cave e Miniere
Flavio Perucca

Il tecnico

 **Dott. Fulvio ANSELMO**
n° 664
PROVINCIA DI PIACENZA

Casale Monferrato, Dicembre 2020

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	DEFINIZIONE DELLE PORTATE	3
2.1	Analisi pluviometrica	4
2.2	Il metodo di calcolo	8
3	MINIERA "CANOVA"	10
3.1	Definizione del bacino idrografico	10
3.2	Definizione delle portate circolanti	11
3.3	Verifica e dimensionamento delle opere di regimazione delle acque in miniera	12
3.4	Dimensionamento del bacino di decantazione.....	15
3.5	Verifica e dimensionamento dell'attraversamento del Rio Merlera a valle dell'area di miniera 16	
4	MINIERA "ALBAROLA"	19
4.1	Definizione della portata compatibile allo scarico	19
4.2	Definizione del bacino idrografico	26
4.3	Definizione delle portate circolanti	28
4.4	Verifica e dimensionamento delle opere di regimazione delle acque in miniera	32
4.5	Verifica e dimensionamento delle opere per la riduzione/laminazione delle portate scaricate	33
4.5.1	Invaso Sud-A.....	35
4.5.2	Invaso Sud-B.....	38
4.5.3	Invaso Nord.....	41
4.6	La stabilizzazione dei gradoni in terra	45
5	RIFERIMENTI	48
APPENDICE - A . Descrizione dello schema di calcolo adottato dal modello numerico SWMM.		
	49	
APPENDICE - B . Modellazione idraulica in moto permanente (codice di calcolo Hec-Ras)....		56
APPENDICE - C . Sviluppo dei calcoli effettuati per il dimensionamento dell'invaso Sud-A (level pool routing method).		70
APPENDICE - D . Sviluppo dei calcoli effettuati per il dimensionamento dell'invaso Sud-B (level pool routing method).		73
APPENDICE - E . Sviluppo dei calcoli effettuati per il dimensionamento dell'invaso Nord (level pool routing method).		76

1 PREMESSA

Il presente studio intende approfondire gli aspetti idrologico-idraulici connessi alla regimazione delle acque meteoriche nei cantieri di miniera "Canova" e di miniera "Albarola" (nel seguito anche indicati come sito Canova e sito Albarola).

Lo studio viene condotto sulla base dei seguenti criteri:

- 1) Analisi pluviometrica - L'elaborazione statistica delle precipitazioni viene effettuata a partire dai parametri pluviometrici riportati nel Piano per l'Assetto Idrogeologico – PAI (2001).
- 2) Analisi morfologica delle superfici - La definizione delle superfici scolanti ed il calcolo dei parametri morfometrici viene effettuato sulla base delle curve di livello indicate per le diverse fasi di coltivazione. Le elaborazioni vengono effettuate in ambiente GIS (software impiegato: GlobalMapper® 13.0).
- 3) Analisi idrologica - Il calcolo delle portate circolanti sulle superfici di interesse viene effettuato mediante la predisposizione di un modello afflussi-deflussi. Allo scopo viene impiegato il codice di calcolo SWMM attivato secondo i criteri dell'onda cinematica (software impiegato: PCSWMM®).
- 4) Analisi idraulica - La verifica idraulica ed il dimensionamento delle opere di regimazione vengono effettuate in moto uniforme.

L'analisi viene condotta per ciascuna delle fasi di coltivazione.

In considerazione delle condizioni locali, l'analisi è stata condotta separatamente per ciascuno dei siti in parola, pertanto, nel seguito, gli approfondimenti vengono esposti singolarmente.

2 DEFINIZIONE DELLE PORTATE

La definizione delle portate viene condotta sulla base delle indicazioni tecniche riportate nella documentazione seguente:

- 1) *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"* (Allegato 7 delle Norme di Attuazione) allegata al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI-2001) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.
- 2) *"Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico"* allegata al Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli della Regione Emilia-Romagna (2003).

La documentazione tecnica citata descrive i criteri di calcolo e le procedure di riferimento secondo cui la definizione della portata di riferimento è ottenibile secondo due procedure:

- a) impiego di modelli di regionalizzazione del dato idrologico, costruiti tramite l'analisi statistica dei dati idrologici disponibili, relativi a una porzione di territorio omogenea rispetto ai fenomeni di piena. *Il campo di validità dei modelli di regionalizzazione comprende i bacini idrografici per i quali si dispone di serie storiche sufficientemente estese.* La costruzione di un modello di regionalizzazione richiede pertanto uno studio idrologico su vasta scala, che non è normalmente compatibile con le esigenze di progettazione o di verifica idraulica di un singolo bacino, soprattutto se di dimensioni modeste come nel caso in esame (l'applicazione del metodo è sconsigliata nel caso di bacini inferiori a 50 km²).
- b) analisi statistica delle osservazioni pluviometriche relative al bacino idrografico sotteso dalla sezione di interesse e impiego di modelli afflussi-deflussi per la trasformazione in portate. La documentazione tecnica citata segnala che, nei casi in cui non siano disponibili modelli di regionalizzazione applicabili o per i quali l'applicazione può condurre a margini di incertezza elevati, è necessario ricorrere all'analisi statistica delle osservazioni pluviometriche ed impiegare modelli afflussi-deflussi per la trasformazione delle portate (es. metodo razionale, SCS, metodo dell'invaso, ecc.).

Nel caso del presente studio, stando i margini di incertezza elevati derivanti dall'applicazione di modelli di regionalizzazione, si è proceduto con la modellazione afflussi-deflussi secondo i criteri definiti nella documentazione tecnica citata.

La determinazione della portata viene condotta impiegando il codice SWMM, distribuito dalla CHI, che consiste in un modello numerico fisicamente basato attivato secondo i criteri dell'onda cinematica (vedi APPENDICE - A).

2.1 Analisi pluviometrica

L'analisi statistica delle osservazioni pluviometriche relative al bacino idrografico di interesse viene condotta sulla base delle indicazioni contenute nel PAI.

La curva di probabilità pluviometrica impiegata, la relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, ha la seguente espressione:

$$h(t) = a \times (t)^n$$

in cui h è l'altezza di pioggia (in mm), t la durata della pioggia (in ore), i parametri a ed n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Ai fini dell'indagine vengono impiegati i parametri pluviometrici riportati nell'Allegato 3 della Direttiva 2 del PAI - 2001 ⁽¹⁾ per le celle pluviometriche che insistono sulle aree di interesse (riferimenti in Figura 2-1).

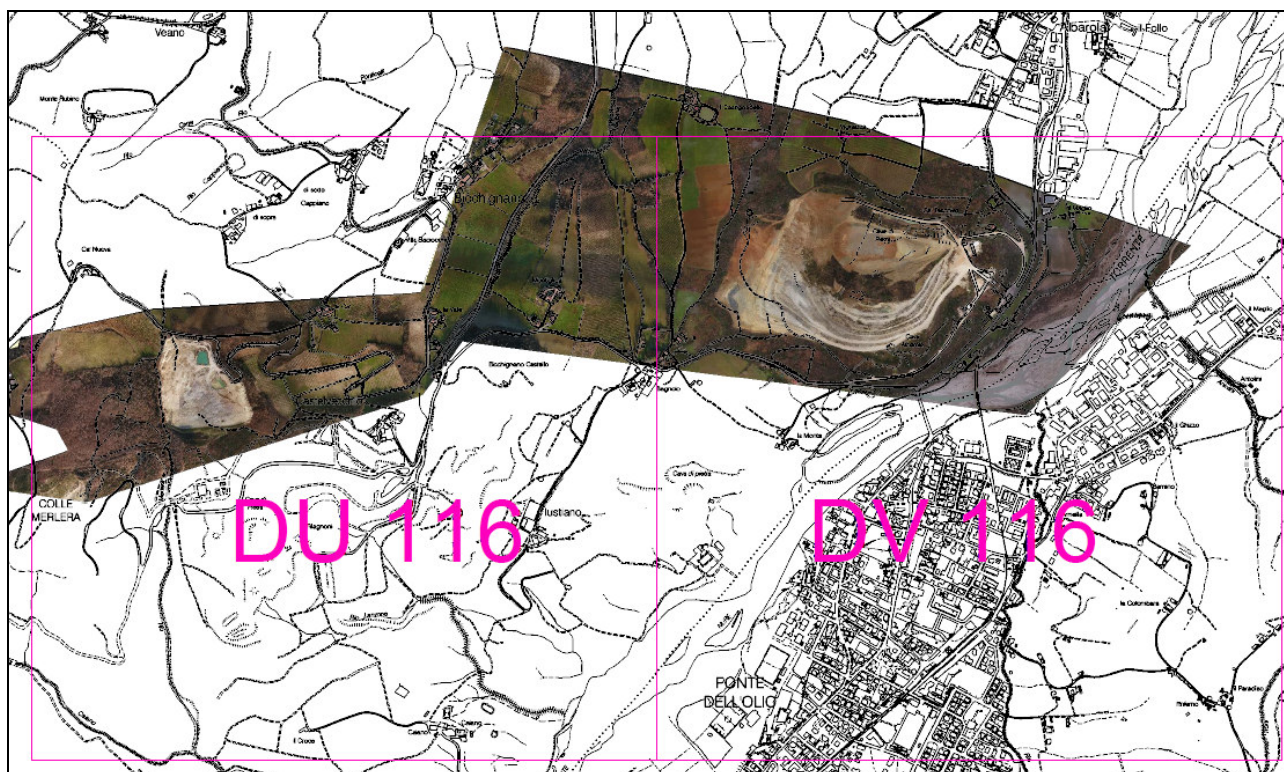


Figura 2-1. Celle pluviometriche in corrispondenza delle aree di interesse.

In merito alle aree di interesse vengono impiegati i valori riportati nelle tabelle seguenti.

⁽¹⁾ La Direttiva propone una interpretazione della variabilità spaziale dei parametri pluviometrici con il metodo del kriging dei parametri a ed n delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 km di lato (celle pluviometriche).

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

Tabella 2-1. Pluviometria impiegata per le determinazioni idrauliche riferite al sito "Canova".

	Tr 5 (*)		Tr 10 (*)		Tr 20		Tr 50 (*)		Tr 100		Tr 200		Tr 500	
	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
DU116	35.47	0.41	41.81	0.41	47.89	0.411	55.76	0.412	61.7	0.41	67.6	0.41	75.5	0.41

(*) Valori interpolati nell'ipotesi di una distribuzione dei valori del campione del tipo EV-1

Durata (h)	Altezza di pioggia (mm)	
	Tr 50	Tr 200
1h	55.8	67.6
2h	74.2	90.0
3h	87.6	106.4
6h	116.6	141.7
12h	155.1	188.7
24h	206.2	251.2
36h	243.7	297.0
48h	274.3	334.5

Tabella 2-2. Pluviometria impiegata per le determinazioni idrauliche riferite al sito "Albarola".

	Tr 5 (*)		Tr 10 (*)		Tr 20		Tr 50 (*)		Tr 100		Tr 200		Tr 500	
	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
DV116	35.71	0.404	42.09	0.405	48.22	0.405	56.15	0.406	62.09	0.41	68.09	0.407	76.0	0.407

(*) Valori interpolati nell'ipotesi di una distribuzione dei valori del campione del tipo EV-1

Durata (h)	Altezza di pioggia (mm)	
	Tr 50	Tr 200
1h	56.1	68.1
2h	74.4	90.3
3h	87.7	106.5
6h	116.1	141.2
12h	153.8	187.2
24h	203.8	248.2
36h	240.2	292.8
48h	269.9	329.1

La progettazione delle opere di smaltimento degli afflussi meteorici presuppone la quantificazione delle portate da convogliare. Nella pratica corrente il rischio d'insufficienza viene valutato con riferimento alla probabilità di accadimento in un assegnato periodo di tempo (tempo di ritorno).

Nell'ambito del presente studio, in assenza di indicazioni normative specifiche per le attività estrattive, viene impiegato un criterio cautelativo che prevede quanto segue:

- Verifica e dimensionamento delle opere di regimazione delle aree di miniera: Tr 50 anni.
- Verifica e dimensionamento delle opere di laminazione: Tr 200 anni.

Al fine di adottare un criterio maggiormente cautelativo, anziché impiegare precipitazioni di intensità costante per tutto l'evento, è stato considerato l'effetto di uno scroscio, in base al

quale si assume che l'intensità di precipitazione aumenti nell'ultimo quarto dell'evento. Il criterio deriva da un'indagine effettuata su un campione di oltre 16 mila ietogrammi dei quali è stato studiato l'andamento temporale dell'intensità (FERRARI, 1994). Tale procedura prevede una ripartizione percentuale della precipitazione totale in due distinti periodi costituiti da: un primo periodo di durata pari ai tre quarti della durata totale dell'evento e da un secondo periodo di durata pari al restante quarto della durata totale. La ripartizione del totale di pioggia nei due periodi varia con la durata della pioggia. Tale situazione, ricorrente in numerosi eventi gravi, a parità di altezza totale di pioggia risulta peggiorativa e quindi cautelativa.

Gli ietogrammi impiegati prevedono quanto segue:

- suddivisione della durata della pioggia in due periodi pari rispettivamente a tre quarti ed un quarto della durata totale;
- ripartizione della altezza di pioggia in ciascun periodo in funzione della durata dell'evento;
- intervallo di riferimento per l'implementazione del modello numerico pari a 15 minuti;

Pertanto, posta pari all'unità l'altezza totale della pioggia, la distribuzione rispetto all'altezza totale in ciascun intervallo di 15 minuti presenta i valori riportati nella successiva Tabella 2-3.

Tabella 2-3. Ripartizione temporale della precipitazione nel corso di un evento in funzione della durata della pioggia.

	Valore rispetto al totale attribuito a ciascun intervallo di 15 minuti in cui è suddiviso il periodo di pioggia							
Durata di pioggia [h]	1	2	3	6	12	24	36	48
Numero intervalli totale	4	8	12	24	48	96	144	192
% di quanto piovuto in 15 minuti rispetto alla precipitazione totale (primo periodo)	13.3	8.3	5.6	3.1	1.5	0.8	0.6	0.4
% di quanto piovuto in 15 minuti rispetto alla precipitazione totale (secondo periodo)	60	25	16.7	7.5	3.8	1.7	1.1	0.8
N.B. La ripartizione assume che, nel primo periodo, cada la % indicata								
40% del totale per durate < 1 ora								
45% del totale per durate > 1 ora e < 3 ore comprese								
50% del totale per durate > 3 ore e < 6 ore comprese								
60% del totale per durate > 6 ore e < 12 ore comprese								
65% del totale per durate > 12 ore								

La durata di pioggia critica, determinata alimentando il modello afflussi-deflussi con ietogrammi di durata crescente, è pari a 2h per il sito Canova e 6h per il sito Albarola.

Gli ietogrammi di progetto sono riportati in Figura 2-2 e in Figura 2-3.

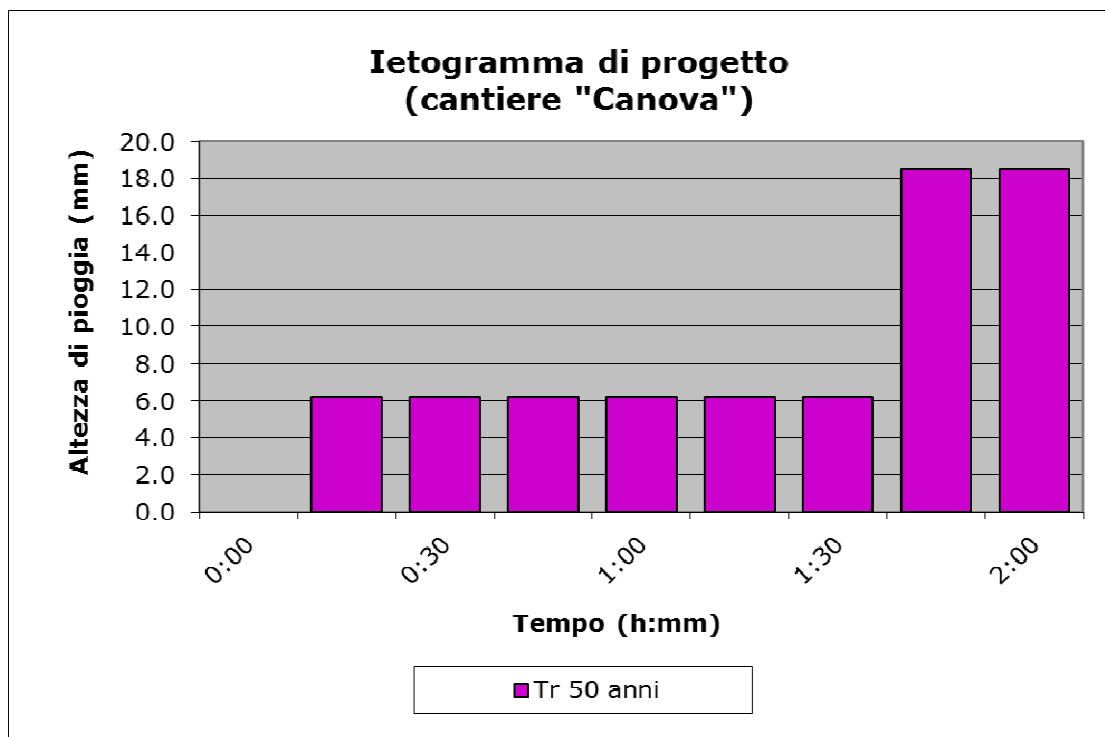


Figura 2-2. Ietogramma sintetico di progetto impiegato per il calcolo delle portate riferite al sito "Canova" (altezza di pioggia totale con tr 50 anni pari a 74.2 mm, durata critica 2 h, scroscio di maggior intensità nell'ultimo quarto dell'evento pari a 37.1 mm).

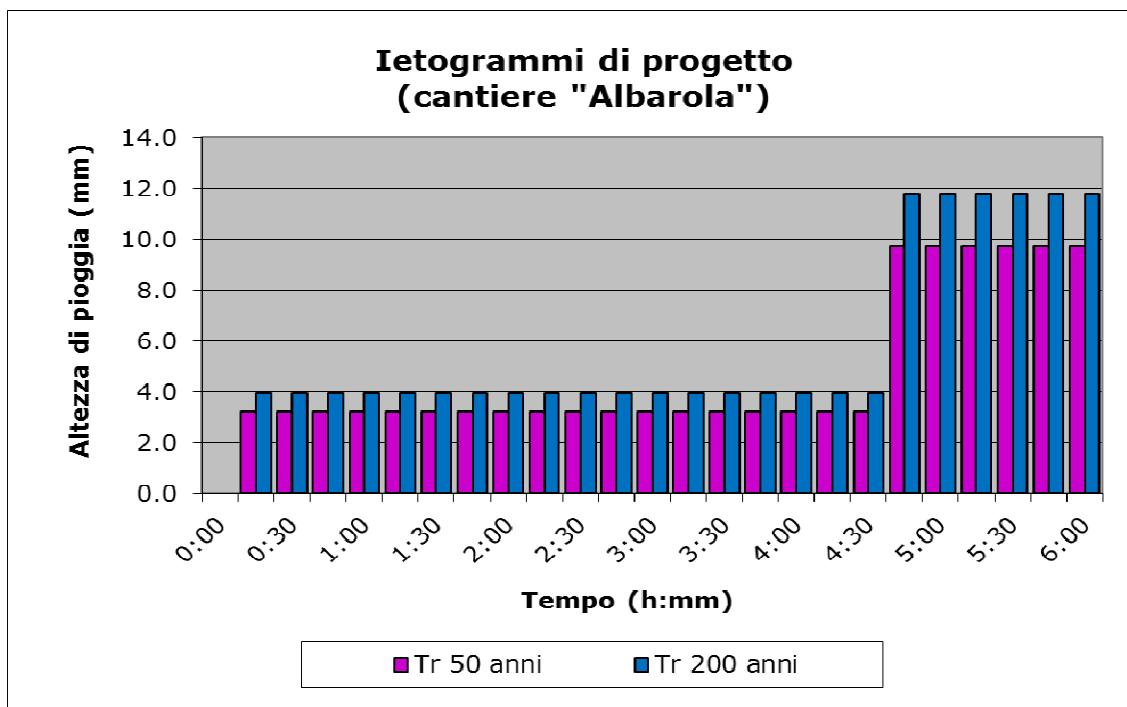


Figura 2-3. Ietogrammi sintetici di progetto impiegati per il calcolo delle portate riferite al sito "Albarola" (altezza di pioggia totale con tr 50 e 200 anni pari rispettivamente a 116.1 e 141.2 mm, durata critica 6 h, scroscio di maggior intensità nell'ultimo quarto dell'evento pari rispettivamente a 58.1 e 70.6 mm).

2.2 Il metodo di calcolo

Ai fini del calcolo occorre considerare quanto segue:

- 1) la morfologia della superficie di interesse è in continua evoluzione secondo quanto previsto nelle diverse fasi di coltivazione e nella transizione tra una fase e quella successiva. La definizione dei parametri morfometrici (pendenza delle superfici, lunghezze dei tronchi, ecc.) risulta pertanto aleatoria;
- 2) In tali condizioni il metodo razionale, che si basa sul calcolo del tempo di trasferimento della portata mediante la definizione del tempo di corrivazione, non risulta pienamente affidabile ⁽²⁾.

Esaminate le opzioni tecniche a disposizione, la determinazione delle portate viene effettuata mediante il codice di calcolo SWMM (vedi APPENDICE - A). Il codice di calcolo genera l'onda di piena secondo lo schema dell'invaso non lineare, accoppiando l'equazione di continuità con la formula di Manning. Le due equazioni vengono risolte con riferimento alla profondità della corrente sulla superficie inclinata.

La procedura attivata prevede quanto segue:

- Schematizzazione e definizione del bacino idrografico;
- Calcolo delle caratteristiche fisiche delle superfici (pendenza, scabrezza, capacità d'infiltrazione, % di impermeabilità delle superfici, ecc.). Ai fini dell'indagine viene calcolato un valore medio ponderato per l'intera superficie al fine di definire il valore di portata unitario (dettagli nel seguito).
- Introduzione dello ietogramma di progetto;
- Determinazione delle portate e dei volumi tramite le *routines* di calcolo del software.

L'indagine viene svolta determinando la portata unitaria (ad ettaro) ed assegnando alla sezione di chiusura un valore di portata pari a quello ottenibile moltiplicando il valore unitario per la superficie sottesa. Il riferimento è rappresentato da un ettaro di superficie "tipo" ovvero con caratteristiche morfologiche e di copertura medie del bacino. Il criterio risulta cautelativo in quanto si assume che i tempi di trasferimento all'interno della rete di drenaggio siano azzerati, concentrando alla sezione di chiusura l'intera portata generata (vengono per tanto trascurati, a favore di sicurezza, gli effetti di laminazione dovuti alla propagazione della lama d'acqua).

I parametri fisici impiegati per l'attivazione del modello numerico sono di seguito elencati:

⁽²⁾ Occorre in oltre considerare che le formule per il calcolo del tempo di corrivazione sono espresse in ore (h) in quanto tarate su bacini di ampia estensione. Tali formule forniscono risultati non ottimali per la definizione del tempo di trasferimento nell'ambito di bacini di dimensioni ridotte.

- Il coefficiente di deflusso, che esprime il rapporto tra l'afflusso meteorico ed il deflusso (ruscellamento superficiale) è stato assegnato sulla base dei criteri riportati nella Direttiva dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli della Regione Emilia-Romagna (2003) che fa riferimento alla seguente relazione:

$$\emptyset = 0.9 \times Imp + 0.2 \times Per$$

in cui:

\emptyset = coefficiente di deflusso

Imp = percentuale dell'area totale da ritenersi impermeabile

Per = percentuale dell'area totale da ritenersi permeabile

I valori dei coefficienti di deflusso impiegati sono sintetizzati nella tabella seguente:

Uso del suolo	Coefficiente di deflusso
Aree di miniera in fase di coltivazione (equiparate ad aree impermeabili)	0.9
Aree con recupero ambientale completato (equiparate ad aree con permeabilità ridotta)	0.3
Aree naturali non perturbate (equiparate ad aree permeabili)	0.2

- Scabrezza delle superfici: i valori di scabrezza presi in considerazione per i diversi tipi di superficie sono stati ricavati, per similitudine, dal confronto con i dati ricavati da MANNING ed esposti da CHOW (1959);
- Coefficienti d'infiltrazione e costante di esaurimento: il modello è stato impiegato considerando l'infiltrazione secondo l'approccio proposto da HORTON. Si ipotizza cautelativamente la presenza di un suolo con scarsa potenzialità di drenaggio (suoli di tipo C). Sono stati utilizzati i valori proposti dal Soil Conservation Service (1972):

Tipo di superficie	Infiltrazione			Scabrezza
	f_o	f_c	Costante di esaurimento (k)	
	(mm/h)	(mm/h)	(k/h)	(m ^{-1/3 s})
Superfici di miniera attiva (paragonate a superfici impermeabili)	0.1	0.1	0.00139	0.030
Superfici vegetate o con recupero ambientale completato	125	6.3	0.00115	0.150

3 MINIERA "CANOVA"

L'indagine è volta a definire i seguenti aspetti:

- 1) Definizione delle portate circolanti (tr 50 anni) nelle diverse fasi di coltivazione.
- 2) Verifica e dimensionamento delle opere di regimazione delle acque in miniera (tr 50 anni).
- 3) Verifica e dimensionamento dell'attraversamento del Rio Merlera a valle dell'area di miniera (tr 50 anni).

3.1 Definizione del bacino idrografico

Il bacino idrografico di riferimento è sotteso alla sezione di chiusura posta immediatamente a monte dell'attraversamento del Rio Merlera (riferimenti in Figura 3-1). La progressione delle fasi di coltivazione della miniera non ha influenza sulla posizione dello spartiacque (ovvero la superficie complessiva del bacino sottesa non cambia). Le caratteristiche della superficie del bacino sono sintetizzate in Tabella 3-1.

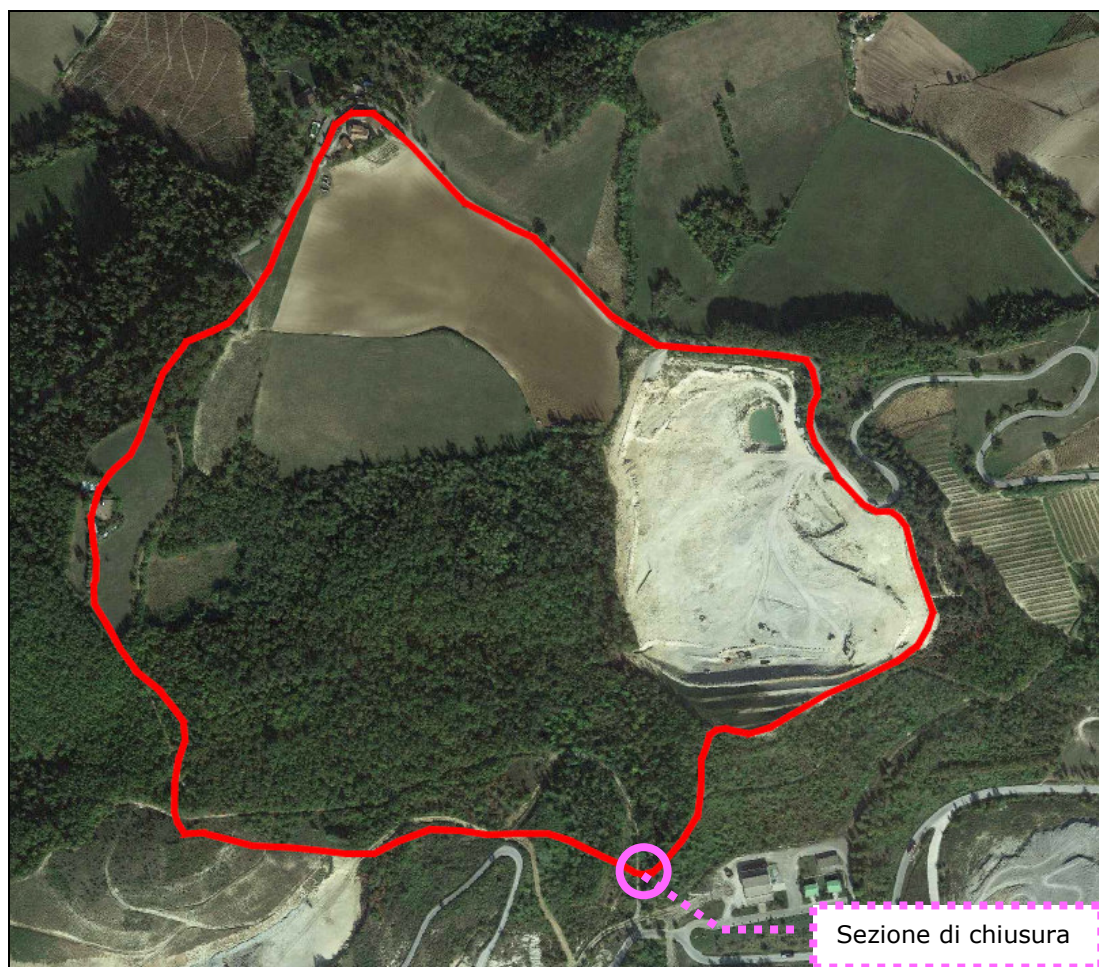


Figura 3-1. Bacino idrografico di riferimento (sito Canova).

Tabella 3-1. Caratteristiche della superficie del bacino idrografico (sito Canova).

Fase di coltivazione	Superficie totale del bacino idrografico	Aree in fase di coltivazione	Aree con recupero ambientale ultimato	Aree indisturbate	Coefficiente di deflusso medio
	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[-]
Fase 1	33.2	3.2	7.7	22.3	0.29
Fase 2	33.2	6.2	10.2	16.8	0.36
Fase 3	33.2	6.9	14.6	11.7	0.39
Fase finale	33.2	0	22.1	11.1	0.27

3.2 Definizione delle portate circolanti

Le portate circolanti, definite con il metodo illustrato, sono riportate in Tabella 3-2 e in Figura 3-2.

Tabella 3-2. Valore di portata al colmo alla sezione di chiusura (tr 50 anni). Il riferimento è rappresentato da un ettaro di superficie "tipo" ovvero con caratteristiche morfologiche e di copertura medie del bacino.

Superficie totale del bacino idrografico	Portata al colmo unitaria (ettaro tipo)	Portata al colmo alla sezione di chiusura
[ha]	[m ³ /s x ha]	[m ³ /s]
33.2	0.187	6.2

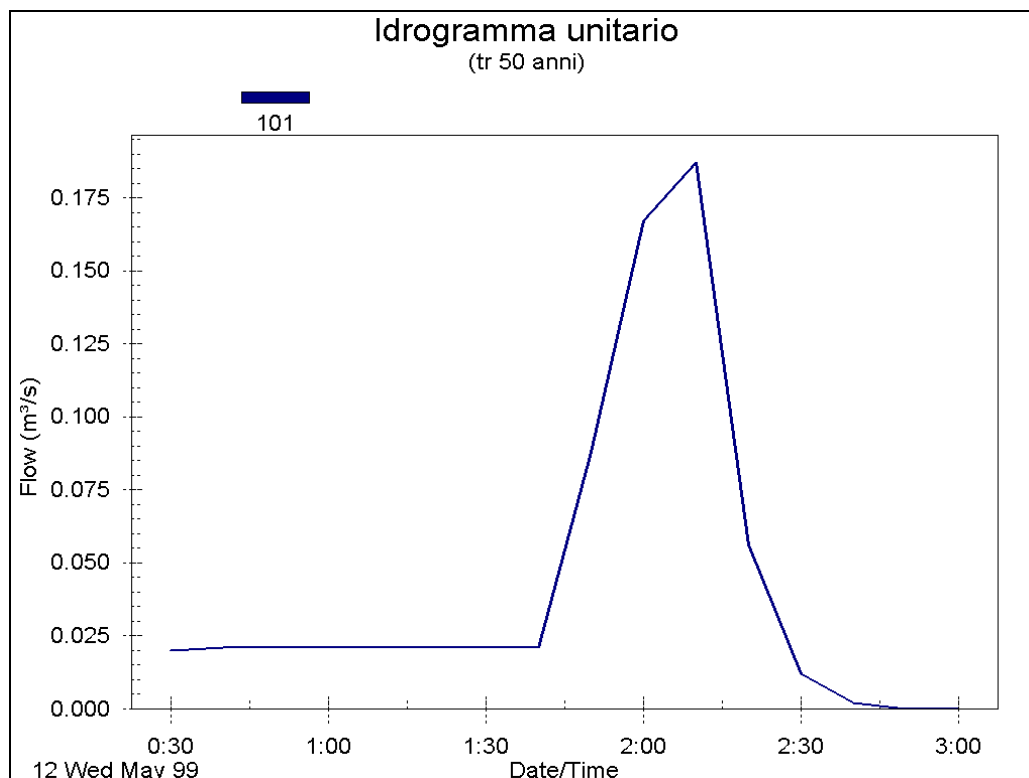


Figura 3-2. Idrogramma unitario (ad ettaro) riferito all'evento con tr 50 anni.

3.3 Verifica e dimensionamento delle opere di regimazione delle acque in miniera

La regimazione delle acque meteoriche in miniera è finalizzata ai seguenti aspetti:

- convogliamento controllato delle acque verso valle, al fine garantire l'agibilità del cantiere e di prevenire fenomeni di erosione e dissesto lungo la rete idrografica naturale;
- decantazione all'interno dell'area di cantiere del trasporto solido ed in sospensione delle acque provenienti dal cantiere, al fine di evitare l'apporto di materiale solido verso il collettore naturale (Rio Merlera).

Lo schema delle opere di regimazione delle acque in miniera prevede quanto segue:

- 1) il sistema di raccolta si fonda su una rete di canalette, con fondo in terra o in roccia, poste al piede di ciascun gradone. La pedata di ciascun gradone sarà sagomata con pendenza verso il versante, in modo tale da garantire che la canaletta possa raccogliere sia le acque provenienti dall'alzata che dalla pedata del gradone stesso. Le dimensioni delle canalette sono proporzionali all'area servita;
- 2) in corrispondenza degli impluvi naturali e dei cambi di direzione del versante è prevista la realizzazione di "guadi" in roccia a bassa pendenza trasversale (abbassamenti di circa 0.4 m e pendenza lungo la pedata di 1 in verticale su 5/10 in orizzontale) in modo da consentire il passaggio dei mezzi di cantiere. Sulle alzate saranno realizzate delle incisioni come invito lungo la scarpata, in modo da orientare le acque sulla pedata sottostante;
- 3) la rete di canalette sarà "ramificata" lungo la viabilità del cantiere. Si prevede di concentrare le acque in una canaletta terminale di maggiori dimensioni, destinata a scaricare in un bacino di decantazione dell'ordine di circa 5000 m³. Le acque verranno poi avviate verso la rete naturale a partire dallo scarico di superficie del bacino citato.
- 4) la connessione con il Rio Merlera in corrispondenza dell'impluvio esistente avverrà mediante una canaletta di collegamento a sezione trapezia (b=1.5, h=0.8, z=0.5), che sarà innestata alla rete idrografica seguendo la pendenza naturale dell'incisione esistente (pari al 3% circa).

La verifica idraulica ed il dimensionamento delle opere di regimazione vengono effettuate considerando la portata che si raccoglie sulle aree sottese alle singole canalette impiegando il criterio del moto uniforme. Allo scopo viene applicata la formula Chezy:

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \times A$$

in cui:

Q = portata convogliabile (m^3/s)

A = area della sezione (m^2)

n = indice di scabrezza secondo Manning ($\text{m}^{-1/3} \text{s}$)

R = raggio idraulico (m) ricavabile dal rapporto $R=A/C$ (C= perimetro o contorno bagnato)

i = pendenza del fondo (adimensionale)

In Tabella 3-3 si riportano le indicazioni in merito alle opere previste nell'ambito del progetto. Si specifica che le dimensioni indicate sono da considerarsi come dimensioni minime, pertanto opere con dimensioni superiori a quelle indicate sono da ritenersi adeguate. Analogo criterio viene seguito per i valori di pendenza del fondo scorrevole delle opere.

I guadi in corrispondenza della viabilità potranno, in caso di esigenze operative, essere convertiti con tubazioni sottostrada mantenendo le portate di riferimento per il corretto dimensionamento.

Si specifica che, i calcoli riportati nella tabella in parola fanno riferimento a valori di pendenza minimi pari a 0.5% (ovvero lungo la viabilità ed i piazzali). Laddove, sulla base della documentazione progettuale, sono state rilevate condizioni di pendenza superiori a 0.5% (ad es. lungo le rampe della viabilità, dove viene mantenuta la pendenza naturale del versante nelle condizioni transitorie di coltivazione, ecc.) viene riportato il valore calcolato per la specifica situazione.

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

Tabella 3-3. Dimensionamento delle opere di regimazione delle acque in miniera. Le righe bianche riportano i valori di portata convogliabili dalle opere considerando il valore di pendenza del fondo scorrevole pari al valore minimo di 0.5%. Le righe grigie riportano i valori calcolati per le condizioni in cui sono stati riscontrati valori di pendenza superiori.

Tipologia	Q	Forma	Dimensioni (b x h)	b	h	z	A	C	R	n (scabrezza)	i	Q	V	B
			m	m	m		m ²	m	m	m ^{-1/3 s}	m/m	m ³ /s	m/s	m
Canaletta tipo 1	fino a 0.3 mc/s	trapezia	0.5x0.5	0.50	0.50	0.50	0.375	1.618	0.232	0.030	0.005	0.33	0.89	1.00
Canaletta tipo 1		trapezia	0.5x0.5	0.50	0.50	0.50	0.375	1.618	0.232	0.030	0.055	1.11	2.95	1.00
Canaletta tipo 1		trapezia	0.5x0.5	0.50	0.50	0.50	0.375	1.618	0.232	0.030	0.070	1.25	3.33	1.00
Canaletta tipo 1		trapezia	0.5x0.5	0.50	0.50	0.50	0.375	1.618	0.232	0.030	0.090	1.41	3.77	1.00
Canaletta tipo 2	fino a 0.4 mc/s	trapezia	0.7x0.5	0.70	0.50	0.50	0.475	1.818	0.261	0.030	0.005	0.46	0.96	1.20
Canaletta tipo 2		trapezia	0.7x0.5	0.70	0.50	0.50	0.475	1.818	0.261	0.030	0.040	1.29	2.72	1.20
Canaletta tipo 2		trapezia	0.7x0.5	0.70	0.50	0.50	0.475	1.818	0.261	0.030	0.055	1.52	3.19	1.20
Canaletta tipo 3	fino a 0.1 mc/s	trapezia	0.4x0.3	0.40	0.30	0.50	0.165	1.071	0.154	0.030	0.005	0.11	0.68	0.70
Canaletta tipo 4	fino a 1.4 mc/s	trapezia	1x0.8	1.00	0.80	0.50	1.120	2.789	0.402	0.030	0.005	1.44	1.28	1.80
Canaletta tipo 4		trapezia	1x0.8	1.00	0.80	0.50	1.120	2.789	0.402	0.030	0.030	3.52	3.14	1.80
Canaletta tipo 4		trapezia	1x0.8	1.00	0.80	0.50	1.120	2.789	0.402	0.030	0.040	4.06	3.63	1.80
Canaletta tipo 4		trapezia	1x0.8	1.00	0.80	0.50	1.120	2.789	0.402	0.030	0.055	4.77	4.26	1.80
Canaletta tipo 5	fino a 2.1 mc/s	trapezia	1.5x0.8	1.50	0.80	0.50	1.520	3.289	0.462	0.030	0.005	2.14	1.41	2.30
Canaletta tipo 5		trapezia	1.5x0.8	1.50	0.80	0.50	1.520	3.289	0.462	0.030	0.030	5.25	3.45	2.30
Guado tipo 1	fino a 1 mc/s	guado su viabilità	1x0.4	1.00	0.40	5.00	1.200	5.079	0.236	0.030	0.005	1.08	0.90	5.00
Guado tipo 1		guado su viabilità	1x0.4	1.00	0.40	5.00	1.200	5.079	0.236	0.030	0.400	9.67	8.06	5.00
Guado tipo2	fino a 2 mc/s	guado su viabilità	1x0.4	2.00	0.40	10.00	2.400	10.040	0.239	0.030	0.005	2.18	0.91	10.00

3.4 Dimensionamento del bacino di decantazione

Al fine di evitare l'apporto di materiale solido ed in sospensione verso il collettore naturale (Rio Merlera) è prevista la realizzazione di un bacino di decantazione posto a valle dell'area di cantiere.

I parametri impiegati per il dimensionamento vengono di seguito richiamati:

- 1) La superficie della miniera sottesa al bacino di decantazione è pari a circa 14 ha (il riferimento è rappresentato dalla massima estensione raggiunta nell'ambito della terza fase di coltivazione).
- 2) La portata al colmo in ingresso è pari a $0.187 \text{ m}^3/\text{s}$ (portata unitaria) $\times 14$ (superficie sottesa) = $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$. L'ingresso è costituito da un tubo di collegamento $\varnothing 800 \text{ mm}$ (pendenza 10%) con adeguata capacità di convogliamento:

Sezione circolare			
Diametro D (m)	0.8		
Pendenza j	0.1		
Scabrezza n ($\text{m}^{-1/3} \text{ s}$)	0.02		
	Rapporto di		
Profondità corrente y (m)	riempimento (y/D)	V	Q
0.05	0.06	1.61	0.021
0.1	0.12	2.50	0.091
0.15	0.19	3.20	0.210
0.2	0.25	3.79	0.375
0.25	0.31	4.30	0.581
0.3	0.37	4.73	0.821
0.35	0.43	5.11	1.089
0.4	0.49	5.42	1.375
0.45	0.56	5.69	1.672
0.5	0.62	5.90	1.970
0.55	0.68	6.06	2.259
0.6	0.74	6.17	2.525
0.65	0.80	6.21	2.754
0.7	0.86	6.19	2.929
0.75	0.93	6.06	3.019
0.8	0.99	5.72	2.939

- 3) Il volume da invasare è pari a $350 \text{ m}^3/\text{ha}$ (volume unitario) $\times 14$ (superficie sottesa) = $5\,000 \text{ m}^3$. Le dimensioni della vasca saranno ricavate sulla base dell'effettiva morfologia dei luoghi.
- 4) Al fine di garantire la decantazione delle acque meteoriche raccoltesi sulle aree di interesse, si prevede di non dotare il bacino di uno scarico di fondo. In questo modo lo scarico verso valle avverrà interamente mediante lo scarico di superficie al fine di garantire che l'intera altezza del bacino sia interamente dedicata alla decantazione. Lo scarico di superficie è rappresentato da uno stramazzo a forma trapezia di dimensioni pari a quelle della canaletta che proseguirà verso valle.

3.5 Verifica e dimensionamento dell'attraversamento del Rio Merlera a valle dell'area di miniera

La sezione di chiusura del bacino idrografico è rappresentata dall'attraversamento del Rio Merlera che rappresenta un punto di interesse.

I dati a disposizione mostrano quanto segue:

- 1) l'attraversamento è costituito da un tubo di dimensioni pari a 1.0 m (diametro interno);
- 2) pendenza media del fondo alveo in prossimità dell'attraversamento pari a 0.1;
- 3) portata di progetto con tr 50 anni pari a $6.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ⁽³⁾.

La capacità di convogliamento del manufatto di attraversamento è stata indagata mediante verifica in moto permanente monodimensionale tramite il codice di calcolo HEC RAS 4.1.0. L'indagine evidenzia che la massima portata attualmente convogliabile è pari a circa $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (vedi Figura 3-3). L'attraversamento risulta pertanto insufficiente al convogliamento della portata con tr 50 anni anche in condizione indisturbata.

Al fine di consentire il transito della portata con tr 50 anni (pari a $6.2 \text{ m}^3/\text{s}$) occorre prevedere la messa in opera di uno scatolare $1.0 \times 2.0 \text{ m}$ in luogo dell'attuale tubo $\varnothing 1.0 \text{ m}$ (vedi Figura 3-5).

⁽³⁾ Nell'ipotesi di condizione indisturbata, ipotizzando un coefficiente di deflusso pari a 0.1, la portata risulta pari a $0.162 \text{ m}^3/\text{s}$ (ad ha) $\times 29.6 \text{ ha} = 4.8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

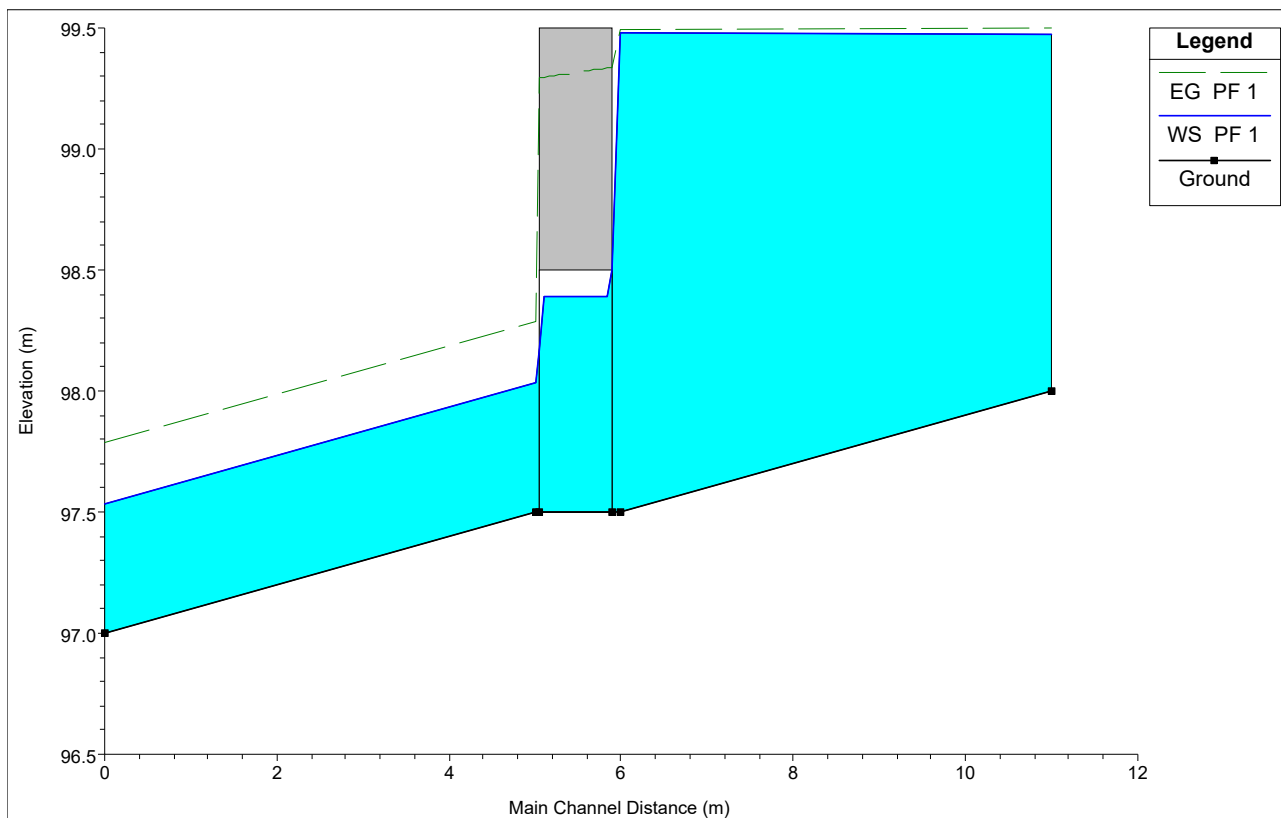


Figura 3-3. Profilo longitudinale in corrispondenza dell'attraversamento indagato nella condizione attuale (tubo Ø 1.0 m). La figura illustra il transito della portata pari a 2.5 m³/s (massima portata convogliabile nella condizione attuale).

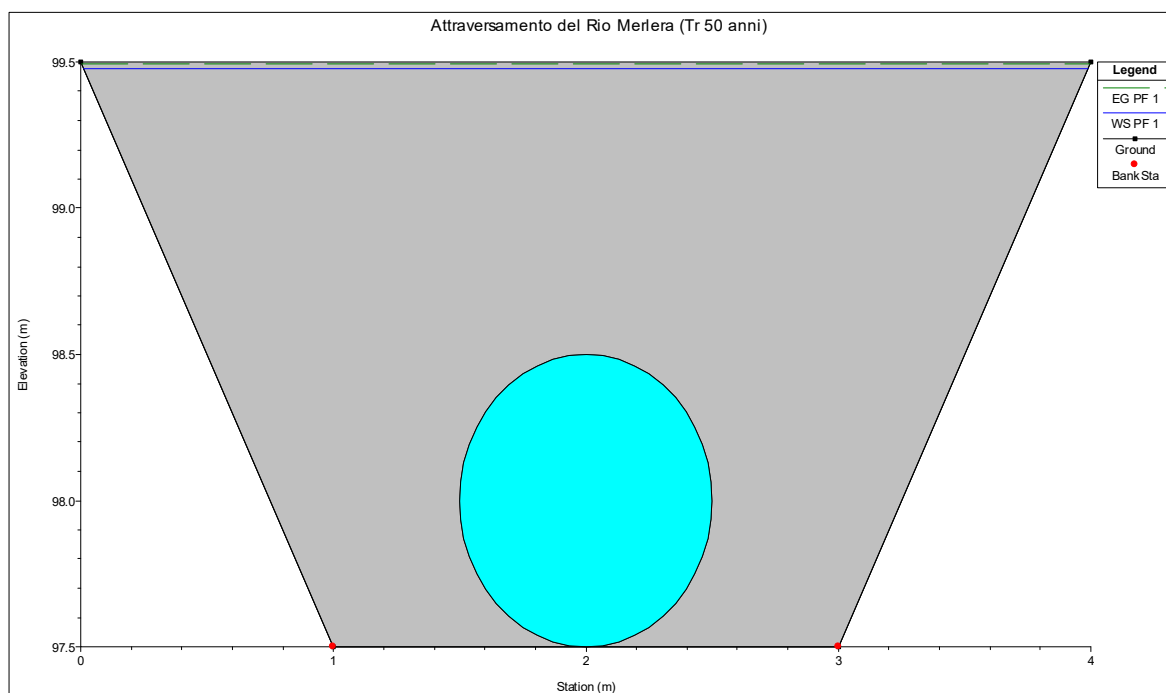


Figura 3-4. Vista da monte dell'attraversamento indagato nella condizione attuale (tubo Ø 1.0 m). La figura illustra il transito della portata pari a 2.5 m³/s (massima portata convogliabile nella condizione attuale).

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

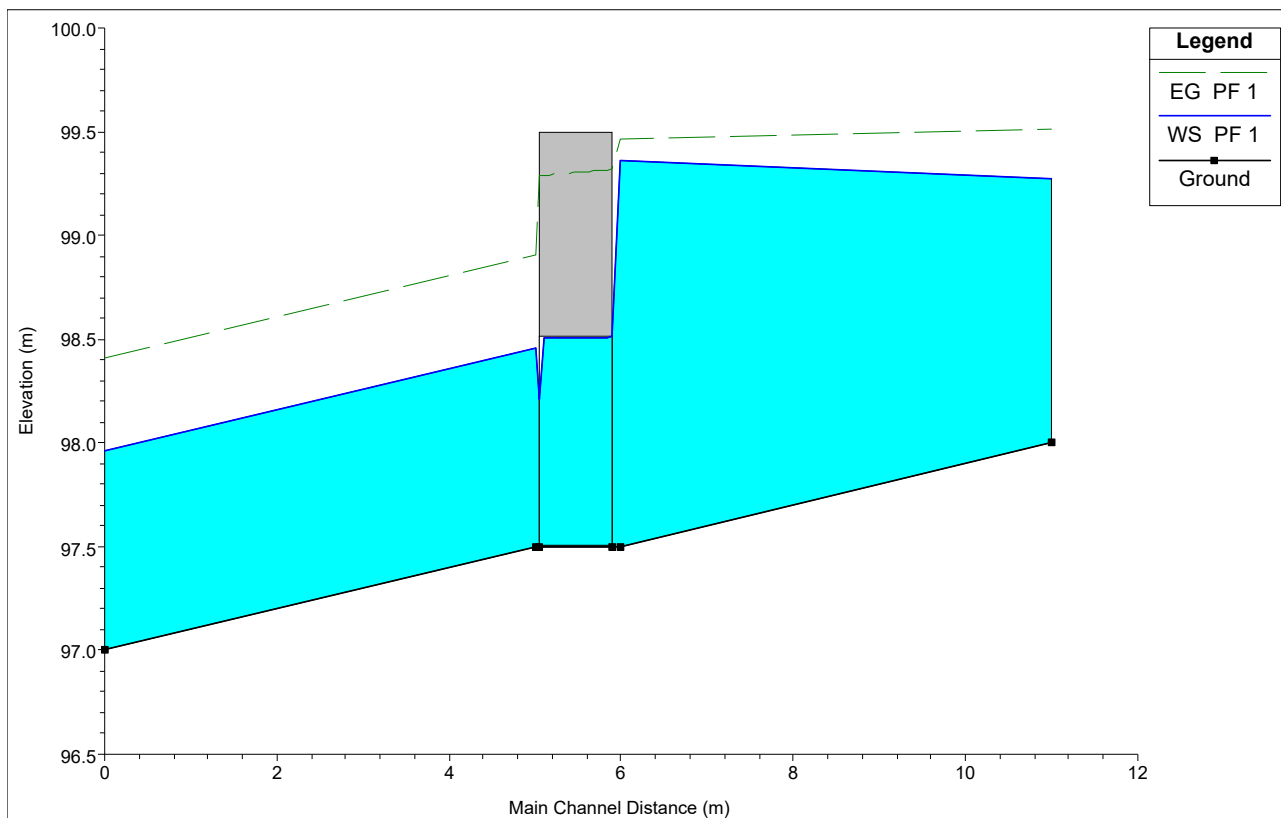


Figura 3-5. Profilo longitudinale in corrispondenza dell'attraversamento indagato nella condizione finale con adeguamento mediante scatolare 1.0 x 2.0 m in luogo dell'attuale tubo Ø 1.0 m. La figura illustra il transito della portata pari a 6.2 m³/s (portata con tr 50 anni).

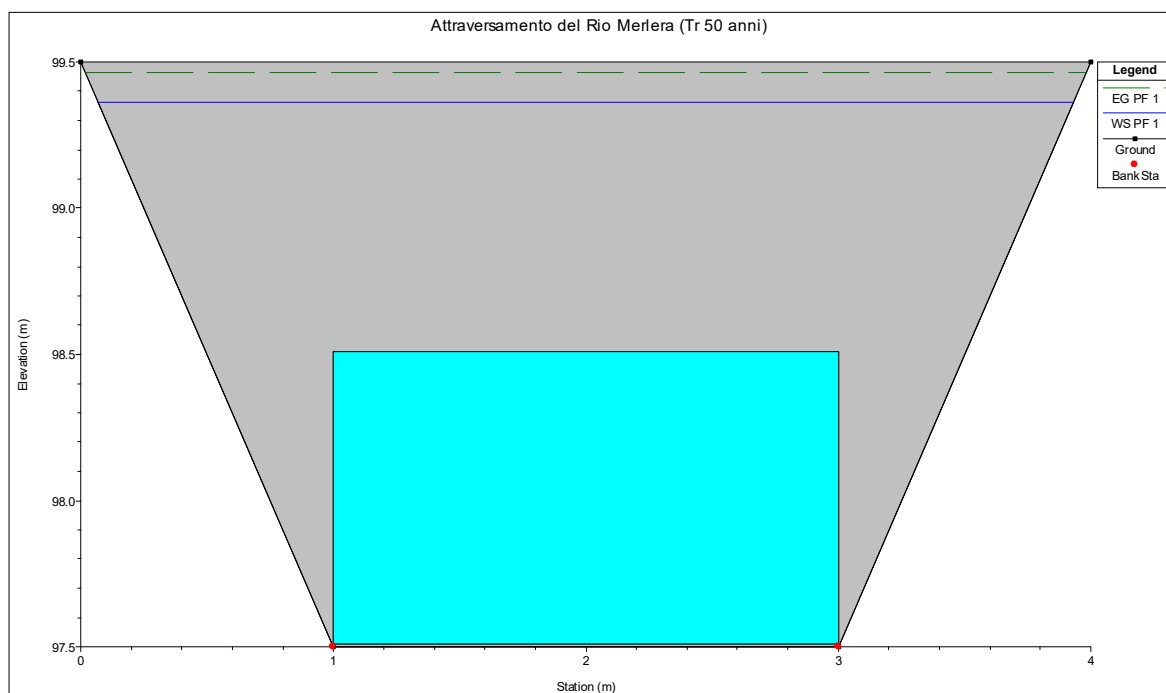


Figura 3-6. Vista da monte dell'attraversamento indagato nella condizione finale con adeguamento mediante scatolare 1.0 x 2.0 m in luogo dell'attuale tubo Ø 1.0 m. La figura illustra il transito della portata pari a 6.2 m³/s (portata con tr 50 anni).

4 MINIERA "ALBAROLA"

L'indagine è volta a definire i seguenti aspetti:

- 1) Definizione della portata compatibile allo scarico.
- 2) Definizione delle portate circolanti (tr50 e tr 200 anni) nelle diverse fasi di coltivazione.
- 3) Verifica e dimensionamento delle opere di regimazione delle acque in miniera (tr 50 anni).
- 4) Verifica e dimensionamento delle opere per la riduzione/laminazione delle portate scaricate (tr 200 anni).

4.1 Definizione della portata compatibile allo scarico

La portata proveniente dal complesso della miniera da avviare allo scarico deve essere compatibile con la capacità di convogliamento della rete idrografica e dei manufatti esistenti. L'esame dei luoghi mostra che nel tronco a valle dello scarico sono presenti una serie di criticità nella rete di drenaggio dovuti ad attraversamenti stradali, superamento di canali irrigui, entrate di portate di scoli dai campi ecc. (riferimenti in Figura 4-1).

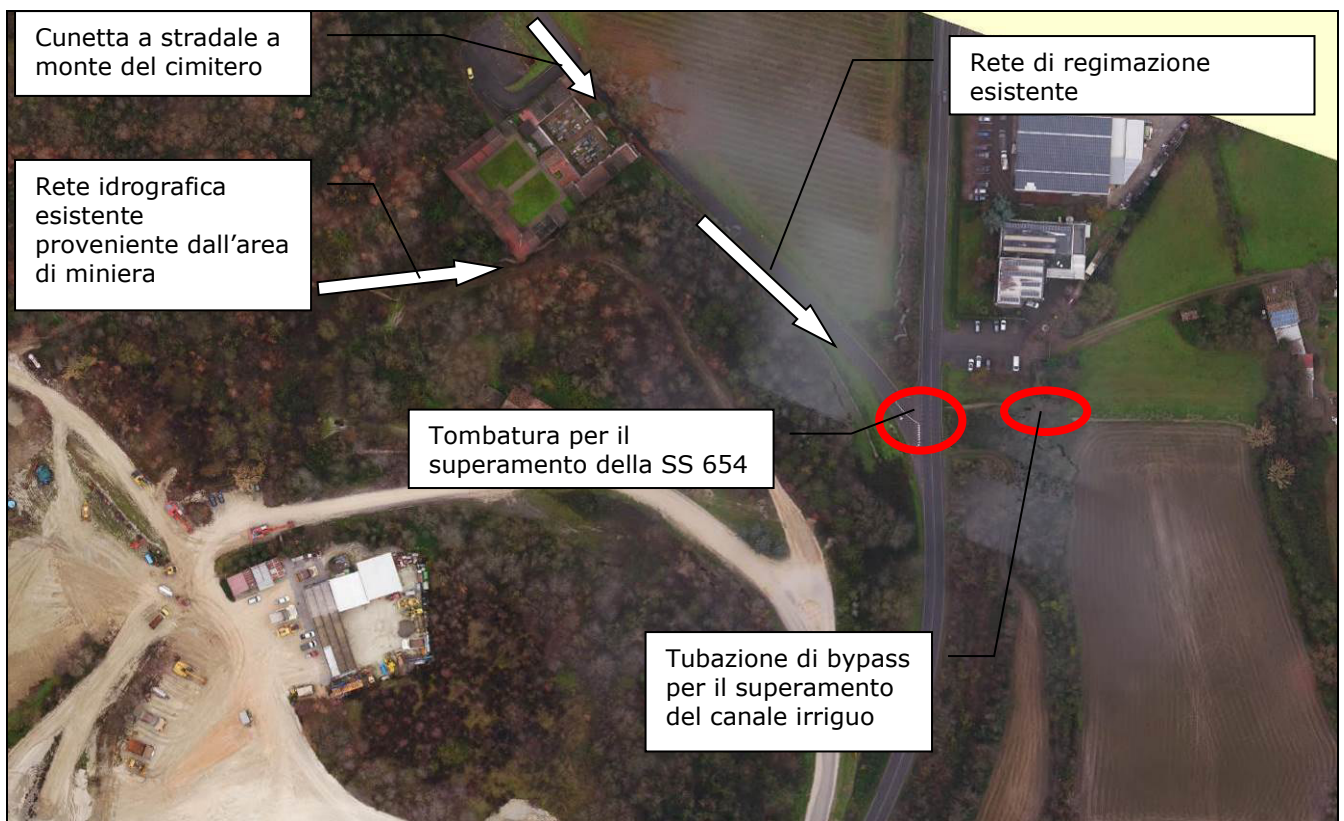


Figura 4-1. Schema dello stato dei luoghi.



Figura 4-2. Vista della tombatura per il superamento della SS 654.



Figura 4-3. Ingresso della tubazione di bypass per il superamento del canale irriguo. La freccia indica la direzione dell'acqua.

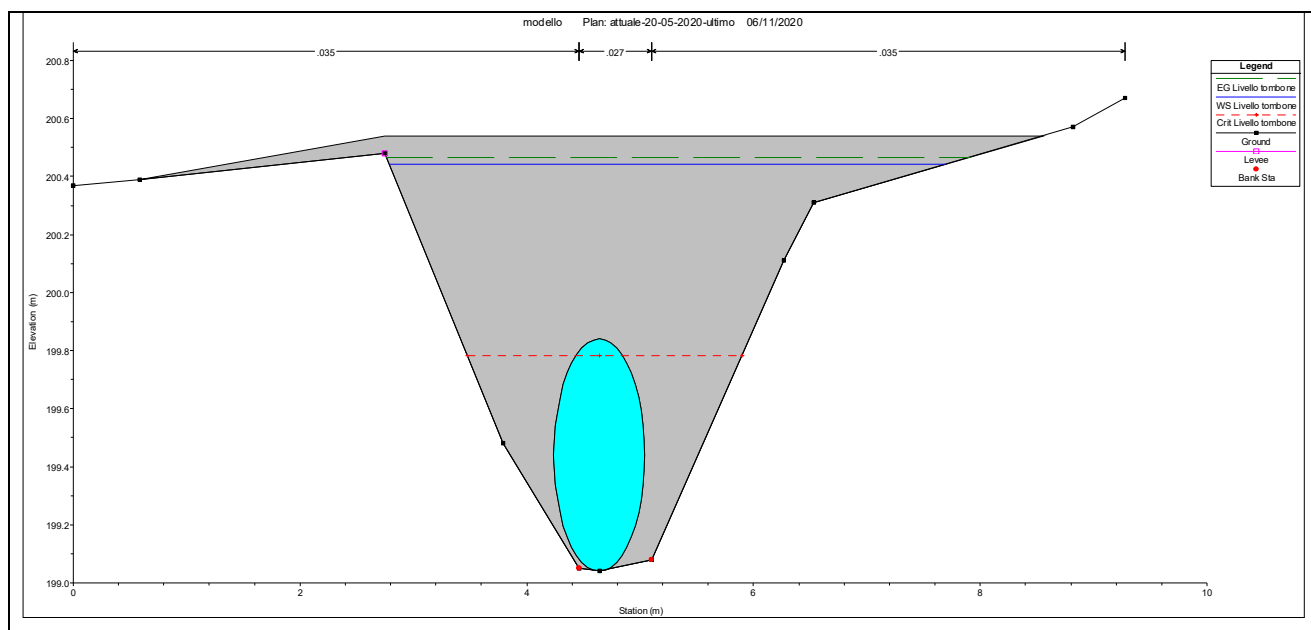


Figura 4-4. Tubazione di bypass per il superamento del canale irriguo (Ø 800 mm).

La verifica idraulica, condotta in moto permanente monodimensionale tramite il codice di calcolo HEC RAS 5.0.3, mostra che la tubazione di bypass per il superamento del canale irriguo (\varnothing 800 mm) ha una capacità di convogliamento inferiore rispetto alla tombatura per il superamento stradale. La verifica idraulica mostra che la massima capacità di convogliamento del bypass è pari a 1.66 m³/s (riferimenti in APPENDICE - B).



Figura 4-5 – Planimetria del modello idraulico in moto permanente



Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

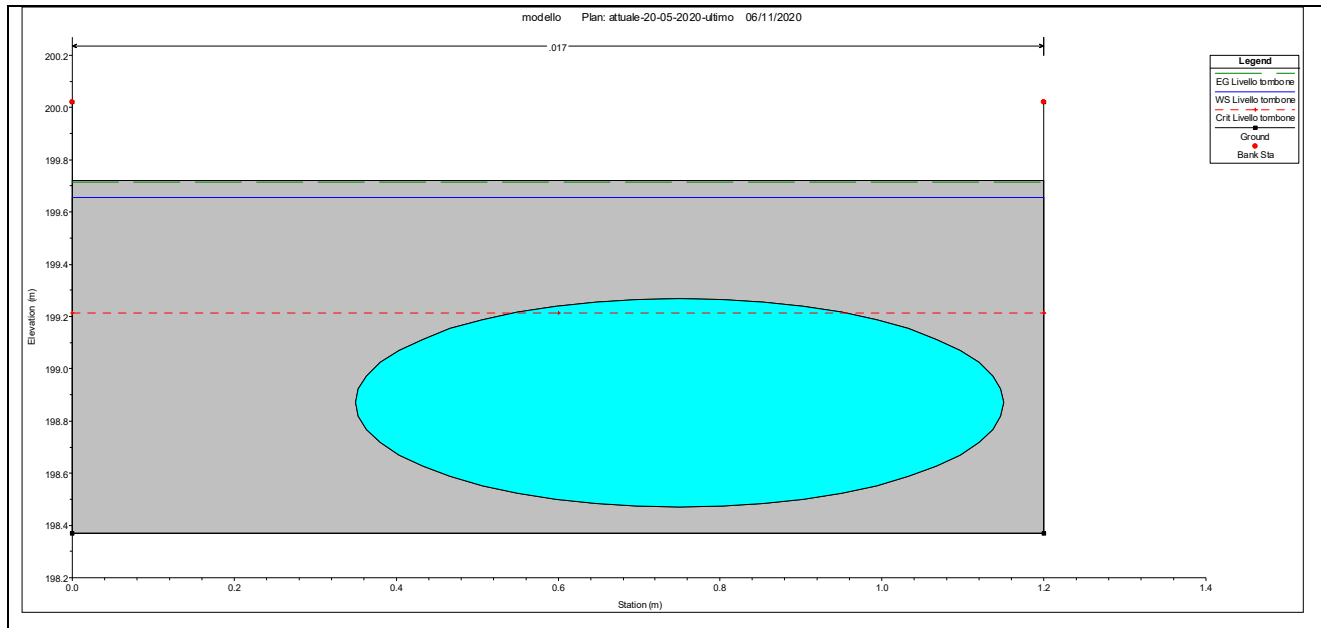


Figura 4-6. Attraversamenti rispettivamente nei pressi delle sezioni 32 e 22.



Figura 4-7. Si noti il tubo di 250 mm in corrispondenza dell'ingresso del cimitero



Figura 4-8. Il fosso a valle dell'inserimento delle acque del bacino afferente alla miniera di Albarola



Figura 4-9. Il fosso a monte dell'attraversamento stradale

A seguito di quanto esposto, il valore limite di portata uscente dall'area della miniera, compatibile con la capacità di convogliamento della rete idrografica a valle, è fissato a 1.6 m³/s, tralasciando la capacità delle opere di bypass di confluire parte della portata nella rete irrigua (misura cautelativa) e tenendo conto dei contributi a monte della sezione di immissione. Quest'ultima valutata come massima capacità di convogliamento del manufatto idraulico (tubo in PVC di diametro 0.25 m) in corrispondenza dell'ingresso del cimitero (si veda la tabella sottostante e la Figura 4-7).

Tabella 4-1 – Calcolo della capacità di convogliamento del manufatto circolare in PVC in corrispondenza del cimitero

Diametro D (m)	0.25		
Pendenza j	0.005		1
Scabrezza n (m-1/3 s)	0.013		
Profondità corrente y (m)	Rapporto di riempimento (y/D)	V (m ² /s)	Q (m ³ /s)
0.05	0.20	0.53	0.004
0.1	0.40	0.77	0.014
0.15	0.60	0.92	0.028
0.2	0.80	0.98	0.041
0.25	1.00	0.86	0.042

La portata di 1.6 m³/s è, inoltre, ampiamente compatibile con la capacità di convogliamento del tratto di idrografia naturale tra la cava e la viabilità stradale come ben mostra la valutazione in moto uniforme (formulazione di Chezy, già precedentemente esposta) in 5 punti del tronco analizzato.



Figura 4-10. Planimetria del tratto di idrografia naturale tra la miniera e la viabilità stradale con l'individuazione delle sezioni valutate in moto uniforme.

Tabella 4-2. Risultati dell'analisi idraulica in moto uniforme per le sezioni indicate nella figura precedente

Sezione	Forma	Area	C	R	n	i	Q	V
Sezione 1	Sezione di piena	10.24	9.61	1.07	0.06	0.125	62.95	6.15
Sezione 1	Sezione di morbida	0.21	1.3	0.16	0.025	0.125	0.88	4.19
Sezione 2	Sezione di piena	3.49	5.49	0.64	0.06	0.1	13.60	3.9
Sezione 2	Sezione di morbida	0.48	2.42	0.20	0.035	0.1	1.47	3.07
Sezione 3	Sezione di morbida	1.49	4.1	0.36	0.035	0.15	8.40	5.64
Sezione 5	Sezione di piena	5.39	7.35	0.73	0.07	0.095	19.30	3.58
Sezione 5	Sezione di morbida	1.75	3.83	0.46	0.035	0.095	9.14	5.22
Sezione 6	Sezione di piena	9.59	10.33	0.93	0.06	0.16	60.84	6.34
Sezione 6	Sezione di morbida	0.91	2.78	0.33	0.025	0.16	6.92	7.6

4.2 Definizione del bacino idrografico

Il bacino idrografico di riferimento, con sezione di chiusura posta immediatamente a monte dell'immissione nella rete idrografica naturale, allo stato attuale è suddiviso in 2 sottobacini:

- 1) **Area Sud.** Il primo sottobacino fa riferimento alla porzione Sud del bacino. Le acque si concentrano in corrispondenza di un bacino di decantazione/laminazione con scarico esistente pari a Ø 800 mm verso la rete idrografica naturale posto sul fondo.
- 2) **Area Nord.** Il secondo sottobacino fa riferimento alla porzione Nord del bacino. Le acque si concentrano in corrispondenza di un bacino di decantazione/laminazione con scarico esistente pari a Ø 250 mm verso la rete idrografica naturale posto sul fondo.

La modellazione delle superfici nelle diverse fasi di coltivazione influenza la posizione dello spartiacque, e la suddivisione in sottobacini, secondo lo schema riportato in Figura 4-11.

La configurazione planimetrica delle opere di regimazione delle acque in miniera, tiene conto dell'evoluzione morfologica delle superfici nelle fasi di coltivazione (alcune opere saranno transitorie mentre altre saranno mantenute anche in fase di abbandono a recupero avvenuto).

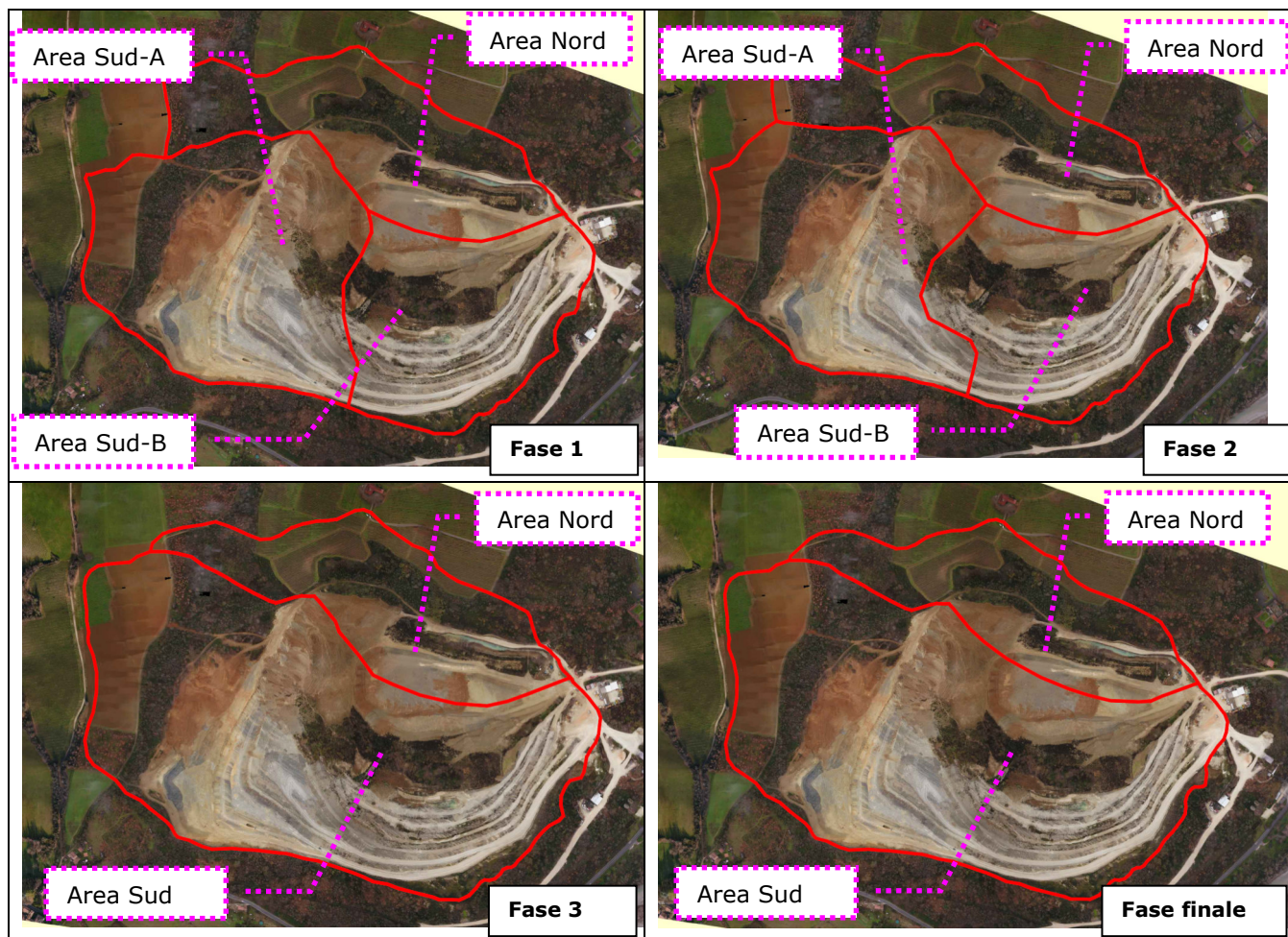


Figura 4-11. Bacino idrografico di riferimento (sito Albarola). La figura rappresenta lo spartiacque nelle diverse fasi di coltivazione.

Le caratteristiche della superficie del bacino idrografico (sito Albarola), nelle diverse fasi di coltivazione, sono sintetizzate nella tabella seguente:

Identificativo	Superficie		Coefficiente di deflusso
	Aree in fase di coltivazione	Altre aree	
	[ha]	[ha]	
FASE 1			
Area Nord	2.5	9.7	0.42
Area Sud-A	15.6	3.1	0.80
Area Sud-B	6.9	5.7	0.63
Superficie totale	43.5		
Coefficiente di deflusso medio			0.64
FASE 2			
Area Nord	-	12.2	0.30
Area Sud-A	13.6	4.5	0.75
Area Sud-B	4.6	9.3	0.50
Superficie totale	44.2		

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

Coefficiente di deflusso medio			0.55
FASE 3			
Area Nord	-	11.4	0.30
Area Sud	14.6	19.4	0.56
Superficie totale	45.5		
Coefficiente di deflusso medio			0.49
FASE FINALE			
Area Nord		10.6	0.30
Area Sud		34.9	0.30
Superficie totale	45.5		
Coefficiente di deflusso medio			0.30

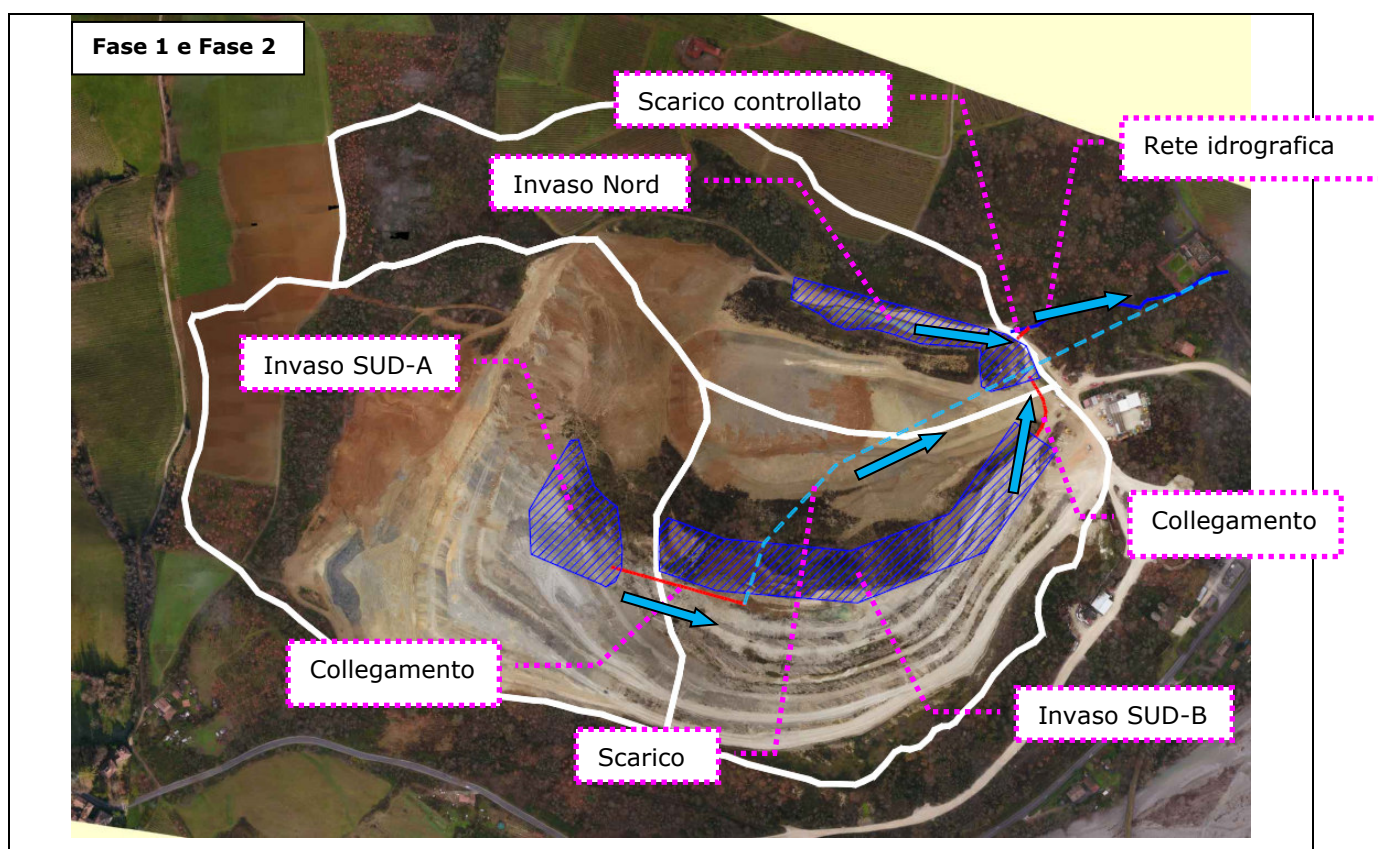
4.3 Definizione delle portate circolanti

Lo schema della circolazione delle portate prevede quanto segue (riferimenti in Figura 4-12):

- 1) Il valore limite di portata uscente dall'area della miniera, compatibile con la capacità di convogliamento della rete idrografica e dei manufatti esistenti a valle, è fissato in 1.6 m³/s.
- 2) Il controllo della portata uscente (ovvero scaricata verso valle) è ottenibile mediante la predisposizione di bacini di decantazione/laminazione dimensionati sulla base del volume d'acqua in ingresso e dotati di luci di scarico adeguate allo scopo. Il dimensionamento degli invasi prevede di impiegare precipitazioni con tr 200 anni.
- 3) Nelle fasi di coltivazione 1 e 2 è previsto che il ruscellamento formatosi sulle superfici dell'Area Sud-A venga convogliato verso il bacino di decantazione/laminazione identificato come "Invaso Sud-A". L'invaso è dotato di uno scarico posto a circa 4 m dal fondo al fine di garantire la decantazione dei materiali in sospensione e del trasporto solido. Lo scarico è costituito da un tubo Ø 250 mm collegato al Ø 800 mm, attualmente in funzione, che conferisce le acque alla rete idrografica naturale in prossimità del cimitero posto in fregio alla Strada Statale.
- 4) Le acque raccoltesi sulle superfici dell'Area Sud-B vengono convogliate verso il bacino di decantazione/laminazione identificato come "Invaso Sud-B". L'invaso è dotato di uno scarico posto sul fondo, costituito da un tubo Ø 800 mm collegato all' "Invaso Nord" (la decantazione dei materiali in sospensione e del trasporto solido è garantita dalla vasta superficie dell'invaso, pari a circa 25 000 m²).
- 5) Le acque raccoltesi sulle superfici dell'Area Nord vengono convogliate verso il bacino di decantazione/laminazione identificato come "Invaso Nord". L'invaso è dotato di uno scarico posto sul fondo, costituito da uno scatolare 0.6 x 0.6 m collegato alla rete idrografica naturale (in questa porzione di versante le attività di cantiere sono limitate, la decantazione dei materiali in sospensione e del trasporto solido è garantita dalla superficie dell'invaso, pari a circa 8 000 m²).

- 6) Nelle ultime fasi di coltivazione il bacino di decantazione/laminazione identificato come "Invaso Sud-A" viene dismesso. Le acque dell'intera porzione Sud del bacino idrografico vengono convogliate verso il bacino di decantazione/laminazione identificato come "Invaso Sud-B" e da qui proseguono secondo lo schema già descritto.

Le portate circolanti, definite con il metodo illustrato, sono riportate in Tabella 4-3, in Figura 4-13 e in Figura 4-14.



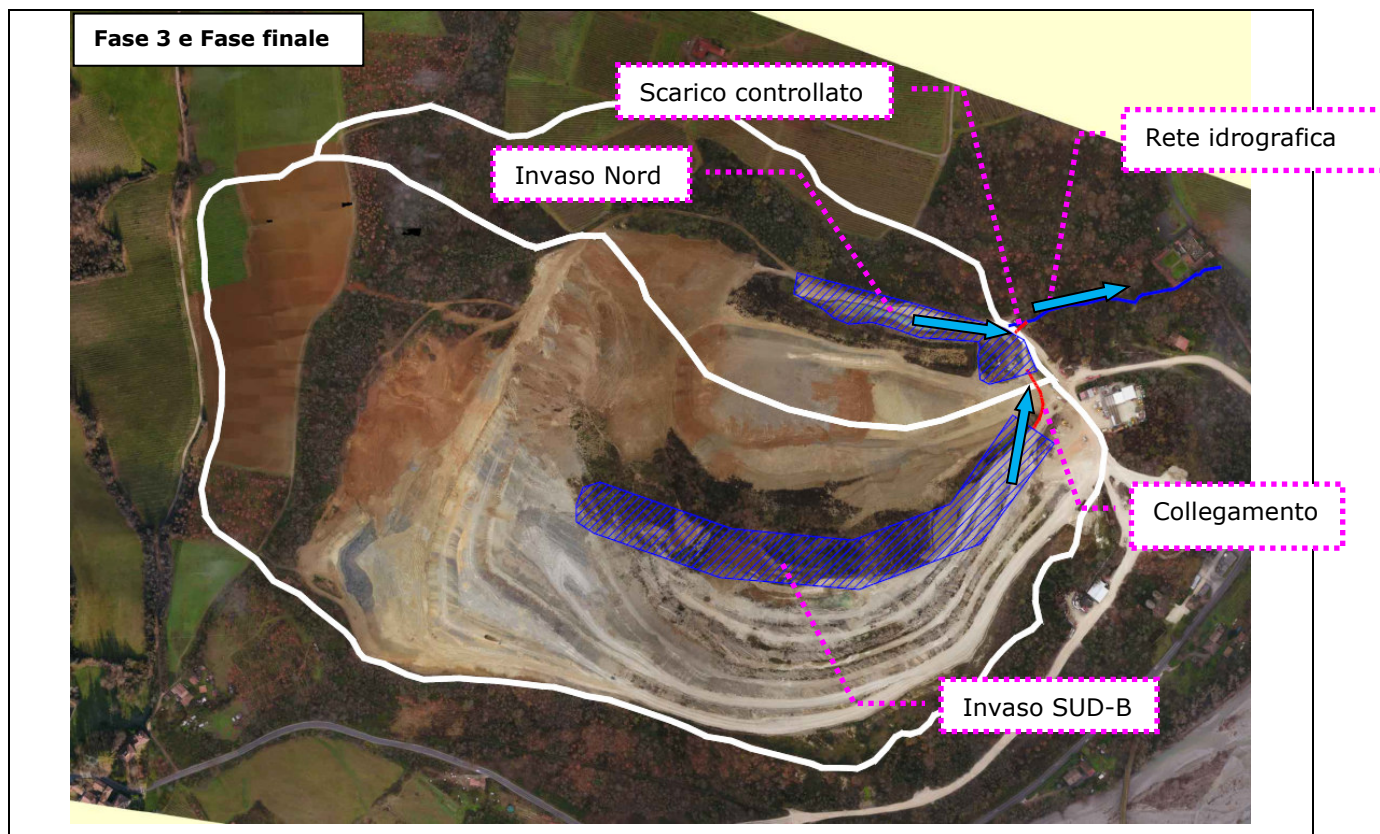


Figura 4-12. Sintesi dello schema della circolazione delle portate.

Tabella 4-3. Sintesi dei valori di portata al colmo alle sezioni di chiusura di interesse (tr 50 e 200 anni).

Identificativo	Superficie	Tr 200 anni		Tr 50 anni	
		Portata al colmo unitaria	Portata al colmo alla sezione di chiusura	Portata al colmo unitaria	Portata al colmo alla sezione di chiusura
	[ha]	[m ³ /s x ha]	[m ³ /s]	[m ³ /s x ha]	[m ³ /s]
FASE 1					
Area Nord	12.2	0.119	1.45	0.095	1.16
Area Sud-A	18.7	0.128	2.39	0.104	1.94
Area Sud-B	12.6	0.123	1.55	0.099	1.25
FASE 2					
Area Nord	12.2	0.119	1.45	0.095	1.16
Area Sud-A	18.1	0.126	2.28	0.103	1.86
Area Sud-B	13.9	0.119	1.65	0.096	1.33
FASE 3					
Area Nord	11.4	0.119	1.36	0.095	1.08
Area Sud	34.1	0.121	4.13	0.097	3.31
FASE FINALE					
Area Nord	10.6	0.119	1.26	0.095	1.01
Area Sud	34.9	0.119	4.15	0.095	3.32

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

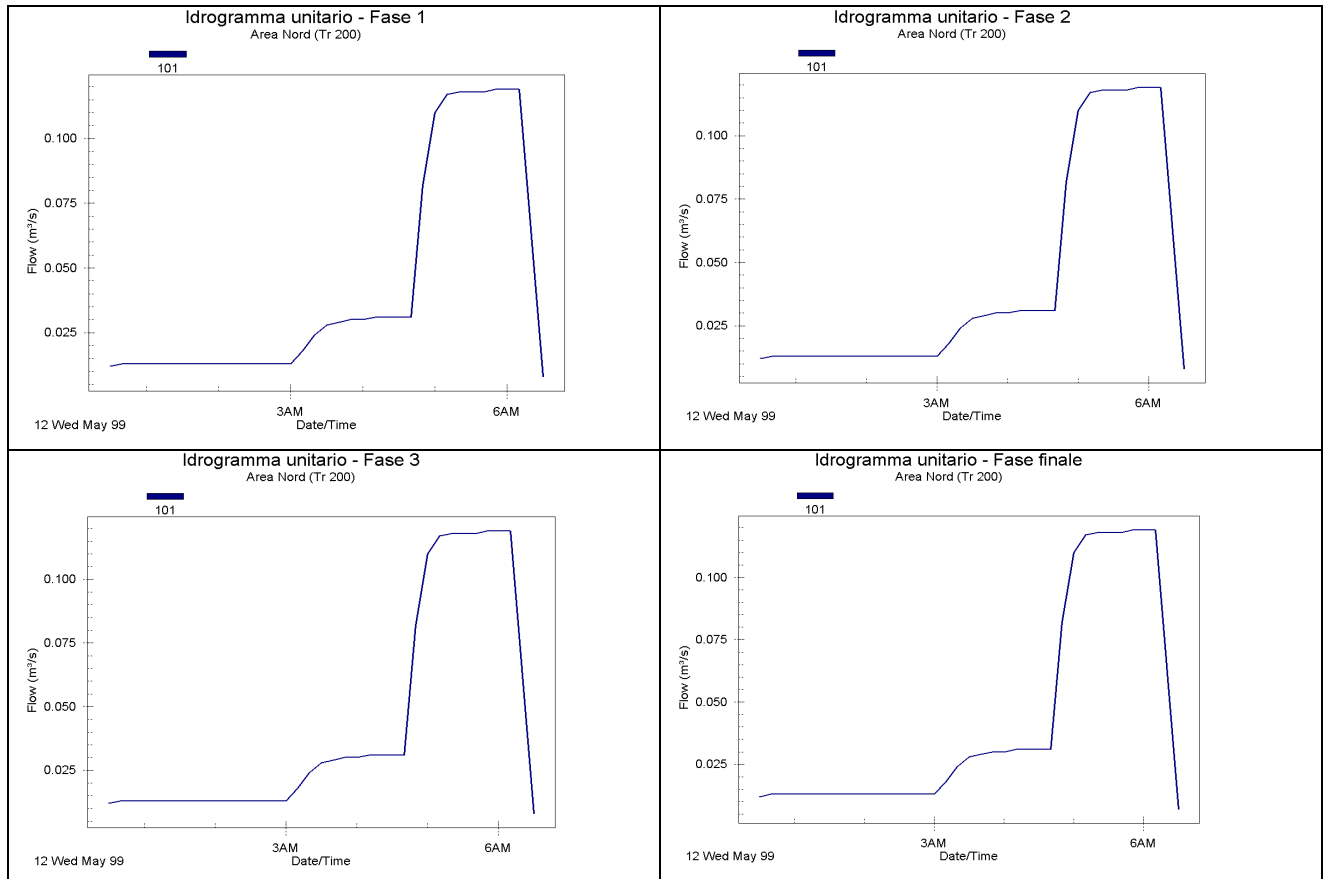
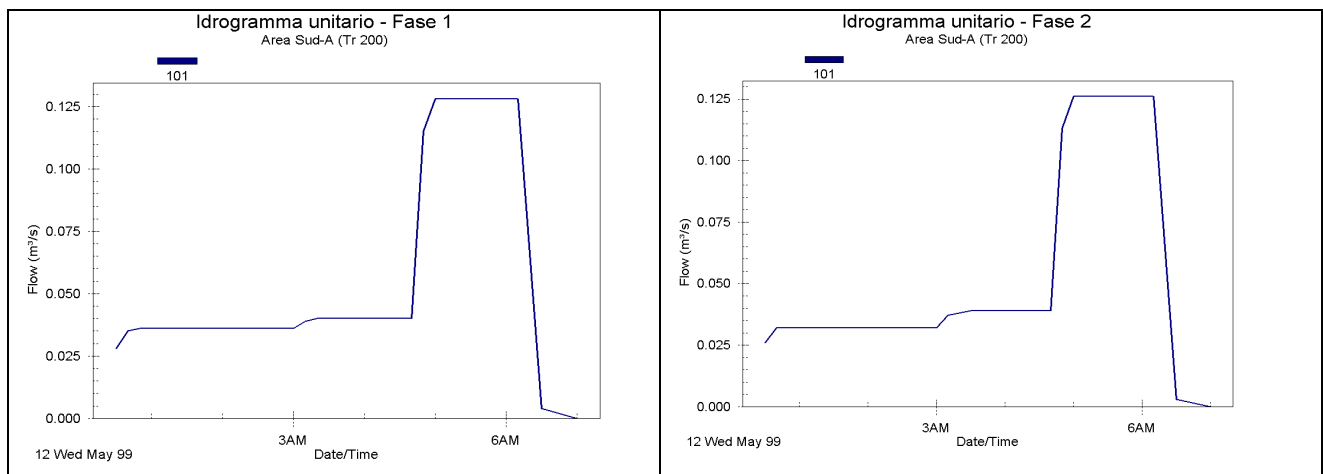


Figura 4-13. Idrogrammi unitari (ad ettaro) riferiti all'area Nord (evento con tr 200 anni).



Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

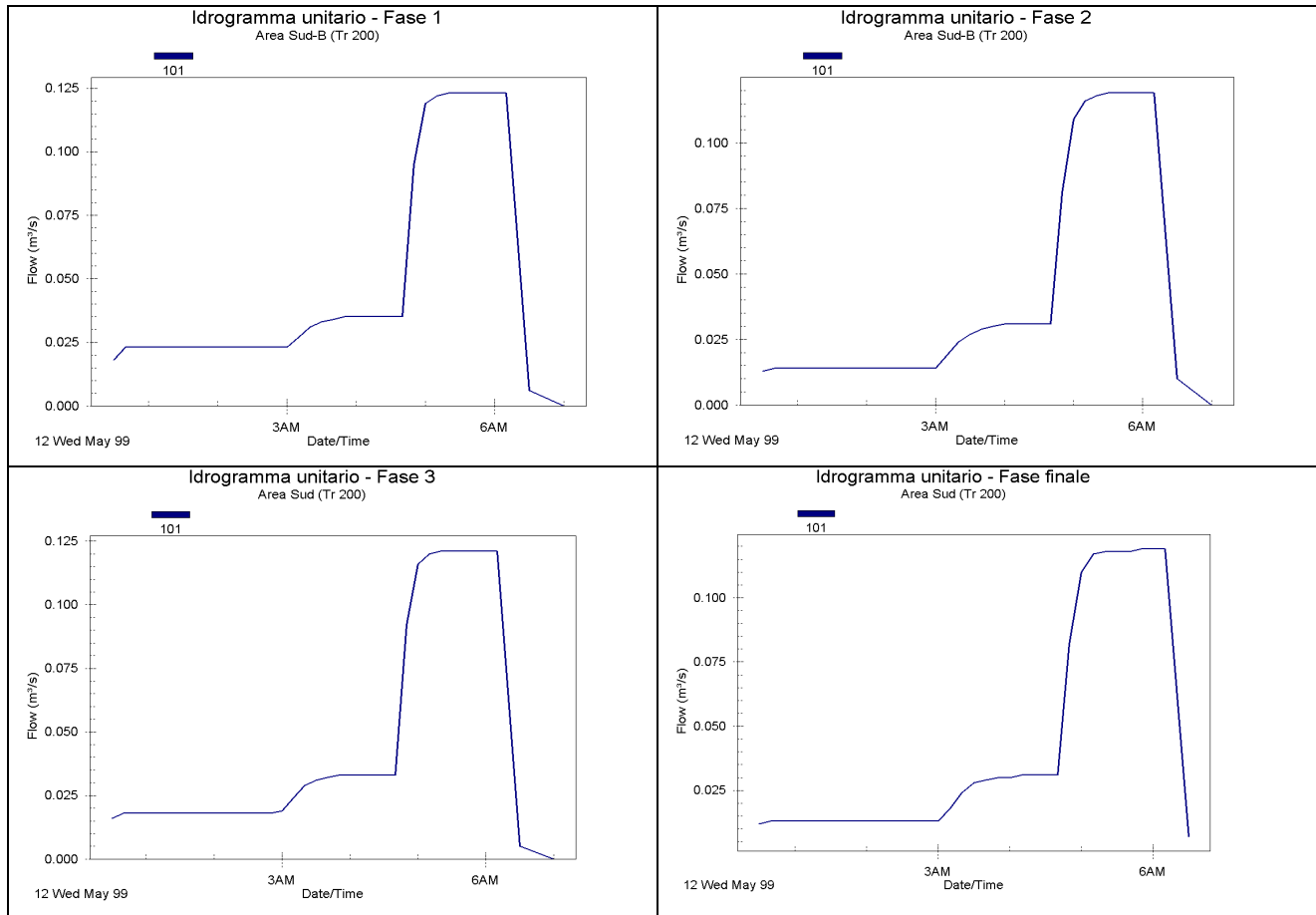


Figura 4-14. Idrogrammi unitari (ad ettaro) riferiti all'area Sud (evento con tr 200 anni).

4.4 Verifica e dimensionamento delle opere di regimazione delle acque in miniera

La regimazione delle acque meteoriche in miniera è finalizzata al convogliamento controllato delle acque, al fine garantire l'agibilità del cantiere e di prevenire fenomeni di erosione e dissesto lungo la rete idrografica naturale.

Lo schema delle opere di regimazione delle acque in miniera, dimensionate per precipitazioni con tr 50 anni, prevede quanto segue quanto descritto nel par. 3.3 per il cantiere "Canova":

- 1) il sistema di raccolta si fonda su una rete di canalette, con fondo in terra o in roccia, poste al piede di ciascun gradone. La pedata di ciascun gradone sarà sagomata con pendenza verso il versante, in modo tale da garantire che la canaletta possa raccogliere sia le acque provenienti dall'alzata che dalla pedata del gradone stesso. Le dimensioni delle canalette sono proporzionali all'area servita;
- 2) in corrispondenza degli impluvi naturali e dei cambi di direzione del versante è prevista la realizzazione di "guadi" in roccia a bassa pendenza trasversale (abbassamenti di circa 0.4 m e pendenza lungo la pedata di 1 in verticale su 5/10 in orizzontale) in modo da consentire il passaggio dei mezzi di cantiere. Sulle alzate saranno realizzate delle

incisioni come invito lungo la scarpata, in modo da orientare le acque sulla pedata sottostante;

- 3) la rete di canalette sarà "ramificata" lungo la viabilità del cantiere. Si prevede di convogliare le acque in bacini di decantazione/laminazione (riferimenti e dettagli nel par. 4.5). I bacini sono dimensionati sulla base del volume d'acqua in ingresso e dotati di luci di scarico di dimensioni adeguate a garantire lo scarico di un valore di portata compatibile con la capacità di convogliamento della rete idrografica e dei manufatti esistenti a valle (pari a circa $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$).

In merito alla verifica idraulica ed al dimensionamento delle opere di regimazione si rimanda a quanto esposto nel par. 3.3 per il cantiere "Canova" ed ai risultati esposti in Tabella 3-3.

4.5 Verifica e dimensionamento delle opere per la riduzione/laminazione delle portate scaricate

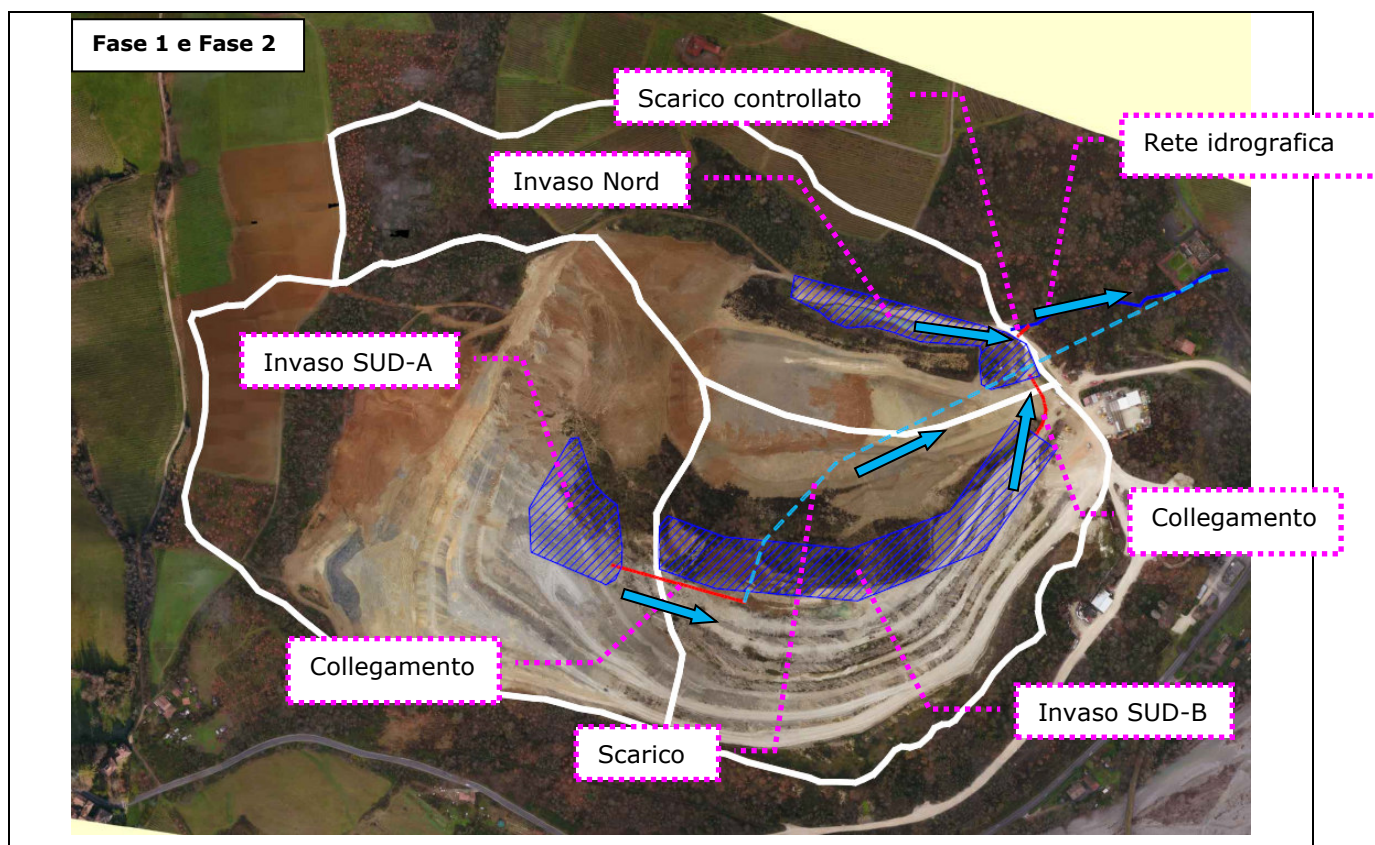
Il valore limite di portata uscente dall'area della miniera, compatibile con la capacità di convogliamento della rete idrografica e dei manufatti esistenti a valle, è fissato in $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$. Il controllo della portata uscente (ovvero scaricata verso valle) è ottenibile mediante la predisposizione di bacini di decantazione/laminazione dimensionati sulla base del volume d'acqua in ingresso e dotati di luci di scarico adeguate allo scopo.

Riprendendo quanto descritto al par. 4.3, lo schema di funzionamento del complesso delle opere rappresentato in Figura 4-15 prevede quanto segue:

- Le acque piovane che ruscellano sulle superfici dell'area Sud-A sono convogliate all'Invaso Sud-A. Una volta giunte all'invaso le acque vengono convogliate verso la rete idrografica naturale mediante un tubo posto a circa 4 m dal fondo (il bacino pertanto non si svuoterà completamente). Il bacino verrà dismesso nell'ambito della fase 3 di coltivazione.
- Le acque piovane che ruscellano sulle superfici dell'area Sud-B sono convogliate all'Invaso Sud-B. Una volta giunte all'invaso le acque vengono convogliate in modo controllato verso l'invaso NORD, fino al completo svuotamento dell'invaso. A partire dalla fase 3 di coltivazione il bacino riceverà anche le acque raccoltesi sulle superfici dell'area Sud-A.
- Le acque piovane che ruscellano sulle superfici dell'area Nord sono convogliate all'Invaso Nord, a cui si sommano quelle provenienti dallo scarico dell'invaso Sud-B. Da qui le acque vengono rilasciate in modo controllato verso la rete idrografica naturale di valle fino al completo svuotamento dell'invaso.

Il dimensionamento degli invasi prevede di impiegare precipitazioni con tr 200 anni. La durata di pioggia critica è pari a 6h (ovvero la durata di pioggia per cui si ha il valore più elevato di volume da invasare; il calcolo è stato effettuato per le durate di 1-3-6-12-24-36-48h).

La definizione del volume degli invasi e delle luci di scarico è stata effettuata mediante il metodo *level pool routing* descritto in CHOW (1988) che mette in relazione, sulla stessa scala temporale, l'andamento della portata entrante con il volume temporaneamente stoccato e con la portata uscente. Il dimensionamento viene effettuato considerando il vincolo rappresentato dal massimo valore di portata che può essere convogliato dagli attraversamenti posti a valle (valore massimo di portata scaricata verso valle pari a circa 1.6 mc/s). Il processo è iterativo (la variazione delle dimensioni delle luci di scarico, infatti, si riflette sul volume di invaso) e viene ripetuto fino a trovare la condizione in cui il vincolo in uscita viene rispettato.



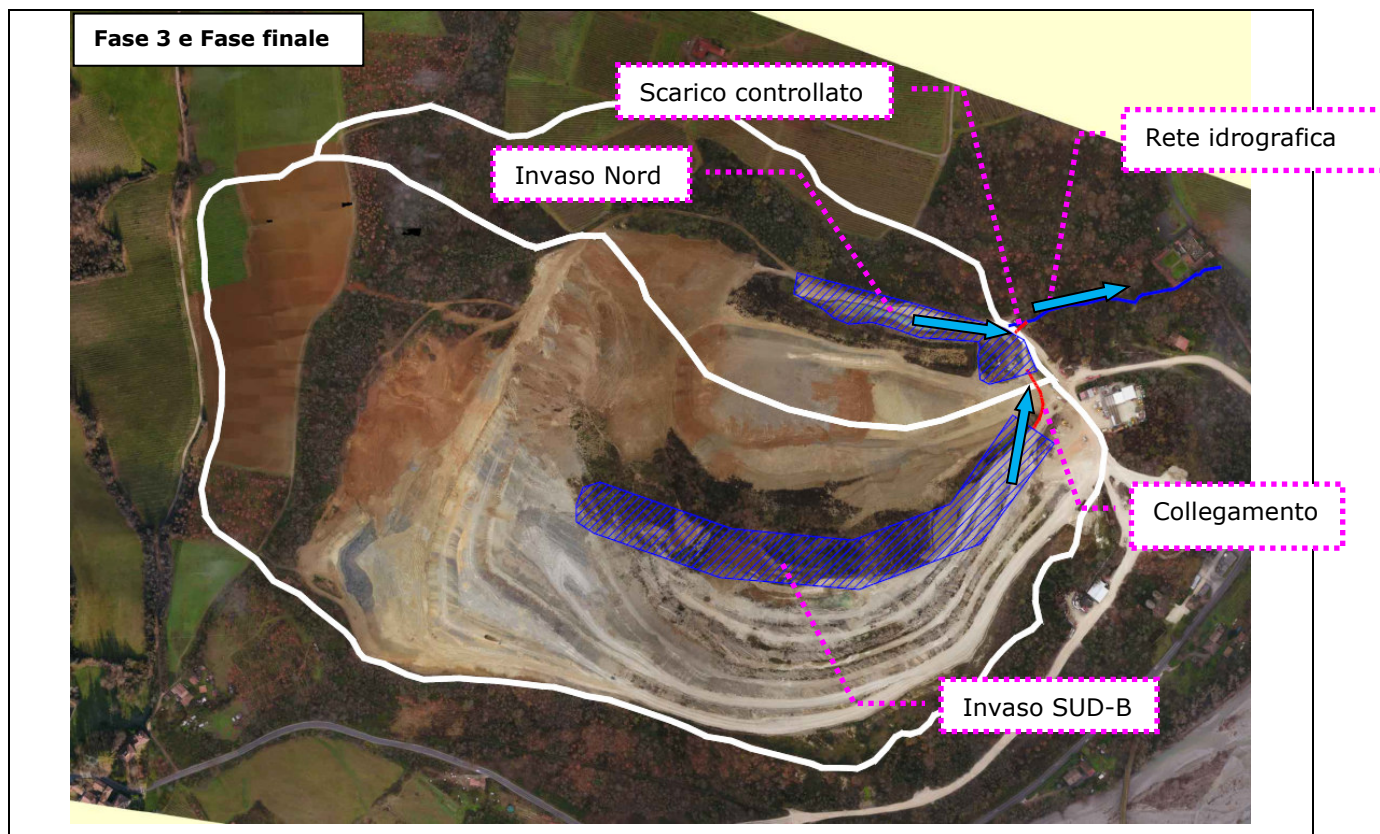


Figura 4-15. Sintesi dello schema di funzionamento del complesso delle opere.

4.5.1 INVASO SUD-A

Ai fini dei calcoli per il dimensionamento si fa riferimento alla fase 1 di coltivazione (che per l'invaso in parola risulta essere la condizione più severa).

L'invaso raccoglie le acque provenienti dalla superficie dell'area Sud-A:

Identificativo	Superficie	Tr 200 anni		
		Portata al colmo unitaria	Portata al colmo alla sezione di chiusura	Volume ruscellato complessivo
	[ha]	[m ³ /s x ha]	[m ³ /s]	[m ³]
FASE 1				
Area Sud-A	18.7	0.128	2.39	25 000

L'invaso ha le seguenti caratteristiche:

- 1) Il fondo dell'invaso è posto a quota 214.0 mentre il coronamento di superficie è posto a 230.0. Il rapporto quota - superficie - volume è sintetizzato nella tabella seguente (cautelativamente si conteggia solo il volume al di sopra della quota dello scarico):

INVASO SUD-A					
Profondità	Quota	Volume	Profondità	Quota	Volume
0	218	-	2	220	10 700
0.1	218.1	250	2.5	220.5	14 000

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

0.2	218.2	640	3	221	17 000
0.3	218.3	1 100	3.5	221.5	20 700
0.4	218.4	1 600	4	222	24 000
0.5	218.5	2 100	4.5	222.5	28 000
0.6	218.6	2 600	5	223	32 000
0.7	218.7	3 200	6	224	40 000
0.8	218.8	3 700	8	226	58 000
0.9	218.9	4 300	10	228	79 000
1	219	4 800	12	230	100 000
1.5	219.5	7 700			

- 2) Lo scarico è costituito da un tubo Ø 250 mm posto a 4 m dal fondo (a quota 218.0). Lo scarico viene calcolato come una bocca circolare sotto battente secondo la seguente formula:

$$Q = C \times A \times \sqrt{2gh_1}$$

in cui:

Q = portata uscente (m³/s);

C = coefficiente di efflusso pari a 0.6 (DE MARCHI, 1966);

A = Area della bocca;

h₁ = Carico (ovvero livello del pelo libero rispetto al piano passante per il baricentro della bocca).

Il funzionamento idraulico dello scarico è descritto nella tabella seguente:

Profondità (m)	Portata (m³/s)	Profondità (m)	Portata (m³/s)
0	0.0	1.8	0.169
0.05	0.008	1.9	0.174
0.1	0.029	2	0.179
0.15	0.058	2.1	0.183
0.2	0.084	2.2	0.188
0.25	0.086	2.3	0.192
0.3	0.055	2.4	0.197
0.4	0.068	2.5	0.201
0.5	0.080	2.6	0.205
0.6	0.090	2.7	0.209
0.7	0.099	2.8	0.213
0.8	0.107	2.9	0.217
0.9	0.115	3	0.221
1	0.122	3.1	0.225
1.1	0.129	3.2	0.229
1.2	0.135	3.3	0.232
1.3	0.141	3.4	0.236
1.4	0.147	3.5	0.240
1.5	0.153	4	0.257
1.6	0.158	4.5	0.273

1.7	0.164	5	0.288
-----	-------	---	-------

- 3) Il dimensionamento viene effettuato mediante il metodo *level pool routing* descritto in CHOW (1988) che mette in relazione, sulla stessa scala temporale, l'andamento della portata entrante con il volume temporaneamente stoccato e con la portata uscente (riferimenti in Figura 4-16). Lo sviluppo dei calcoli è integralmente riportato in APPENDICE - C. I risultati evidenziano quanto segue:

Identificativo	Tr 200 anni				
	Portata al colmo in ingresso	Volume in ingresso	Portata al colmo in uscita	Volume invasato	Altezza massima nell'invaso
	[m ³ /s]	[m ³]	[m ³ /s]	[m ³]	[m]
FASE 1					
Area Sud-A	2.39	25 000	0.244	21 000	221.5 (4+3.5 dal fondo)

- 4) Non si prevede di dotare l'invaso di uno scarico di superficie in quanto il volume disponibile per l'invaso (pari complessivamente a circa 100 000 m³) è decisamente superiore rispetto al volume atteso nelle condizioni di progetto (pari a circa 25 000 m³).

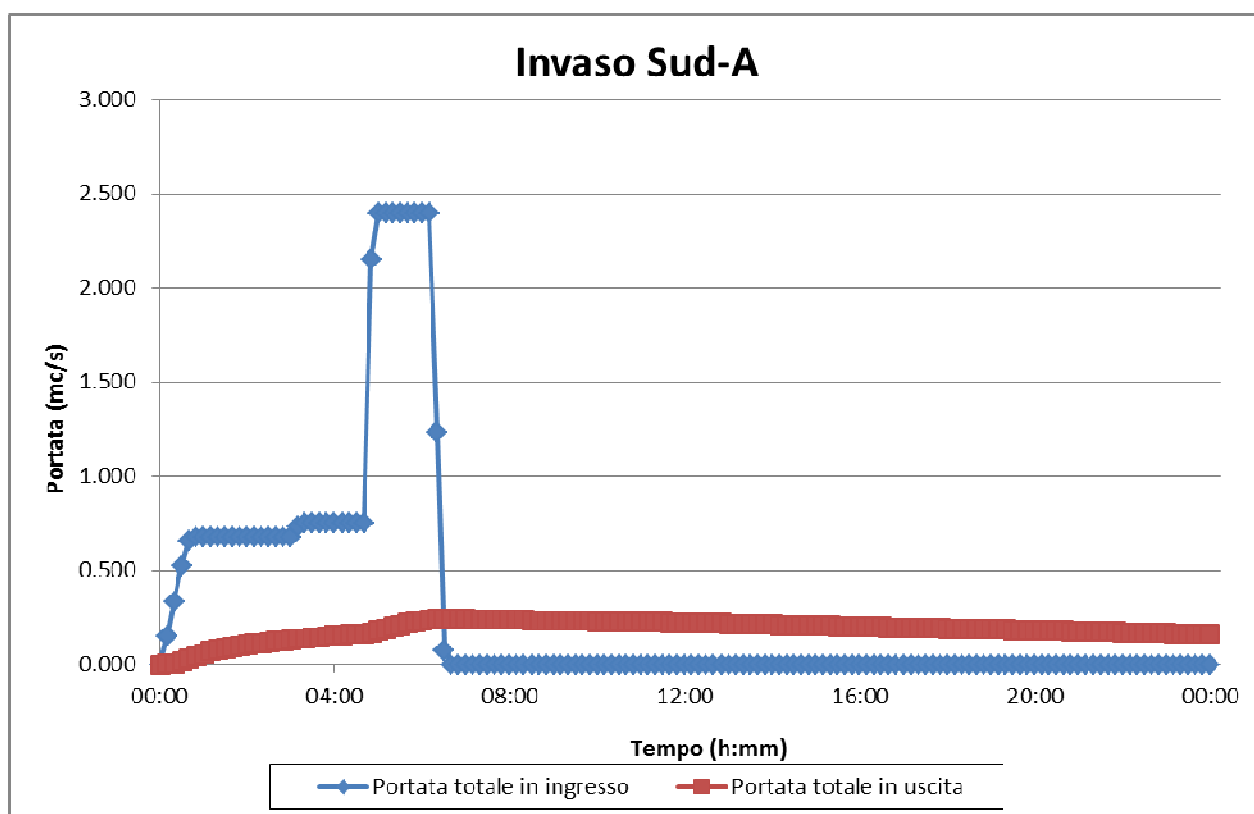


Figura 4-16. Idrogrammi in ingresso ed in uscita dall'invaso Sud-A (evento con Tr 200 anni).

- 5) Lo scarico è collegato al Ø 800 mm, attualmente in funzione, che conferisce le acque alla rete idrografica naturale in prossimità del cimitero posto in fregio alla Strada Statale. Il massimo valore di portata in uscita è pari a 0.244 m/s.
- 6) L'invoso verrà dismesso nell'ambito della fase 3 di coltivazione.
- 7) I valori calcolati sono cautelativi rispetto al criterio indicato nell'ambito della Direttiva dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli della Regione Emilia-Romagna (2003) secondo cui la misura del volume minimo di invaso è data dalla seguente relazione:

$$w = w^{\circ} \left(\frac{\emptyset}{\emptyset^{\circ}} \right)^{\left(\frac{1}{1-n} \right)} - 15 I - w^{\circ} P$$

in cui :

w = volume minimo di invaso (in m³/ha);

w° = volume unitario pari a 50 m³/ha;

\emptyset = coefficiente di deflusso post intervento;

\emptyset° = coefficiente di deflusso ante intervento;

n = esponente della curva climatica pari a 0.48;

I = quota di superficie oggetto di trasformazione (% dell'area che viene trasformata). Ai fini di cautela si impone che l'intera superficie sia trasformata ($I=1$).

P = quota di superficie inalterata. Ai fini di cautela si impone il valore $P=0$.

Il volume così ricavato, espresso in m³/ha, deve essere moltiplicato per l'area totale del bacino idrografico sotteso. Nel caso in esame i valori risultano pari a

$$w = 50 \left(\frac{0.3}{0.2} \right)^{\left(\frac{1}{1-0.48} \right)} - 15 \times 1 = 94 \text{ mc/ha}$$

I valori impiegati per il dimensionamento dell'invoso sono cautelativi rispetto a quelli risultanti dal metodo indicato (il criterio illustrato nella Direttiva prevede un valore di volume minimo da stoccare non inferiore a $w = 94 \text{ m}^3/\text{ha} \times 18.7 \text{ ha} = \text{circa } 1\,800 \text{ m}^3$ a fronte dei 21 000 m³ risultanti dai calcoli effettuati con modello afflussi-deflussi).

4.5.2 INVASO SUD-B

Ai fini dei calcoli per il dimensionamento si fa riferimento alla fase 3 di coltivazione (che per l'invoso in parola risulta essere la condizione più severa).

A partire dalla fase 3 di coltivazione l'invoso raccoglie le acque provenienti dalla superficie delle aree Sud-A e Sud-B:

Identificativo	Superficie	Tr 200 anni		
		Portata al colmo unitaria	Portata al colmo alla sezione di chiusura	Volume ruscellato complessivo
	[ha]	[m ³ /s x ha]	[m ³ /s]	[m ³]
FASE 3				
Area Sud (A+B)	34.1	0.121	4.13	36 000

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

L'invaso ha le seguenti caratteristiche:

- 1) Il fondo dell'invaso è posto a quota 228.0 mentre il coronamento è posto a 230.0. Il rapporto quota – superficie – volume è sintetizzato nella tabella seguente:

INVASO SUD-B		
Profondità	Quota	Volume
0	228	-
0.2	228.2	430
0.4	228.4	2100
0.6	228.6	5300
0.8	228.8	10000
1	229	15000
1.2	229.2	21000
1.4	229.4	26000
1.6	229.6	32000
1.8	229.8	38000
2	230	45000

- 2) Lo scarico è costituito da un tubo Ø 800 mm posto sul fondo (a quota 228.0). Lo scarico viene calcolato come una bocca circolare sotto battente secondo la formula richiamata a pag. 36. Il funzionamento idraulico dello scarico è descritto nella tabella seguente:

Profondità	Portata	Profondità	Portata	Profondità	Portata
(m)	(m ³ /s)	(m)	(m ³ /s)	(m)	(m ³ /s)
0	0.0	0.7	0.903	1.4	1.335
0.1	0.029	0.8	0.860	1.5	1.400
0.2	0.118	0.9	0.944	1.6	1.463
0.3	0.257	1	1.034	1.7	1.522
0.4	0.430	1.1	1.117	1.8	1.580
0.5	0.614	1.2	1.194	1.9	1.635
0.6	0.784	1.3	1.267	2	1.689

- 3) Il dimensionamento viene effettuato mediante il metodo *level pool routing* richiamato a pag. 37. Lo sviluppo dei calcoli è integralmente riportato in APPENDICE - D. I risultati evidenziano quanto segue (sintesi in Figura 4-17):

Identificativo	Tr 200 anni				
	Portata al colmo in ingresso	Volume in ingresso	Portata al colmo in uscita	Volume invasato	Altezza massima nell'invaso
	[m ³ /s]	[m ³]	[m ³ /s]	[m ³]	[m]
FASE 3					
Area Sud (A+B)	4.13	36 000	1.217	22 000	229.2 (1.2 dal fondo)

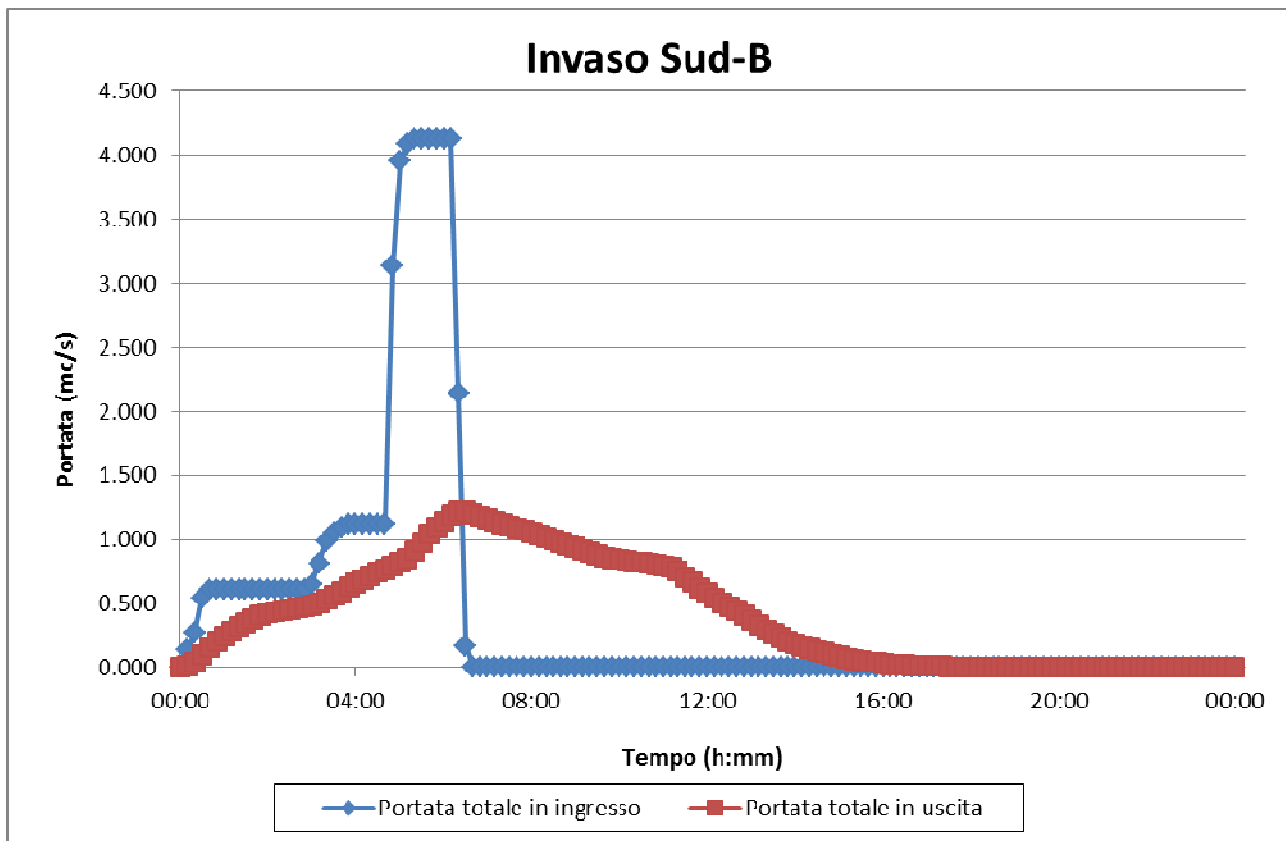


Figura 4-17. Idrogrammi in ingresso ed in uscita dall'invaso Sud-B (evento con Tr 200 anni).

- 4) Non si prevede di dotare l'invaso di uno scarico di superficie in quanto il volume disponibile per l'invaso (pari complessivamente a circa 45 000 m³) è superiore rispetto al volume atteso nelle condizioni di progetto (pari a circa 36 000 m³).
- 5) In fase di coltivazione lo scarico è collegato all'invaso Nord tramite un tubo Ø 800 mm mentre a seguito del completamento della fase di recupero ambientale e del successivo abbandono della miniera sarà costituito da un canale a cielo libero a sezione trapezia. Il massimo valore di portata in uscita è pari a 1.217 m³/s.
- 6) E' previsto che l'invaso venga mantenuto anche dopo il completamento della fase di recupero ambientale e del successivo abbandono della miniera.
- 7) I valori impiegati per il dimensionamento dell'invaso sono cautelativi rispetto a quelli risultanti dal metodo citato al par. 4.5.1 (il criterio illustrato nella Direttiva prevede un valore di volume minimo da stoccare non inferiore a $w = 94 \text{ m}^3/\text{ha} \times 34.1 \text{ ha} = \text{circa } 3200 \text{ m}^3$ a fronte dei 22 000 m³ risultanti dai calcoli effettuati con modello afflussi-deflussi).

4.5.3 INVASO NORD

Ai fini dei calcoli per il dimensionamento si fa riferimento alla fase 3 di coltivazione (che per l'invaso in parola risulta essere la condizione più severa).

L'invaso raccoglie le acque provenienti dalla superficie delle aree Nord oltre a quelle provenienti dallo scarico del bacino SUD-B:

Identificativo	Superficie	Tr 200 anni				
		Portata al colmo unitaria	Portata al colmo alla sezione di chiusura	Volume (da versante)	Volume (da invaso Sud-B)	Volume complessivo
	[ha]	[m ³ /s x ha]	[m ³ /s]	[m ³]	[m ³]	[m ³]
FASE 3						
Area Nord	11.4	0.119	1.36	11 000	36 000	47 000

L'invaso ha le seguenti caratteristiche:

- 1) Il fondo dell'invaso è posto a quota 225.5 mentre il coronamento è posto a 228.5. Il rapporto quota – superficie – volume è sintetizzato nella tabella seguente:

INVASO NORD		
Profondità	Quota	Volume
0	225.5	-
0.1	225.6	130
0.2	225.7	310
0.3	225.8	510
0.4	225.9	730
0.5	226	970
0.6	226.1	1220
1	226.5	2400
1.5	227	4400
2	227.5	7300
2.5	228	10500
3	228.5	11000

- 2) Lo scarico è costituito da uno scatolare 0.6 x 0.6 m posto sul fondo (a quota 225.5) collegato alla rete idrografica naturale. Lo scarico viene calcolato come una bocca circolare sotto battente secondo la formula richiamata a pag. 36. Il funzionamento idraulico dello scarico è descritto nella tabella seguente:

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

Profondità (m)	Portata (m ³ /s)	Profondità (m)	Portata (m ³ /s)
0	0.0	1.5	1.05
0.1	0.03	1.6	1.09
0.2	0.10	1.7	1.13
0.3	0.17	1.8	1.17
0.4	0.27	1.9	1.21
0.5	0.38	2	1.25
0.6	0.49	2.1	1.28
0.7	0.61	2.2	1.32
0.8	0.68	2.3	1.35
0.9	0.74	2.4	1.39
1	0.80	2.5	1.42
1.1	0.86	2.6	1.45
1.2	0.91	2.7	1.48
1.25	0.93	2.8	1.51
1.3	0.96	2.9	1.54
1.4	1.00	3	1.57

- 3) Il dimensionamento viene effettuato mediante il metodo *level pool routing* richiamato a pag. 37. Lo sviluppo dei calcoli è integralmente riportato in APPENDICE - E. I risultati evidenziano quanto segue (sintesi in Figura 4-18):

Identificativo	Tr 200 anni				
	Portata al colmo in ingresso	Volume in ingresso	Portata al colmo in uscita	Volume invasato	Altezza massima nell'invaso
	[m ³ /s]	[m ³]	[m ³ /s]	[m ³]	[m]
FASE 3					
Invaso Nord	2.538	47 000	1.359	9 000	227.8 (2.3 dal fondo)

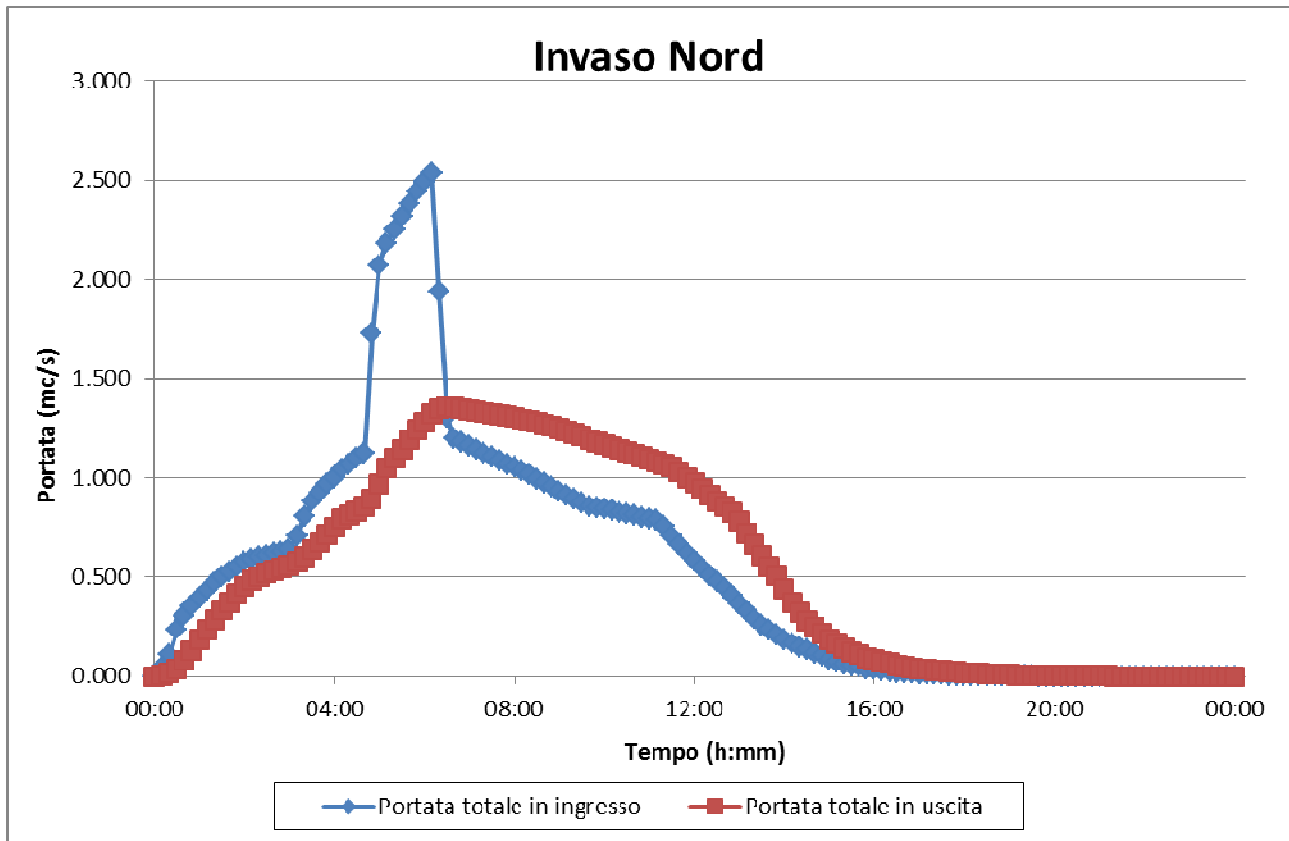


Figura 4-18. Idrogrammi in ingresso ed in uscita dall'invaso Sud-B (evento con Tr 200 anni).

- 4) Si prevede di dotare l'invaso di uno scarico di superficie costituito da uno sfioratore a soglia libera di forma trapezia ($b=3$, $h=0.4$, $B=11$), al fine di consentire il convogliamento controllato delle acque verso valle anche in caso di superamento del coronamento della struttura. Il comportamento idraulico dallo sfioratore in parola è assimilabile a quello di uno stramazzo del tipo "a larga soglia" governato dalla seguente equazione:

$$Q = C \times L \times h \times \sqrt{2g \times h}$$

in cui:

Q = portata transitabile;

C = coefficiente di deflusso (per il tipo a larga soglia è pari a 0.385);

L = sviluppo della soglia;

h = carico;

Il massimo valore di portata transitabile attraverso lo scarico di superficie è pari a circa $3 \text{ m}^3/\text{s}$ (a fronte di una portata al colmo in arrivo pari a $2.538 \text{ m}^3/\text{s}$).

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

- 5) Lo scarico di fondo è collegato alla rete idrografica naturale tramite uno scatolare 0.6 x 0.6 m posto sul fondo. Il massimo valore di portata in uscita è pari a 1.359 m³/s.
- 6) E' previsto che l'invaso venga mantenuto anche dopo il completamento della fase di recupero ambientale e del successivo abbandono della miniera.
- 7) I valori impiegati per il dimensionamento dell'invaso sono cautelativi rispetto a quelli risultanti dal metodo citato al par. 4.5.1 (il criterio illustrato nella Direttiva prevede un valore di volume minimo da stoccare non inferiore a $w = 94 \text{ m}^3/\text{ha} \times 11.4 \text{ ha} = \text{circa } 1100 \text{ m}^3$ a fronte dei 9 000 m³ risultanti dai calcoli effettuati con modello afflussi-deflussi).

In conclusione, stante lo schema di funzionamento del complesso delle opere descritte, i valori di portata al colmo con tr 200 anni rilasciati verso valle, nelle diverse fasi di coltivazione, risultano compatibili con la capacità di convogliamento della rete idrografica e dei manufatti esistenti a valle (valore calcolato in 1.6 m³/s) come mostrato nella successiva tabella:

	Scarico da invaso SUD-A (verso rete naturale)	Scarico da invaso NORD (verso rete naturale) (*)	Portata TOTALE indirizzata verso valle	Valore limite di portata che può rilasciata verso valle
	[tubo 250 mm]	[box 0.6x0.6]		
	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
FASE 1	0.244	1.253	1.497	1.6
FASE 2	0.231	1.244	1.475	
FASE 3	-	1.359	1.359	
FASE FINALE	-	1.278	1.278	
(*) L'invaso Nord riceve le acque scaricate dall'invaso Sud-B a cui è collegato				

4.6 La stabilizzazione dei gradoni in terra

In base alle prove geotecniche in possesso, le scarpate dei gradoni sommitali a 20° sono al limite del fattore di sicurezza e potrebbero risultare instabili se il valore di coesione si abbassasse in modo significativo. Per non avere tale riduzione si è prevista una serie di drenaggi in scarpata disposti secondo il criterio della sistemazione a girapoggio (antica sistemazione dei versanti per eliminare i ristagni in versanti argillosi).

Fissato come limite la distanza altimetrica tra un drenaggio e l'altro di 4-5 m, la distanza planimetrica dei drenaggi dipende dalla pendenza della scarpata (maggiore è la pendenza, minore sarà la distanza):

$5 \text{ m/pendenza del versante} = \text{distanza tra i dreni in metri}$. Pertanto $5/0.36 = 14 \text{ m}$ per versanti a 20° (la metodologia di calcolo per l'individuazione della distanza dei drenaggi è stata dedotta dal Testo "Le sistemazioni dei terreni di Alberto Oliva - Edizioni agricole - Bologna")

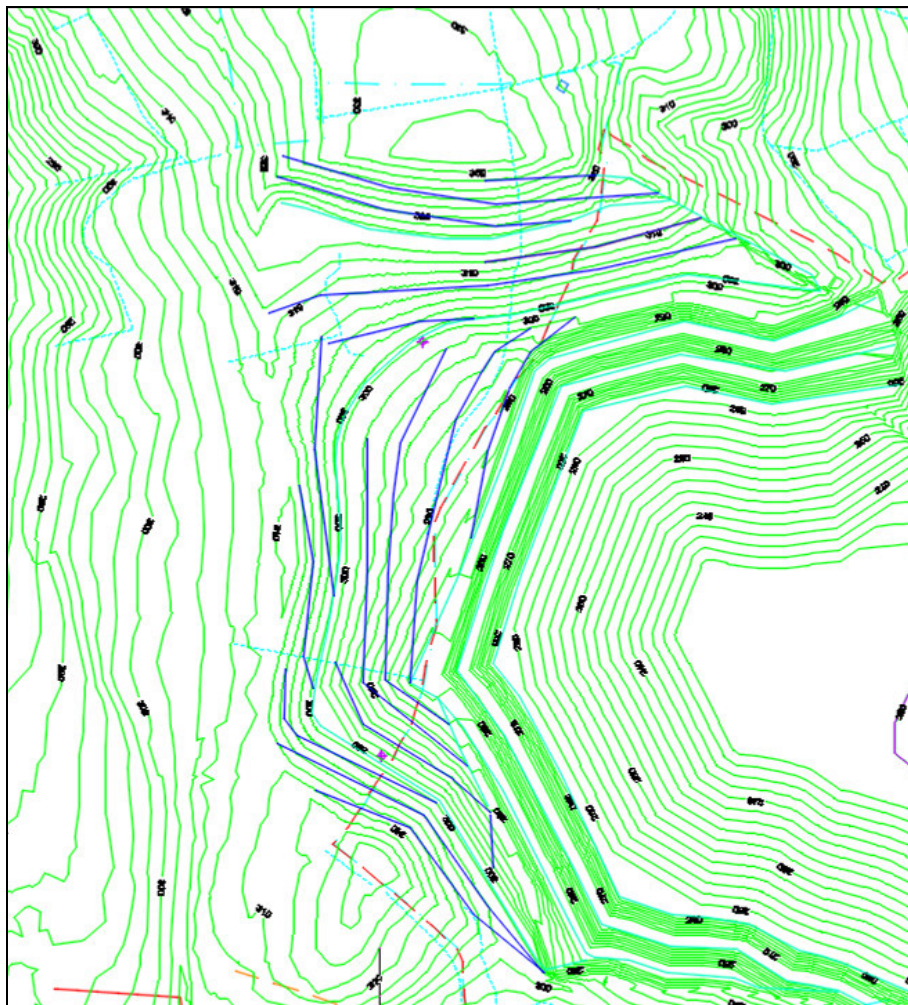
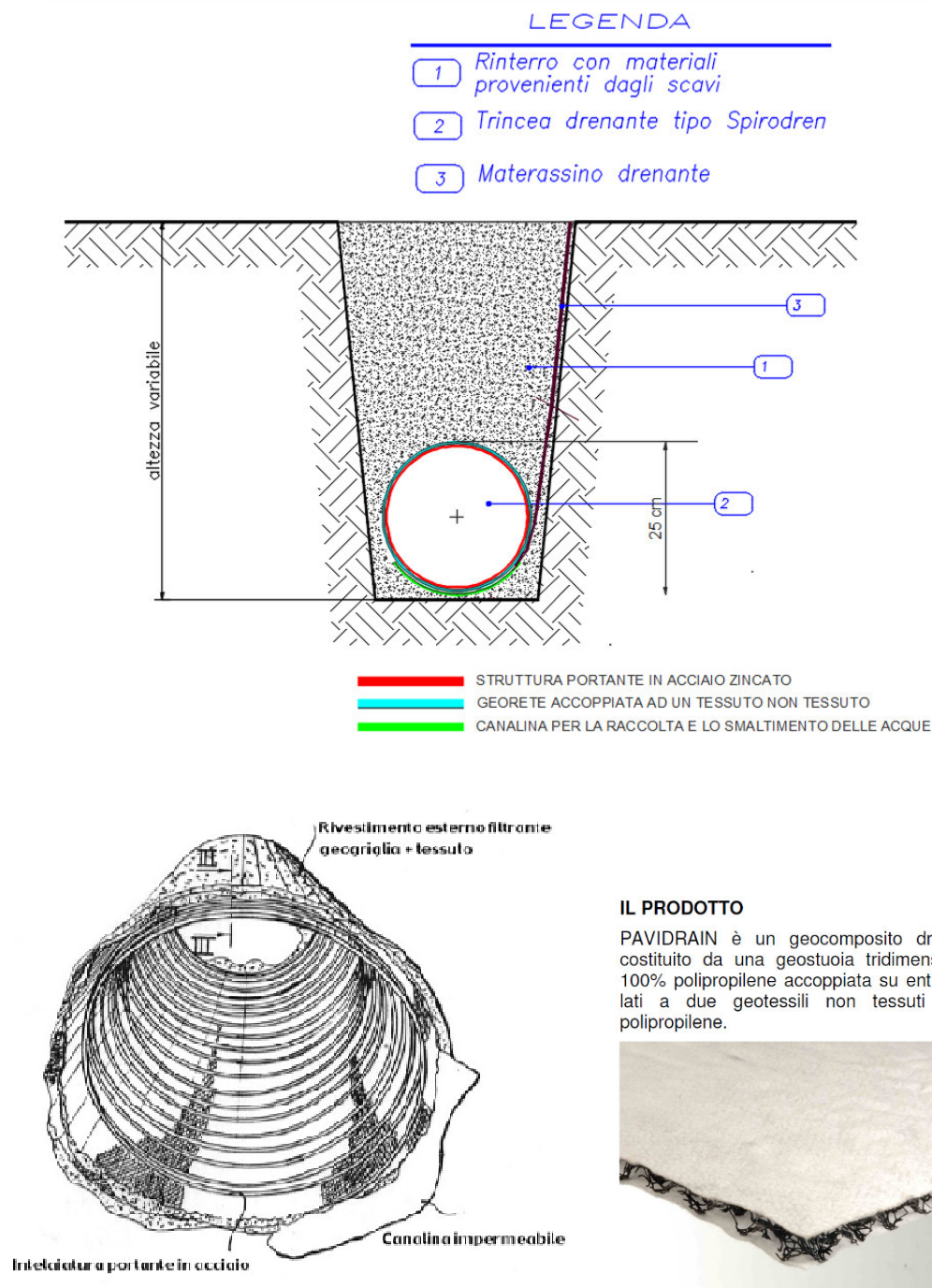


Figura 4-19. In blu le tracce del possibile andamento dei drenaggi.

I dreni saranno tubi tipo spirodren o drenaggi con caratteristiche simili di diametro 250 mm associati a pannelli drenanti tipo pavidrain di 8 mm posati a circa 1 m di profondità secondo il seguente schema:



IL PRODOTTO

PAVIDRAIN è un geocomposito drenante costituito da una geostuoia tridimensionale 100% polipropilene accoppiata su entrambi i lati a due geotessili non tessuti 100% polipropilene.



Figura 4-20. Schema di posa del drenaggio e dei materiali

I drenaggi così realizzati si svilupperanno fino alla pedata dei singoli gradoni dotata di canaletta impermeabile.

Tutte le scarpate saranno immediatamente idroseminate e piantumate con con specie forestali arboree e arbustive a densità fitta (1100 piante/ha) e disposte su linee sfalsate in modo tale da ottenere un efficace ricoprimento del suolo ed evitare ruscellamenti superficiali (si veda il progetto di recupero ambientale). Nei tratti a maggiore pendenza e secondo le direttive del Direttore dei lavori (Dottore forestale) potrà essere stesa una rete in juta/cocco (grammatura 250/400 g/m²) per aumentare la velocità di ricoprimento del cotico erboso e per arrestare più efficacemente la formazione di "rill" superficiali". La scelta di inserire tondame orizzontale davanti alle piantumazioni (disposizione a coordinata o a palizzata) è lasciata alla Direzione lavori e potrebbe aumentare l'efficacia della riforestazione nei tratti a maggiore pendenza o con qualità del terreno più scadente. A livello generale e con le informazioni a disposizione allo stato attuale, tale aggiunta, non si ritiene necessaria, ma a livello di pianificazione e realizzazione è di sicuro una tecnica che può essere applicata e risultare in certi settori efficace.

Quanto descritto è rivolto a ottenere un buon ricoprimento erbaceo e forestale evitando ristagni e ruscellamenti superficiali che andrebbero a minare la stabilità dei gradoni sommitali in terra nel cantiere di Albarola.

5 RIFERIMENTI

AA.VV. (1997): *Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione*, Centro Studi Deflussi Urbani, Hoepli.

ASCE, WEF (1992): *Design and Construction of Urban Stormwater Management System*, ASCE Manuals and Reports of Engineering Practice, n° 77, New York.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001-b): *Piano per l'Assetto Idrogeologico – 7- Norme di attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*, Parma.

AUTORITÀ DEI BACINI REGIONALI ROMAGNOLI – REGIONE EMILIA-ROMAGNA (2003): *Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano* allegata al Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico.

BRAS R.L. (1975): *Effect of urbanization on cathment response*, Journal of Hydraulics Division, Volume 101, (HY3).

CALOMINO F., VELTRI P. (1986): *Orientamenti attuali in idrologia urbana*, Editoriale BIOS.

CHOW V.T. (1959): *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill, New York.

CHOW V.T., MAIDMENT D., MAYS L.W. (1988): *Applied hydrology*, McGraw-Hill, New York.

DE MARCHI G. (1966): *Idraulica*, Hoepli, Milano.

FERRARI S. (1994): *Osservazioni empiriche per la costruzione di un nubifragio di progetto*, Idrotecnica, 2, 51-57.

HORTON R.E. (1940): *An approach toward a Physical Interpolation of Infiltration Capacity*, Soil Science Society of America, Proceedings, Volume 5.

HUBER W.C., DICKINSON R.E. (1988): *The USEPA SWMM4 Storm Water Management Model: Users Manual Version 4*, CHI Guelph, Ontario, Canada.

KEIFER E CHU (1957) "Syntetic storm pattern for drainage design", Proceedings of the Hydraulics Division, ASCE, vol 83, n° NY4.

MIGNOSA P., PAOLETTI A. (1986): *Urbis, un programma di idrologia urbana*, Istituto di idraulica, Politecnico di Milano.

REGIONE LOMBARDIA (2017): *Regolamento regionale 23 novembre 2017 – n.7. Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58bis della legge regionale 11 marzo 2005 n.12 (Legge per il governo del territorio)*. Regione Lombardia, Bollettino Ufficiale n. 48-2017.

ROESNER L., ALDRICH J.A., DICKINSON R.E. (1992): *Storm Water Management Model, users manual, version 4.31, Extran addendum*, U.S. Enviroment Protection Agency, Athens, G.A.

SPADA D. (2000): *Applicazione del codice SWMM allo studio del deflusso in frazione San Marzanotto (Asti)* -Tesi di laurea- Corso di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali- Università di Torino, (inedito).

APPENDICE - A. DESCRIZIONE DELLO SCHEMA DI CALCOLO ADOTTATO DAL MODELLO NUMERICO SWMM.

Le verifiche oggetto del presente studio sono state effettuate impiegando un modello afflussi-deflussi fisicamente basato: lo SWMM (Storm Water Management Model) distribuito da CHI di Guelph, Ontario, versione PCSWMM 2002.

Questo modello descrive le grandezze studiate, zona per zona, in funzione del tempo, ed è quindi rappresentabile con la notazione:

$$Q(t) = H | P(t), t |$$

con cui si indica che la sommatoria delle uscite $[Q(t)]$ è ottenibile conoscendo una serie di entrate $[P(t)]$ grazie ad una matrice di operatori caratterizzanti i vari sottobacini $[H]$, in funzione del tempo $[t]$.

In sostanza il bacino deve essere schematizzato in sottobacini e tronchi di trasporto, devono essere definiti i vari manufatti di controllo delle onde di piena, se esistenti, e, introdotti gli ietogrammi che possono essere differenti per ogni sottobacino, il modello calcola le portate nelle varie sezioni, tenendo conto delle possibili diverse situazioni idrauliche esistenti (laminazioni, scarichi di piena, sollevamenti), e dei diversi manufatti.

Tuttavia, anche utilizzando un modello fisicamente basato, risulta impossibile simulare in dettaglio tutti i processi idraulici ed idrologici che si sviluppano, pertanto si è comunque costretti a trascurare alcuni fenomeni (ad esempio l'effetto delle caditoie pluviali ostruite), a semplificarne altri (operando con un numero discreto di parametri distribuiti), e ad ignorarne altri ancora (come le proprietà dinamiche della pioggia) che però risultano, nel complesso, realmente trascurabili.

Lo schema logico impiegato dal modello è riportato nella Figura A 1.

In pratica, lo schema logico seguito dalle subroutine di calcolo può essere così descritto:

- viene individuato lo ietogramma d'ingresso sul bacino, o i diversi ietogrammi afferenti alle diverse parti del bacino (ingresso distribuito);
- il bacino viene suddiviso in sottobacini;
- ogni sottobacino viene schematizzato assimilandolo ad una falda piana scolante in un canale che ne percorre un lato (cunetta) il quale a sua volta termina in corrispondenza di una caditoia di ingresso nei condotti veri e propri;
- per ogni superficie scolante si considera una precipitazione uniforme nello spazio e si applicano le procedure di calcolo delle perdite per detenzione superficiale e di infiltrazione, per lo scorrimento superficiale, sulla superficie e lungo la cunetta, fino alla determinazione dell'idrogramma che perviene alla rete drenante;
- si calcola il moto vario nella rete drenante originato da tutte le immissioni considerate.

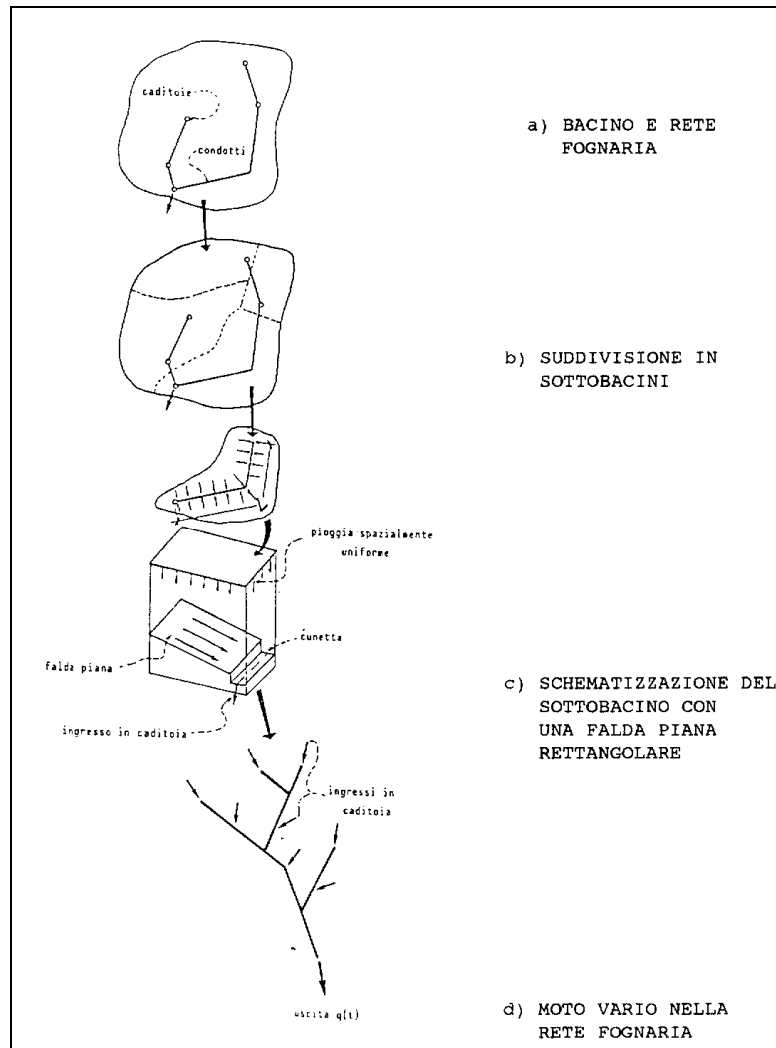


Figura A 1. Schematizzazione di un bacino così come operata nel modello SWMM (da PAOLETTI, 1986).

PROCEDURE DI CALCOLO

Il modello SWMM simula un reale evento di precipitazione sulla base di uno ietogramma di progetto, di altri input meteorologici e del sistema drenante, predicendo la quantità e la qualità delle uscite dal sistema. Il modello è concepito in modo tale da essere suddiviso in blocchi (block) aventi funzioni diverse:

- blocchi di servizio e controllo (service block): sono le parti del programma che assegnano le unità numeriche ai file che determinano la sequenza di esecuzione e l'esposizione dei risultati;
- blocchi di esecuzione (executive block): sono responsabili del collegamento, del coordinamento e dello svolgimento delle operazioni che il programma esegue;
- blocchi computazionali (computational block): sono le singole parti con cui interagisce l'utilizzatore per ottenere la simulazione desiderata.

Questi blocchi sono nominati: RUNOFF, per la simulazione del deflusso, TRANSPORT, per la simulazione del trasporto degli inquinanti, EXTENDED TRANSPORT (EXTRAN), per la simulazione della propagazione delle piene nelle fognature, STORAGE / TREATMENT, per la simulazione dello stoccaggio e della depurazione. Questi blocchi sono formati da una serie di linee di comando in cui occorre specificare i dati richiesti al fine di permettere al calcolatore di svolgere la parte computazionale. La concatenazione dei blocchi è rappresentata in

Figura A 2.

Nella serie di simulazioni effettuate vengono impiegate sostanzialmente due routines; una preposta alla quantificazione del deflusso (modulo RUNOFF) e l'altra alla sua propagazione nella rete (modulo EXTRAN).

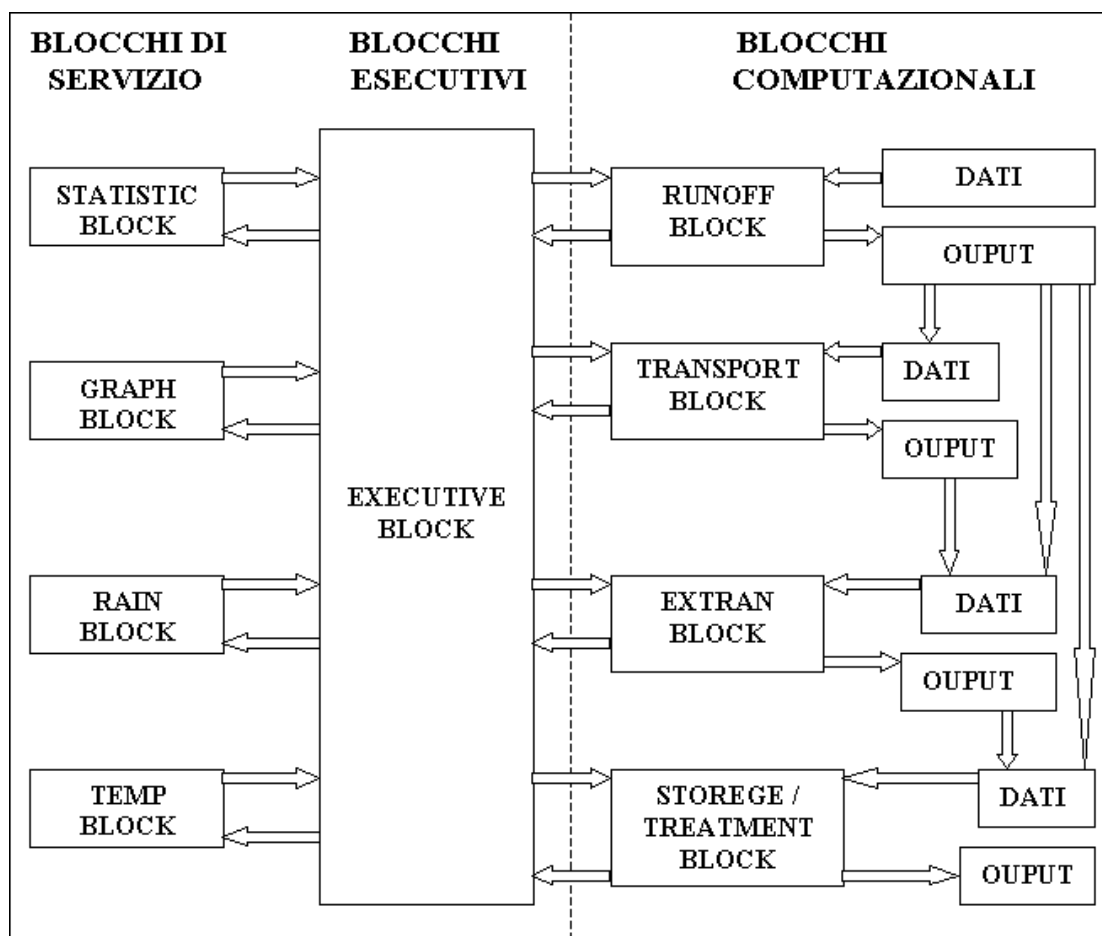


Figura A 2. Concatenazione logica dei blocchi computazionali costituenti lo SWMM.

MODULO RUNOFF

Il blocco Runoff è quello in grado di generare l'idrogramma superficiale basandosi su una serie di informazioni riguardanti sia le precipitazioni che il bacino (vedi Figura A 3). Ai fini della determinazione dell'idrogramma, ha grande importanza la quantificazione dell'entità e dell'andamento temporale delle "perdite idrologiche" che si verificano in un bacino durante la precipitazione. Le cause di sottrazione di volume sono: intercettazione, evapotraspirazione, formazione di un velo d'acqua sul terreno, detenzione nelle depressioni superficiali ed infiltrazione; mentre la prima viene trascurata, le seconde tre vengono valutate in modo sintetico sottraendo in blocco, all'inizio della precipitazione, un volume d'acqua stimato in base alle caratteristiche della superficie, mentre l'infiltrazione viene valutata più in dettaglio. Il modello consente due diversi tipi di approcci per determinare l'infiltrazione: un'equazione di tipo semi - teorico (Green Ampt) ed una di tipo semi - empirico (Horton).

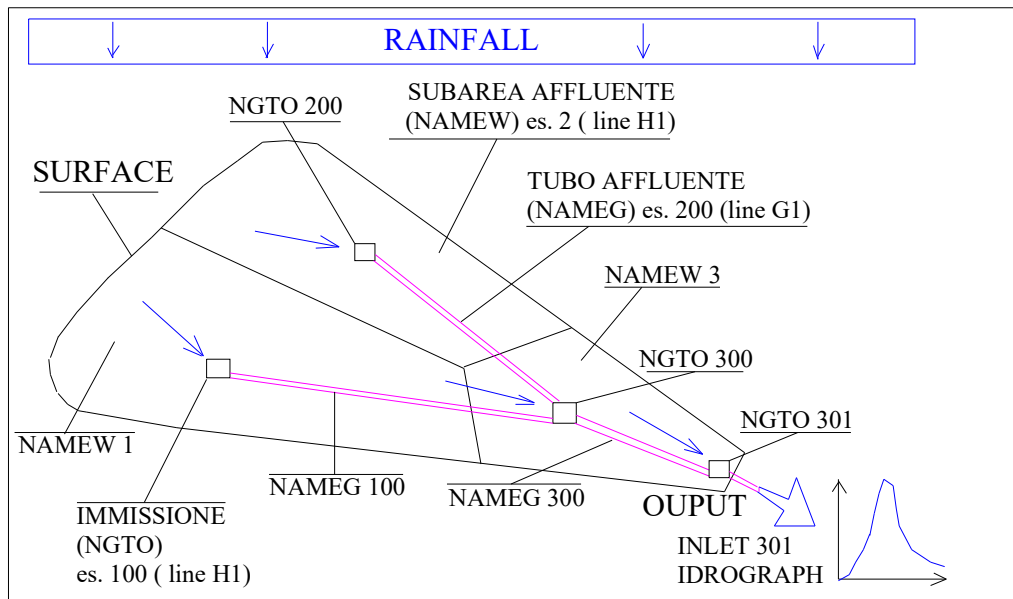


Figura A 3. Schema logico di funzionamento del blocco RUNOFF.

Si è scelto di operare considerando l'infiltrazione utilizzando l'approccio semi empirico proposto e sviluppato da HORTON, (1940) il quale teorizza che il contenuto idrico del suolo cambi nel tempo durante la precipitazione stessa, in modo proporzionale alla sua imbibizione, che può avvenire più o meno rapidamente.

Questo concetto è espresso dalla seguente notazione, che prende il nome di equazione di Horton:

$$f = f_c + (f_o - f_c) * e^{-k t}$$

in cui:

f = capacità d'infiltrazione del suolo (mm/h);

f_c = capacità d'infiltrazione asintotica o soglia minima d'infiltrazione (mm/h);

f_o = capacità d'infiltrazione iniziale (mm/h);

k = costante di decadimento (Decay) della curva d'infiltrazione (h⁻¹);

t = pouding time (tempo necessario alla formazione del velo d'acqua, espresso in h⁻¹).

I valori di f_o, f_c e k (vedi Figura A 4) esprimono rispettivamente: la capacità di penetrazione della pioggia nella superficie del suolo, la velocità di propagazione attraverso gli strati saturi del terreno e la velocità con cui quest'ultimo si va saturando, in relazione alla specifica tessitura. La velocità di saturazione del suolo può essere vista come percentuale di declino della capacità d'infiltrazione dopo un tempo prefissato. I valori di questi parametri sono strettamente legati allo specifico complesso suolo – copertura ed all'iniziale contenuto idrico.

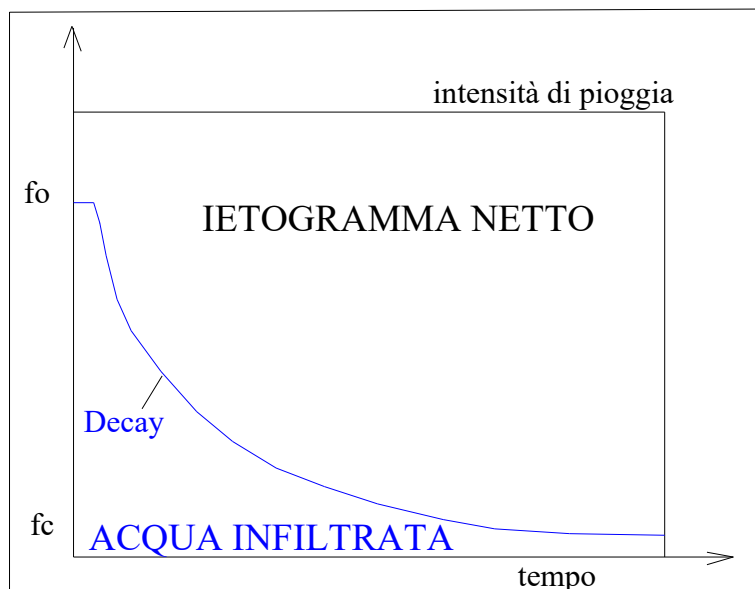


Figura A 4. Andamento della capacità d'infiltrazione dell'acqua nel suolo (HORTON, 1940) e ottenimento dello ietogramma netto.

I valori di questi parametri sono strettamente legati allo specifico complesso suolo – copertura ed all'iniziale contenuto idrico. Affinchè l'andamento sia effettivamente quello indicato, l'intensità di precipitazione deve essere in ogni istante superiore alla capacità d'infiltrazione. Nei casi in cui risulti invece inferiore, tutta la pioggia si infila ma la capacità d'infiltrazione non viene soddisfatta completamente e la curva deve essere traslata orizzontalmente. Per considerare tale fattore è necessaria una serie di equazioni (operatori) che valuti il recupero della capacità d'infiltrazione nelle parti permeabili del bacino (regeneration of infiltration capacity), come rappresentato in Figura A 5.

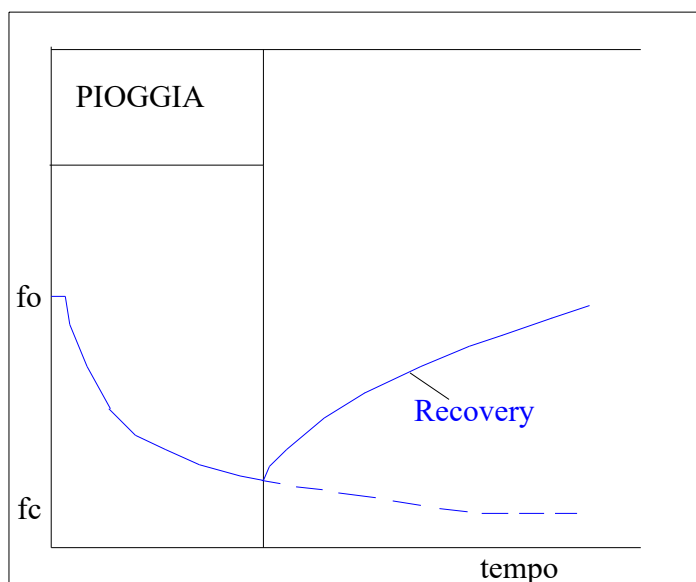


Figura A 5. Rigenerazione della capacità di infiltrazione dell'acqua nel suolo.

L'equazione impiegata è la seguente:

$$f = f_0 - (f_0 - f_c) * e^{-kd(t - tw)}$$

dove f_0 , f_c , f , sono gli stessi termini di prima, mentre:

kd = coefficiente di ricarica (Recovery, espressa in h^{-1});

t = tempo di pioggia (h^{-1});

tw = tempo di proiezione per la completa ricarica (h^{-1}).

MODULO EXTRAN

E' il modulo che computa la propagazione dell'onda di piena, il cui schema logico è riassunto in Figura A 6. Come già detto il modello ipotizza che il comportamento del bacino sia analogo a quello di una falda piana che versa, con distribuzione uniforme, in una cunetta. Lo scorrimento superficiale viene calcolato tramite le equazioni di De Saint Venant del moto vario monodimensionale, le quali consistono in un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali del primo ordine, che andrebbero integrate, di volta in volta, basandosi su assegnate condizioni del contorno.

Tali equazioni però non sono applicate in forma completa, in quanto ammettendo le seguenti semplificazioni:

scarsa influenza dei fenomeni inerziali;

modesti effetti di rigurgito provocati dalle cunette stradali e dalle caditoie;

frequente accorpamento delle singole superfici scolanti (tetti, strade, cortili) in un'unica falda "equivalente";

si giunge ad approssimare il problema alla più semplice condizione di moto uniforme, con l'applicazione dell'onda cinematica.

Questa è espressa come:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{\partial Y}{\partial X} \times (m+1) \times a \times Y^m = i - f$$

dove:

y = profondità della corrente;

i = intensità istantanea della pioggia;

f = intensità d'infiltrazione;

x = ascissa, crescente verso valle;

t = tempo;

a, m = coefficienti dipendenti dal tipo di formula di resistenza utilizzato;

La resistenza al moto invece viene studiata assegnando la scabrezza con la formula di Manning (di cui si dispone del maggior corredo di determinazioni sperimentali ed il cui risultato va inserito nella formula di Chezy per determinare la velocità dell'acqua), la cui struttura è:

$$\chi = \frac{1}{n} \times R^{\frac{1}{6}} \quad [m^{1/2} * s^{-1}]$$

in cui:

χ = coefficiente di Chezy;

R = raggio idraulico;

n = coefficiente di scabrezza.

La propagazione dell'onda di piena viene affrontata applicando le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto, espresse come:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2$$

e

$$\sum F = \rho Q (V_1 - V_2)$$

In cui : **Q** = portata, **V** = velocità, **A** = area, **ΣF** = impulso delle forze esterne, **ρ**=massa volumica.

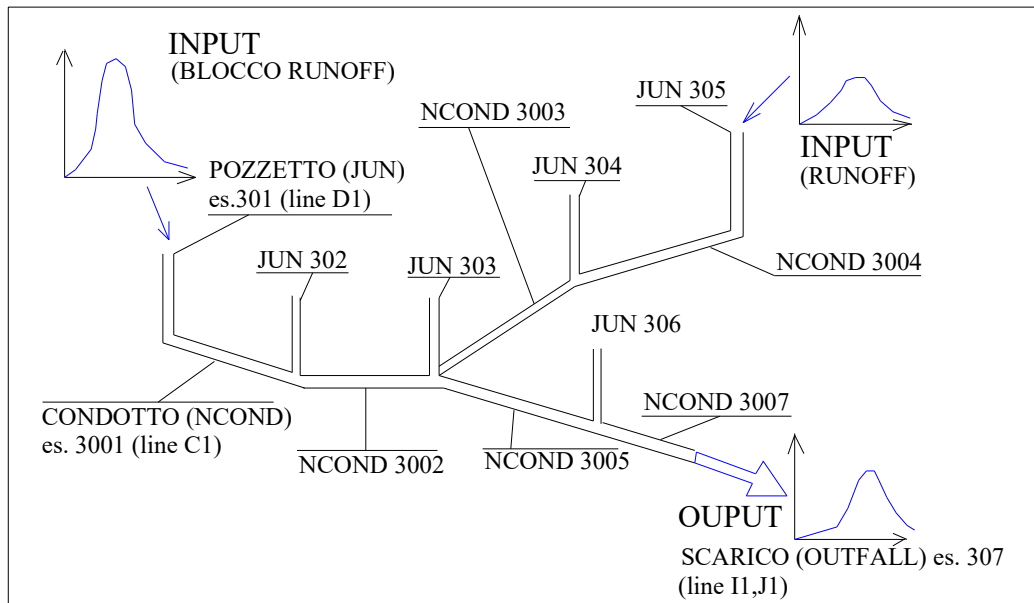


Figura A 6. Schema logico di funzionamento del blocco EXTRAN.

APPENDICE - B. MODELLAZIONE IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE (CODICE DI CALCOLO HEC-RAS).

La determinazione del profilo del pelo libero è stata effettuata mediante modellazione in moto permanente della portata di riferimento tramite il codice numerico HEC-RAS è stato messo a punto dalla Hydrologic Engineering Center (HEC) di Davies, California alla fine degli anni '60 con il nome HEC-2. Adattato all'ambiente Windows® nel 1996 con la nuova denominazione di HEC-RAS (River Analysis System) e dotato d'interfaccia GUI, il codice è attualmente disponibile nella release 4.1.3. Si tratta di un codice di calcolo diffuso a livello internazionale e ampiamente collaudato. Negli USA, in particolare, costituisce l'algoritmo di riferimento per la determinazione dei livelli idrici richiesto dalla FEMA nelle procedure connesse alla copertura assicurativa dei danni alluvionali.

Il codice di calcolo esegue la determinazione del profilo del pelo libero nelle condizioni di moto permanente monodimensionale. La versione 3.0 ha incluso l'analisi in moto vario e si prevede l'estensione all'analisi del trasporto solido su contorno mobile.

Il profilo del pelo libero è calcolato per ogni sezione trasversale risolvendo l'equazione dell'energia con una procedura iterativa denominata standard step method ampiamente descritta nei testi classici dell'idraulica delle correnti a pelo libero.

L'equazione dell'energia fra due sezioni trasversali (1) e (2), con la sezione 1 ubicata a valle della sezione 2, viene scritta nella forma classica, riferita all'unità di peso del liquido:

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

- y profondità della corrente nella sezione (m)
- z quota del fondo (m)
- V velocità media della corrente nella sezione (portata totale/area totale)
- α coefficiente di Coriolis che tiene conto della forma della sezione
- g accelerazione di gravità (9.81 m/s²)
- h_e perdita di energia (m)

Il significato geometrico dei simboli è illustrato nella Figura B- 1.

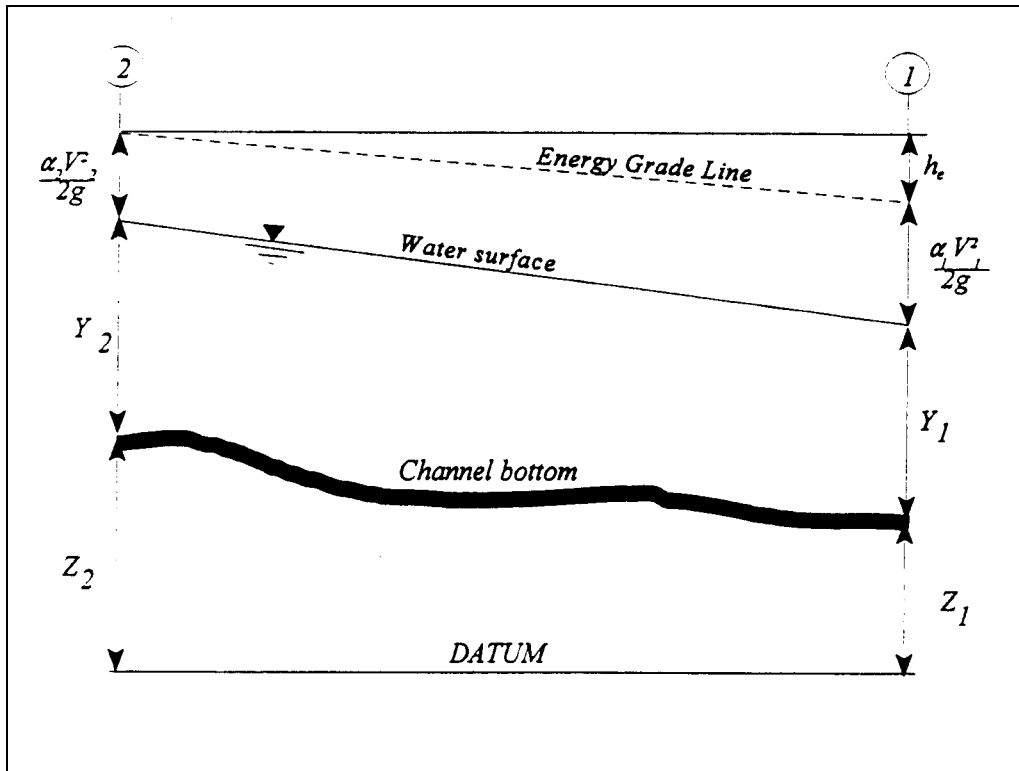


Figura B- 1. Rappresentazione dei termini dell'equazione dell'energia (da HEC, 1997)

La sezione trasversale del corso d'acqua viene rappresentata mediante ascissa e ordinata dei punti rilevati e schematizzata in tre settori rilevanti ai fini del convogliamento della portata: golena sinistra (indicata con pedice lob), canale principale (pedice ch), golena destra (pedice rob), ritenendo che in ciascuno dei tre settori la distribuzione di velocità sia uniforme (in caso contrario si procederà ad ulteriori suddivisioni, come riferito in seguito).

La perdita di energia tra due sezioni, espressa dal termine h_e , comprende le perdite dovute alla resistenza distribuita (in funzione della scabrezza) e le perdite localizzate per espansione o restringimento delle sezioni, secondo la relazione

$$h_e = L \cdot S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

essendo:

L lunghezza del tronco (in metri), ponderata in funzione della media delle portate defluenti nelle tre porzioni in cui può essere suddivisa ciascuna sezione, secondo quanto detto sopra. La relazione per la ponderazione citata è

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

dove i simboli L , con il proprio pedice, indicano le distanze dei rispettivi settori in cui è stata divisa ciascuna sezione e i simboli Q le portate defluenti in ciascuna porzione delle due sezioni (in m³/s);

S_f pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni;

C coefficiente di contrazione o di espansione.

Si osservi che per espansione o contrazione non si intende aumento o diminuzione dell'area bagnata tra la sezione di monte e quella di valle, ma diminuzione o aumento del termine cinetico tra monte e valle.

Tipici valori dei coefficienti di contrazione ed espansione sono desumibili dalla seguente Figura B- 1. Rappresentazione dei termini dell'equazione dell'energia (da HEC, 1997) Tabella B- 1. Coefficienti di contrazione ed espansione tra sezioni.(i valori standard sono evidenziati in corsivo)

La determinazione della capacità di convogliamento totale della sezione richiede che la sezione trasversale sia suddivisa in settori ove la corrente defluisca con velocità uniformemente distribuita. I settori sono individuati mediante linee di separazione verticali, come illustrato nella , in corrispondenza dei punti della sezione dove si pone la variazione di scabrezza in funzione delle caratteristiche della superficie.

Tabella B- 1. Coefficienti di contrazione ed espansione tra sezioni.

	Contrazione	Espansione
Nessuna variazione	0.0	0.0
Variazione graduale	0.1	0.3
Tipica situazione in corrispondenza di un ponte	0.3	0.5
Brusca variazione	0.6	0.8

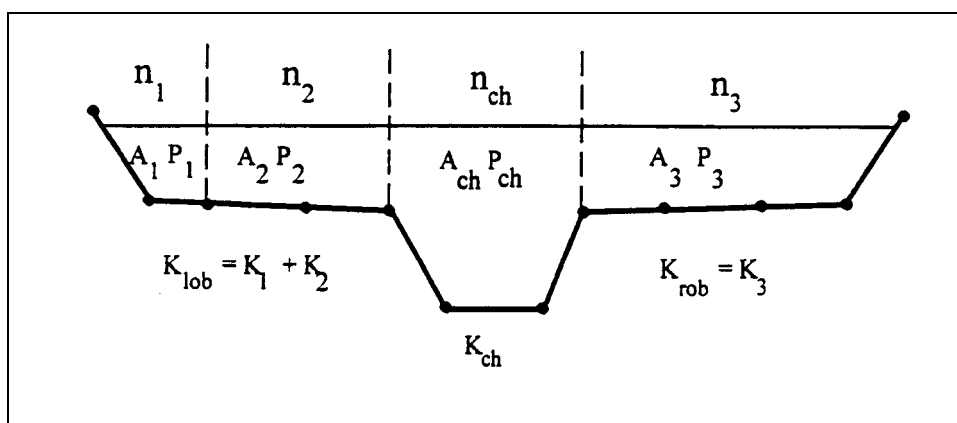


Figura B- 2. Suddivisione di una sezione trasversale in settori con scabrezza uniforme (da HEC, 1997)

La portata in ciascun settore è calcolata dalla formula

$$Q = K S_f^{0.5} \text{ m}^3/\text{s}$$

secondo la scrittura tradizionale nella letteratura idraulica anglosassone per cui:

- K capacità di convogliamento di ciascun settore (m^3/s)
- n coefficiente di scabrezza ($\text{m}^{-1/3} \text{ s}$) secondo Manning
- A area bagnata del settore di area (m^2)
- R raggio idraulico del settore (m)

Il programma provvede a sommare le portate parziali per ciascun settore e determina la portata dell'area golenale sinistra e destra di ciascuna sezione. La portata totale della sezione è data dalla somma di queste due portate e della portata relativa al canale principale, di norma considerato come unico settore. Qualora si desideri prendere in esame eventuali differenze di scabrezza nel canale principale, il programma ne deriva la scabrezza equivalente quale unico valore, se la pendenza delle scarpate è maggiore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale) con la formula

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1/5})}{P} \right]^{2/3}$$

con:

nc coefficiente di scabrezza equivalente
P contorno bagnato dell'intero canale principale
Pi contorno bagnato della i-esima suddivisione
ni scabrezza della i-esima suddivisione

In caso contrario, ossia pendenza delle scarpate minore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale), l'alveo principale viene trattato come un'area suddivisa in diversi settori analogamente a quanto avviene per le golene.

Con tali premesse, in caso di variazione della scabrezza nella sezione, viene calcolato il coefficiente di Coriolis secondo la formula generale:

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2}{Q \bar{V}^2}$$

che può essere espressa in termini delle capacità di convogliamento di ciascuno dei tre settori della sezione. la relazione allora diventa

$$\alpha = \frac{(A_{tot})^2 \left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_{tot})^3}$$

con il significato dei simboli precisato sopra.

Infine, la pendenza della linea dell'energia media fra due sezioni viene determinata nel codice di calcolo, salvo diversa richiesta, con la relazione

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

essendo le due sezioni indicate con il relativo pedice numerico.

Modello numerico

Il modello numerico deriva da un rilievo a terra mediante GPS topografico e rilievo dei manufatti tramite triplometro con restituzione a sezioni.

Il modello individua lo stato attuale rilevato nei primi mesi del 2020.

Scabrezza

Le condizioni di scabrezza sono state fissate con riferimento ai valori n di Manning. I valori assegnati sono rispettivamente pari a:

- n = 0.027 m^{-1/3 s} per alveo in terra con vegetazione bassa o terra nuda;
- n = 0.035 m^{-1/3 s} per sponde con vegetazione densa erbacea;
- n = 0.02 m^{-1/3 s} per m con manufatti in mattoni o tomboni in cemento di ridotte dimensioni;
- n = 0.013 m^{-1/3 s} tubazioni in metallo o calcestruzzo liscio

I valori indicati sono congruenti a quanto descritto nel testo di CHOW (1973)

Condizioni al contorno

Il motore di calcolo è stato impostato in corrente mista, condizione in cui la corrente si svolge sia al di sopra che al di sotto dell'altezza critica. Le pendenze fissate rispettivamente nella prima sezione di monte sono pari a 0.02 mentre quella di valle è pari a 0.04.

Risultati

La realizzazione del modello idraulico ha permesso di individuare tramite un processo di *back analysis* la massima capacità di convogliamento della rete e dei manufatti idraulici a valle dell'immissione della rete naturale dove confluiscono anche le acque della miniera. Rete naturale, che si ricorda è ampiamente compatibile con le acque di deflusso generate dal bacino della miniera. Il manufatto di riferimento ritenuto critico è il bypass del canale irriguo collocato a valle dell'attraversamento stradale della ex SS 654 – Sezione 32 del modello (Figura 4-3) costituito da una tubazione di diametro 0.8 m suddivisa in due tronchi intubati e due pozzettoni in calcestruzzo, confluenti in un canale di scolo che conduce al Nure. La massima capacità di convogliamento del manufatto idraulico senza interessare il canale irriguo sottostante è stata individuata in 1.66 m³/s. Tale portata, pertanto, risulta cautelativa.

Tabella B- 2. Risultati del modello idraulico

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Albarola	173.5	Livello ton	1.66	202.32	202.84	203	203.36	0.020024	3.4	0.61	1.53	1.5
Albarola	153.5	Livello ton	1.66	202	202.52	202.66	202.97	0.017463	3.17	0.66	1.66	1.4
Albarola	133.5	Livello ton	1.66	201.52	202.01	202.18	202.56	0.023807	3.54	0.6	1.67	1.62
Albarola	113.5	Livello ton	1.66	201.04	201.49	201.67	202.05	0.025979	3.52	0.58	1.68	1.67
Albarola	93.5	Livello ton	1.66	200.64	201.09	201.23	201.55	0.021308	3.19	0.64	1.81	1.51
Albarola	83	Livello ton	1.66	200.26	200.72	200.84	201.13	0.018862	3.03	0.68	1.96	1.43
Albarola	76	Livello ton	1.66	199.6	200.89	200	200.91	0.000337	0.52	3.19	2.88	0.16
Albarola	62.5	Bridge										
Albarola	62	Livello ton	1.66	199.39	200.88		200.9	0.000261	0.57	2.92	1.96	0.15
Albarola	61.9	Livello ton	1.66	199.39	200.88	199.81	200.9	0.000261	0.57	2.92	1.96	0.15
Albarola	58	Bridge										
Albarola	51	Livello ton	1.66	199.24	200.45		200.48	0.000563	0.76	2.17	1.8	0.22
Albarola	49	Livello ton	1.66	199.22	200.45		200.48	0.000307	0.72	2.97	3.4	0.21
Albarola	41	Livello ton	1.66	199.16	200.46	199.64	200.47	0.000186	0.59	3.93	4.56	0.17
Albarola	32	Livello ton	1.66	199.04	200.44	199.72	200.47	0.000404	0.92	3.28	4.9	0.25
Albarola	31	Culvert										
Albarola	22	Livello ton	1.66	198.37	199.66		199.72	0.001096	1.07	1.55	1.2	0.3
Albarola	21.4	Lat Struct										
Albarola	21.39	Lat Struct										
Albarola	20.8	Livello ton	1.66	198.37	199.66	198.95	199.72	0.001099	1.07	1.54	1.2	0.3
Albarola	15	Culvert										
Albarola	14.8	Livello ton	1.66	197.01	198.97		199.01	0.000704	0.85	1.96	1	0.19
Albarola	13.3	Livello ton	1.66	197.01	198.97	197.67	199.01	0.000714	0.85	1.96	1	0.19
Albarola	13.1	Culvert										
Albarola	13	Livello ton	1.66	196.97	197.55	197.62	197.97	0.013708	2.87	0.58	1	1.2
Albarola	12	Livello ton	1.66	196.45	196.73	197	197.87	0.098127	5.01	0.4	1.79	3
Albarola	0	Livello ton	1.66	195.97	196.33	196.52	196.98	0.042846	3.85	0.53	1.99	2.06

River Sta: riferimento della sezione del modello

Q total: portata di riferimento

W.S. Elev: quota del pelo libero della corrente

Vel Chnl: Velocità nell'alveo

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

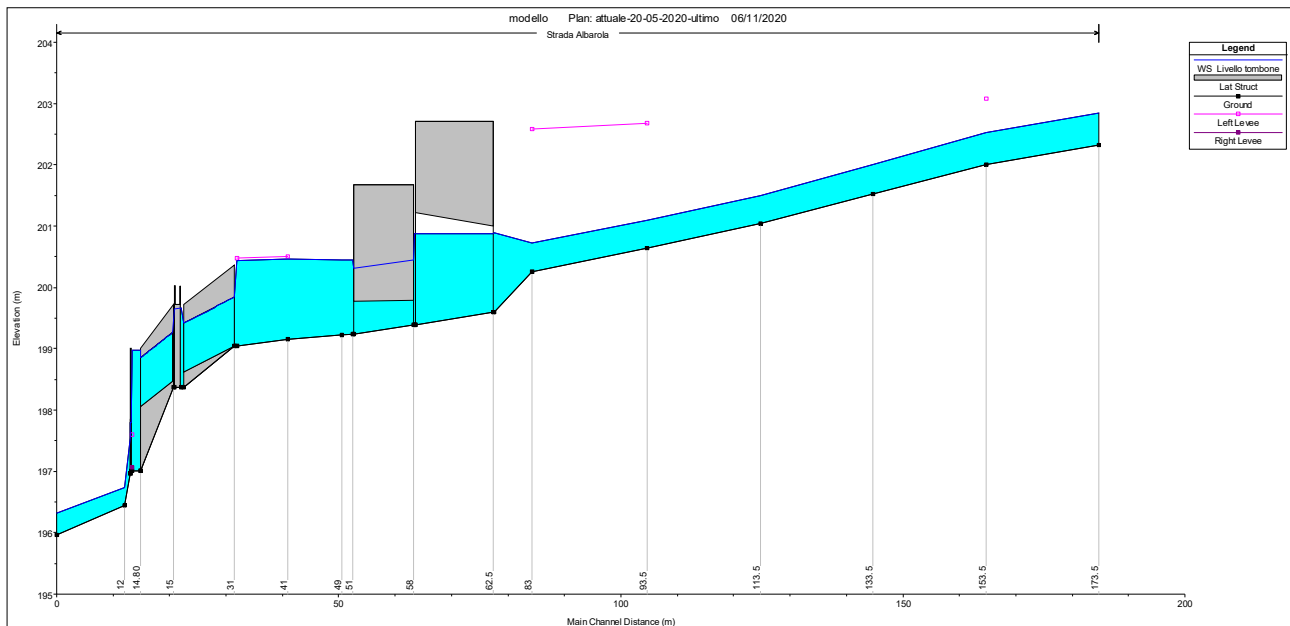
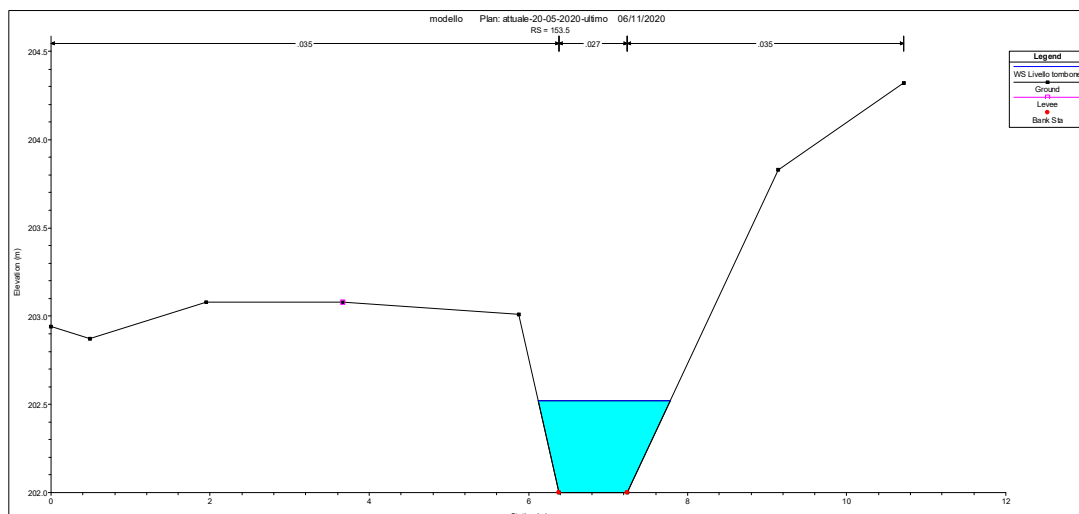
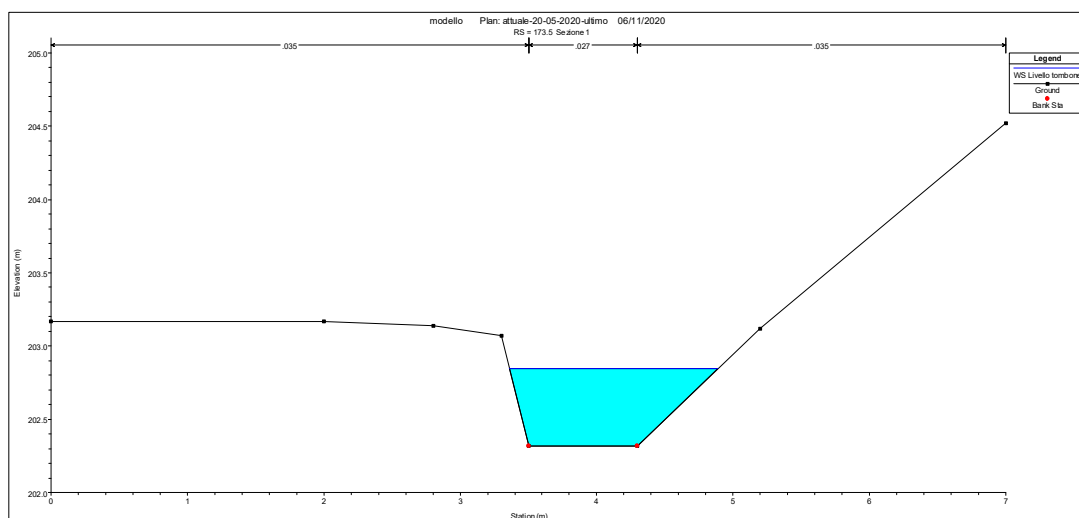
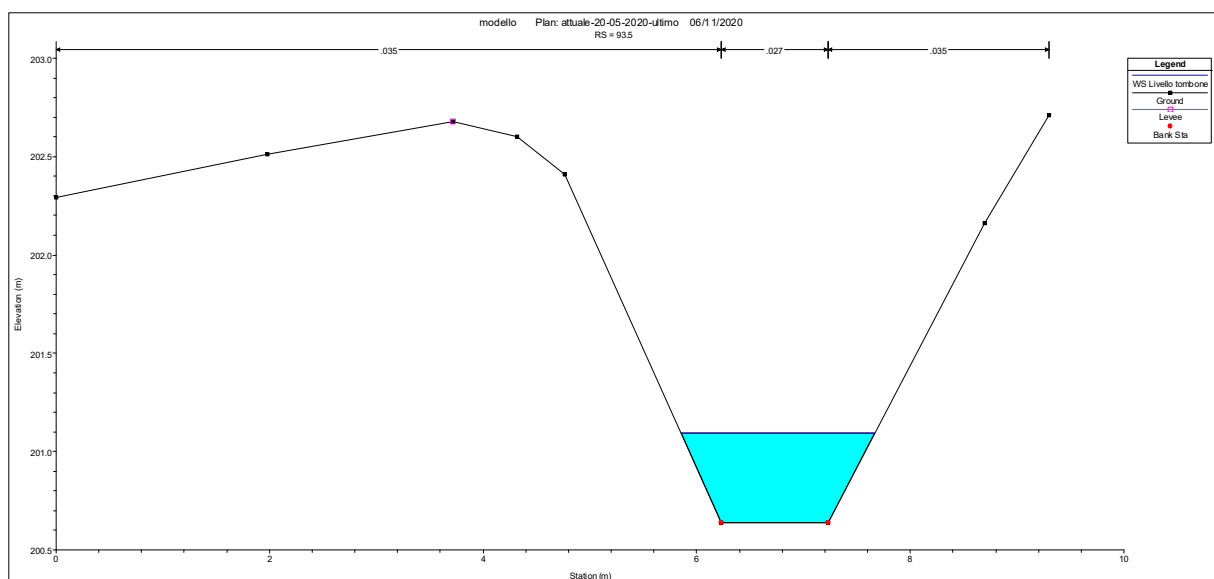
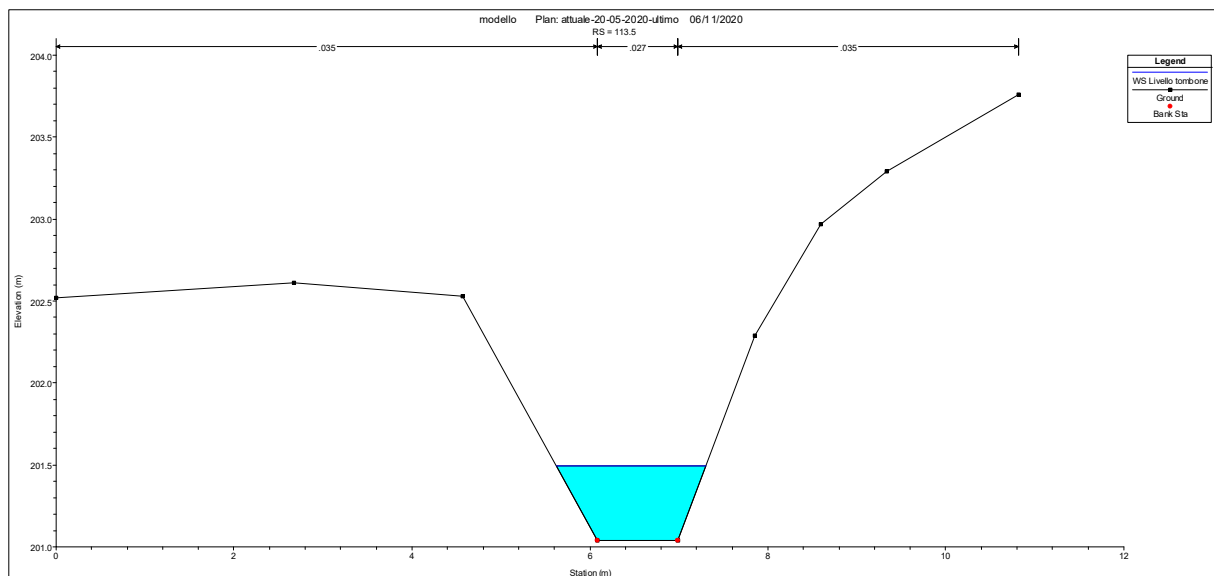
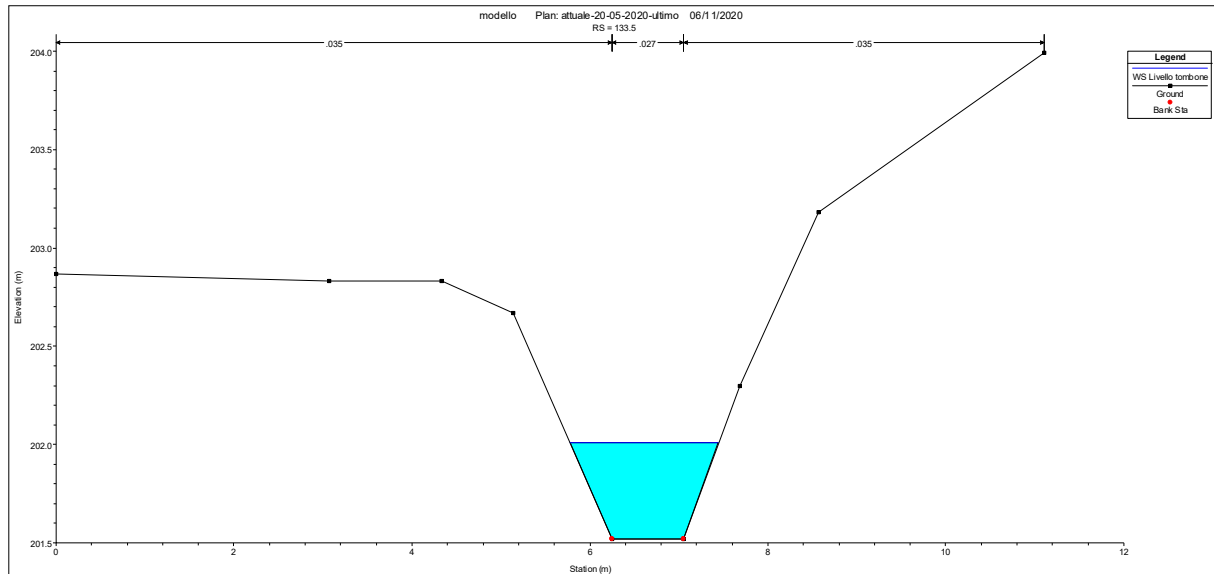


Figura B- 3. Profilo del modello idraulico

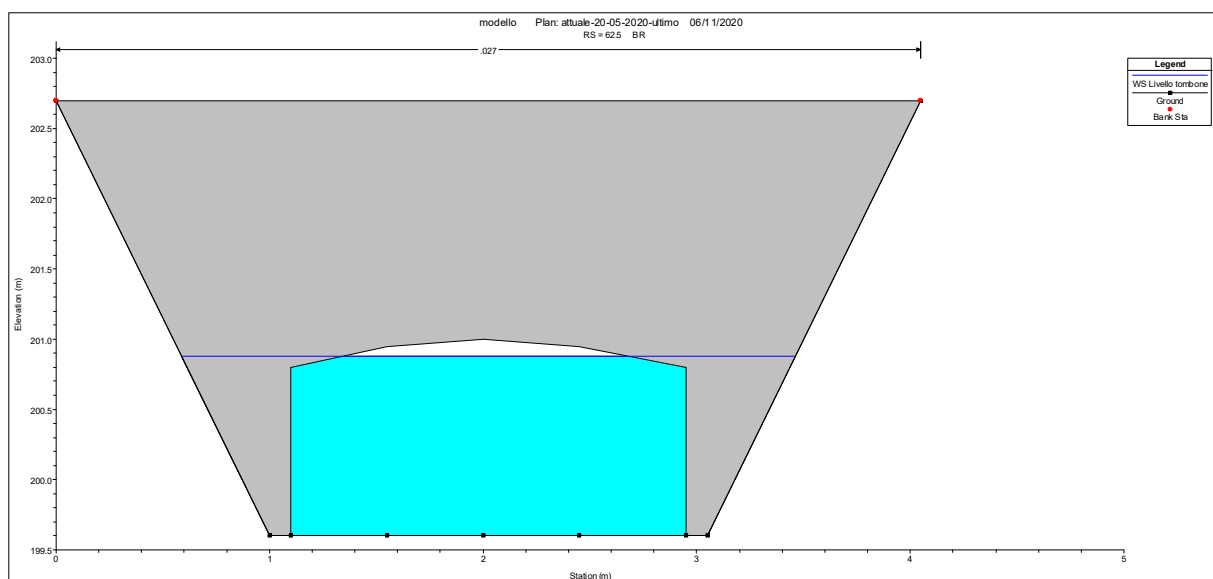
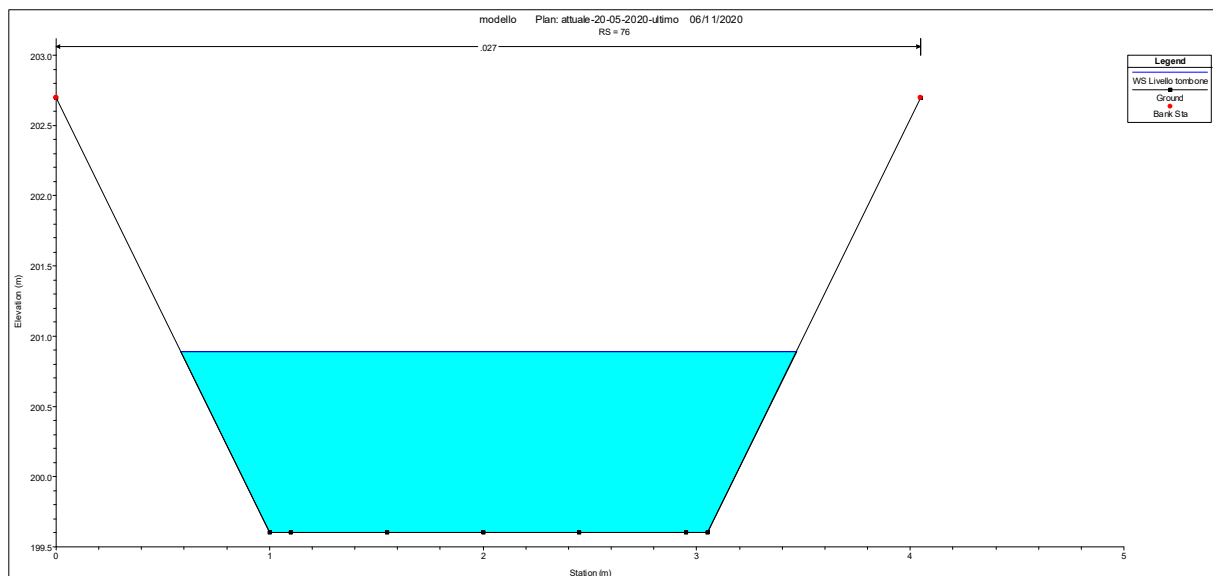
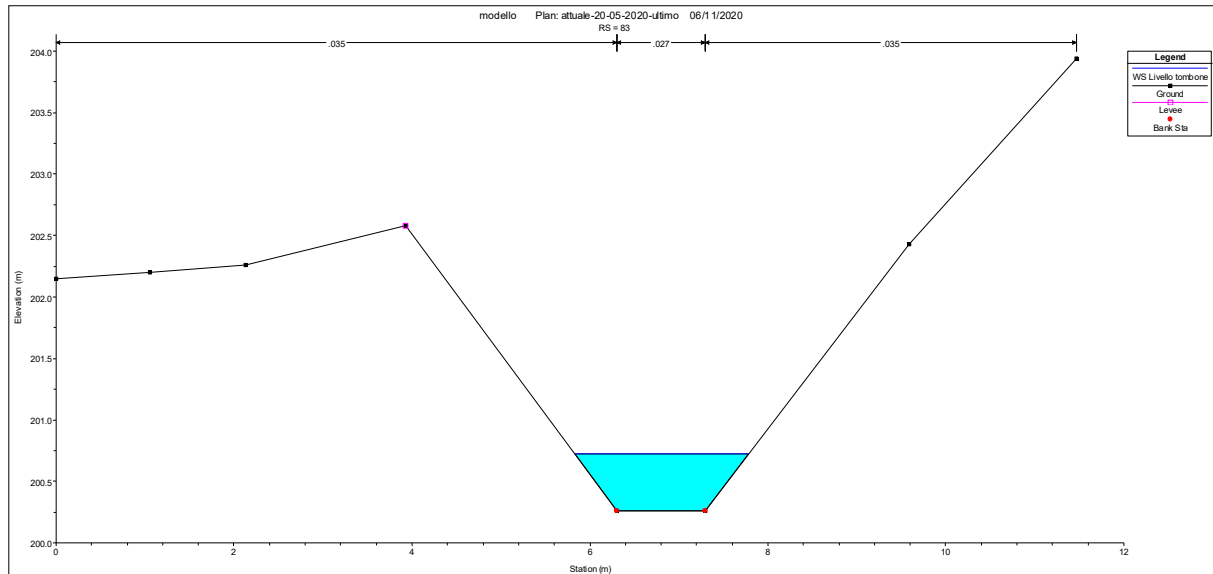
Di seguito le sezioni del modello



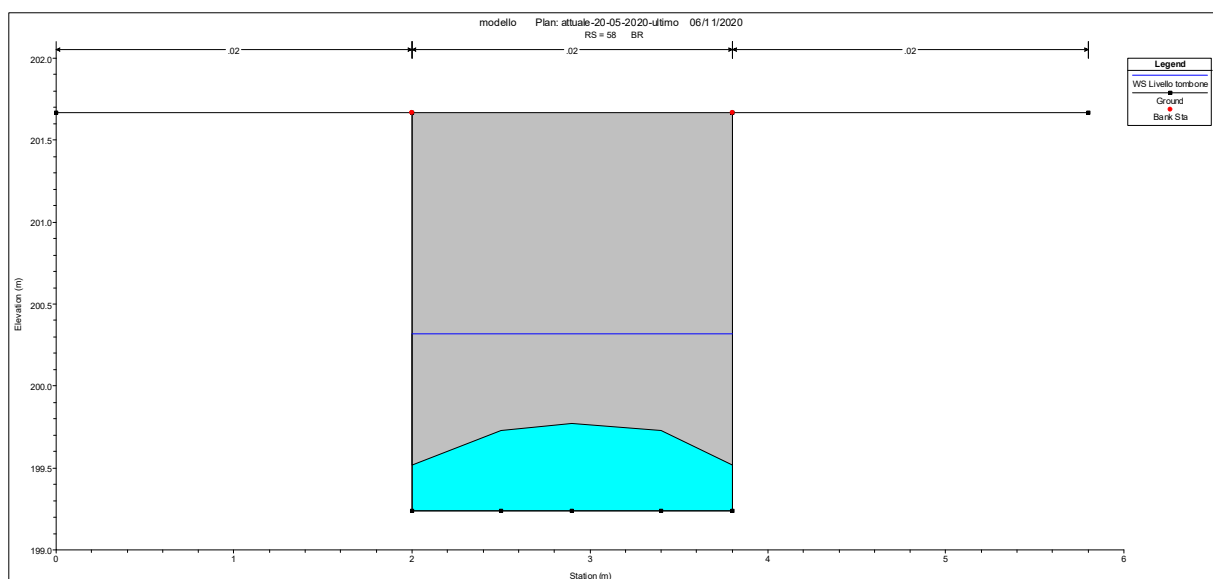
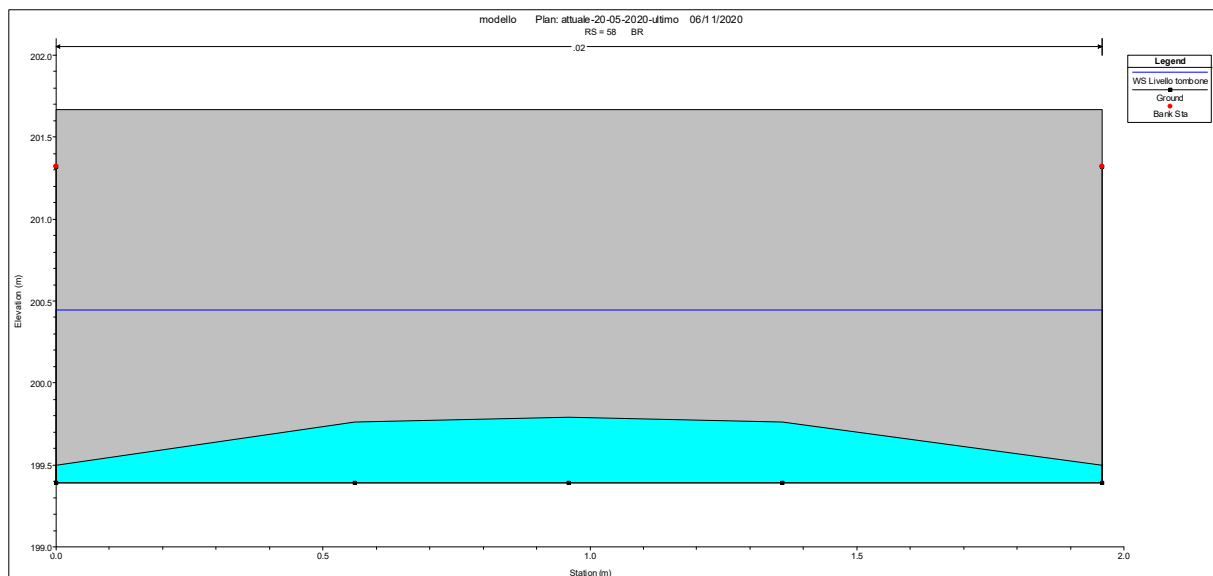
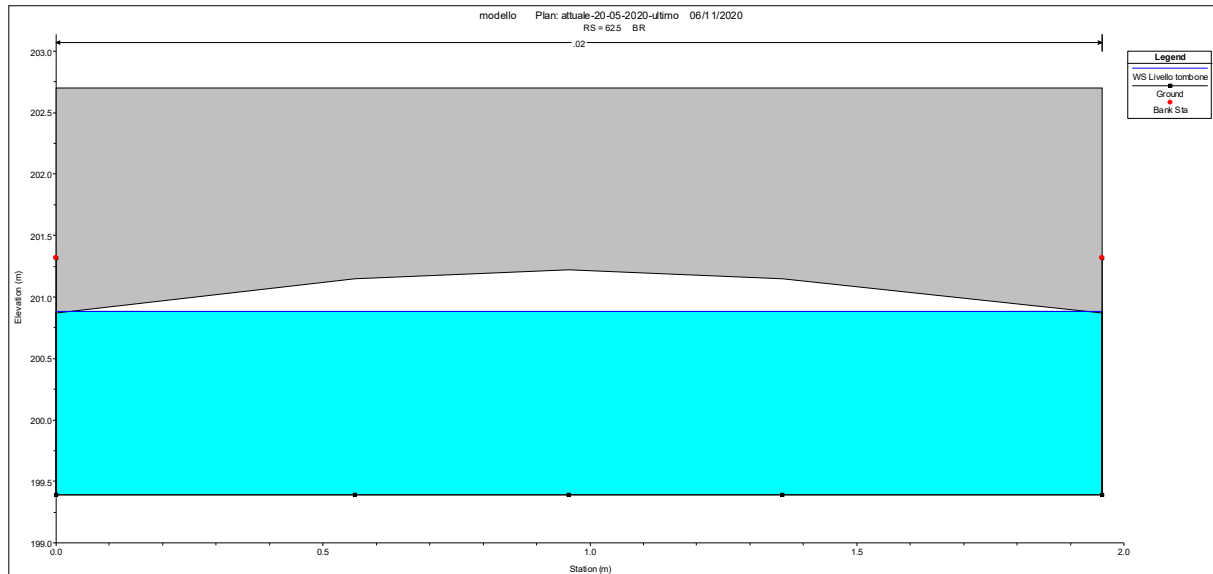
Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA



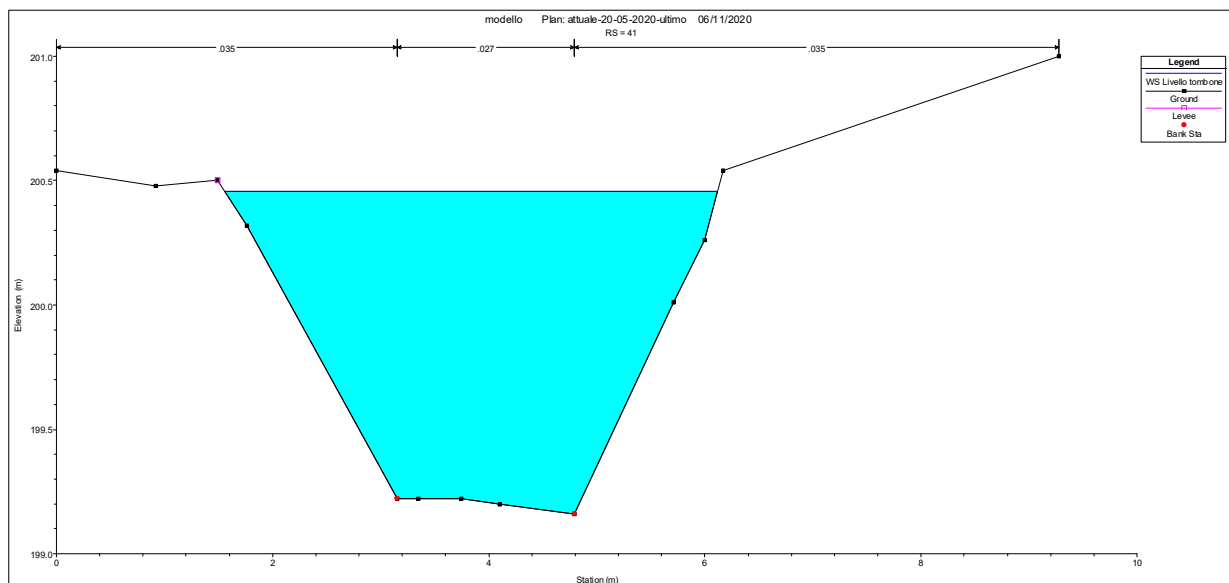
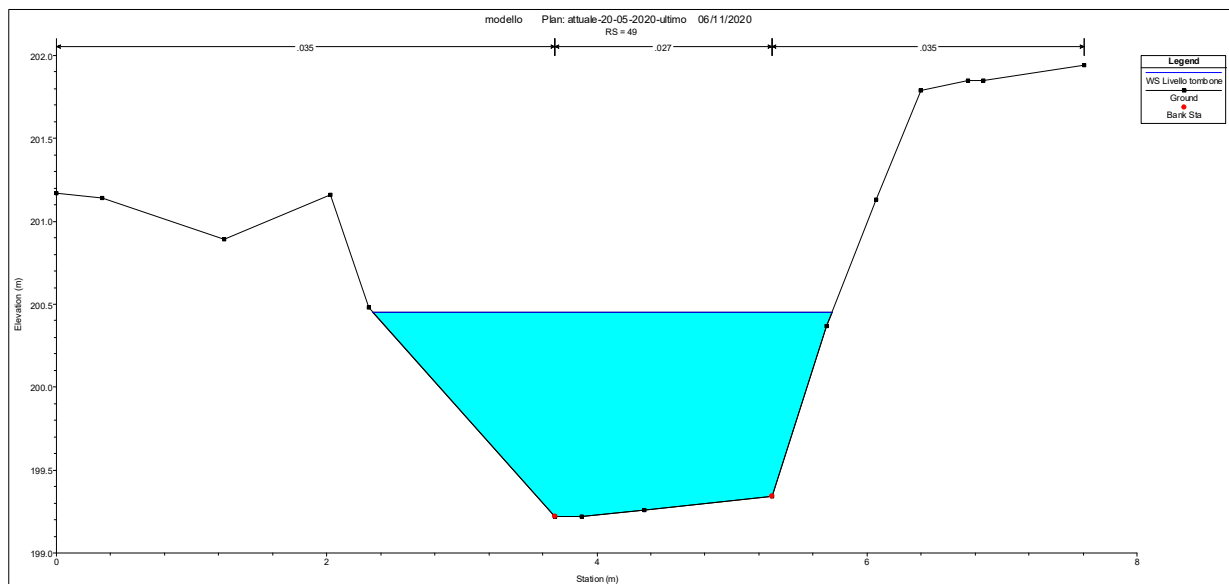
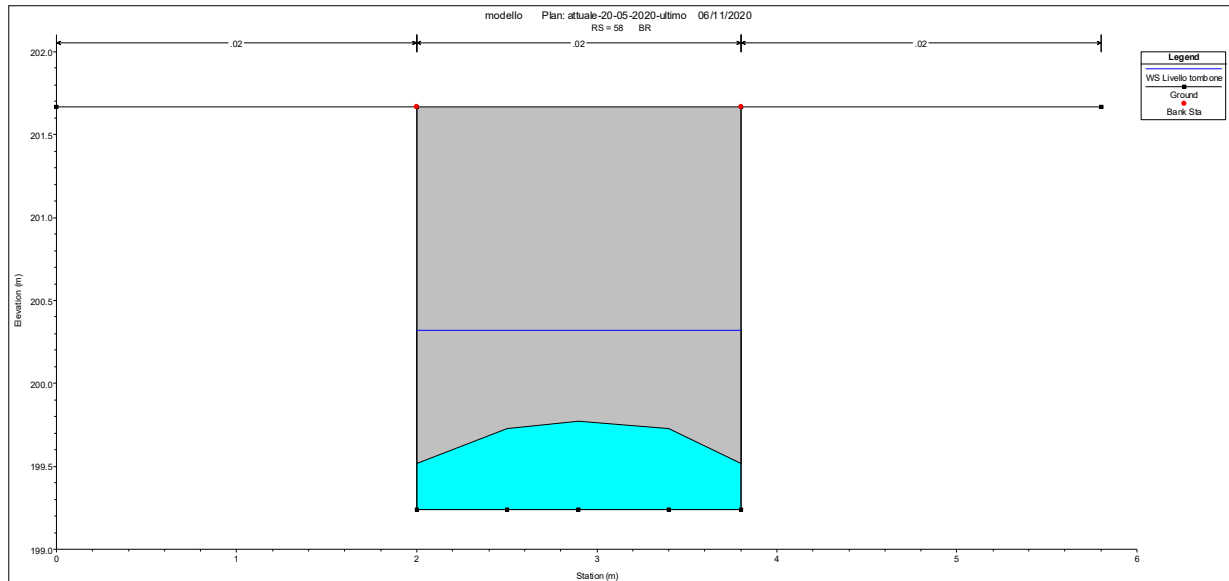
Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA



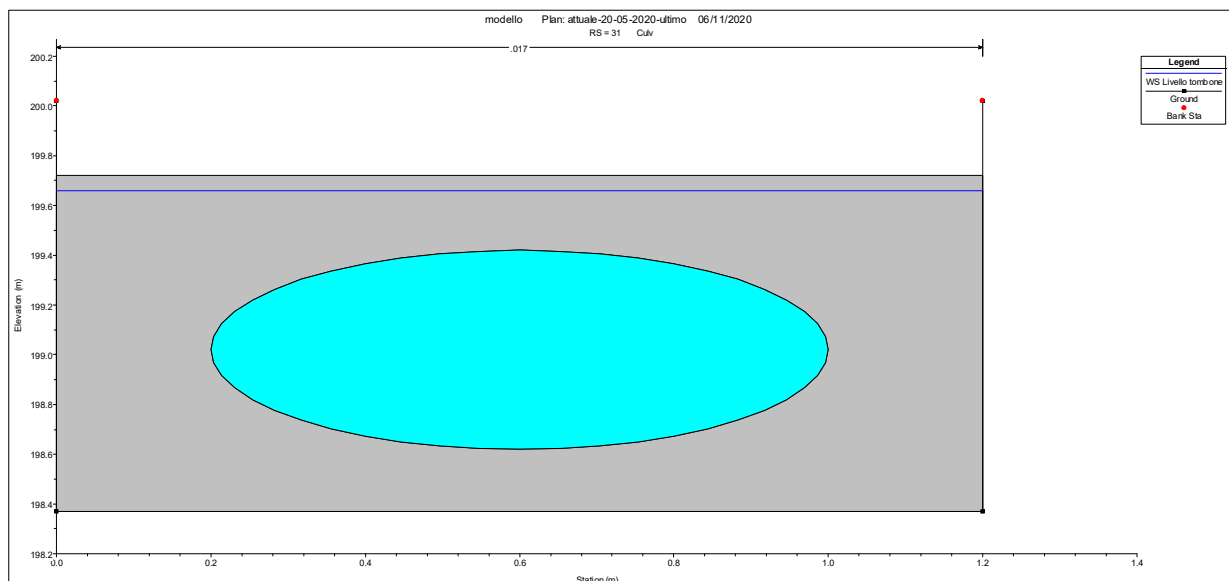
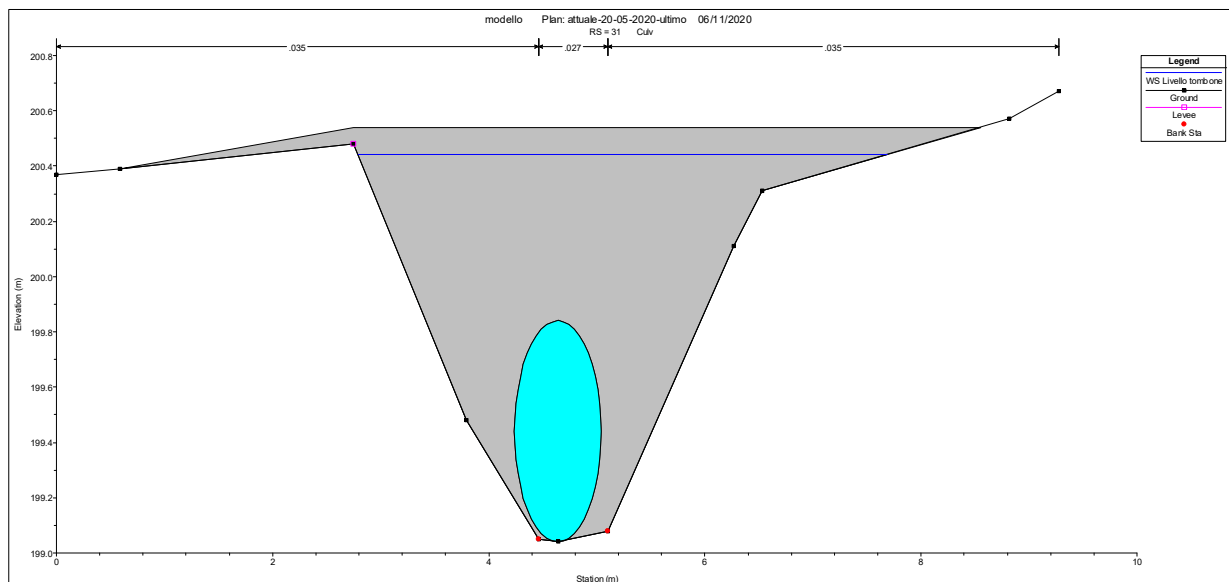
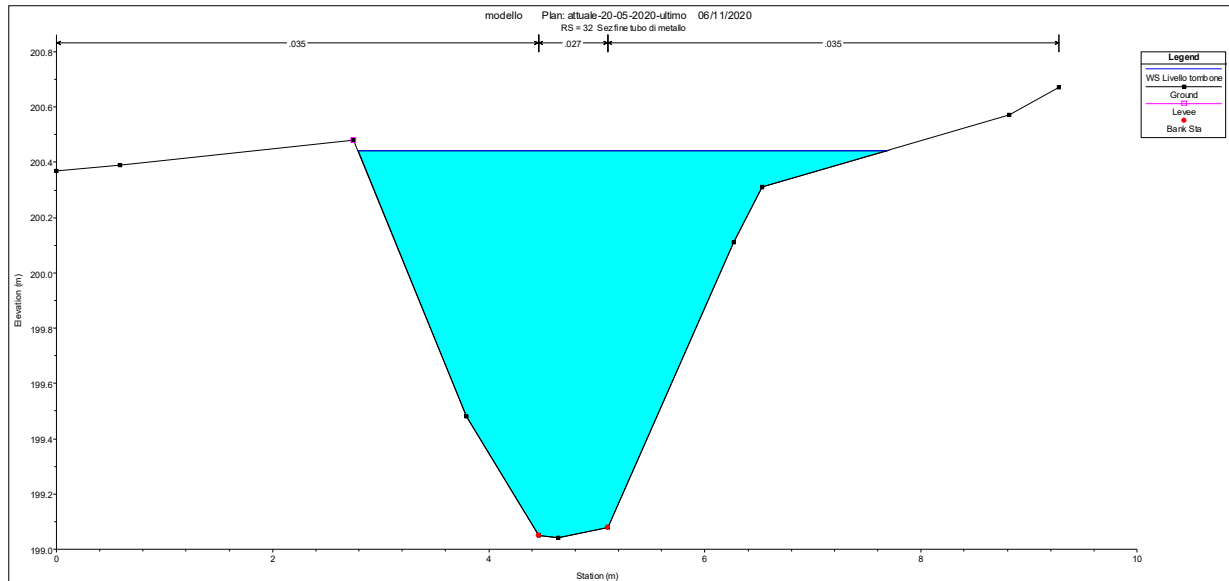
Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA



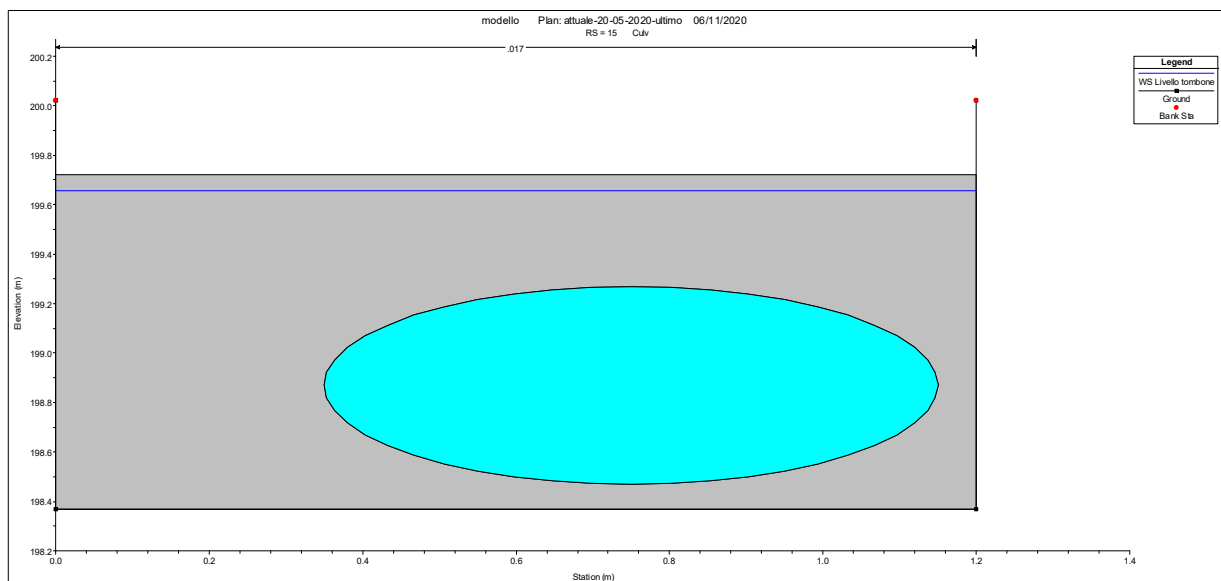
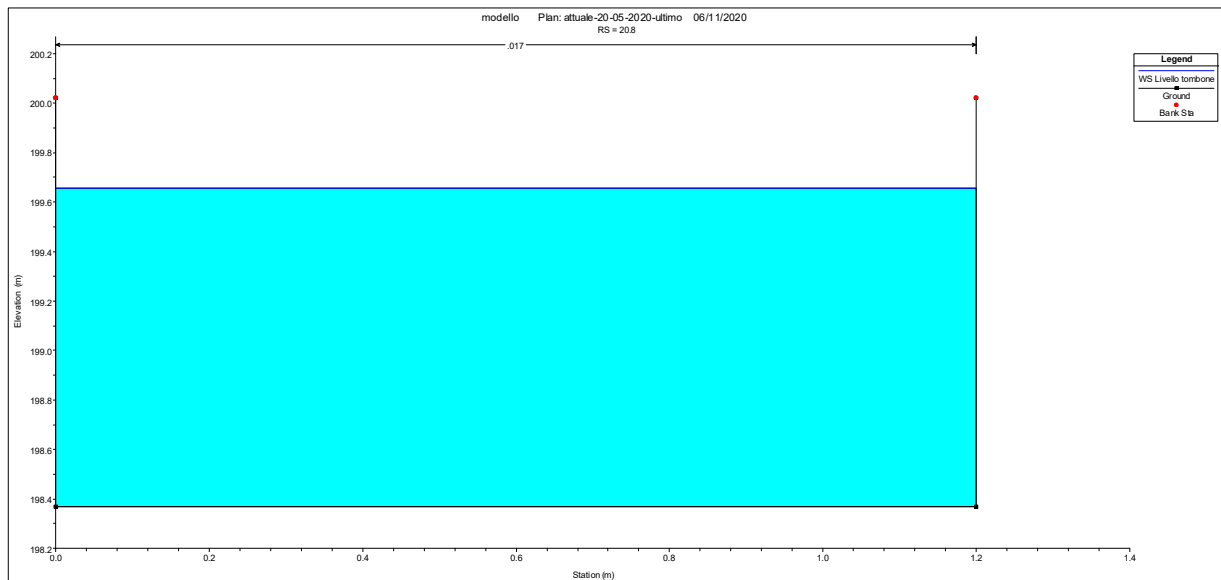
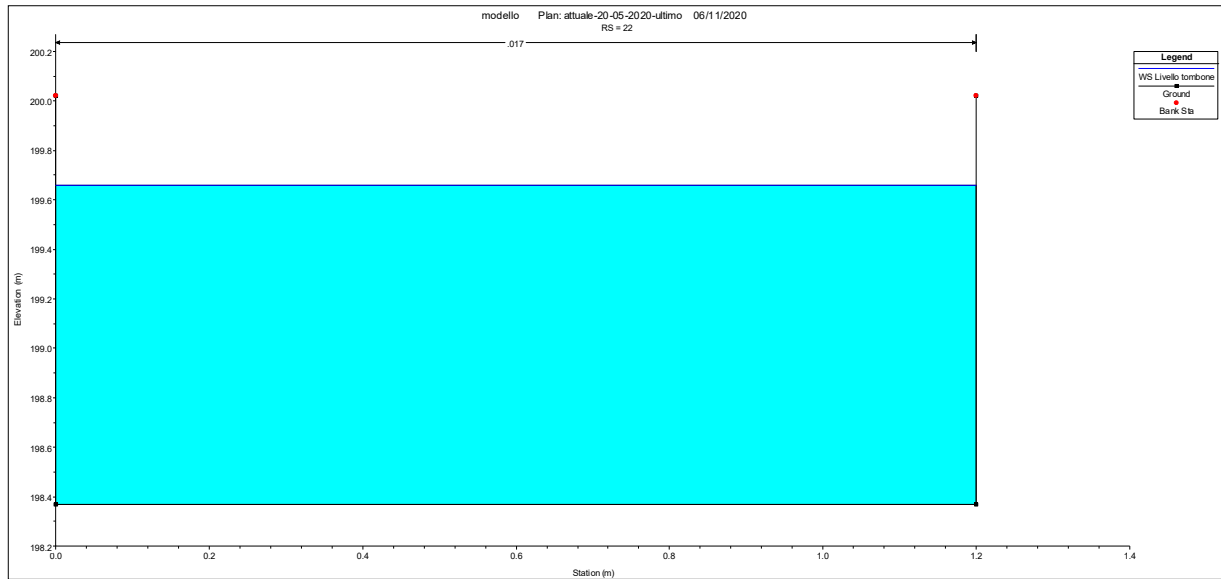
Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA



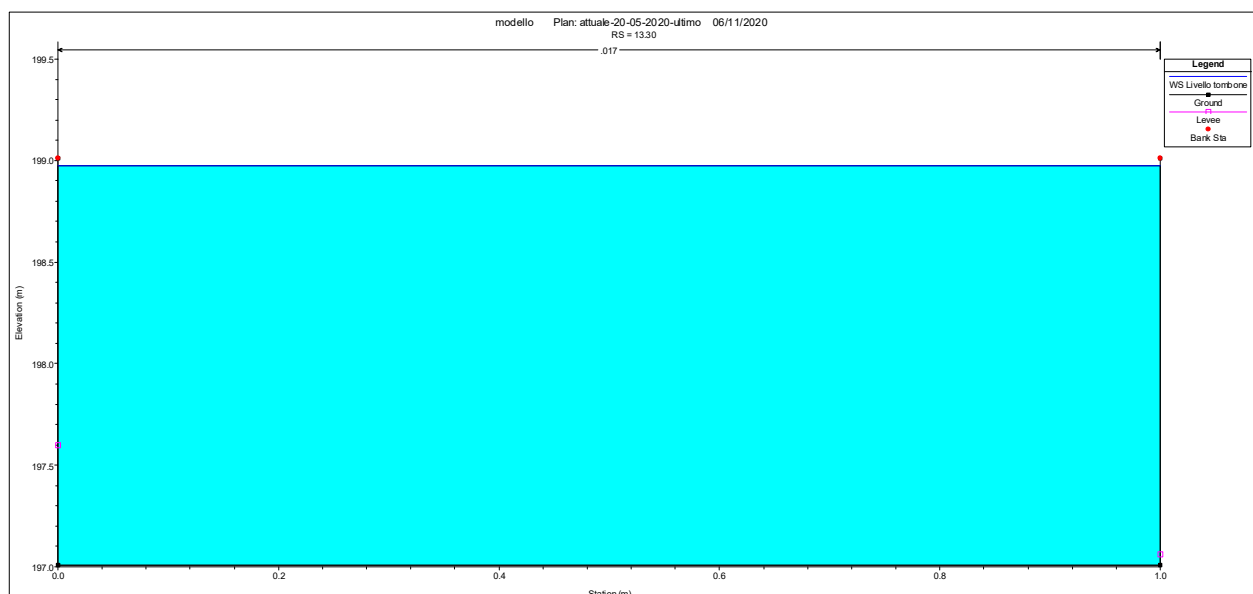
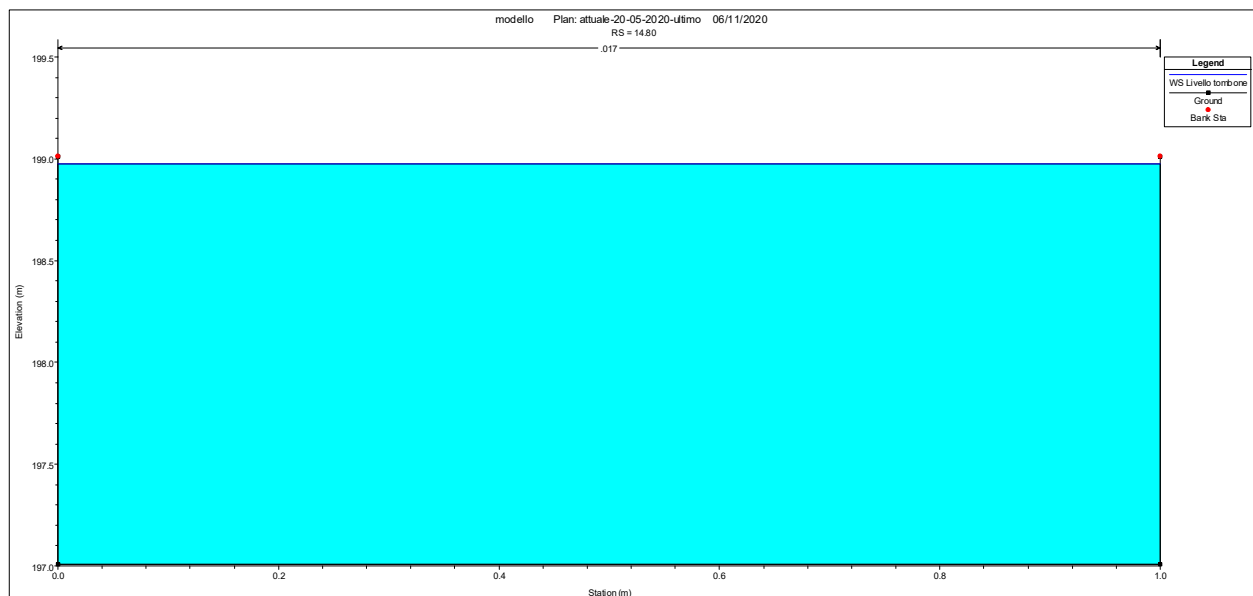
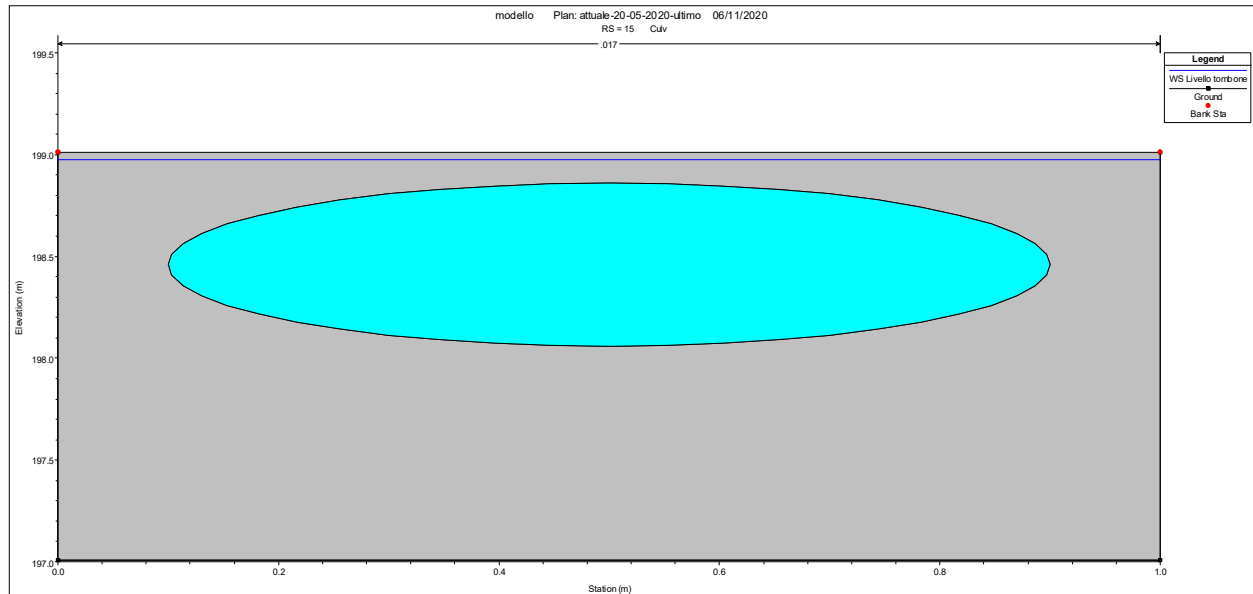
Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA



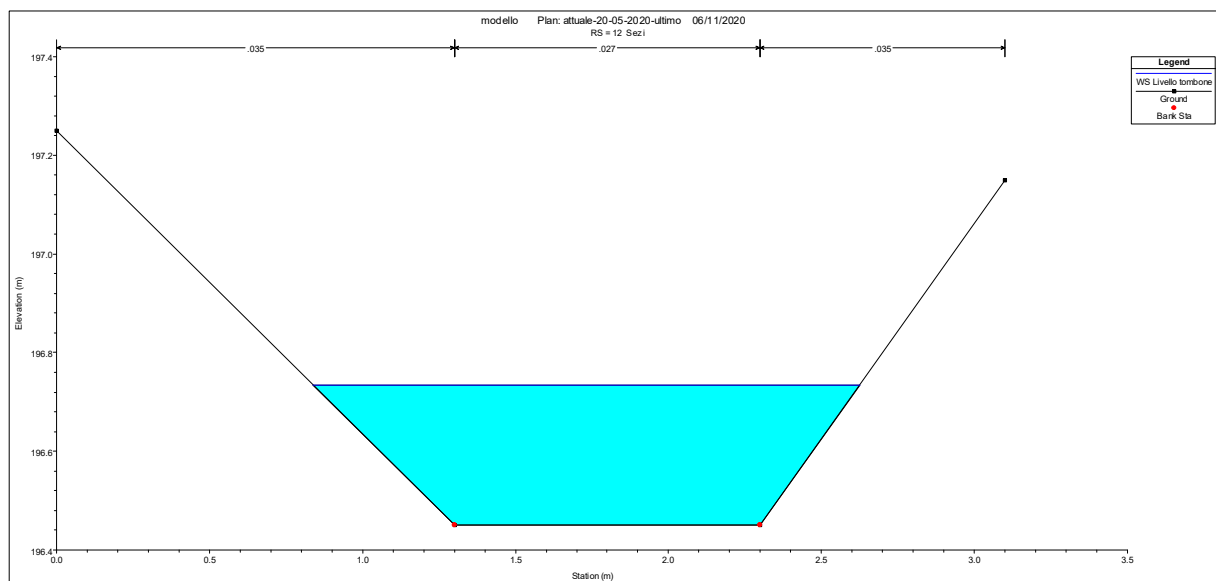
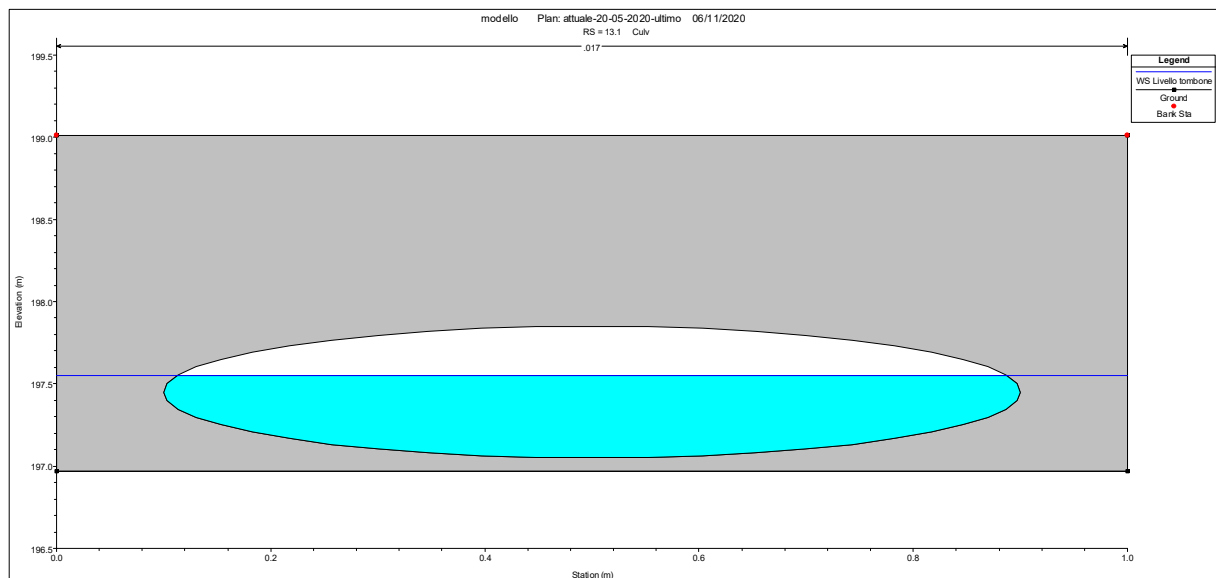
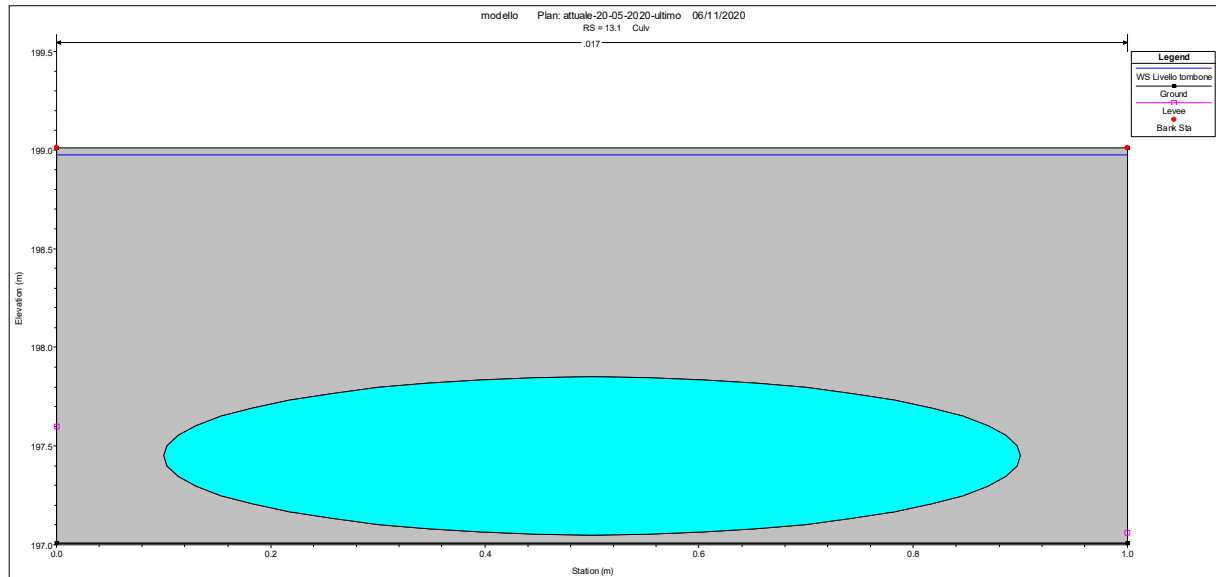
Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA



Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA



Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA



APPENDICE - C. SVILUPPO DEI CALCOLI EFFETTUATI PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'INVASO SUD-A (LEVEL POOL ROUTING METHOD).

Il dimensionamento dell'opera è stato effettuato mediante il *level pool routing* descritto in CHOW (1988) che mette in relazione, sulla stessa scala temporale, l'andamento della portata entrante con il volume temporaneamente stoccato e con la portata uscente, secondo quanto riportato nella tabella seguente:

<i>Time</i>	<i>Inflow</i>	<i>Inflow j + Inflow j+1</i>	<i>2Storage j/dt – discharge j</i>	<i>2Storage j/dt + discharge j</i>	<i>Outflow</i>	<i>Temporary Storage</i>
(h:mm)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³)
0:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
0:10	0.150	0.150	0.146	0.150	0.002	89
0:20	0.337	0.486	0.618	0.633	0.007	198
0:30	0.524	0.861	1.446	1.479	0.017	304
0:40	0.655	1.179	2.565	2.624	0.030	375
0:50	0.673	1.328	3.805	3.893	0.044	378
1:00	0.673	1.347	5.036	5.152	0.058	369
1:10	0.673	1.347	6.239	6.383	0.072	361
1:20	0.673	1.347	7.421	7.586	0.082	355
1:30	0.673	1.347	8.593	8.768	0.088	351
1:40	0.673	1.347	9.753	9.940	0.093	348
1:50	0.673	1.347	10.903	11.100	0.099	345
2:00	0.673	1.347	12.042	12.250	0.104	342
2:10	0.673	1.347	13.170	13.389	0.109	339
2:20	0.673	1.347	14.288	14.517	0.114	335
2:30	0.673	1.347	15.396	15.635	0.120	332
2:40	0.673	1.347	16.495	16.743	0.124	330
2:50	0.673	1.347	17.587	17.842	0.127	328
3:00	0.673	1.347	18.672	18.934	0.131	326
3:10	0.730	1.403	19.806	20.075	0.135	357
3:20	0.748	1.478	21.007	21.284	0.138	366
3:30	0.748	1.497	22.219	22.503	0.142	364
3:40	0.748	1.497	23.423	23.715	0.146	361
3:50	0.748	1.497	24.619	24.919	0.150	359
4:00	0.748	1.497	25.808	26.116	0.154	357
4:10	0.748	1.497	26.992	27.305	0.157	355
4:20	0.748	1.497	28.169	28.488	0.160	353
4:30	0.748	1.497	29.340	29.665	0.163	351
4:40	0.748	1.497	30.505	30.836	0.166	350
4:50	2.151	2.900	33.060	33.404	0.172	1187
5:00	2.394	4.546	37.241	37.606	0.182	1327
5:10	2.394	4.789	41.648	42.030	0.191	1322
5:20	2.394	4.789	46.037	46.437	0.200	1317
5:30	2.394	4.789	50.408	50.826	0.209	1311
5:40	2.394	4.789	54.762	55.197	0.218	1306
5:50	2.394	4.789	59.100	59.550	0.225	1302
6:00	2.394	4.789	63.426	63.889	0.232	1298
6:10	2.394	4.789	67.739	68.215	0.238	1294
6:20	1.235	3.629	70.882	71.368	0.243	595
6:30	0.075	1.309	71.704	72.192	0.244	-102
6:40	0.000	0.075	71.292	71.779	0.243	-146
6:50	0.000	0.000	70.806	71.292	0.243	-146
7:00	0.000	0.000	70.322	70.806	0.242	-145
7:10	0.000	0.000	69.840	70.322	0.241	-145
7:20	0.000	0.000	69.359	69.840	0.240	-144
<i>Time</i>	<i>Inflow</i>	<i>Inflow j +</i>	<i>2Storage j/dt –</i>	<i>2Storage j/dt +</i>	<i>Outflow</i>	<i>Temporary</i>

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

		<i>Inflow j+1</i>	<i>discharge j</i>	<i>discharge j</i>		<i>Storage</i>
7:30	0.000	0.000	68.879	69.359	0.240	-144
7:40	0.000	0.000	68.401	68.879	0.239	-143
7:50	0.000	0.000	67.925	68.401	0.238	-143
8:00	0.000	0.000	67.449	67.925	0.238	-143
8:10	0.000	0.000	66.976	67.449	0.237	-142
8:20	0.000	0.000	66.503	66.976	0.236	-142
8:30	0.000	0.000	66.032	66.503	0.235	-141
8:40	0.000	0.000	65.563	66.032	0.235	-141
8:50	0.000	0.000	65.095	65.563	0.234	-140
9:00	0.000	0.000	64.628	65.095	0.233	-140
9:10	0.000	0.000	64.163	64.628	0.233	-140
9:20	0.000	0.000	63.699	64.163	0.232	-139
9:30	0.000	0.000	63.236	63.699	0.231	-139
9:40	0.000	0.000	62.775	63.236	0.231	-138
9:50	0.000	0.000	62.315	62.775	0.230	-138
10:00	0.000	0.000	61.857	62.315	0.229	-138
10:10	0.000	0.000	61.400	61.857	0.229	-137
10:20	0.000	0.000	60.944	61.400	0.228	-137
10:30	0.000	0.000	60.490	60.944	0.227	-136
10:40	0.000	0.000	60.037	60.490	0.226	-136
10:50	0.000	0.000	59.586	60.037	0.226	-135
11:00	0.000	0.000	59.135	59.586	0.225	-135
11:10	0.000	0.000	58.686	59.135	0.224	-135
11:20	0.000	0.000	58.239	58.686	0.224	-134
11:30	0.000	0.000	57.793	58.239	0.223	-134
11:40	0.000	0.000	57.348	57.793	0.222	-133
11:50	0.000	0.000	56.904	57.348	0.222	-133
12:00	0.000	0.000	56.462	56.904	0.221	-133
12:10	0.000	0.000	56.022	56.462	0.220	-132
12:20	0.000	0.000	55.583	56.022	0.219	-132
12:30	0.000	0.000	55.146	55.583	0.218	-131
12:40	0.000	0.000	54.711	55.146	0.218	-131
12:50	0.000	0.000	54.277	54.711	0.217	-130
13:00	0.000	0.000	53.846	54.277	0.216	-130
13:10	0.000	0.000	53.416	53.846	0.215	-129
13:20	0.000	0.000	52.987	53.416	0.214	-128
13:30	0.000	0.000	52.561	52.987	0.213	-128
13:40	0.000	0.000	52.136	52.561	0.212	-127
13:50	0.000	0.000	51.713	52.136	0.212	-127
14:00	0.000	0.000	51.292	51.713	0.211	-126
14:10	0.000	0.000	50.872	51.292	0.210	-126
14:20	0.000	0.000	50.454	50.872	0.209	-125
14:30	0.000	0.000	50.038	50.454	0.208	-125
14:40	0.000	0.000	49.623	50.038	0.207	-124
14:50	0.000	0.000	49.210	49.623	0.206	-124
15:00	0.000	0.000	48.799	49.210	0.206	-123
15:10	0.000	0.000	48.389	48.799	0.205	-123
15:20	0.000	0.000	47.981	48.389	0.204	-122
15:30	0.000	0.000	47.575	47.981	0.203	-122
15:40	0.000	0.000	47.170	47.575	0.202	-121
15:50	0.000	0.000	46.767	47.170	0.202	-121
16:00	0.000	0.000	46.365	46.767	0.201	-120
16:10	0.000	0.000	45.966	46.365	0.200	-120
16:20	0.000	0.000	45.567	45.966	0.199	-119
16:30	0.000	0.000	45.171	45.567	0.198	-119
16:40	0.000	0.000	44.776	45.171	0.197	-118
16:50	0.000	0.000	44.382	44.776	0.197	-118
17:00	0.000	0.000	43.991	44.382	0.196	-118
17:10	0.000	0.000	43.600	43.991	0.195	-117
17:20	0.000	0.000	43.212	43.600	0.194	-117
<i>Time</i>	<i>Inflow</i>	<i>Inflow j + Inflow j+1</i>	<i>2Storage j/dt – discharge j</i>	<i>2Storage j/dt + discharge j</i>	<i>Outflow</i>	<i>Temporary Storage</i>

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

17:30	0.000	0.000	42.825	43.212	0.194	-116
17:40	0.000	0.000	42.439	42.825	0.193	-116
17:50	0.000	0.000	42.055	42.439	0.192	-115
18:00	0.000	0.000	41.673	42.055	0.191	-115
18:10	0.000	0.000	41.292	41.673	0.190	-114
18:20	0.000	0.000	40.913	41.292	0.190	-114
18:30	0.000	0.000	40.535	40.913	0.189	-113
18:40	0.000	0.000	40.159	40.535	0.188	-113
18:50	0.000	0.000	39.784	40.159	0.187	-112
19:00	0.000	0.000	39.411	39.784	0.187	-112
19:10	0.000	0.000	39.040	39.411	0.186	-111
19:20	0.000	0.000	38.670	39.040	0.185	-111
19:30	0.000	0.000	38.301	38.670	0.184	-111
19:40	0.000	0.000	37.934	38.301	0.184	-110
19:50	0.000	0.000	37.568	37.934	0.183	-110
20:00	0.000	0.000	37.203	37.568	0.183	-110
20:10	0.000	0.000	36.839	37.203	0.182	-109
20:20	0.000	0.000	36.476	36.839	0.181	-109
20:30	0.000	0.000	36.116	36.476	0.180	-108
20:40	0.000	0.000	35.758	36.116	0.179	-108
20:50	0.000	0.000	35.401	35.758	0.178	-107
21:00	0.000	0.000	35.046	35.401	0.177	-106
21:10	0.000	0.000	34.693	35.046	0.177	-106
21:20	0.000	0.000	34.342	34.693	0.176	-105
21:30	0.000	0.000	33.992	34.342	0.175	-105
21:40	0.000	0.000	33.645	33.992	0.174	-104
21:50	0.000	0.000	33.299	33.645	0.173	-104
22:00	0.000	0.000	32.955	33.299	0.172	-103
22:10	0.000	0.000	32.613	32.955	0.171	-103
22:20	0.000	0.000	32.272	32.613	0.170	-102
22:30	0.000	0.000	31.933	32.272	0.169	-102
22:40	0.000	0.000	31.596	31.933	0.169	-101
22:50	0.000	0.000	31.261	31.596	0.168	-101
23:00	0.000	0.000	30.927	31.261	0.167	-100
23:10	0.000	0.000	30.595	30.927	0.166	-100
23:20	0.000	0.000	30.265	30.595	0.165	-99
23:30	0.000	0.000	29.937	30.265	0.164	-99
23:40	0.000	0.000	29.610	29.937	0.163	-98
23:50	0.000	0.000	29.284	29.610	0.163	-98

APPENDICE - D. SVILUPPO DEI CALCOLI EFFETTUATI PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'INVASO SUD-B (LEVEL POOL ROUTING METHOD).

<i>Time</i>	<i>Inflow</i>	<i>Inflow j + Inflow j+1</i>	<i>2Storage j/dt – discharge j</i>	<i>2Storage j/dt + discharge j</i>	<i>Outflow</i>	<i>Temporary Storage</i>
(h:mm)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³)
0:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
0:10	0.136	0.136	0.116	0.136	0.010	0
0:20	0.273	0.409	0.445	0.525	0.040	76
0:30	0.545	0.818	1.071	1.263	0.096	140
0:40	0.613	1.159	1.922	2.230	0.154	270
0:50	0.613	1.227	2.744	3.149	0.203	276
1:00	0.613	1.227	3.478	3.971	0.246	247
1:10	0.613	1.227	4.135	4.705	0.285	220
1:20	0.613	1.227	4.722	5.362	0.320	197
1:30	0.613	1.227	5.246	5.948	0.351	176
1:40	0.613	1.227	5.715	6.473	0.379	157
1:50	0.613	1.227	6.134	6.942	0.404	141
2:00	0.613	1.227	6.509	7.361	0.426	126
2:10	0.613	1.227	6.856	7.735	0.440	112
2:20	0.613	1.227	7.182	8.083	0.451	104
2:30	0.613	1.227	7.486	8.408	0.461	98
2:40	0.613	1.227	7.771	8.713	0.471	91
2:50	0.613	1.227	8.037	8.998	0.480	85
3:00	0.647	1.261	8.319	9.298	0.490	80
3:10	0.818	1.465	8.773	9.784	0.505	95
3:20	0.988	1.806	9.517	10.579	0.531	187
3:30	1.056	2.045	10.437	11.562	0.562	274
3:40	1.090	2.147	11.393	12.584	0.595	296
3:50	1.125	2.215	12.352	13.608	0.628	297
4:00	1.125	2.249	13.281	14.601	0.660	298
4:10	1.125	2.249	14.150	15.530	0.690	279
4:20	1.125	2.249	14.963	16.399	0.718	261
4:30	1.125	2.249	15.724	17.212	0.744	244
4:40	1.125	2.249	16.437	17.974	0.768	228
4:50	3.135	4.260	19.107	20.696	0.795	214
5:00	3.953	7.088	24.553	26.195	0.821	1404
5:10	4.089	8.042	30.892	32.596	0.852	1879
5:20	4.123	8.213	37.284	39.105	0.910	1942
5:30	4.123	8.247	43.576	45.530	0.977	1928
5:40	4.123	8.247	49.742	51.823	1.041	1888
5:50	4.123	8.247	55.810	57.989	1.089	1850
6:00	4.123	8.247	61.781	64.056	1.138	1820
6:10	4.123	8.247	67.658	70.028	1.185	1791
6:20	2.147	6.270	71.494	73.928	1.217	1763
6:30	0.170	2.317	71.379	73.811	1.216	558
6:40	0.000	0.170	69.155	71.549	1.197	-627
6:50	0.000	0.000	66.798	69.155	1.178	-718
7:00	0.000	0.000	64.480	66.798	1.159	-707
7:10	0.000	0.000	62.198	64.480	1.141	-696
7:20	0.000	0.000	59.952	62.198	1.123	-685
7:30	0.000	0.000	57.742	59.952	1.105	-674
7:40	0.000	0.000	55.567	57.742	1.087	-663
7:50	0.000	0.000	53.427	55.567	1.070	-652
8:00	0.000	0.000	51.320	53.427	1.053	-642
8:10	0.000	0.000	49.247	51.320	1.037	-632
8:20	0.000	0.000	47.216	49.247	1.016	-622
8:30	0.000	0.000	45.226	47.216	0.995	-609
8:40	0.000	0.000	43.278	45.226	0.974	-597
8:50	0.000	0.000	41.371	43.278	0.954	-584
<i>Time</i>	<i>Inflow</i>	<i>Inflow j +</i>	<i>2Storage j/dt –</i>	<i>2Storage j/dt +</i>	<i>Outflow</i>	<i>Temporary</i>

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

		<i>Inflow j+1</i>	<i>discharge j</i>	<i>discharge j</i>		<i>Storage</i>
9:00	0.000	0.000	39.503	41.371	0.934	-572
9:10	0.000	0.000	37.674	39.503	0.915	-560
9:20	0.000	0.000	35.883	37.674	0.896	-549
9:30	0.000	0.000	34.128	35.883	0.877	-537
9:40	0.000	0.000	32.410	34.128	0.859	-526
9:50	0.000	0.000	30.708	32.410	0.851	-516
10:00	0.000	0.000	29.023	30.708	0.843	-511
10:10	0.000	0.000	27.353	29.023	0.835	-506
10:20	0.000	0.000	25.700	27.353	0.827	-501
10:30	0.000	0.000	24.063	25.700	0.819	-496
10:40	0.000	0.000	22.441	24.063	0.811	-491
10:50	0.000	0.000	20.836	22.441	0.803	-486
11:00	0.000	0.000	19.245	20.836	0.795	-482
11:10	0.000	0.000	17.670	19.245	0.788	-477
11:20	0.000	0.000	16.153	17.670	0.759	-473
11:30	0.000	0.000	14.733	16.153	0.710	-455
11:40	0.000	0.000	13.404	14.733	0.664	-426
11:50	0.000	0.000	12.161	13.404	0.622	-399
12:00	0.000	0.000	10.997	12.161	0.582	-373
12:10	0.000	0.000	9.908	10.997	0.544	-349
12:20	0.000	0.000	8.890	9.908	0.509	-327
12:30	0.000	0.000	7.936	8.890	0.477	-306
12:40	0.000	0.000	7.044	7.936	0.446	-286
12:50	0.000	0.000	6.226	7.044	0.409	-268
13:00	0.000	0.000	5.494	6.226	0.366	-246
13:10	0.000	0.000	4.840	5.494	0.327	-220
13:20	0.000	0.000	4.255	4.840	0.292	-196
13:30	0.000	0.000	3.733	4.255	0.261	-175
13:40	0.000	0.000	3.266	3.733	0.234	-157
13:50	0.000	0.000	2.848	3.266	0.209	-140
14:00	0.000	0.000	2.475	2.848	0.187	-125
14:10	0.000	0.000	2.141	2.475	0.167	-112
14:20	0.000	0.000	1.843	2.141	0.149	-100
14:30	0.000	0.000	1.577	1.843	0.133	-89
14:40	0.000	0.000	1.339	1.577	0.119	-80
14:50	0.000	0.000	1.135	1.339	0.102	-71
15:00	0.000	0.000	0.963	1.135	0.086	-61
15:10	0.000	0.000	0.817	0.963	0.073	-52
15:20	0.000	0.000	0.693	0.817	0.062	-44
15:30	0.000	0.000	0.588	0.693	0.053	-37
15:40	0.000	0.000	0.498	0.588	0.045	-32
15:50	0.000	0.000	0.423	0.498	0.038	-27
16:00	0.000	0.000	0.359	0.423	0.032	-23
16:10	0.000	0.000	0.304	0.359	0.027	-19
16:20	0.000	0.000	0.258	0.304	0.023	-16
16:30	0.000	0.000	0.219	0.258	0.020	-14
16:40	0.000	0.000	0.186	0.219	0.017	-12
16:50	0.000	0.000	0.157	0.186	0.014	-10
17:00	0.000	0.000	0.134	0.157	0.012	-8
17:10	0.000	0.000	0.113	0.134	0.010	-7
17:20	0.000	0.000	0.096	0.113	0.009	-6
17:30	0.000	0.000	0.081	0.096	0.007	-5
17:40	0.000	0.000	0.069	0.081	0.006	-4
17:50	0.000	0.000	0.059	0.069	0.005	-4
18:00	0.000	0.000	0.050	0.059	0.004	-3
18:10	0.000	0.000	0.042	0.050	0.004	-3
18:20	0.000	0.000	0.036	0.042	0.003	-2
18:30	0.000	0.000	0.030	0.036	0.003	-2
18:40	0.000	0.000	0.026	0.030	0.002	-2
18:50	0.000	0.000	0.022	0.026	0.002	-1
19:00	0.000	0.000	0.019	0.022	0.002	-1
<i>Time</i>	<i>Inflow</i>	<i>Inflow j + Inflow j+1</i>	<i>2Storage j/dt – discharge j</i>	<i>2Storage j/dt + discharge j</i>	<i>Outflow</i>	<i>Temporary Storage</i>

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

19:10	0.000	0.000	0.016	0.019	0.001	-1
19:20	0.000	0.000	0.013	0.016	0.001	-1
19:30	0.000	0.000	0.011	0.013	0.001	-1
19:40	0.000	0.000	0.010	0.011	0.001	-1
19:50	0.000	0.000	0.008	0.010	0.001	-1
20:00	0.000	0.000	0.007	0.008	0.001	0
20:10	0.000	0.000	0.006	0.007	0.001	0
20:20	0.000	0.000	0.005	0.006	0.000	0
20:30	0.000	0.000	0.004	0.005	0.000	0
20:40	0.000	0.000	0.004	0.004	0.000	0
20:50	0.000	0.000	0.003	0.004	0.000	0
21:00	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0
21:10	0.000	0.000	0.002	0.003	0.000	0
21:20	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0
21:30	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0
21:40	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0
21:50	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0
22:00	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0
22:10	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0
22:20	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0
22:30	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0
22:40	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0
22:50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
23:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
23:10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
23:20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
23:30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
23:40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
23:50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0

APPENDICE - E. SVILUPPO DEI CALCOLI EFFETTUATI PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'INVASO NORD (LEVEL POOL ROUTING METHOD).

<i>Time</i>	<i>Inflow</i>	<i>Inflow j + Inflow j+1</i>	<i>2Storage j/dt – discharge j</i>	<i>2Storage j/dt + discharge j</i>	<i>Outflow</i>	<i>Temporary Storage</i>
(h:mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³)
0:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
0:10	0.044	0.044	0.038	0.044	0.003	25
0:20	0.108	0.152	0.163	0.191	0.014	57
0:30	0.232	0.340	0.429	0.503	0.037	117
0:40	0.302	0.534	0.804	0.963	0.080	133
0:50	0.350	0.652	1.196	1.456	0.130	132
1:00	0.394	0.744	1.576	1.940	0.182	127
1:10	0.433	0.827	1.933	2.403	0.235	119
1:20	0.468	0.901	2.265	2.834	0.284	110
1:30	0.499	0.967	2.569	3.232	0.331	101
1:40	0.527	1.026	2.846	3.595	0.374	92
1:50	0.552	1.078	3.095	3.925	0.415	82
2:00	0.574	1.126	3.317	4.220	0.452	73
2:10	0.587	1.161	3.510	4.478	0.484	62
2:20	0.599	1.186	3.689	4.696	0.504	57
2:30	0.609	1.208	3.860	4.896	0.518	54
2:40	0.619	1.228	4.023	5.087	0.532	52
2:50	0.628	1.247	4.179	5.270	0.545	50
3:00	0.638	1.266	4.329	5.445	0.558	48
3:10	0.710	1.348	4.527	5.676	0.575	81
3:20	0.804	1.514	4.839	6.041	0.601	122
3:30	0.881	1.685	5.252	6.523	0.636	147
3:40	0.925	1.806	5.708	7.057	0.675	150
3:50	0.969	1.894	6.175	7.603	0.714	153
4:00	1.001	1.971	6.639	8.145	0.753	149
4:10	1.042	2.044	7.099	8.683	0.792	150
4:20	1.070	2.113	7.581	9.212	0.815	153
4:30	1.096	2.167	8.079	9.748	0.834	157
4:40	1.121	2.217	8.588	10.296	0.854	160
4:50	1.727	2.848	9.646	11.436	0.895	499
5:00	2.072	3.799	11.511	13.445	0.967	663
5:10	2.182	4.254	13.667	15.765	1.049	680
5:20	2.252	4.434	15.908	18.101	1.096	693
5:30	2.319	4.571	18.190	20.479	1.144	705
5:40	2.382	4.701	20.505	22.891	1.193	713
5:50	2.442	4.825	22.845	25.330	1.242	720
6:00	2.491	4.933	25.213	27.778	1.282	725
6:10	2.538	5.029	27.599	30.242	1.321	730
6:20	1.939	4.477	29.376	32.076	1.350	353
6:30	1.307	3.246	29.904	32.622	1.359	-31
6:40	1.197	2.504	29.697	32.408	1.356	-95
6:50	1.178	2.375	29.372	32.073	1.350	-103
7:00	1.159	2.337	29.020	31.709	1.345	-111
7:10	1.141	2.300	28.644	31.321	1.338	-118
7:20	1.123	2.264	28.244	30.908	1.332	-125
7:30	1.105	2.228	27.822	30.472	1.325	-132
7:40	1.087	2.193	27.379	30.015	1.318	-138
7:50	1.070	2.158	26.917	29.537	1.310	-144
8:00	1.053	2.123	26.436	29.040	1.302	-149
8:10	1.037	2.090	25.937	28.526	1.294	-155
8:20	1.016	2.052	25.418	27.990	1.286	-162
8:30	0.995	2.010	24.875	27.429	1.277	-169
8:40	0.974	1.969	24.309	26.844	1.267	-176
8:50	0.954	1.928	23.721	26.237	1.258	-182
<i>Time</i>	<i>Inflow</i>	<i>Inflow j +</i>	<i>2Storage j/dt –</i>	<i>2Storage j/dt +</i>	<i>Outflow</i>	<i>Temporary</i>

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

		<i>Inflow j+1</i>	<i>discharge j</i>	<i>discharge j</i>		<i>Storage</i>
9:00	0.934	1.888	23.113	25.609	1.248	-188
9:10	0.915	1.849	22.492	24.962	1.235	-192
9:20	0.896	1.810	21.859	24.302	1.222	-196
9:30	0.877	1.773	21.215	23.631	1.208	-199
9:40	0.859	1.736	20.563	22.951	1.194	-201
9:50	0.851	1.710	19.912	22.273	1.181	-198
10:00	0.843	1.694	19.271	21.605	1.167	-195
10:10	0.835	1.677	18.641	20.948	1.154	-192
10:20	0.827	1.661	18.020	20.302	1.141	-189
10:30	0.819	1.645	17.410	19.666	1.128	-186
10:40	0.811	1.629	16.809	19.039	1.115	-183
10:50	0.803	1.614	16.217	18.422	1.103	-180
11:00	0.795	1.598	15.634	17.815	1.091	-177
11:10	0.788	1.583	15.060	17.217	1.078	-175
11:20	0.759	1.546	14.474	16.606	1.066	-184
11:30	0.710	1.469	13.837	15.943	1.053	-206
11:40	0.664	1.374	13.151	15.212	1.030	-219
11:50	0.622	1.286	12.433	14.437	1.002	-228
12:00	0.582	1.203	11.689	13.636	0.974	-235
12:10	0.544	1.126	10.926	12.815	0.944	-240
12:20	0.509	1.054	10.151	11.980	0.914	-243
12:30	0.477	0.986	9.369	11.138	0.884	-245
12:40	0.446	0.923	8.584	10.292	0.854	-245
12:50	0.409	0.855	7.793	9.439	0.823	-248
13:00	0.366	0.775	7.001	8.568	0.784	-251
13:10	0.327	0.693	6.252	7.693	0.720	-236
13:20	0.292	0.619	5.550	6.872	0.661	-221
13:30	0.261	0.554	4.892	6.103	0.606	-207
13:40	0.234	0.495	4.279	5.387	0.554	-192
13:50	0.209	0.442	3.710	4.722	0.506	-178
14:00	0.187	0.395	3.231	4.106	0.438	-151
14:10	0.167	0.353	2.838	3.584	0.373	-124
14:20	0.149	0.316	2.510	3.154	0.322	-104
14:30	0.133	0.282	2.233	2.792	0.280	-88
14:40	0.119	0.252	1.997	2.485	0.244	-75
14:50	0.102	0.221	1.790	2.218	0.214	-67
15:00	0.086	0.188	1.605	1.978	0.186	-60
15:10	0.073	0.159	1.438	1.764	0.163	-54
15:20	0.062	0.135	1.288	1.574	0.143	-48
15:30	0.053	0.115	1.154	1.403	0.124	-43
15:40	0.045	0.097	1.035	1.252	0.108	-38
15:50	0.038	0.082	0.929	1.118	0.094	-34
16:00	0.032	0.070	0.833	0.999	0.083	-31
16:10	0.027	0.059	0.746	0.892	0.073	-28
16:20	0.023	0.050	0.668	0.796	0.064	-25
16:30	0.020	0.043	0.598	0.711	0.056	-22
16:40	0.017	0.036	0.536	0.634	0.049	-20
16:50	0.014	0.031	0.481	0.567	0.043	-17
17:00	0.012	0.026	0.432	0.507	0.037	-15
17:10	0.010	0.022	0.389	0.454	0.033	-14
17:20	0.009	0.019	0.349	0.408	0.029	-12
17:30	0.007	0.016	0.312	0.365	0.026	-11
17:40	0.006	0.013	0.279	0.326	0.023	-10
17:50	0.005	0.011	0.249	0.290	0.021	-9
18:00	0.004	0.010	0.221	0.258	0.019	-8
18:10	0.004	0.009	0.197	0.230	0.017	-7
18:20	0.004	0.009	0.176	0.206	0.015	-6
18:30	0.004	0.009	0.158	0.185	0.013	-5
18:40	0.004	0.009	0.143	0.167	0.012	-5
18:50	0.004	0.009	0.130	0.152	0.011	-4
19:00	0.004	0.009	0.119	0.139	0.010	-3
<i>Time</i>	<i>Inflow</i>	<i>Inflow j + Inflow j+1</i>	<i>2Storage j/dt – discharge j</i>	<i>2Storage j/dt + discharge j</i>	<i>Outflow</i>	<i>Temporary Storage</i>

Buzzi Unicem
Concessione mineraria "Albarola"
Regimazione delle acque meteoriche - RELAZIONE IDRAULICA

19:10	0.004	0.009	0.110	0.128	0.009	-3
19:20	0.004	0.009	0.101	0.118	0.009	-2
19:30	0.004	0.009	0.094	0.110	0.008	-2
19:40	0.004	0.009	0.088	0.103	0.007	-2
19:50	0.004	0.009	0.083	0.097	0.007	-2
20:00	0.004	0.009	0.079	0.092	0.007	-1
20:10	0.004	0.009	0.075	0.088	0.006	-1
20:20	0.004	0.009	0.072	0.084	0.006	-1
20:30	0.004	0.009	0.069	0.081	0.006	-1
20:40	0.004	0.009	0.067	0.078	0.006	-1
20:50	0.004	0.009	0.065	0.076	0.005	-1
21:00	0.004	0.009	0.063	0.074	0.005	-1
21:10	0.004	0.009	0.062	0.072	0.005	0
21:20	0.004	0.009	0.060	0.071	0.005	0
21:30	0.004	0.009	0.059	0.069	0.005	0
21:40	0.004	0.009	0.058	0.068	0.005	0
21:50	0.004	0.009	0.058	0.067	0.005	0
22:00	0.004	0.009	0.057	0.067	0.005	0
22:10	0.004	0.009	0.056	0.066	0.005	0
22:20	0.004	0.009	0.056	0.065	0.005	0
22:30	0.004	0.009	0.055	0.065	0.005	0
22:40	0.004	0.009	0.055	0.064	0.005	0
22:50	0.004	0.009	0.055	0.064	0.005	0
23:00	0.004	0.009	0.054	0.064	0.005	0
23:10	0.004	0.009	0.054	0.063	0.005	0
23:20	0.004	0.009	0.054	0.063	0.005	0
23:30	0.004	0.009	0.054	0.063	0.005	0
23:40	0.004	0.009	0.054	0.063	0.005	0
23:50	0.004	0.009	0.054	0.063	0.005	0