



COMUNE DI BATTIPAGLIA - EBOLI PROVINCIA DI SALERNO



**PROGETTO UNITARIO (TRASMESSO IN OTTEMPERANZA ALLA
DISPOSIZIONE CONTENUTA NELLA NOTA DEL SETTORE PROVINCIALE DEL
GENIO CIVILE DI SALERNO DEL 10.03.1998 N. 5032 IN REVISIONE DEL
PROGETTO PRODOTTO IN DATA 28/03/2014 PROT. N. 221084 E SUCCESSIVE
INTEGRAZIONI DEL 18/05/2015 E 10/09/2015) DI DISMISSIONE DELLE
ATTIVITA' ESTRATTIVE E DI RIQUALIFICAZIONE TERRITORIALE DELLE
CAVE "MA.CE. s.r.l." "EDIL CAVA s.r.l.", ESTESO ALLA MESSA IN
SICUREZZA IDROGEOLOGICA DELL'AREA INDIVIDUABILE COME EX
CAVA "DI NAPOLI", IN LOCALITA' CIMITERO – BUCCOLI – FONTANA DEL
FICO DEI COMUNI DI BATTIPAGLIA ED EBOLI**

**STUDIO ESEGUITO AI SENSI DELL'ARTT. 3, 27 e 10, COMMA 10, DELLE
NORME ATTUATIVE DEL PRAE**

**ATTUALIZZAZIONE DELLA PROGETTAZIONE PRESENTATA NEL 2006 CON
INTEGRAZIONI RICHIESTE DALL'AMMINISTRAZIONE REGIONALE E NEL RISPETTO
DEL PROTOCOLLO D'INTESA SOTTOSCRITTO CON IL COMUNE DI BATTIPAGLIA**

STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO

Redatto a seguito richiesta del Gruppo Istruttore

Valutazioni Ambientali - Autorità Ambientale, con nota prot. 0562329 del 07/09/2018

Committente: CONSORZIO CAVE RIUNITE COLLE MANCUSO

MA.CE. s.r.l.

EDILCAVA s.r.l.

IN.CA S.p.A.
Fusione per incorporazione della MA.CE. S.r.l.
Atto Notale Carbone del 20/11/2017
Decorrenza dal 01/12/2017

EDIL CAVA S.r.l.
L'Amministratore Unico
P.IVA: 0256178065

I Tecnici

Aspetti ingegneristici

ing. Renato D'Alessio



ing. Lorenzo Martinelli



Aspetti geologici – ambientali

geol. Enrico Spagnuolo



agron. Mario Spagnuolo



Salerno, ottobre 2018



STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO DELLA DISMISSIONE DELL'ATTIVITA' ESTRATTIVA E DELLA RIQUALIFICAZIONE TERRITORIALE

*A SEGUITO AGGIORNAMENTO DELLO STATO DEI LUOGHI AL
MARZO 2018*

INTRODUZIONE

La mutata morfologia dello stato dei luoghi, venutasi a creare per l'avanzamento dei lavori estrattivi, durante l'iter amministrativo della Conferenza dei Servizi *a regia* del Genio Civile di Salerno, ha imposto la necessità di aggiornare il rilievo topografico al 25 marzo 2018.

La presente Relazione specialistica idraulica è stata redatta al fine di verificare il sistema di regimentazione delle acque meteoriche del **“PROGETTO UNITARIO DI DISMISSIONE DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE E DI RIQUALIFICAZIONE TERRITORIALE DELLE CAVE “MA.CE. s.r.l.” E “EDIL CAVA s.r.l.”, ESTESO ALLA MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICA DELL'AREA INDIVIDUABILE COME EX CAVA “DI NAPOLI”, IN LOCALITA' CIMITERO – BUCCOLI – FONTANA DEL FICO DEI COMUNI DI BATTIPAGLIA ED EBOLI**”, e asseverarne la compatibilità idrogeologica.

L'area d'interesse è ubicata nel territorio di competenza dell'Autorità di bacino Campania Sud - Sele e pertanto gli studi idrologici e i riferimenti normativi tecnici cui si fa riferimento nella presente relazione sono quelli adottati dalla citata Autorità di bacino.

In particolare si fa riferimento alle Norme tecniche di attuazione del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico della ex Autorità di bacino in destra Sele del marzo 2011, mentre per gli studi idrologici si fa riferimento alla Relazione idrologica del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico della ex Autorità di bacino in destra Sele del marzo 2011.

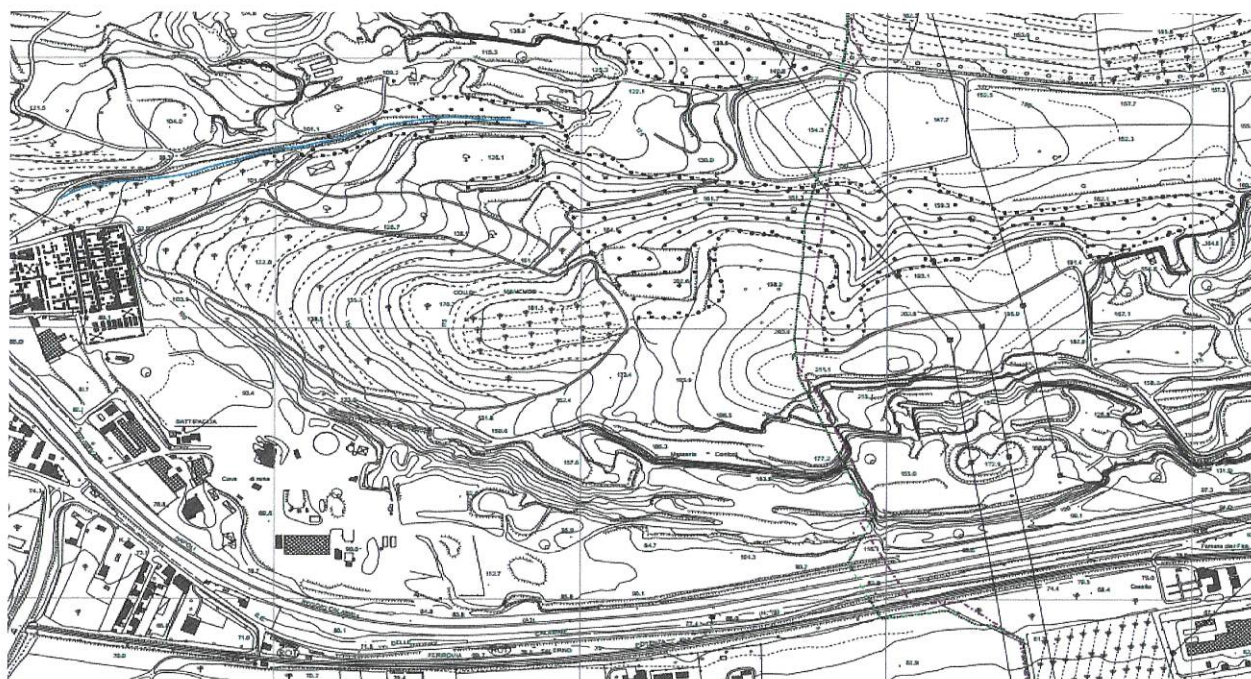


FIGURA N. 2

Dalla consultazione della cartografia tematica del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dell'ex Autorità di bacino in destra Sele, è emerso che l'area in esame non è soggetta a vincoli idraulici specifici (cfr. Figura 2). Pertanto, con riferimento all'assetto idraulico del territorio, non ci si trova nelle fattispecie previste dall'art. 7 delle Norme tecniche di attuazione, in quanto il programma di dismissione e recupero in argomento non richiede l'autorizzazione ad aprire una nuova cava, così come regolato dalle Norme di Attuazione (N.d.A.) del P.R.A.E.

Dalla corografia in Figura 3, si desume che l'area di dismissione e recupero della cava è ubicata in corrispondenza del Colle Mancuso, che rappresenta lo spartiacque a sud di un bacino idrografico ampio circa 2 kmq, alimentante un corso d'acqua che, in prossimità del cimitero, laddove cimenta un tratto tombinato, che appare maltenuto. Lo stesso colle rappresenta lo spartiacque a nord di un bacino idrografico ampio circa 0,80 kmq, che smaltisce in direzione sud le proprie acque di

corrivazione, attraverso un sistema di tombini stradali di attraversamento dell'Autostrada A3 – Salerno - Reggio Calabria e della parallela Strada Statale delle Calabrie. Vi è poi un terzo bacino idrografico, ampio 0,2 kmq, del quale il Colle Mancuso rappresenta lo spartiacque orientale.

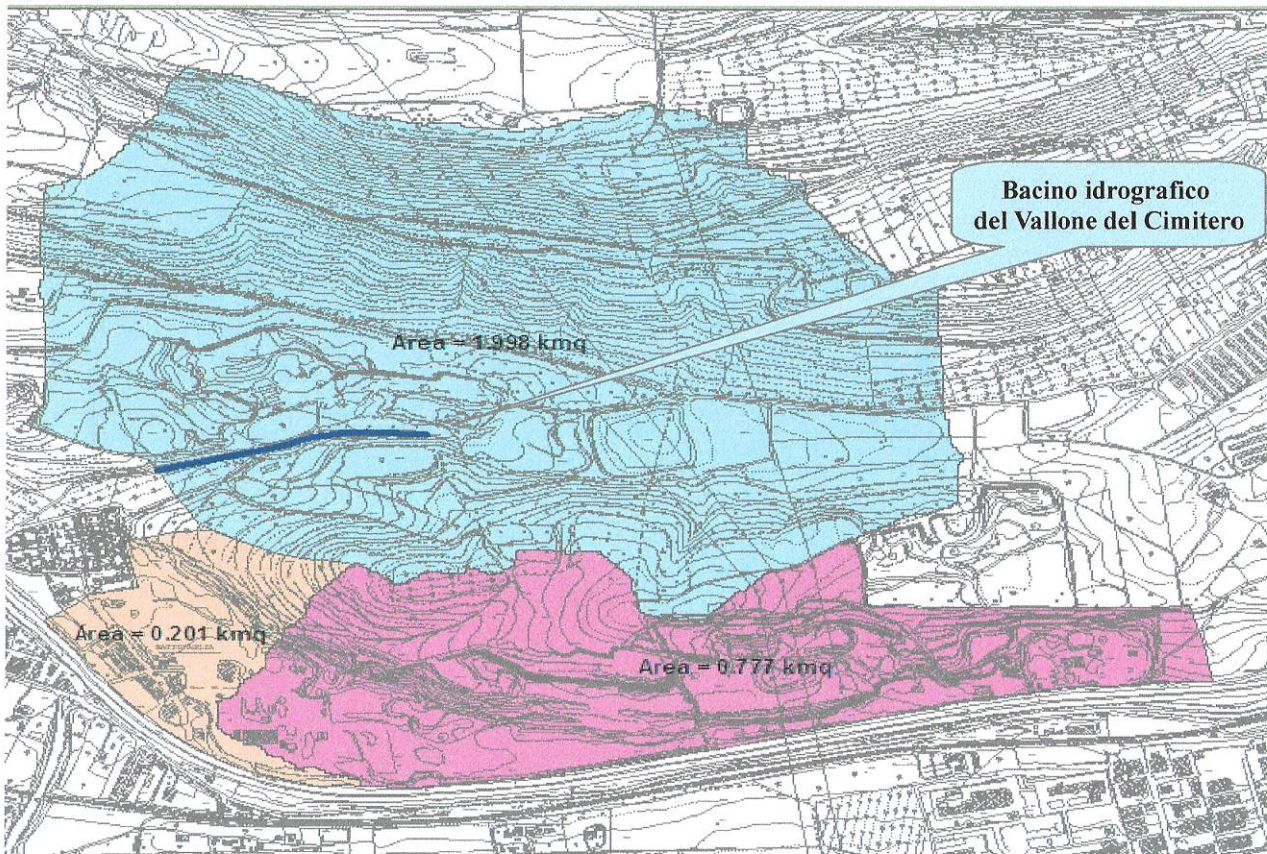


FIGURA N. 3

CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DELL'AREA

Il versante conglomeratico di natura calcarea, che ospita le cave in studio, assume una configurazione piano - altimetrica alquanto aspra, segnatamente ove sono chiari i segni di coltivazione, rappresentata da pendenze dell'ordine del 40° – 50°, che evolvono in alcuni tratti anche a versanti con pendenze dell'ordine dei 70°, fino a raggiungere anche l'85°.

L'area in studio, in particolare, dal punto di vista geologico, fa parte delle rocce conglomeratiche di età pleistocenica e di spessore complessivo variabile da alcune centinaia di metri ad oltre 1.000 metri nel sottosuolo della pianura alluvionale, come è stato verificato da alcuni sondaggi profondi effettuati per ricerche di idrocarburi.

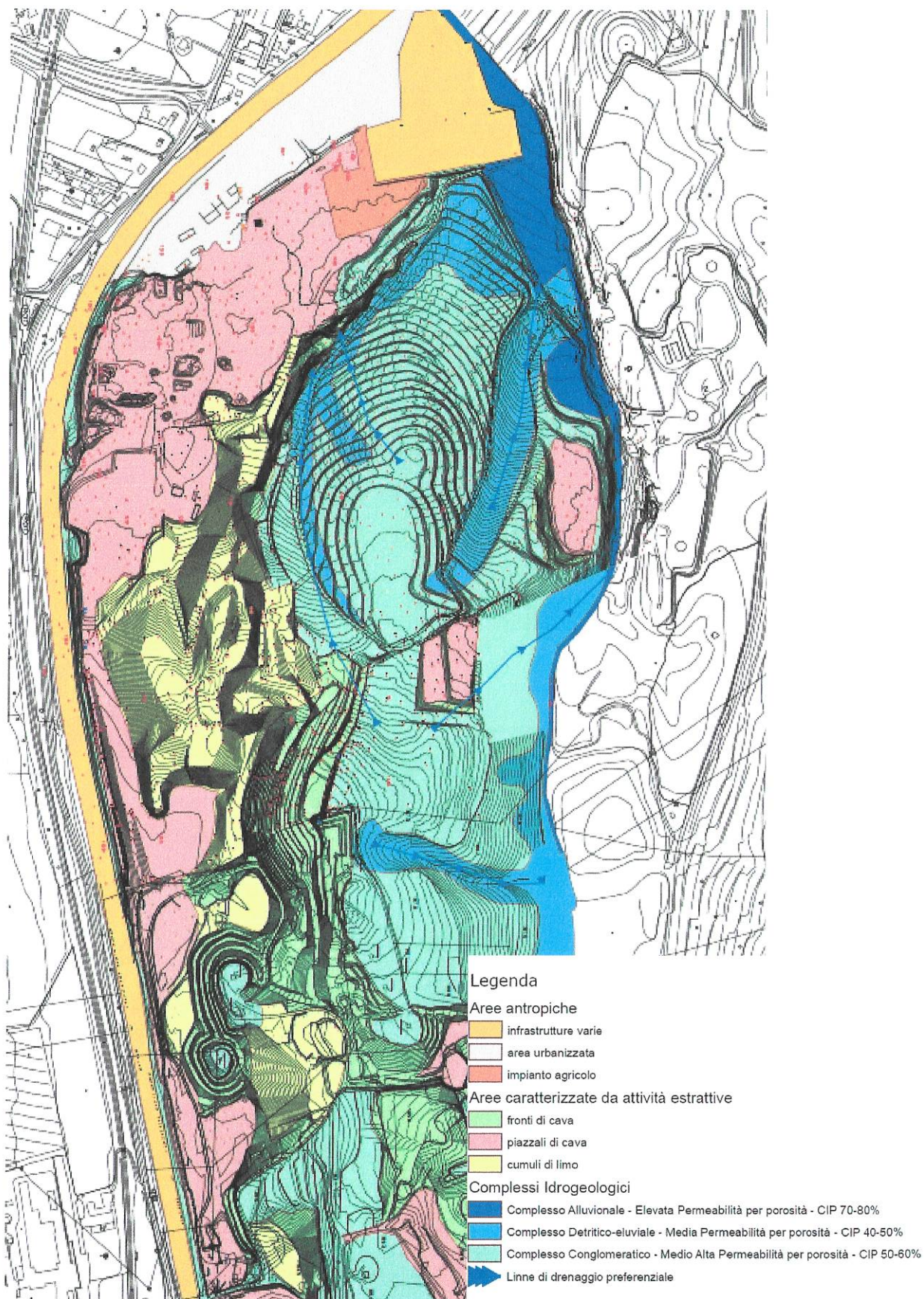


FIGURA N. 4: CARTA IDROGEOLOGICA

La costituzione geologica è caratterizzata, per spessori variabili da 0,50 a 1,50 metri, da una coltre terrigena, poggiante su di un complesso conglomeratico, dal caratteristico colore grigio - bianco e avana, con strati e banchi di varia grandezza. Tale complesso conglomeratico, noto in letteratura come Conglomerati di Eboli, costituiscono una successione di depositi alluvionali, affioranti estesamente lungo il bordo meridionale dei Monti Picentini, nella fascia collinare compresa fra gli abitati di Eboli, Battipaglia, Montecorvino Pugliano e Montecorvino Rovella. Sono frutto delle fasi neotettoniche che hanno determinato il sollevamento dei Monti Picentini e l'individuazione della depressione morfostrutturale della Piana del Sele – Golfo di Salerno, nel contesto delle fasi morfoevolutive di questo settore dell'Appennino Campano.

Le acque di infiltrazione alimentano un acquifero profondo circa 70 metri dal p.c. del piazzale di cava. Tale acquifero alimenta alcuni pozzi non potabili di interesse locale. La permeabilità relativa nell'ambito dello stesso complesso, ove affiorante, varia lievemente tra la parte superficiale (60 - 65%), più fratturata ed alterata e quella inferiore (40 - 50%); la mancanza di sorgenti lungo il contatto calcari - limi - argille nelle aree prossime alla cava e lungo tutto il versante, suggerisce la presenza di un sistema di alimentazione profondo in cui vi è un apporto diretto verso i livelli acquiferi della piana, posti a quote più basse. Mentre la rete idrografica è quasi sempre molto povera ed è impostata sulle fratture recenti; infatti non sono presenti incisioni che lasciano trasparire un minimo di reticolo idrografico. Solo ai lati dell'area di cava si denotano le prime incisioni gerarchizzate per lo smaltimento delle acque di corrivazione. In zona non sono state rilevate cavità carsiche, essendo l'area molto marginale.

Il litotipo si presenta localmente fratturato e fessurato, tali fratture sono a luoghi riempite di calcite spatica e da limo argilloso. Per quanto riguarda i caratteri idrogeologici e idrografici dell'ammasso presente nell'area in esame è possibile affermare che sulla base delle caratteristiche di permeabilità, le rocce localmente affioranti si distinguono in rocce permeabili per porosità interstiziale intercalate a bancate permeabili per fessurazione e carsismo. La permeabilità per fessurazione e carsismo, o permeabilità in grande, è propria di rocce praticamente impermeabili alla scala del campione, data la loro elevata compattezza, ma nelle quali l'infiltrazione e il deflusso può avvenire attraverso i giunti di stratificazione e le fratture. Tali discontinuità possono allargarsi per fenomeni legati alla dissoluzione chimica, anche se modesta (carsismo). Il valore della permeabilità è compreso tra: $K = 1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-3}$ cm/sec.

Per quanto riguarda le caratteristiche di permeabilità nel sito di interesse i terreni affioranti negli strati superficiali di sottosuolo (conglomerati affioranti lungo i gradoni di cava) presentano permeabilità primaria per porosità e secondaria per fratturazione. A seguito di prove di assorbimento eseguite dagli scriventi, è stata determinata una permeabilità $K = 1,4424 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$.

I risultati della prova vengono esplicitati qui di seguito:

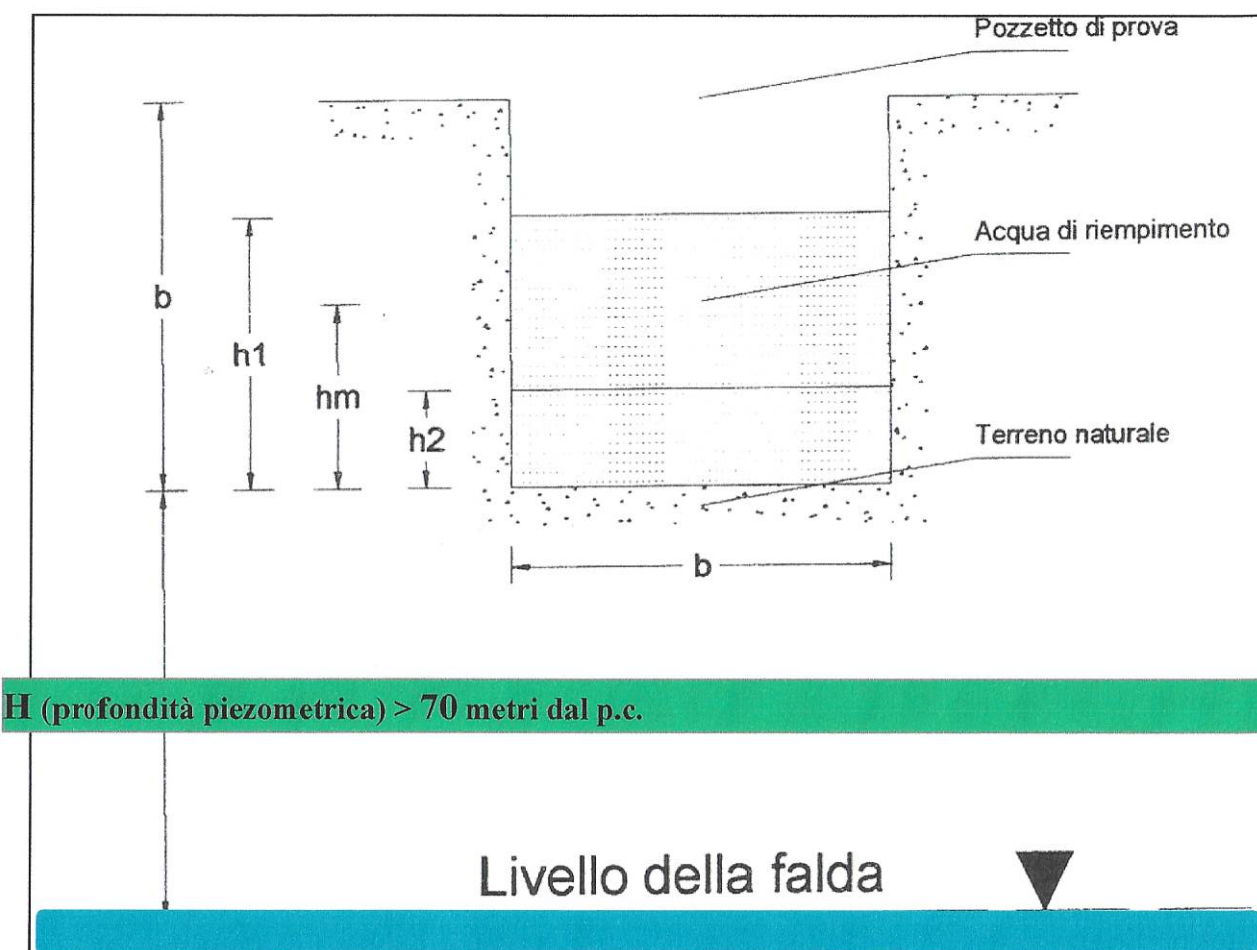


Fig. 5 Schema della prova di assorbimento a carico variabile secondo quanto stabilito dall'AGI- Roma 1977 "Raccomandazioni e prescrizioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".

La prova idraulica di assorbimento viene eseguita realizzando un pozzetto cubico avente 1 metro di lato; la formula utilizzata per il calcolo della permeabilità (K) espressa in centimetri/secondo, è la

$$k = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1 + \left(\frac{2 \cdot h_m}{b} \right)}{\left(\frac{27 \cdot h_m}{b} \right) + 3} \quad (1)$$

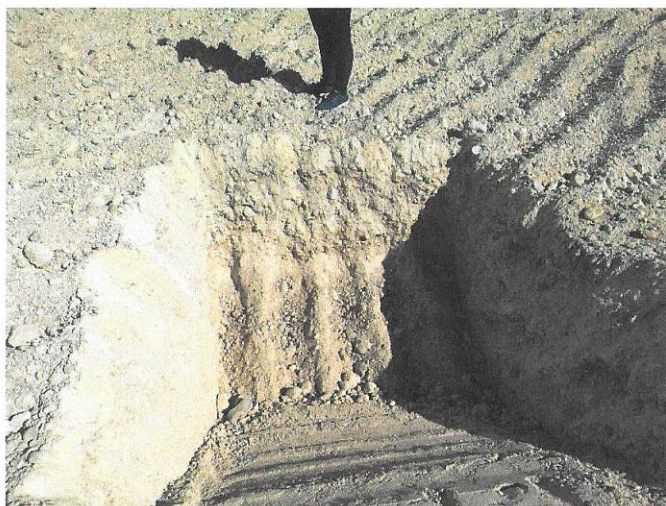
seguito:

I dati rilevati durante la prova sono stati:

b =	1,10	[m] lato del pozzetto cubico
h1=	1,10	[m] altezza del livello dell'acqua all'inizio della prova
h2=	0,60	[m] altezza del livello dell'acqua alla fine della prova
h1-h2=	0,50	[m] variazione del livello dell'acqua nel corso della prova
hm=	0,85	[m] altezza media del livello dell'acqua
t1=	0'00"	tempo all'inizio della prova
t2=	61'30"	tempo alla fine della prova
t2-t1=	3690 s	tempo di durata della prova

che sostituendoli nella (1) otteniamo: $K = 1,4424 \times 10^{-5} \text{ m/s} = 1,4424 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$

Il Manuale di Ingegneria civile (Cremonese 1981-Roma) nella sezione idraulica, riguardo alla Capacità di assorbimento di un terreno afferma che un terreno è idoneo allo smaltimento di acque se questo ha una portata percolante di 40-80 l/h/ m², pertanto i terreni qui esaminati appaiono pienamente idonei.



Report fotografico della prova di permeabilità a carico variabile in assenza di faglie e fratture



Per una maggiore comprensione del fenomeno dal punto di vista quantitativo, si riporta la tabella che correla i coefficienti di permeabilità con la granulometria del deposito.

K (cm/s)	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
Drenaggio	Buono				Povero				Praticamente impermeabile		
	Ghiaia pulita	Sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			Sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati				Terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici		

La tabella successiva invece riporta una classificazione del terreno dal punto di vista idrogeologico sulla base del valore numerico di K.

Grado di permeabilità	Valore di K	
	(m/s)	(cm/s)
Alto	$K > 10^{-3}$	$K > 10^{-1}$
Medio	$10^{-3} < K < 10^{-5}$	$10^{-1} < K < 10^{-3}$
Basso	$10^{-5} < K < 10^{-7}$	$10^{-3} < K < 10^{-5}$
Molto basso	$10^{-7} < K < 10^{-9}$	$10^{-5} < K < 10^{-7}$
Impermeabile	$K < 10^{-9}$	$K < 10^{-7}$

Alla luce di quanto indicato risulta concretamente realizzabile l'ipotesi progettuale del sistema di smaltimento delle acque superficiali, per laminazione e dispersione in idonee vasche assorbitrici; acque utilizzate anche per l'irrigazione e per l'abbattimento delle polveri. Tale metodologia è usualmente adottata in territori non serviti da pubblica fognatura per lo smaltimento degli effluenti preventivamente chiarificati. Comunque, è opportuno ricordare che l'eventuale troppo pieno delle vasche di laminazione e dispersione sotterranea verrà comodamente smaltito dai tombini a servizio dell'Autostrada Salerno - Reggio Calabria.

DISAMINA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

L'area interessata dalla ricomposizione ambientale e messa in sicurezza non è servita da alcuna rete fognaria o di regimentazione delle acque meteoriche. A nord-ovest del comparto estrattivo vi è un vallone naturale in cui confluisce l'acqua di corrivazione di un bacino idrografico ampio circa 2 kmq (cfr. Figura 3), comprendente il versante nord del Colle Mancuso. Tale vallone defluisce verso un'area cimiteriale, laddove cimenta un tratto tombinato (cfr. Figura 4 a sinistra). A sud, invece, il comparto confina con il rilevato stradale dell'Autostrada Salerno-Reggio Calabria, attraversato da una serie di tombini stradali aventi l'ufficio di consentire il deflusso delle acque di corrivazione provenienti da direzione nord verso sud (Foto n. 2 - destra).

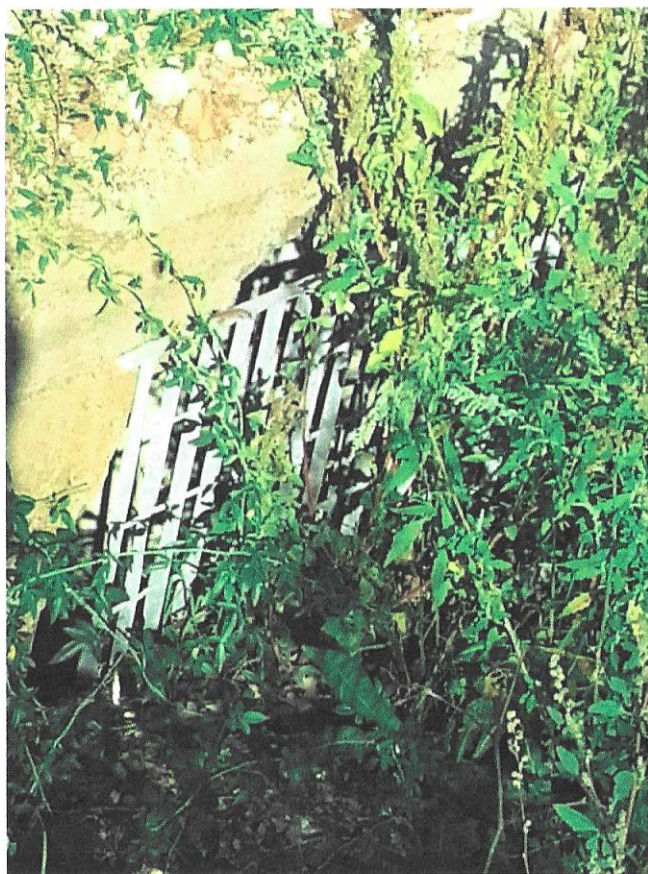


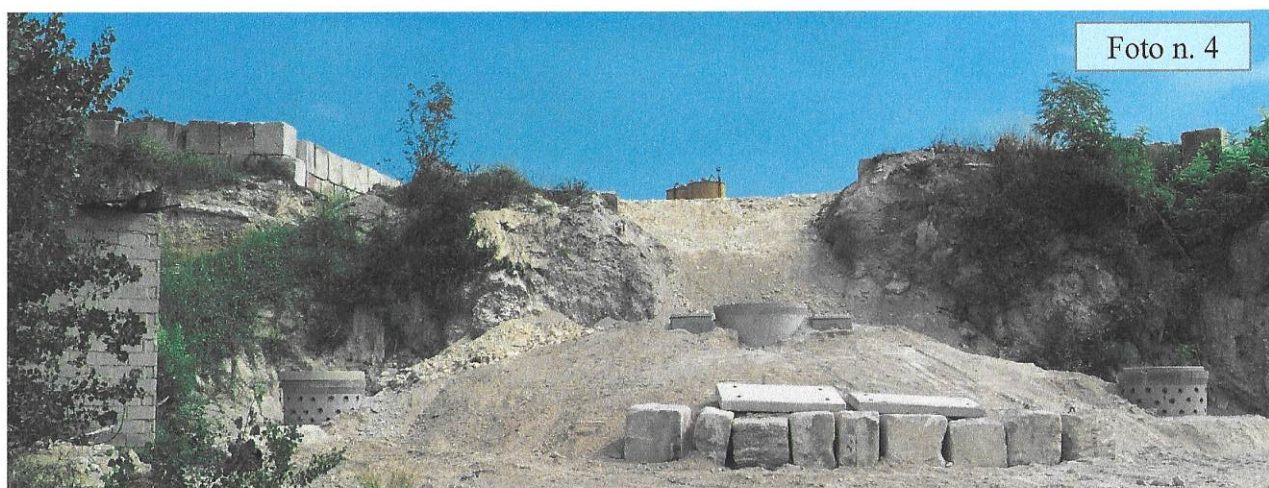
FOTO N. 1 – N. 2: ATTUALMENTE LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DEL VALLONE DEL CIMITERO AVVIENE ATTRAVERSO IL POZZETTO DI FOTO 1, SEMPRE SE LA GRADA IN FERRO È LIBERA

Il contesto sopra descritto ha indotto gli scriventi a proporre un progetto di smaltimento delle acque meteoriche compatibile con la sicurezza idraulica del territorio, anche fuori dal perimetro del comparto. A tal fine si propone di alleggerire il carico idraulico sui tombini stradali dell'Autostrada A3 deviando parte dei deflussi superficiali provenienti dal versante sud del Colle Mancuso in due vasche di dispersione sotterranea (Figura 6), di cui una da realizzare in linea con l'esistente vallone che defluisce verso l'area cimiteriale (1.A), a servizio di un bacino ampio circa 2,00 kmq, e l'altra a presidio del versante sud molto acclive (1.B), a servizio di un bacino ampio circa 0,34 kmq. La realizzazione di tali vasche ha lo scopo di consentire l'allontanamento delle acque meteoriche direttamente nel sottosuolo, laminando e riducendo nel contempo il carico idraulico sul tombino, in prossimità del cimitero. Tale soluzione appare la più idonea dal punto di vista della messa in sicurezza idraulica dell'area. Altre tre vasche di dispersione sono previste a sud-est del comparto, al fine di laminare e disperdere nel sottosuolo le acque meteoriche che attualmente cimentano i tombini sottoposti all'Autostrada A3, sgravandoli dall'ufficio idraulico fino ad ora svolto, a miglioramento della sicurezza dello stesso tratto autostradale. Tali vasche sono indicate in **Figura 7** con la didascalia 3.A, 4.A e 5.A. A tal proposito si ricorda che il presente lavoro si inquadra, nell'ambito del Protocollo di Intesa "per il recupero ambientale e per la messa in sicurezza di Località Buccoli - Cimitero", stipulato, fra gli imprenditori della Località e l'Amministrazione



Comunale di Battipaglia, per la Valorizzazione produttiva integrata ed ecocompatibile dell'intero territorio.

Detto carico idraulico, comunque, in riscontro a quanto richiesto nel Verbale di Prima Seduta della Conferenza di Servizi, relativa alla *Domanda di Autorizzazione Unica Ambientale ai sensi dell'art.3 c.1 lett. c) del DPR 59/2013 - Rinnovo ai sensi dell'art. 281 c.1 dello stesso D.Lgs - Rif. AUA 107/C – Società MA.CE. Spa con stabilimento in Via Eboli, km 2, 84091 Battipaglia*, verrà ulteriormente ridotto con la costruzione di n. 2 vasche di laminazione e di n. 2 pozzi disperdenti che garantiscono uno smaltimento di 20 l/sec.: i pozzi disperdenti, con le relative vasche di laminazione, già sono stati messi in opera (vedi foto n. 3 – n. 4).



Si fa presente che anche la Società Edil Cava srl, a seguito dell'Autorizzazione U.A. n. 08 del 7.07.2017, rilasciata dal Comune di Eboli, ha potenziato la vasca di laminazione per lo smaltimento di mc. 0,38 l/sec (Vedi foto n. 5).



Lo schema, indicato nella Figura 6 è costituito, pertanto, da una vasca di dispersione sotterranea avente una superficie di base pari a mq. 8.000 ed una profondità variabile da 3 a 4 m; essa svolge l'ufficio di captazione delle acque di corrivazione provenienti dal Vallone del Cimitero e dai canali che corrono lungo il "versante di cava MA.CE." lungo le piste di servizio.

Le altre quattro vasche di dispersione sotterranea hanno una superficie di base rispettivamente di mq. 4.000 (1.B), mq. 2.500 (3.A), mq. 1.200 (4.A), mq. 2.200 (5.A) per una profondità di 3 metri; esse svolgono l'ufficio di captazione delle acque di corrivazione provenienti dal comparto di estrazione, a presidio dell'Autostrada A3.

L'acqua di corrivazione viene regimentata all'interno di canali di gronda disposti a coronamento del piazzale di cava e di lì convogliata nelle vasche citate. In tali canali di gronda viene recapitata l'acqua proveniente dalle pareti di cava sottese dal piazzale di cava (per naturale pendenza dei versanti), nonché l'acqua dello stesso piazzale di cava (per ricostruzione della pendenza del piazzale verso i citati canali di gronda). I canali di gronda laterali, a sezione trapezia, svolgono la duplice funzione di dispersione nel sottosuolo e di collettamento, verso le suddette vasche. Tale soluzione progettuale appare chiaramente in grado di assicurare in maniera efficiente la regimazione e l'allontanamento delle acque meteoriche incidenti sul piazzale di cava, in quanto l'area non è servita da alcun sistema fognario per lo smaltimento delle acque meteoriche. Dalla Carta Geomorfologica e dal rilievo topografico dello stato di fatto si rileva che le aste montane, che costeggiano l'area del comparto, assolutamente non interferiscono con l'area di cava. Esse, in altre parole, sono totalmente estranee all'area dedicata al processo di ricomposizione ambientale e pertanto non compromettono la sicurezza dell'area di cava, né i relativi processi morfologici vengono influenzati dall'attività estrattiva.

Gli schemi indicati nelle figure 6 e 7 prevedono vasche delle seguenti dimensioni:

Denominazione	Superficie	Profondità
1.A	8'000 mq	3 m
1.B	4'000 mq	3 m
3.A	2'500 mq	3 m
4.A	1'200 mq	3 m
5.A	2'200 mq	3 m

TABELLA 1

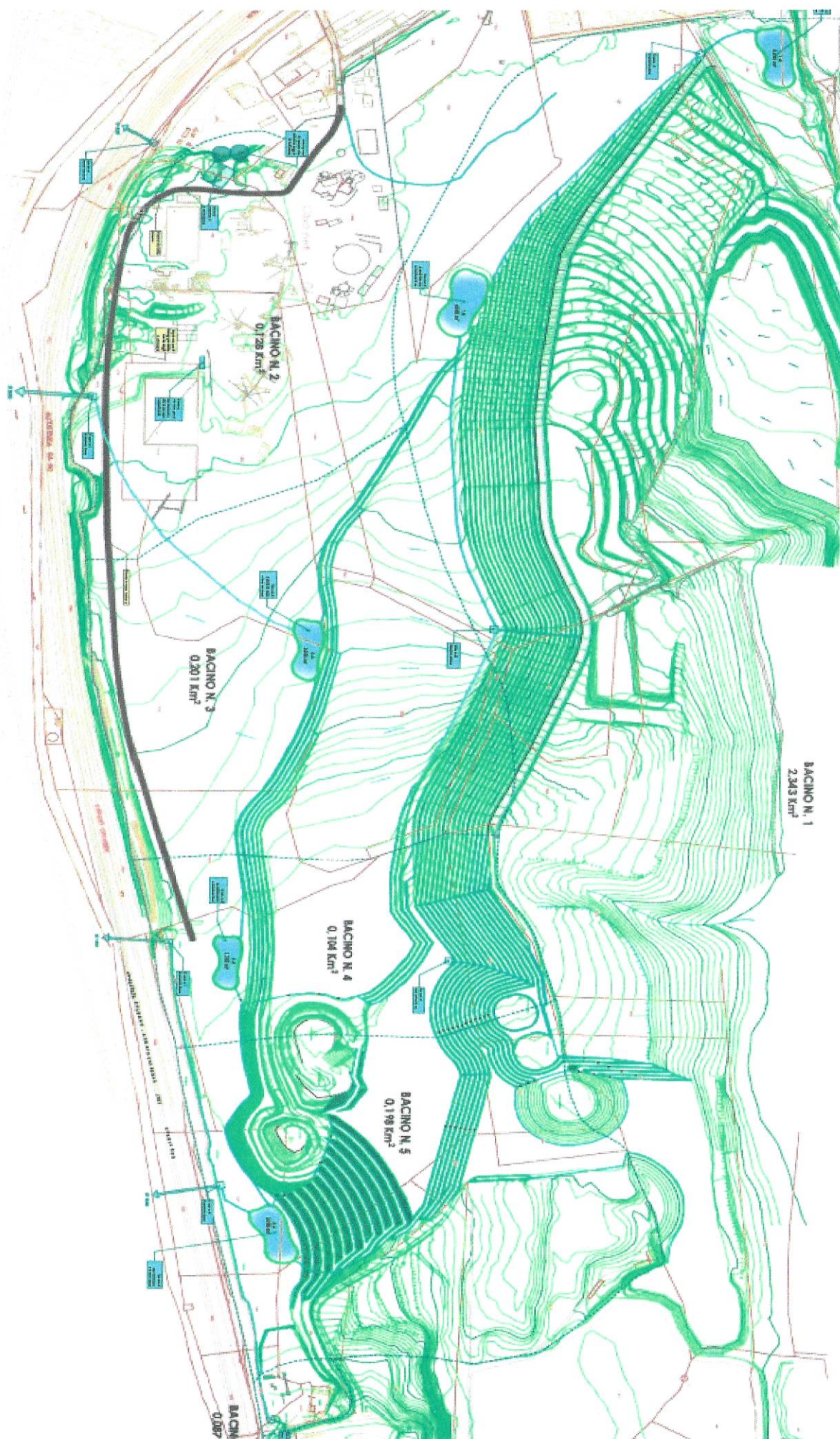


FIGURA n. 6 - SCHEMA IDRAULICO PER LA MESSA IN SICUREZZA DI LOCALITA' BUCCOGLI - CINTIERO - FONTANA DEL FICO (STRALCIO PLANIMETRICO DELLA TAVOLA 7-2-B).

**Progetto di dismissione dell'attività estrattiva e contestuale riqualificazione territoriale in Località Buccoli
Cimitero – Fontana del Fico del Comune di Battipaglia ed Eboli**

Per quanto attiene il piazzale di cava si prevede di riprofilarlo fra quota 94 -100 (margine a confine fra le due cave attive) e quota 90 - 94 metri s.l.m., (margine orientale) a forma di “petto di piccione”, chiaramente con una pendenza inferiore all'1%, per evitare l'eventuale accumulo di acque piovane, poco attese, in relazione alla buona permeabilità dei terreni. L'intervento consiste nel creare un piano costantemente inclinato, in due direzioni, in modo da evitare eventuali ristagni d'acqua e consentire attraverso una serie di cunette di scolo, appositamente realizzate, lo smaltimento dell'eventuale deflusso delle acque piovane verso il settore più depresso del bacino di cava dove è prevista lo scavo di apposita vasca assorbente. Così la Figura 6 illustra la bonifica idraulica del bacino di cava, con il tracciato delle cunette principali, con linea di colore azzurro e la relativa vasca finale sempre di colore azzurro. La configurazione dei bacini idrografici di progetto è illustrata in Figura 7.

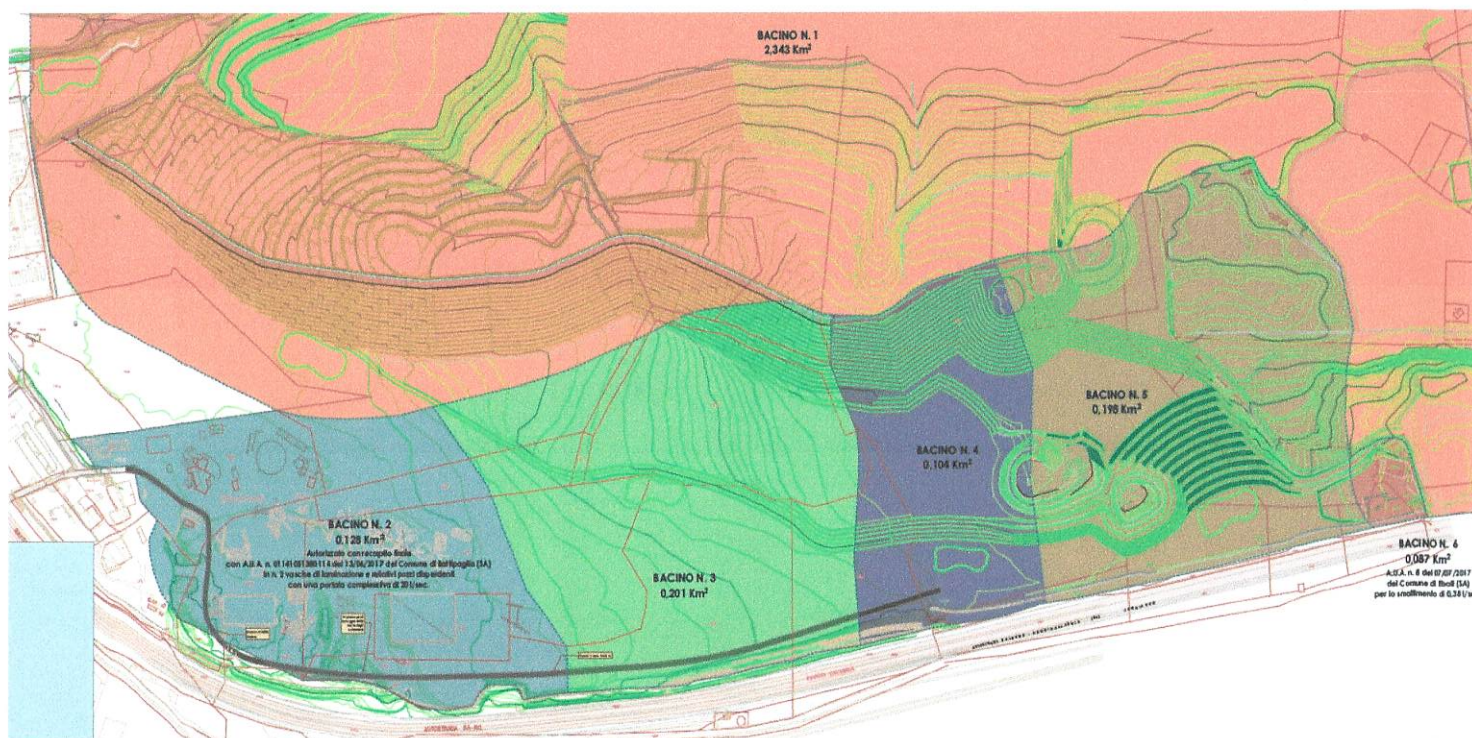


FIGURA n. 7 - MESSA IN SICUREZZA DI LOCALITA' BUCCOLI - CIMITERO - FONTANA DEL FICO CON L'INDICAZIONE DEI BACINI IDRICI (STRALCIO PLANIMETRICO DELLA TAVOLA 7-2-A)

La configurazione dello schema idraulico per la messa in sicurezza è illustrata in Figura 6. In Figura 7 vi è il particolare degli spartiacque in prossimità del piazzale di cava di progetto, mentre in Figura 8 sono riportati i tombini trasversali all'Autostrada A3, con sezione circolare.

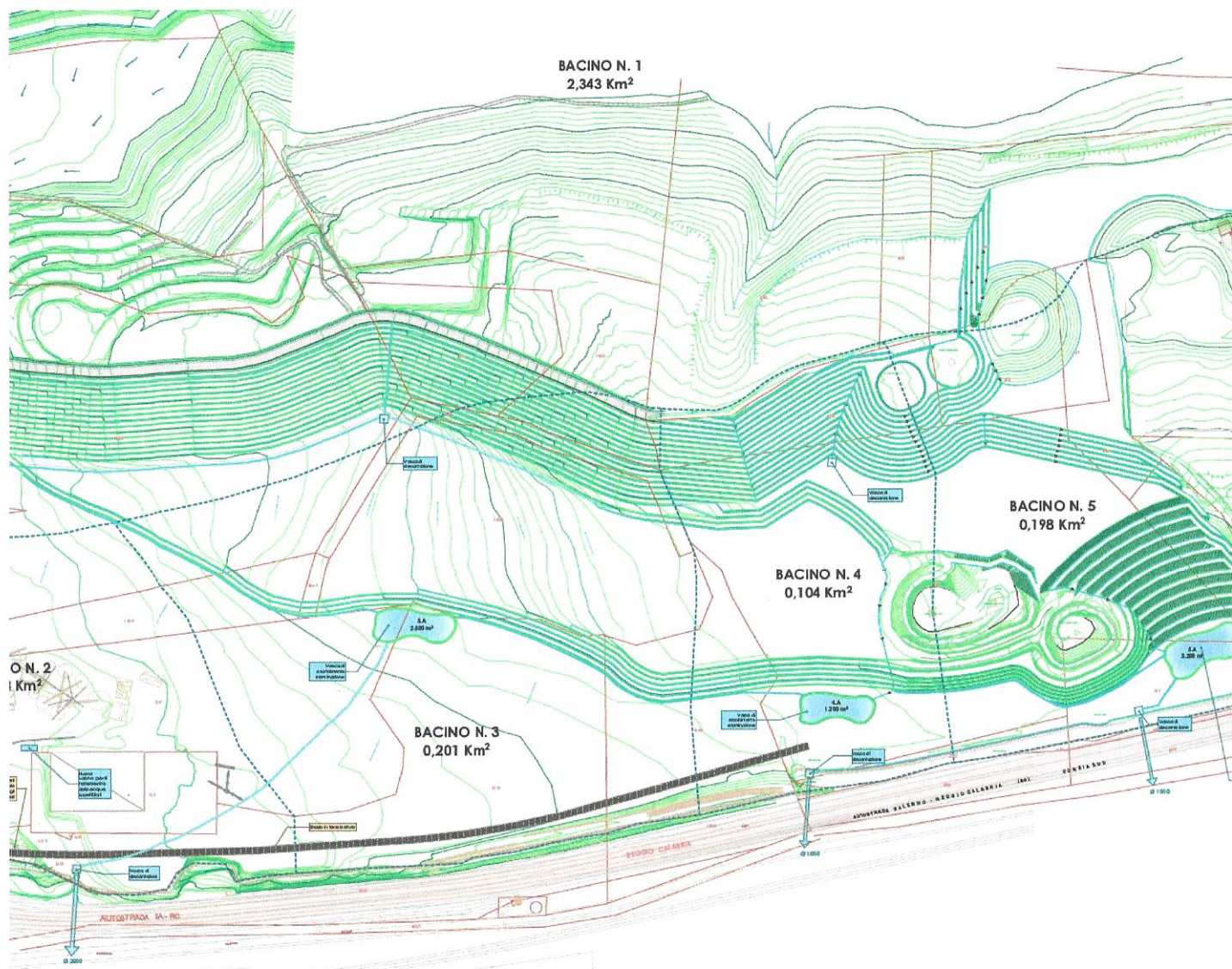


FIGURA N. 8

L'ANALISI IDROLOGICA

PREMESSE DI CARATTERE GENERALE

L'analisi idrologica dei valori estremi delle precipitazioni e delle piene in Campania è stata effettuata nel Rapporto VAPI Campania attraverso una metodologia di analisi regionale di tipo gerarchico, basata sull'uso della distribuzione di probabilità del valore estremo a doppia componente (TCEV – Two Component Extreme Value).

Indicando con h il massimo annuale dell'altezza di pioggia e con T il periodo di ritorno, cioè l'intervallo di tempo durante il quale si accetta che l'evento di pioggia possa verificarsi mediamente una volta, la massima altezza di pioggia h_T corrispondente al prefissato periodo di ritorno T , può essere valutata come:

$$h_T = K_T \cdot m(h)$$

dove:

- $m(h)$ = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena (piena indice).
- K_T = fattore probabilistico di crescita.

IL FATTORE PROBABILISTICO DI CRESCITA

Un'analisi della variabilità spaziale dei parametri della distribuzione dei massimi annuali di pioggia giornaliera ha evidenziato, sul territorio della ex Autorità di Bacino Destra Sele, l'esistenza di un rischio del verificarsi di eventi eccezionali più alto rispetto al resto della regione. La valutazione del fattore di crescita con il periodo di ritorno effettuata utilizzando i parametri stimati su base regionale nel VAPI, quindi, può dare risultati in difetto di sicurezza. Per questo motivo si è deciso di procedere a una stima dei parametri di forma e di scala della TCEV dai dati delle stazioni appartenenti al territorio dell'Autorità di Bacino.

I valori di K_T corrispondenti ai diversi periodi di ritorno considerati nei calcoli idrologici sono riportati nella tabella di seguito riportata.

$T(anni)$	20	50	100	200	300	500	1000
K_T	2,19	2,77	3,22	3,67	3,94	4,27	4,7

Desunta dalla seguente legge di regressione logaritmica:

$$K_T = 0,644 \ln(T) + 0,254$$

LA MEDIA DELLA DISTRIBUZIONE DEI MASSIMI ANNUALI DI PIOGGIA

Per la stima della legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata, il Rapporto VAPI Campania fa sostanzialmente riferimento a leggi a quattro parametri del tipo: (1)

$$m[h(d)] = \frac{m[I_0] \cdot d}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{C-D \cdot z}}$$

in cui $m[I_0]$ rappresenta il limite dell'intensità di pioggia per d che tende a 0.

Nel Rapporto VAPI Campania i parametri della suddetta legge sono stati determinati attraverso una procedura di stima regionale utilizzando:

- i massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.

I bacini di interesse all'interno del territorio di competenza della ex Autorità di Bacino Destra Sele ricadono all'interno delle zone pluviometriche omogenee A1 e A2 del VAPI Campania. Avendo a disposizione una base-dati aggiornata rispetto a quella utilizzata nella redazione del rapporto VAPI Campania, questa Autorità di bacino ha proceduto comunque a un'analisi più approfondita delle leggi di probabilità pluviometrica.

L'analisi ha riguardato tutte le stazioni con almeno 5 anni di osservazioni: costruite le curve empiriche di probabilità pluviometrica per tutte le stazioni, si è proceduto ad aggregarle in zone omogenee e a stimare i parametri delle curve di probabilità pluviometrica teoriche su base regionale, secondo la procedura indicata nel rapporto VAPI Campania. Così facendo, rispetto alla regionalizzazione del rapporto VAPI Campania, è stata rifinita e riportata in una scala cartografica di maggior dettaglio la suddivisione in aree omogenee già esistente.

La stima dei parametri ha fornito valori del tutto assimilabili ai valori riportati nel rapporto VAPI Campania per le corrispondenti aree A1 e A2 e per questo motivo si è deciso di utilizzare i valori stimati nel rapporto VAPI, senza modifiche. Il confronto fra le curve teoriche così ottenute e i punti sperimentali, stazione per stazione, ha evidenziato la presenza di un'area, all'interno della

zona A2, caratterizzata da piovosità molto superiore rispetto al resto della regione. Quest'area racchiude le stazioni comprese fra Salerno Genio Civile e Cava dei Tirreni, ed è chiaramente delimitata da due spartiacque naturali che, evidentemente, definiscono una porzione di territorio che, per esposizione e orografia, favorisce la precipitazione delle acque meteoriche. L'effetto osservato consiste in un incremento generalizzato dell'intensità di pioggia a tutte le durate, con una dipendenza dalla durata molto simile a quella ottenuta per la zona A2, ma con un'intensità $m[I_0]$ molto superiore. Per la sottozona così individuata, e denominata *A2b*, si mantengono invariati i valori dei parametri della legge di probabilità pluviometrica stimati nella zona A2, a eccezione del parametro $m[I_0]$, stimato localmente.

Nella tavola e nella tabella che seguono viene rappresentata la suddivisione spaziale del territorio della ex Autorità di Bacino Destra Sele nelle 3 aree pluviometriche omogenee individuate e sono riportati i valori dei 4 parametri della legge intensità-durata per ognuna delle sottozone in cui è stato suddiviso il territorio della ex Autorità di Bacino Destra Sele (cfr. Figura 9).

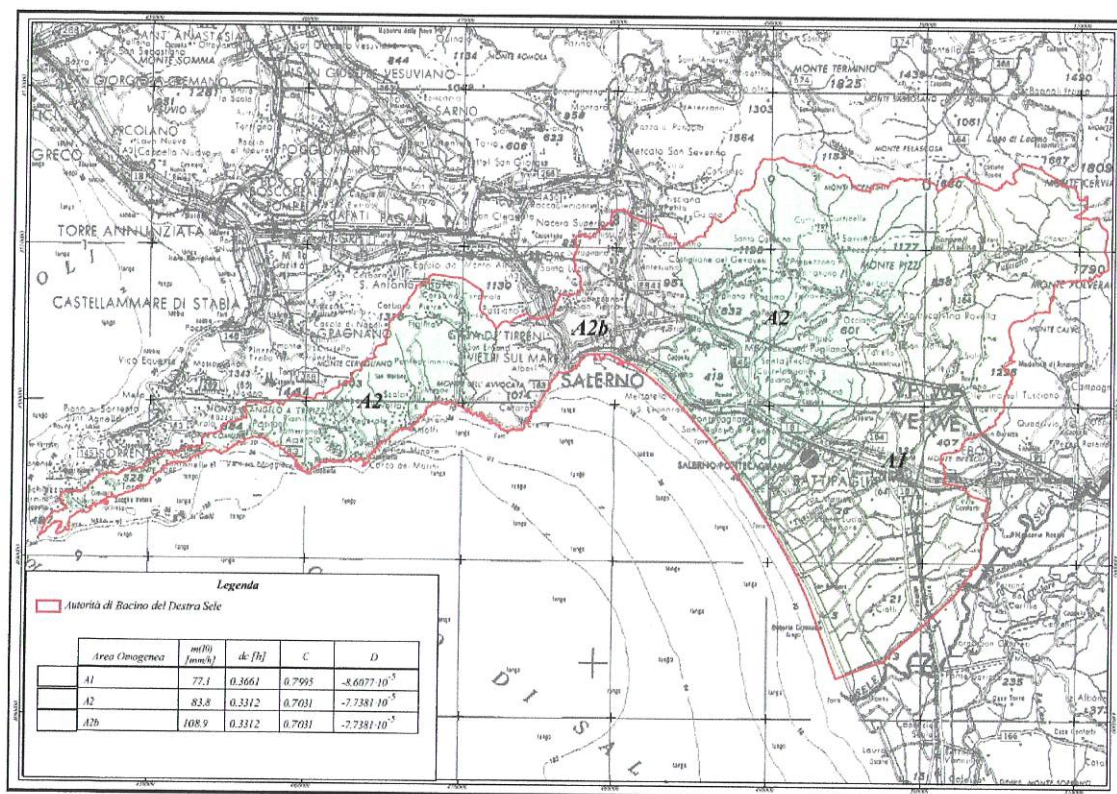


FIGURA N. 9

LA TRASFORMAZIONE DEGLI AFFLUSSI IN DEFLUSSI

Nota la legge di probabilità pluviometrica occorre definire un modello di trasformazione afflussi/deflussi. L'Autorità di bacino Campania Sud-Sele propone di applicare il metodo della corrivazione, mediante la formula razionale:

$$Q = C_f \cdot i(tc) \cdot S \quad (2)$$

in cui:

- tc è il tempo di corrivazione del bacino;
- S è la superficie del bacino;
- C_f è un coefficiente di afflusso che tiene conto delle perdite per evapotraspirazione e infiltrazione.

Il tempo di corrivazione in ore può essere calcolato con la formula di Giandotti, proposta dall'Autorità di bacino Nord-Occidentale della Campania.

$$tc = [4 \cdot S^{0,5} + 1,5 \cdot L] / 0,8 \cdot (H_{med} - H_0)^{0,5} \quad (3)$$

ove L = lunghezza dell'asta principale in km

S = superficie del bacino in km²

H_{med} = quota media del bacino in m s.l.m.

H₀ = quota della sezione di chiusura in m s.l.m

Per quanto riguarda il coefficiente di afflusso, può essere considerata valida la seguente formula:

$$C_f = C_{f1} p_p + C_{f2} (1 - p_p) \quad (4)$$

con C_{f1} = 0.13, C_{f2} = 0.60 e p_p pari alla frazione delle aree del bacino che si comportano come completamente permeabili alle precipitazioni.

APPLICAZIONE AL CASO DI STUDIO

Per quanto riguarda il presente studio, per i bacini idrografici di progetto rappresentati in Figura 6, si ha la seguente tabella riassuntiva delle aree, del coefficiente di afflusso – di cui alla formula (4).

Bacino di riferimento	A (kmq)	p _p	C _f
1	2,34	0,6	0,32
1 – Solo versante sud Colle Mancuso	0,34	0,6	0,32
3	0,23	0,3	0,46
4	0,10	0,3	0,46
5	0,20	0,3	0,46

TABELLA 2

Per quanto riguarda la morfologia dei bacini idrografici di progetto rappresentati in Figura 6, si ha la seguente tabella riassuntiva delle aree, della lunghezza dell'asta principale, della quota media del bacino, della quota della sezione di chiusura e del tempo di corrivazione – di cui alla formula (3).

Bacino di riferimento	A (kmq)	L (km)	H _{med} (m.s.l. m.)	H ₀ (m.s.l. m.)	t _c (h)
1	2,34	1,60	125,00	95,00	1,94
1 – Solo versante sud Colle Mancuso	0,34	1,00	140,00	95,00	0,71
3	0,23	0,50	153,00	95,00	0,44
4	0,10	0,35	86,00	76,00	0,71
5	0,20	0,40	150,00	95,00	0,40

TABELLA N. 3

In considerazione del fatto che i bacini idrografici oggetto della presente indagine idrologica sono ubicati in area A1, applicando la (1) in base alla quota media dei bacini idrografici, si ottiene, in base ai tempi di corrivazione, la media della distribuzione dei massimi annuali di pioggia per ognuno dei bacini in Figura 7, nonché la media della distribuzione delle massime intensità di pioggia annue. Tali informazioni sono elencate nella tabella che segue.

Bacino di riferimento	H _{med} (m.s.l. m.)	H ₀ (m.s.l. m.)	t _c (h)	h(t _c) (mm)	i(t _c) (mm/h)
1	125,00	95,00	1,94	33,69	17,33
1 – Solo versante sud Colle Mancuso	140,00	95,00	0,71	22,88	32,04
3	153,00	95,00	0,44	17,82	40,68
4	86,00	76,00	0,71	22,90	32,36
5	150,00	95,00	0,40	16,99	42,20

TABELLA 4

Applicando, infine, la (2) si ottiene la portata di piena media annua per ognuno dei bacini di progetto, in funzione dell'area di bacino e del coefficiente di afflusso. Moltiplicando per il coefficiente di crescita K_T , infine, si ottiene la portata di progetto in funzione di diversi tempi di ritorno. Nella tabella che segue vi sono le portate necessarie a verificare le opere di progetto.

Bacino di riferimento	A (kmq)	C_f	$i(t_c)$ (mm/h)	Q_m (mc/s)	$Q_{20 \text{ anni}}$ (mc/s)	$Q_{50 \text{ anni}}$ (mc/s)	$Q_{100 \text{ anni}}$ (mc/s)	$Q_{200 \text{ anni}}$ (mc/s)	$Q_{500 \text{ anni}}$ (mc/s)
1	2,34	0,32	17,33	3,58	7,84	9,92	11,53	13,15	15,30
1 – Solo versante sud Colle Mancuso	0,34	0,32	32,04	0,96	2,11	2,67	3,10	3,53	4,11
3	0,23	0,46	40,68	1,19	2,61	3,30	3,84	4,38	5,09
4	0,10	0,46	32,36	0,41	0,90	1,14	1,33	1,51	1,76
5	0,20	0,46	42,20	1,08	2,36	2,98	3,47	3,95	4,59

TABELLA 5

VERIFICA IDRAULICA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

I CANALI A PELO LIBERO A SEZIONE TRAPEZIA

Il sistema di drenaggio oggetto di verifica idraulica è costituito da una rete di canali a pelo libero ricavate nel conglomerato cementato in matrice limo sabbiosa, talvolta fratturato, che fungono anche da trincee di dispersione sotterranea. Vi sono poi tombini circolari esistenti, trasversali all'Autostrada A3, alimentati dalla citata rete di canali.

Essendo i canali ricavati artificialmente mediante scavi a sezione obbligata, ad essi si può dare una pendenza costante. In tale ipotesi appare sufficiente la verifica dei canali con modellazione idraulica in moto uniforme. Si verifica, quindi, il canale tipo in roccia senza rivestimento, a sezione trapezia, con pendenza minima pari a 0,4%, base minore al fondo dello scavo pari a 1m, inclinazione media delle sponde pari a 45°, rappresentato in Figura 10, con scala di deflusso riportata in Figura 11.

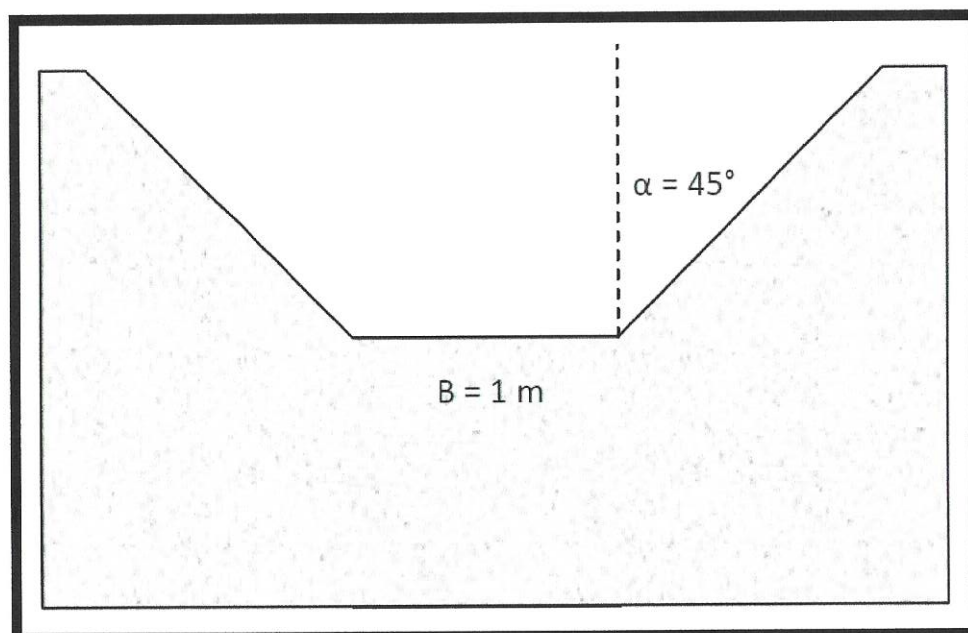


FIGURA N. 10

Scala delle portate di moto uniforme (SEZIONE TRAPEZIA/RETTANGOLARE/TRIANGOLARE)

$i = 0,4\%$; $B = 1 \text{ m}$; inclinaz. sponde ($\alpha_1 = 45^\circ$, $\alpha_2 = 45^\circ$); Canali in roccia senza rivestimento

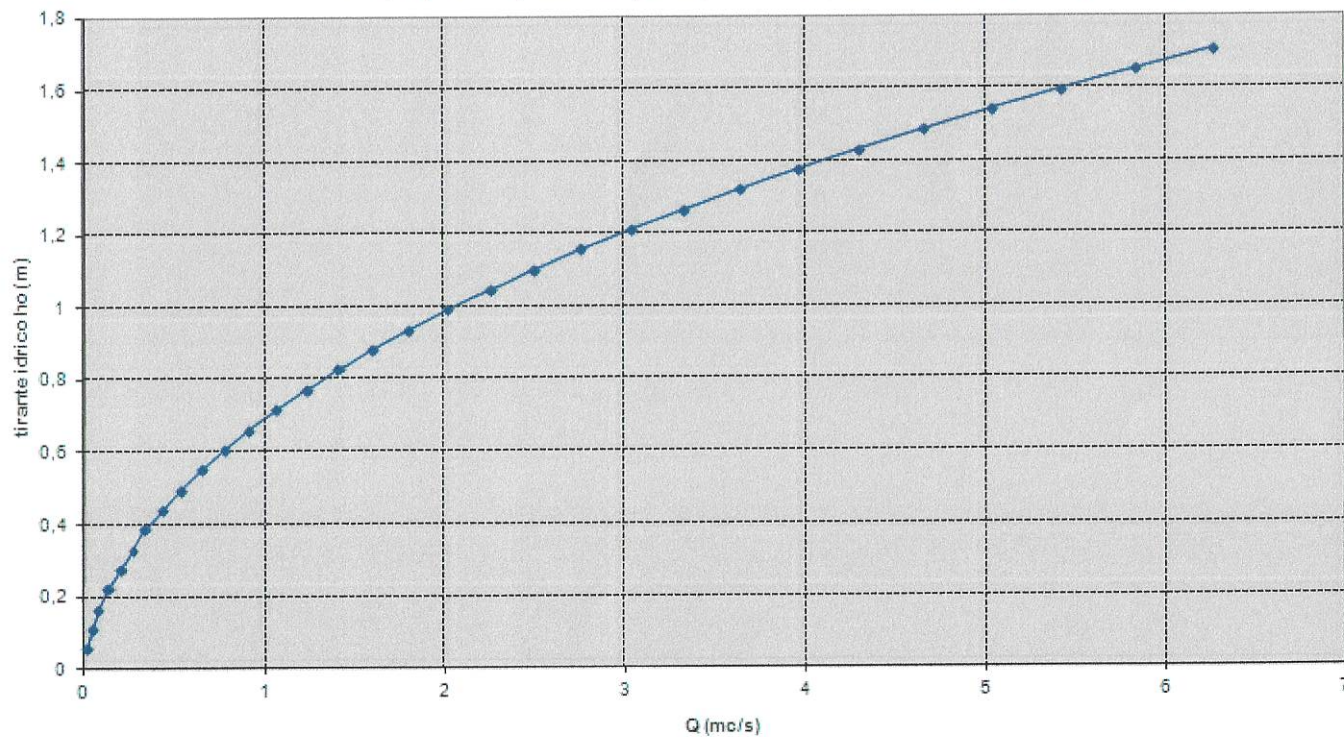


FIGURA N. 11

Il canale tipo a sezione trapezia sarà realizzato nei bacini rubricati nella Tabella che segue. Nella colonna della densità di drenaggio è riportato il numero di canali che in ogni bacino svolgono l'ufficio idraulico e in cui si ripartiscono le portate in Tabella 5.

La profondità minima di scavo da assegnare ai canali, in base alla curva di deflusso in Figura 10, è quella riportata nell'ultima colonna a destra della Tabella 6.

Bacino di riferimento	Densità drenaggio	Q _{20 anni} (mc/s)	Q _{50 anni} (mc/s)	Q _{100 anni} (mc/s)	Profondità min. canale (m)
1 – Solo versante sud Colle Mancuso	2	1,05	1,33	1,55	1,00
3	1	2,61	3,30	3,84	1,50
4	1	0,90	1,14	1,33	1,00
5	1	2,36	2,98	3,47	1,50

TABELLA 6

I TOMBINI A SEZIONE CIRCOLARE

Anche per la verifica dei tombini si presuppone un funzionamento idraulico in moto uniforme, con pareti interne dello speco in calcestruzzo non in perfette condizioni (coefficiente di Gauckler-Strickler pari a 65), a sezione circolare, con pendenza minima pari a 1,0%. I diametri nominali degli specchi sono due: 1000 mm, con scala di deflusso riportata in Tabella 7 e Figura 11 e 2000 mm, con scala di deflusso riportata in Tabella 8 e Figura 12.

DEFLUSSO IN MOTO UNIFORME IN CANALE CIRCOLARE IN CALCESTRUZZO USURATO (Kc = 65) CON DIAMETRO NOMINALE PARI A 1000 mm E PENDENZA DEL 1%							
	h	χ	V	Q	V/Vr	Q/Qr	h/r
	m		m/s	mc/s			
1	0,0500	36,7289	0,6627	0,0097	0,2569	0,0048	0,1000
2	0,1000	41,0581	1,0348	0,0423	0,4012	0,0209	0,2000
3	0,1500	43,7420	1,3331	0,0985	0,5168	0,0486	0,3000
4	0,2000	45,6877	1,5866	0,1774	0,6151	0,0876	0,4000
5	0,2500	47,2007	1,8074	0,2775	0,7007	0,1370	0,5000
6	0,3000	48,4233	2,0021	0,3967	0,7761	0,1958	0,6000
7	0,3500	49,4338	2,1745	0,5327	0,8430	0,2629	0,7000
8	0,4000	50,2796	2,3272	0,6827	0,9022	0,3370	0,8000
9	0,4500	50,9917	2,4618	0,8439	0,9544	0,4165	0,9000
10	0,5000	51,5905	2,5795	1,0130	1,0000	0,5000	1,0000
11	0,5500	52,0903	2,6809	1,1866	1,0393	0,5857	1,1000
12	0,6000	52,5003	2,7663	1,3611	1,0724	0,6718	1,2000
13	0,6500	52,8262	2,8357	1,5324	1,0993	0,7564	1,3000
14	0,7000	53,0704	2,8885	1,6962	1,1198	0,8372	1,4000
15	0,7500	53,2320	2,9238	1,8474	1,1335	0,9119	1,5000
16	0,8000	53,3055	2,9400	1,9803	1,1397	0,9775	1,6000
17	0,8500	53,2784	2,9340	2,0876	1,1374	1,0304	1,7000
18	0,9000	53,1241	2,9002	2,1593	1,1243	1,0658	1,8000
19	0,9500	52,7742	2,8245	2,1769	1,0950	1,0745	1,9000
20	1,0000	51,5905	2,5795	2,0260	1,0000	1,0000	2,0000

TABELLA 7

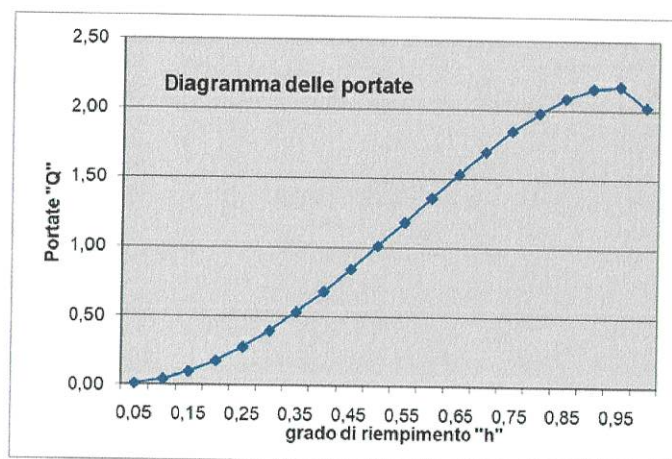


FIGURA 11

DEFLUSSO IN MOTO UNIFORME IN CANALE CIRCOLARE IN CALCESTRUZZO USURATO (Kc = 65) CON DIAMETRO NOMINALE PARI A 2000 mm E PENDENZA DEL 1%							
	h	χ	V	Q	V/Vr	Q/Qr	h/r
	m		m/s	mc/s			
1	0,1000	41,2268	1,0519	0,0618	0,2569	0,0048	0,1000
2	0,2000	46,0861	1,6426	0,2686	0,4012	0,0209	0,2000
3	0,3000	49,0987	2,1161	0,6253	0,5168	0,0486	0,3000
4	0,4000	51,2827	2,5185	1,1265	0,6151	0,0876	0,4000
5	0,5000	52,9810	2,8691	1,7621	0,7007	0,1370	0,5000
6	0,6000	54,3533	3,1781	2,5192	0,7761	0,1958	0,6000
7	0,7000	55,4875	3,4518	3,3825	0,8430	0,2629	0,7000
8	0,8000	56,4370	3,6942	4,3350	0,9022	0,3370	0,8000
9	0,9000	57,2362	3,9079	5,3582	0,9544	0,4165	0,9000
10	1,0000	57,9084	4,0947	6,4320	1,0000	0,5000	1,0000
11	1,1000	58,4694	4,2557	7,5346	1,0393	0,5857	1,1000
12	1,2000	58,9296	4,3913	8,6426	1,0724	0,6718	1,2000
13	1,3000	59,2954	4,5014	9,7304	1,0993	0,7564	1,3000
14	1,4000	59,5696	4,5852	10,7702	1,1198	0,8372	1,4000
15	1,5000	59,7509	4,6413	11,7304	1,1335	0,9119	1,5000
16	1,6000	59,8333	4,6669	12,5741	1,1397	0,9775	1,6000
17	1,7000	59,8029	4,6575	13,2556	1,1374	1,0304	1,7000
18	1,8000	59,6298	4,6038	13,7104	1,1243	1,0658	1,8000
19	1,9000	59,2371	4,4837	13,8226	1,0950	1,0745	1,9000
20	2,0000	57,9084	4,0947	12,8640	1,0000	1,0000	2,0000

TABELLA 8

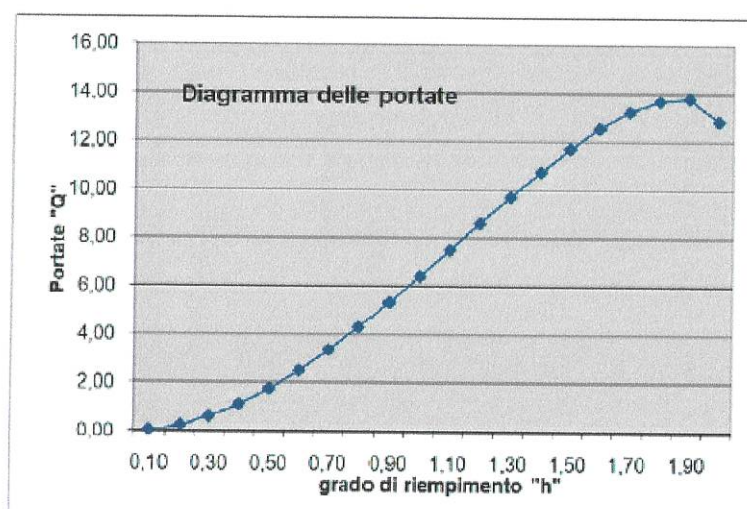


FIGURA 12

LA VASCA DI DISPERSIONE

Il criterio di dimensionamento di tutti i sistemi d'infiltrazione va eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema (quindi l'idrogramma di piena di progetto) con la capacità d'infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume invasato nel sistema. Tale confronto può essere espresso con la seguente equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti per il mezzo filtrante, in cui per semplicità e a vantaggio di sicurezza è stata trascurata l'evaporazione:

$$(Q_i - Q_f) \cdot \Delta t = \Delta W$$

con:

Q_i portata d'ingresso;

Q_f portata infiltrazione

Δt intervallo di tempo

ΔW variazione del volume invasato nel mezzo filtrante nell'intervallo Δt .

Per quanto riguarda i metodi di determinazione dell'idrogramma di piena, e quindi della portata Q_i , si pone il tempo di ritorno pari a 20 anni.

La capacità d'infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione con la legge di Darcy:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A$$

con:

Q_f portata d'infiltrazione [m^3/s];

K permeabilità (o coefficiente di permeabilità) [m/s];

J cadente piezometrica [m/m];

A superficie netta d'infiltrazione [m^2]

Nella Tabella 10 sono riportati i valori di K per alcuni suoli tipici. Al fine di tener conto che gli strati di terreno in questione si trovano spesso in condizioni insature, è opportuno ridurre del 50% il valore della permeabilità che compare nella legge di Darcy [Sieker, 1984]. La cadente piezometrica J può essere posta pari a 1, qualora il tirante idrico sulla superficie filtrante sia trascurabile rispetto all'altezza della strato filtrante e la superficie della falda sia convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

Tipo di suolo	K (m/s)	Permeabilità
ciottoli, ghiaia (senza elementi fini)	$> 10^{-2}$	elevata
sabbia, sabbia e ghiaia	$10^{-2} + 10^{-5}$	buona
sabbia fine, limo, argilla con limo e sabbia	$10^{-5} + 10^{-9}$	cattiva
argilla omogenea	$10^{-9} + 10^{-11}$	impermeabile

TABELLA 10

L'equazione di continuità può essere risolta per passi, fissando un intervallo temporale di risoluzione fisso o variabile.

Per qualunque sistema d'infiltrazione dotato di accumulo, occorre verificare che lo svuotamento, dopo la fine dell'evento piovoso, avvenga in un tempo non maggiore di quello medio stimato fra due eventi successivi (di solito si garantisce un tempo di svuotamento non superiore a 4 giorni).

La portata Q_f può essere calcolata con la seguente espressione:

$$Q_f = (K/2) \cdot J \cdot A_f$$

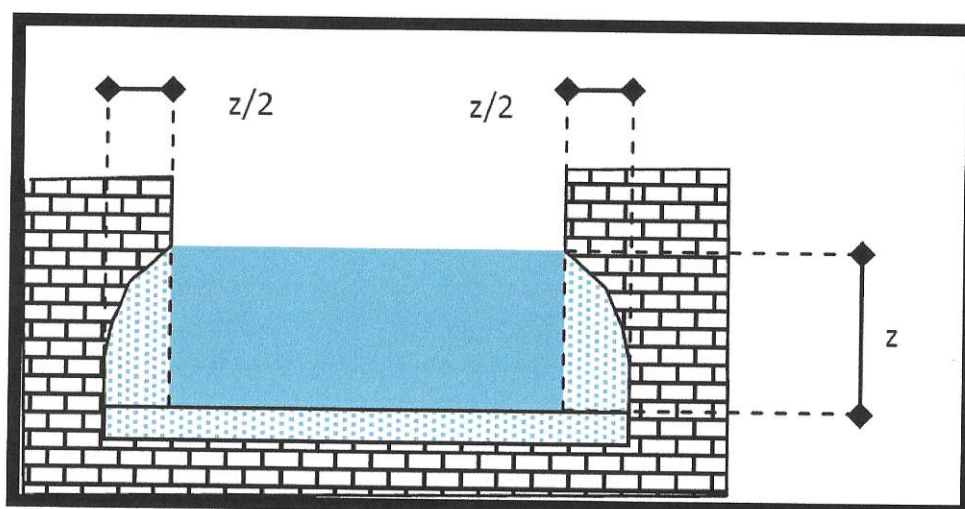


FIGURA 14: SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DEI FENOMENI DI INFILTRAZIONE IN MEZZI INSATURI

In tale espressione il primo termine in parentesi rappresenta la permeabilità in condizioni insature, pari alla metà di quella in condizioni sature; il secondo termine costituisce invece la cadente piezometrica, infine A_f rappresenta la superficie orizzontale drenante effettiva, calcolabile come quella di una superficie la cui dimensione rispetto alla base della vasca è più grande di $z/2$, con z pari al livello dell'acqua nella vasca.

Per vasche caratterizzate da dimensioni planari di ordine di grandezza superiori a quelle di profondità, si può assumere, con buona approssimazione, A_f pari all'area della superficie di coronamento della vasca.

Per definire le portate d'ingresso alla vasca si procede come segue.

Come detto nel capitolo dell'idrologia, moltiplicando la (2) per il coefficiente di crescita K_T , con T pari al tempo di ritorno in anni – che nel caso specifico è pari a 100 anni, si ottiene la portata in ingresso alla vasca, espressa in m^3/s definita dalla (5).

$$Q_i(d)_{100} = C_f \cdot i(t_c) \cdot S \cdot K_{100} / 3,6 \quad (5)$$

Il rapporto tra la portata d'ingresso e l'area – in mq – della superficie di coronamento della vasca restituisce la velocità di ingresso dell'acqua piovana nella vasca $w^{in}(d)_{100} = Q_i(d)_{100} / A_{\text{coronamento vasca}}$.

Nel momento stesso in cui le vasche iniziano a riempirsi, l'acqua si infiltra nel sottosuolo. In ipotesi conservative si può supporre che alla base delle vasche si depositi col tempo del materiale sabbioso, che riduca la permeabilità ai valori tipici delle sabbie sature, pari a 12 cm/h , ovvero $w^{out} = 0,000033 \text{ m/s}$.

Pertanto la velocità di riempimento effettiva della vasca è pari a:

$$w^{eff}(d)_{100} = w^{in}(d)_{100} - w^{out} = w^{in}(d)_{100} - 0,000033 \text{ m/s}$$

Il prodotto della velocità di riempimento effettiva della vasca con la durata della meteora espressa in secondi e l'area della superficie di coronamento della vasca restituisce il volume effettivo che verrebbe invasato dalla vasca a seguito dell'evento meteorico centennale di durata d :

$$V^{eff}(d)_{100} = w^{eff}(d)_{100} \cdot 3 \cdot 600 \cdot d \cdot A_{\text{coronamento vasca}}$$

Ebbene, la funzione $V^{eff}(d)_{100}$ inizialmente cresce al crescere di d , poi raggiunge un valore massimo e infine diventa decrescente. Ciò è dovuto al fatto che la velocità di infiltrazione nel sottosuolo tende ad annullare la velocità di riempimento per temporali di durata molto lunga, per i quali l'intensità media di pioggia diventa molto bassa. Ovviamente più larga è la vasca, più si riduce la velocità d'ingresso dell'acqua e più il picco della funzione $V^{eff}(d)_{100}$ si verifica per valori di durata inferiori d .

Il tempo di svuotamento in ore della vasca di dispersione tiene conto della sola velocità di uscita w^{out} ed è dato da:

$$t^{sv}(d)_{100} = V^{eff}(d)_{100} / (3 \cdot 600 \cdot A_{\text{coronamento vasca}} \cdot w^{out})$$

qualora $V^{eff}(d)_{100}$ venga espresso in m^3 , $A_{\text{coronamento vasca}}$ venga espresso in m^2 w^{out} venga espresso in m/s .

Qualora alla vasca di dispersione si vuole far assumere anche l'ufficio di laminazione, non è necessario che i volumi d'acqua meteorici siano totalmente contenuti nella vasca stessa. È sufficiente, infatti, che le vasche assorbano i volumi più rilevanti, si riempiano fino all'orlo e rilascino l'acqua in eccesso.

Se la vasca ha volume pari a V_{vasca} e risulta che $V^{eff}(d)_{100}$ è superiore a V_{vasca} , la portata in uscita dalla vasca sarà pari a quella in ingresso.

Nel caso specifico vengono verificate per una portata di piena 20-ennale (tipica della verifiche delle reti di drenaggio artificiali) le 5 vasche di dispersione di cui alla Tabella 1, da realizzare con una profondità media pari a quella indicata nella medesima Tabella 1, con un angolo di scarpata caratterizzata da una pendenza media di 45°.

Vasca 1.A

La Vasca 1.A assolve solo al compito di consentire un temporaneo rallentamento delle acque di corrivazione, inducendo il deposito del materiale solido sospeso prima dell'ingresso nel tratto tombinato. La funzione di assorbimento per dispersione nel sottosuolo, atteso l'enorme bacino idrografico sotteso, appare palesemente inadeguata, anche se incide senza dubbio sulla riduzione delle portate di piena che poi innescheranno più a valle il tombino nei pressi della zona cimiteriale.

VASCA 1.A

Area bacino di alimentazione (kmq) 2,34

Area di coronamento superficiale della vasca (mq) 8000

w^{out} (cm/h) 12

h_{media} bacino (mslm) 125

profondità media vasca (m) 3

d	h(d)	i(d)	Qi(d)20	win(d)20	wout	weff(d)20	Veff(d)20	heff(d)20	tsv(d)20	Qout(d)20
h	mm	mm/h	mc/s	m/s	m/s	m/s	mc	m	h	mc/s
0,01	0,75	75,43	34,36	0,00430	0,00003	0,00427	1228,39	0,15	1,42	0,00
0,02	1,48	73,85	33,64	0,00420	0,00003	0,00417	2404,74	0,30	2,78	0,00
0,03	2,17	72,33	32,95	0,00412	0,00003	0,00409	3532,61	0,44	4,09	0,00
0,04	2,84	70,89	32,29	0,00404	0,00003	0,00401	4615,26	0,58	5,34	0,00
0,05	3,48	69,50	31,66	0,00396	0,00003	0,00393	5655,63	0,71	6,55	0,00
0,06	4,09	68,18	31,06	0,00388	0,00003	0,00385	6656,42	0,83	7,70	0,00
0,07	4,68	66,91	30,48	0,00381	0,00003	0,00378	7620,09	0,95	8,82	0,00
0,08	5,26	65,69	29,92	0,00374	0,00003	0,00371	8548,90	1,07	9,89	0,00
0,09	5,81	64,52	29,39	0,00367	0,00003	0,00364	9444,92	1,18	10,93	0,00
0,10	6,34	63,40	28,88	0,00361	0,00003	0,00358	10310,04	1,29	11,93	0,00
0,20	10,83	54,16	24,67	0,00308	0,00003	0,00305	17590,25	2,20	20,36	0,00
0,30	14,24	47,47	21,62	0,00270	0,00003	0,00267	23095,10	2,89	26,73	0,00

L'ultima riga, afferente a una pioggia 20-ennale di durata pari a tre decimi di ora (18 min), prevede il riempimento della vasca fino a quota 2,89 m. Per durate di pioggia superiori si avrebbe il riempimento totale della vasca, che si svuoterebbe entro 26,73 ore.

Vasca 1.B

La Vasca 1.B assolve il compito di alleggerire il carico idraulico sulla Vasca 1.A. Sottende un bacino idrografico di 0,34 kmq ed ha lo scopo di assorbire l'intera quantità di acque di corrivazione ventennale.

VASCA 1.B

Area bacino di alimentazione (kmq) 0,34

Area di coronamento superficiale della vasca (mq) 4000

w^{out} (cm/h) 12

h_{media} bacino (mslm) 125

profondità media vasca (m) 3

d	h(d)	i(d)	Qi(d)20	win(d)20	wout	weff(d)20	Veff(d)20	heff(d)20	tsv(d)20	Qout(d)20
h	mm	mm/h	mc/s	m/s	m/s	m/s	mc	m	h	mc/s
0,01	0,75	75,43	4,99	0,00125	0,00003	0,00122	175,42	0,04	0,41	0,00
0,02	1,48	73,85	4,89	0,00122	0,00003	0,00119	343,28	0,09	0,79	0,00
0,05	3,48	69,50	4,60	0,00115	0,00003	0,00112	806,43	0,20	1,87	0,00
0,10	6,34	63,40	4,20	0,00105	0,00003	0,00102	1467,39	0,37	3,40	0,00
0,20	10,83	54,16	3,58	0,00090	0,00003	0,00087	2494,56	0,62	5,77	0,00
0,30	14,24	47,47	3,14	0,00079	0,00003	0,00076	3263,76	0,82	7,56	0,00
0,40	16,95	42,39	2,81	0,00070	0,00003	0,00067	3866,90	0,97	8,95	0,00
0,50	19,19	38,37	2,54	0,00063	0,00003	0,00060	4355,79	1,09	10,08	0,00
0,60	21,07	35,12	2,32	0,00058	0,00003	0,00055	4762,11	1,19	11,02	0,00
0,70	22,70	32,43	2,15	0,00054	0,00003	0,00051	5106,44	1,28	11,82	0,00
0,80	24,13	30,16	2,00	0,00050	0,00003	0,00047	5402,79	1,35	12,51	0,00
0,90	25,39	28,21	1,87	0,00047	0,00003	0,00044	5661,08	1,42	13,10	0,00
1,00	26,53	26,53	1,76	0,00044	0,00003	0,00041	5888,54	1,47	13,63	0,00
2,00	34,00	17,00	1,13	0,00028	0,00003	0,00025	7236,20	1,81	16,75	0,00
5,00	43,77	8,75	0,58	0,00014	0,00003	0,00011	8270,06	2,07	19,14	0,00
6,00	45,74	7,62	0,50	0,00013	0,00003	0,00010	8305,70	2,08	19,23	0,00
7,00	47,41	6,77	0,45	0,00011	0,00003	0,00008	8272,41	2,07	19,15	0,00
8,00	48,87	6,11	0,40	0,00010	0,00003	0,00007	8188,92	2,05	18,96	0,00
9,00	50,17	5,57	0,37	0,00009	0,00003	0,00006	8067,22	2,02	18,67	0,00
10,00	51,35	5,14	0,34	0,00008	0,00003	0,00005	7915,39	1,98	18,32	0,00
20,00	59,42	2,97	0,20	0,00005	0,00003	0,00002	5518,09	1,38	12,77	0,00
30,00	64,48	2,15	0,14	0,00004	0,00003	0,00001	2404,95	0,60	5,57	0,00
40,00	68,27	1,71	0,11	0,00003	0,00003	0,00000	0,0	0,0	0,0	0,00

La Vasca 1.B si riempirebbe al massimo fino a 2,08 m per una pioggia ventennale di durata pari a 6 ore e si svuoterebbe entro 5,57 ore. Per piogge ventennali di durata superiore alle 30 ore la vasca non si riempirebbe perché la pioggia verrebbe assorbita direttamente dal suolo calcareo.

Vasca 3.A

Sottende un bacino idrografico di 0,23 kmq ed ha lo scopo di assorbire l'intera quantità di acque di corrivazione ventennale.

VASCA 3.A

Area bacino di alimentazione (kmq) 0,23

Area di coronamento superficiale della vasca (mq) 2500

w^{out} (cm/h) 12

h_{media} bacino (mslm) 125

profondità media vasca (m) 3

d	h(d)	i(d)	Qi(d)20	win(d)20	wout	weff(d)20	Veff(d)20	heff(d)20	tsv(d)20	Qout(d)20
h	mm	mm/h	mc/s	m/s	m/s	m/s	mc	m	h	mc/s
0,01	0,75	75,43	3,38	0,00135	0,00003	0,00132	118,89	0,05	0,44	0,00
0,02	1,48	73,85	3,31	0,00132	0,00003	0,00129	232,66	0,09	0,86	0,00
0,05	3,48	69,50	3,11	0,00124	0,00003	0,00121	546,64	0,22	2,02	0,00
0,10	6,34	63,40	2,84	0,00114	0,00003	0,00111	994,87	0,40	3,68	0,00
0,20	10,83	54,16	2,42	0,00097	0,00003	0,00094	1691,94	0,68	6,27	0,00
0,50	19,19	38,37	1,72	0,00069	0,00003	0,00066	2957,68	1,18	10,95	0,00
1,00	26,53	26,53	1,19	0,00048	0,00003	0,00045	4005,66	1,60	14,84	0,00
2,00	34,00	17,00	0,76	0,00030	0,00003	0,00027	4939,55	1,98	18,29	0,00
3,00	38,32	12,77	0,57	0,00023	0,00003	0,00020	5367,18	2,15	19,88	0,00
4,00	41,39	10,35	0,46	0,00019	0,00003	0,00016	5591,09	2,24	20,71	0,00
5,00	43,77	8,75	0,39	0,00016	0,00003	0,00013	5705,63	2,28	21,13	0,00
6,00	45,74	7,62	0,34	0,00014	0,00003	0,00011	5751,97	2,30	21,30	0,00
7,00	47,41	6,77	0,30	0,00012	0,00003	0,00009	5751,69	2,30	21,30	0,00
8,00	48,87	6,11	0,27	0,00011	0,00003	0,00008	5717,45	2,29	21,18	0,00
9,00	50,17	5,57	0,25	0,00010	0,00003	0,00007	5657,35	2,26	20,95	0,00
10,00	51,35	5,14	0,23	0,00009	0,00003	0,00006	5576,88	2,23	20,66	0,00
11,00	52,42	4,77	0,21	0,00009	0,00003	0,00006	5479,91	2,19	20,30	0,00
12,00	53,41	4,45	0,20	0,00008	0,00003	0,00005	5369,30	2,15	19,89	0,00
13,00	54,33	4,18	0,19	0,00007	0,00003	0,00004	5247,21	2,10	19,43	0,00
14,00	55,19	3,94	0,18	0,00007	0,00003	0,00004	5115,33	2,05	18,95	0,00
15,00	55,99	3,73	0,17	0,00007	0,00003	0,00004	4974,96	1,99	18,43	0,00
16,00	56,75	3,55	0,16	0,00006	0,00003	0,00003	4827,20	1,93	17,88	0,00
17,00	57,47	3,38	0,15	0,00006	0,00003	0,00003	4672,90	1,87	17,31	0,00
18,00	58,15	3,23	0,14	0,00006	0,00003	0,00003	4512,80	1,81	16,71	0,00
19,00	58,80	3,09	0,14	0,00006	0,00003	0,00003	4347,51	1,74	16,10	0,00
20,00	59,42	2,97	0,13	0,00005	0,00003	0,00002	4177,53	1,67	15,47	0,00
30,00	64,48	2,15	0,10	0,00004	0,00003	0,00001	2293,94	0,92	8,50	0,00
40,00	68,27	1,71	0,08	0,00003	0,00003	0,00000	203,94	0,08	0,76	0,00
50,00	71,33	1,43	0,06	0,00003	0,00003	0,00000	0,00	0,00	0,00	0,00

La Vasca 3.A si riempirebbe al massimo fino a 2,30 m per una pioggia ventennale di durata pari a 6-7 ore e si svuoterebbe entro 21,30 ore. Per piogge ventennali di durata superiore alle 40 ore la vasca non si riempirebbe perché la pioggia verrebbe assorbita direttamente dal suolo calcareo.

Vasca 4.A

Sottende un bacino idrografico di 0,10 kmq ed ha lo scopo di assorbire l'intera quantità di acque di corrivazione ventennale.

VASCA 4.A

Area bacino di alimentazione (kmq) 0,10

Area di coronamento superficiale della vasca (mq) 1200

w^{out} (cm/h) 12

h_{media} bacino (mslm) 125

profondità media vasca (m) 3

d	h(d)	i(d)	Qi(d)20	win(d)20	wout	weff(d)20	Veff(d)20	heff(d)20	tsv(d)20	Qout(d)20
h	mm	mm/h	mc/s	m/s	m/s	m/s	mc	m	h	mc/s
0,01	0,75	75,43	1,47	0,00122	0,00003	0,00119	51,57	0,04	0,40	0,00
0,02	1,48	73,85	1,44	0,00120	0,00003	0,00117	100,91	0,08	0,78	0,00
0,05	3,48	69,50	1,35	0,00113	0,00003	0,00110	237,06	0,20	1,83	0,00
0,10	6,34	63,40	1,23	0,00103	0,00003	0,00100	431,33	0,36	3,33	0,00
0,20	10,83	54,16	1,05	0,00088	0,00003	0,00085	733,18	0,61	5,66	0,00
0,50	19,19	38,37	0,75	0,00062	0,00003	0,00059	1279,84	1,07	9,88	0,00
1,00	26,53	26,53	0,52	0,00043	0,00003	0,00040	1729,38	1,44	13,34	0,00
2,00	34,00	17,00	0,33	0,00028	0,00003	0,00025	2123,21	1,77	16,38	0,00
3,00	38,32	12,77	0,25	0,00021	0,00003	0,00018	2296,93	1,91	17,72	0,00
4,00	41,39	10,35	0,20	0,00017	0,00003	0,00014	2382,07	1,99	18,38	0,00
5,00	43,77	8,75	0,17	0,00014	0,00003	0,00011	2419,66	2,02	18,67	0,00
6,00	45,74	7,62	0,15	0,00012	0,00003	0,00009	2427,61	2,02	18,73	0,00
7,00	47,41	6,77	0,13	0,00011	0,00003	0,00008	2415,27	2,01	18,64	0,00
8,00	48,87	6,11	0,12	0,00010	0,00003	0,00007	2388,18	1,99	18,43	0,00
9,00	50,17	5,57	0,11	0,00009	0,00003	0,00006	2349,84	1,96	18,13	0,00
10,00	51,35	5,14	0,10	0,00008	0,00003	0,00005	2302,64	1,92	17,77	0,00
11,00	52,42	4,77	0,09	0,00008	0,00003	0,00005	2248,27	1,87	17,35	0,00
12,00	53,41	4,45	0,09	0,00007	0,00003	0,00004	2187,97	1,82	16,88	0,00
13,00	54,33	4,18	0,08	0,00007	0,00003	0,00004	2122,68	1,77	16,38	0,00
14,00	55,19	3,94	0,08	0,00006	0,00003	0,00003	2053,13	1,71	15,84	0,00
15,00	55,99	3,73	0,07	0,00006	0,00003	0,00003	1979,90	1,65	15,28	0,00
16,00	56,75	3,55	0,07	0,00006	0,00003	0,00003	1903,44	1,59	14,69	0,00
17,00	57,47	3,38	0,07	0,00005	0,00003	0,00002	1824,15	1,52	14,08	0,00
18,00	58,15	3,23	0,06	0,00005	0,00003	0,00002	1742,33	1,45	13,44	0,00
19,00	58,80	3,09	0,06	0,00005	0,00003	0,00002	1658,25	1,38	12,80	0,00
20,00	59,42	2,97	0,06	0,00005	0,00003	0,00002	1572,14	1,31	12,13	0,00
30,00	64,48	2,15	0,04	0,00003	0,00003	0,00000	631,10	0,53	4,87	0,00
40,00	68,27	1,71	0,03	0,00003	0,00003	0,00000	0,00	0,00	0,00	0,00

La Vasca 4.A si riempirebbe al massimo fino a 1,99 m per una pioggia ventennale di durata pari a 8 ore e si svuoterebbe entro 18,43 ore. Per piogge ventennali di durata superiore alle 30 ore la vasca non si riempirebbe perché la pioggia verrebbe assorbita direttamente dal suolo calcareo.

Vasca 5.A

Sottende un bacino idrografico di 0,20 kmq ed ha lo scopo di assorbire l'intera quantità di acque di corruzione ventennale.

VASCA 5.A

Area bacino di alimentazione (kmq) 0,20

Area di coronamento superficiale della vasca (mq) 2200

w^{out} (cm/h) 12

h_{media} bacino (mslm) 125

profondità media vasca (m) 3

d	h(d)	i(d)	Qi(d)20	win(d)20	wout	weff(d)20	Veff(d)20	heff(d)20	tsv(d)20	Qout(d)20
h	mm	mm/h	mc/s	m/s	m/s	m/s	mc	m	h	mc/s
0,01	0,75	75,43	2,94	0,00133	0,00003	0,00130	103,35	0,05	0,43	0,00
0,02	1,48	73,85	2,88	0,00131	0,00003	0,00128	202,26	0,09	0,85	0,00
0,05	3,48	69,50	2,71	0,00123	0,00003	0,00120	475,20	0,22	2,00	0,00
0,10	6,34	63,40	2,47	0,00112	0,00003	0,00109	864,82	0,39	3,64	0,00
0,20	10,83	54,16	2,11	0,00096	0,00003	0,00093	1470,69	0,67	6,19	0,00
0,50	19,19	38,37	1,49	0,00068	0,00003	0,00065	2570,49	1,17	10,82	0,00
1,00	26,53	26,53	1,03	0,00047	0,00003	0,00044	3480,36	1,58	14,65	0,00
2,00	34,00	17,00	0,66	0,00030	0,00003	0,00027	4289,63	1,95	18,05	0,00
3,00	38,32	12,77	0,50	0,00023	0,00003	0,00020	4658,66	2,12	19,61	0,00
4,00	41,39	10,35	0,40	0,00018	0,00003	0,00015	4850,55	2,20	20,41	0,00
5,00	43,77	8,75	0,34	0,00015	0,00003	0,00012	4947,33	2,25	20,82	0,00
6,00	45,74	7,62	0,30	0,00013	0,00003	0,00010	4984,81	2,27	20,98	0,00
7,00	47,41	6,77	0,26	0,00012	0,00003	0,00009	4981,74	2,26	20,97	0,00
8,00	48,87	6,11	0,24	0,00011	0,00003	0,00008	4949,16	2,25	20,83	0,00
9,00	50,17	5,57	0,22	0,00010	0,00003	0,00007	4894,08	2,22	20,60	0,00
10,00	51,35	5,14	0,20	0,00009	0,00003	0,00006	4821,29	2,19	20,29	0,00
11,00	52,42	4,77	0,19	0,00008	0,00003	0,00005	4734,15	2,15	19,92	0,00
12,00	53,41	4,45	0,17	0,00008	0,00003	0,00005	4635,15	2,11	19,51	0,00
13,00	54,33	4,18	0,16	0,00007	0,00003	0,00004	4526,17	2,06	19,05	0,00
14,00	55,19	3,94	0,15	0,00007	0,00003	0,00004	4408,67	2,00	18,55	0,00
15,00	55,99	3,73	0,15	0,00007	0,00003	0,00004	4283,79	1,95	18,03	0,00
16,00	56,75	3,55	0,14	0,00006	0,00003	0,00003	4152,48	1,89	17,48	0,00
17,00	57,47	3,38	0,13	0,00006	0,00003	0,00003	4015,50	1,83	16,90	0,00
18,00	58,15	3,23	0,13	0,00006	0,00003	0,00003	3873,46	1,76	16,30	0,00
19,00	58,80	3,09	0,12	0,00005	0,00003	0,00002	3726,91	1,69	15,69	0,00
20,00	59,42	2,97	0,12	0,00005	0,00003	0,00002	3576,29	1,63	15,05	0,00
30,00	64,48	2,15	0,08	0,00004	0,00003	0,00001	1910,21	0,87	8,04	0,00
40,00	68,27	1,71	0,07	0,00003	0,00003	0,00000	64,64	0,03	0,27	0,00
50,00	71,33	1,43	0,06	0,00003	0,00003	0,00000	0,00	0,00	0,00	0,00

La Vasca 5.A si riempirebbe al massimo fino a 2,27 m per una pioggia ventennale di durata pari a 6 ore e si svuoterebbe entro 20,98 ore. Per piogge ventennali di durata superiore alle 40 ore la vasca non si riempirebbe perché la pioggia verrebbe assorbita direttamente dal suolo calcareo.

Il franco di sicurezza che si avrebbe in ogni vasca (ad esclusione della 1.A) supera i 70 cm in condizioni di massimo riempimento. Tali vasche riducono notevolmente il carico idraulico sui tombini di scarico in Tabella 9, con particolare ed indubbio beneficio soprattutto per lo scarico del tombino a servizio del bacino 5, attualmente non verificato.