Comune di Sant'Arcangelo Trimonte

Provincia di Benevento



PROGETTO ESECUTIVO

"Interventi di Messa in Sicurezza Operativa della discarica di località Nocecchia, Comune di S. Arcangelo Trimonte (BN), ai sensi dell'art. 240, comma 1, lettera n) del D.lgs. 152/2006 e s.m.i."

Committente :

REGIONE CAMPANIA

Il Responsabile Unico del Procedimento:

ing. Gianluigi Della Ragione

Studio di progettazione :

IMPERIA SOCIETÀ DI INGEGNERIA

IMPERIA S.R.L.
84128 SALERNO
Via Antonio Iannuzzi, 35
tel. 348 549 4302

e-mail: info@imperiaingegneria.com
www.imperiaingegneria.com
Imperia Ingegneria
imperia_ingegneria

TÜV SÜD ISO 9001
ISO 9001:2015
Nr. 50 100 16636

ing. Egidio Grillo
(Direttore tecnico)

IMPERIA S.r.l.
Il Direttore Tecnico
Ingegnere Egidio Grillo

ELABORATO

Relazione specialistica gestione acque

CODIFICA

prog.	categoria	sottocatgoria	progress.	revisione	data	scala	plot
PE	IDR	RS	001	C	09/2026	----	A4

rev	data	descrizione	redatto	approvato
a	04/2026	EMISSIONE	EG	EG
b	06/2026	INTEGRAZIONI VERBALE VERIFICA	EG	EG
c	09/2026	INTEGRAZIONI VERBALE VERIFICA	EG	EG
d				
e				

Il presente documento non potrà essere riprodotto, copiato o altrimenti pubblicato senza il consenso scritto da parte di Imperia srl. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguitato a norma di legge.

SOMMARIO

1 PREMESSA 1

2 INQUADRAMENTO 2

2.1 Inquadramento geografico territoriale 2

2.2 Inquadramento idrogeologico 3

2.2.1 Complesso idrogeologico molassico 3

2.2.2 Complesso idrogeologico argilloso-calcareo delle Unità Sicilidi Auct. 4

3 DESCRIZIONE STATO DI FATTO 9

4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI 10

4.1 Ripristino rete raccolta delle acque meteoriche di piattaforma stradale, pulizia e sostituzione di pozzetti e caditoie e rifacimento stradale 10

4.1.1 Specifiche sui materiali e requisiti esecutivi 15

4.1.2 Piano delle fasi e sicurezza 15

4.2 Ripristino fosso perimetrale per la raccolta delle acque sopra telo 15

4.3 Realizzazione canale di scarico delle acque meteoriche post trattamento 17

4.3.1 Sintesi dell'analisi idrologica e idraulica di riferimento 19

4.3.2 Verifica idraulica della condotta D1000 in calcestruzzo vibrato 21

4.3.3 Pozzetti di salto e controllo delle livellette di progetto 30

4.3.4 Caratteristiche geometriche dell'intervento 34

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica costituisce parte integrante del progetto esecutivo relativo agli interventi di messa in sicurezza operativa della discarica ubicata in località Nocecchia, nel Comune di Sant'Arcangelo Trimonte (BN), predisposto ai sensi dell'art. 240, comma 1, lettera n), del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., nell'ambito del procedimento tecnico-amministrativo già avviato per la definizione delle misure di contenimento e controllo della contaminazione rilevata nel sito.
Il progetto si inserisce nel più ampio quadro degli interventi finalizzati alla tutela delle matrici ambientali, con particolare riferimento alla componente idrica sotterranea, e costituisce l'evoluzione attuativa del precedente progetto operativo, già redatto su incarico della società SAMTE S.r.l. quale soggetto gestore del sito.
La relazione ha quindi lo scopo di descrivere il quadro di riferimento del progetto, illustrarne i presupposti tecnici e amministrativi, definire i criteri adottati nella progettazione esecutiva e fornire una lettura unitaria degli interventi previsti, con particolare riferimento agli interventi INT.01, INT.02 e INT.03, che costituiscono l'oggetto principale della presente relazione specialistica. In tale ambito, il documento approfondisce le soluzioni progettuali adottate per il ripristino del fosso perimetrale di raccolta delle acque sopra telo, la realizzazione del canale di scarico delle acque meteoriche post trattamento e la realizzazione el canale di scarico delle acque post trattamento, rinviando agli elaborati specialistici, grafici e di calcolo per gli aspetti di dettaglio costruttivo, dimensionale ed economico.
Sul piano del quadro autorizzativo di riferimento, il presente elaborato si collega al procedimento di **Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA)** relativo all'impianto di discarica per rifiuti non pericolosi in località "La Nocecchia", nel Comune di Sant'Arcangelo Trimonte (BN), autorizzato ai sensi della L. 123/2008 dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri – Sottosegretario di Stato per l'emergenza rifiuti in Campania. Nell'ambito della documentazione tecnica a corredo di tale procedimento, lo Studio Geotecnico Italiano S.r.l. ha redatto la Relazione Idraulica e Idrologica (Rif. SGI 07750-017R03E01, prima emissione 25.03.2008), che costituisce il documento di riferimento per la caratterizzazione idrologica del sito e per la determinazione delle portate di corrivazione afferenti ai bacini interferiti dalla realizzazione dell'impianto.
In particolare, il Capitolo 4 di tale relazione individua tre sottobacini (A, B e C) drenanti verso il Rio Pazzano, mentre il Capitolo 5 riporta la trasformazione afflussi-deflussi nello stato di progetto: la realizzazione della discarica determina un incremento del coefficiente di deflusso del sottobacino C da 0,25 a 0,35, per effetto della parziale impermeabilizzazione delle aree apicali, con conseguente incremento della portata al colmo da circa 248 l/s a 418,7 l/s (arrotondata a 420 l/s), calcolata con metodo cinematico per un tempo di ritorno TR = 20 anni. Tale valore, come meglio dettagliato al successivo § 4.3, costituisce la portata di progetto assunta a riferimento per le verifiche idrauliche dei tratti di condotta e dei manufatti del sistema di scarico delle acque meteoriche post trattamento oggetto del presente elaborato.

2 INQUADRAMENTO

2.1 Inquadramento geografico territoriale

Il sito oggetto del presente studio ricade nel comune di Sant'Arcangelo Trimonte (BN), nei pressi della località "La Nocecchia" a circa 1,5 km a Ovest del centro abitato di S. Arcangelo Trimonte, tra le località "La Nocecchia" e Giardino in prossimità del limite comunale con Paduli e a distanza di circa 2,5 km dal confine provinciale Benevento – Avellino.

Il territorio è collinare, leggermente declive verso sud nella parte alta, più scosceso, geologicamente instabile ed interessato da fenomeni franosi la parte sud; solo una piccola parte del territorio è pianeggiante in prossimità delle valli dei fiumi Ufita e Calore. Confina a nord col comune di Buonalbergo, a nord-ovest e a sud-ovest col comune di Paduli, a est e a sud sud-est col comune di Apice.



Figura 1 - Inquadramento del comune di Sant'Arcangelo Trimonte provincia di Benevento

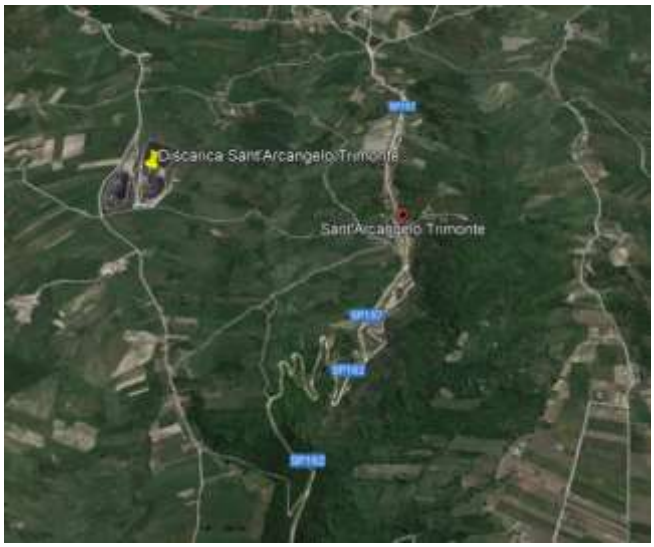


Figura 2 - Ortofoto dell'area di intervento (fonte: Google Earth)

2.2 *Inquadramento idrogeologico*

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni presenti nell'area investigata sono caratterizzati da una permeabilità variabile tra bassa per i litotipi con e/o a componente granulometrica sabbiosa e molto bassa o nulla per i litotipi argillosi e limo-argillosi.

In particolare, nell'area investigata, le varie indagini geognostiche che si sono succedute nel tempo, in particolare i sondaggi geognostici spinti fino a – 10 m dal p.c. non hanno intercettato nessun livello freatico, ciò a comprova della presenza di terreni prevalentemente impermeabili diffusi e facente parte del complesso idrogeologico che costituisce la struttura stessa della zona collinare.

La possibile circolazione idrica si può verificare, solamente nei livelli alterati superficiali e solo nei periodi piovosi (morbida). In queste condizioni si determina un discreto assorbimento delle acque meteoriche all'interno della fascia d'alterazione con una sporadica circolazione di acque d'infiltrazione superficiale che trova un naturale livello di base nelle compagini di substrato impermeabili.

Si realizza, così, una circolazione idrica "effimera" limitata nel tempo e di nessuna rilevanza idrogeologica con direzione di scorrimento prevalentemente lungo i piani di contatto che seguono le linee di massima pendenza del versante.

In particolare, sono stati individuati due principali complessi idrogeologici distinti in base alle caratteristiche litologiche al tipo e al grado di permeabilità relativa.

Di fatto, nell'area d'interesse progettuale ricadono i seguenti complessi così come differenziati nella Carta Idrogeologica che segue.

2.2.1 *Complesso idrogeologico molassico*

Questo complesso accorpa l'intera "Formazione della Baronia Auct." costituita da quattro membri. Nell'area in oggetto, in particolare, ne predominano in affioramento solo due ovvero il membro Pelitico-Arenaceo del F. Miscano e il membro Sabbioso di Apollosa. Il primo costituito da peliti grigie stratificate con intercalazioni di arenarie giallastre ben stratificate.

Il secondo costituito da sabbie e arenarie giallastre in genere medio-fini, talora grossolane con inclusi pelitici in strati da medi a molto spessi piano paralleli, più raramente lenticolari, a luoghi con nuvole di ciottoli in prevalenza calcarei, con intercalazioni di peliti in strati sottili. In chiave idrogeologica si tratta di un'alternanza piuttosto

complessa e articolata di rocce permeabili e impermeabili, i cui rapporti sia stratigrafici sia tettonici sono riconducibili agli schemi del "limite di permeabilità" e della "soglia di permeabilità".

Al deflusso sotterraneo più superficiale, che ha sede nelle coltri di alterazione e/o nelle litologie caratterizzate da grado di permeabilità più elevato, se ne aggiunge uno, relativamente più profondo, soprattutto nei livelli lapidei fratturati e con favorevoli assetti strutturali. Indipendentemente dalla tipologia di deflusso (superficiale o profondo) è l'estensione e la continuità del bacino di alimentazione a giocare un ruolo fondamentale per la presenza di acquiferi produttivi.

La potenzialità idrogeologica di tali affioramenti è indicativamente bassa perché predomina la presenza delle intercalazioni pelitiche che rende frammentaria la circolazione idrica sotterranea. La prova di ciò sono le bassissime portate delle sporadiche emergenze idriche. In generale il tipo di permeabilità prevalente è per porosità e/o fratturazione; il grado di permeabilità relativo può considerarsi variabile da basso a medio.

Più articolata è la situazione dell'associazione pelitico-arenacea rispetto a quella delle argille policrome (varicolori). In particolare, la frazione grossolana, pur rimanendo subordinata a quella pelitica, è più abbondante che nelle argille varicolori. I livelli arenacei poco cementati presentano una permeabilità primaria per porosità di grado medio e medio-elevato, mentre quelli da moderatamente cementati a cementati hanno una permeabilità secondaria per fratturazione di grado medio.

Pertanto, anche se nell'area è da escludere la presenza di falde d'interesse regionale, all'interno dell'associazione pelitico arenacea, non si può escludere la presenza di una circolazione idrica sotterranea nei livelli grossolani confinati dagli orizzonti pelitici, generando in tal modo delle falde multistrato. Viste le evidenze lungo l'intero versante tali circuiti presentano capacità molto limitate. Tutto ciò trova conferma nelle indagini effettuate nell'area per conto del "*Consorzio di Smaltimento RSU-Comuni del Bacino NA3*" nell'ambito della "*Messa in sicurezza e sistemazione finale della discarica di S. Arcangelo Trimonte (BN)*".

Di fatto le prove di permeabilità effettuate su campioni indisturbati, prelevati nei sondaggi realizzati in corrispondenza degli impianti esistenti, hanno dato valori di permeabilità compresi tra 4,53 x 10^{-8} e 8,47 x 10^{-8} m/s.

2.2.2 *Complesso idrogeologico argilloso-calcareo delle Unità Sicilidi Auct.*

Il complesso che affiora estesamente nel settore nord-occidentale dell'area in studio accorpa litologie essenzialmente pelitiche, quali argille, argilliti a fissilità elevata e marne siltose alle quali s'intercalano, a più livelli, litosomi in facies torbiditica sia carbonatica sia arenacea. I forti contrasti di permeabilità determinano una significativa frammentazione del deflusso idrico sotterraneo con la formazione di sorgenti che, in genere, hanno portate molto modeste.

La permeabilità, per porosità, è molto bassa con gli orizzonti carbonatici, quando caratterizzati da spessori significativi, che elevano il grado di permeabilità per fratturazione variabile da medio a medio-basso. Il ruolo idrostrutturale prevalente è quello d'impermeabile relativo di base.

In particolare, nell'associazione delle argille policrome si ha una permeabilità primaria per porosità e una secondaria per fessurazione di grado molto basso perché costituita quasi esclusivamente da marne, marne argillose e argille marnose.

La componente calcarea e arenacea, con permeabilità secondaria per fessurazione di grado medio, è nettamente subordinata alla componente pelitica.

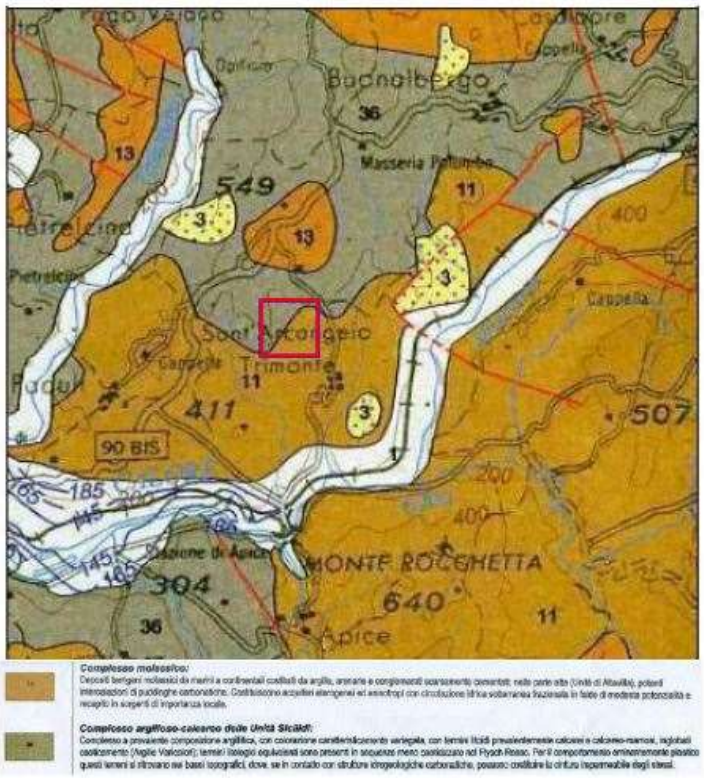
L'assenza di falde è in stretta relazione con la natura e l'assetto dei depositi presenti, infatti, nonostante l'eterogeneità dei litotipi presenti e la complessità strutturale dell'area, i valori di permeabilità delle formazioni si mantengono su valori bassi.

Come già detto in entrambe i complessi idrogeologici è presente una coltre d'alterazione superficiale che riveste il ruolo di acquifero effimero e di scarso interesse idrogeologico. Di fatto la successione stratigrafica locale può essere inserita nel contesto morfoevolutivo del territorio di cui si è fatto cenno nei capitoli precedenti: i depositi di versante (che assumono spessori anche superiori ai dieci metri) costituiscono, prevalentemente, accumuli di materiale eroso durante fasi di esasperate condizioni meteo-climatiche o antichi accumuli deposizionali. Il substrato "*in posto*", invece, si presenta sovraconsolidato e ricoperto da spessori di terreni in seguito erosi nell'ambito dell'evoluzione morfotettonica del territorio.

Nel substrato decompresso la circolazione idrica è possibile per permeabilità secondaria dovuta ai meati o macro e microscopici canalicoli esistenti in seno ai terreni alterati, tamponata verso il basso dal substrato compatto impermeabile.

I circuiti ipodermici sono facilitati dal fatto che nei periodi siccitosi e nei periodi estivi, le argille possiedono una certa capacità di ritiro che le porta a fessurarsi facilmente in superficie, con fenditure che possono spingersi a discrete profondità.

Questo fenomeno favorisce con l'arrivo delle piogge una modestissima infiltrazione efficace nei primi metri del sottosuolo fino a -3/-5 m dal p.c. con un grado di permeabilità medio e dell'ordine di $k = 1,0 \times 10^{-5}$ m/s, segue stralcio carta idrogeologica dell'Italia Meridionale.



La misurazione dei livelli dell'acqua effettuati a dicembre 2025, su alcuni piezometri presenti nell'area usati per il monitoraggio (dal personale addetto alla discarica), ha consentito la costruzione della carta delle isopiezometrie, (di seguito riportata), da cui si evince che la direzione di flusso delle acque segue la morfologia del versante.

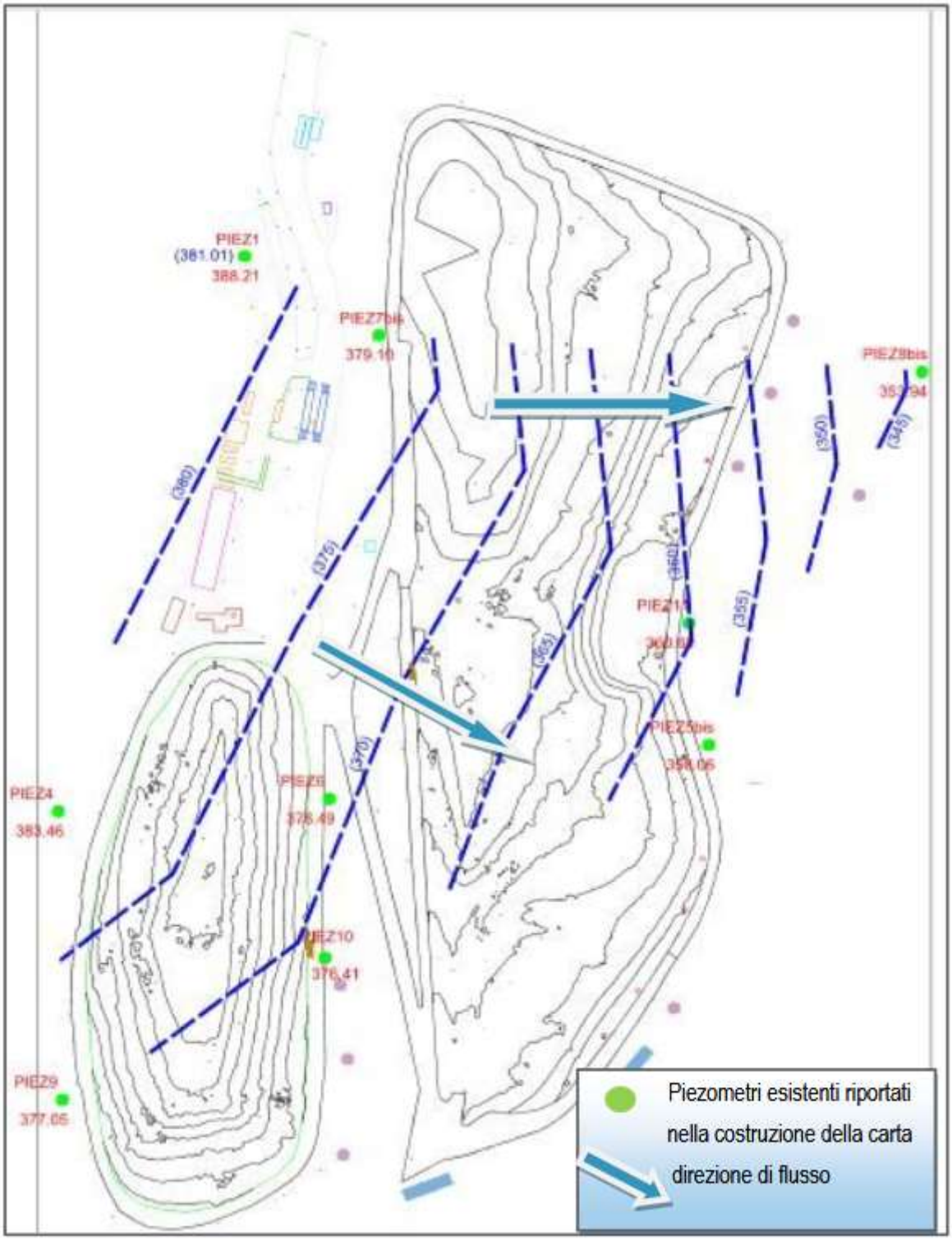

PIEZ1
(381.01)
388.21
PIEZ7bis
379.10
PIEZ9bis
PIEZ11
PIEZ5bis
PIEZ4
383.46
PIEZ5
378.49
PIEZ10
376.41
PIEZ9
377.05
(380)
(375)
(370)
(365)
(360)
(355)
(350)
(345)
Piezometri esistenti riportati nella costruzione della carta
direzione di flusso



Figura 3 Ortofoto con ubicazione della discarica e sovrapposizione della carta delle isopiezometrie

3 DESCRIZIONE STATO DI FATTO

La discarica è suddivisa in quattro lotti e due vasche:

- Una prima vasca (vasca Ovest), che costituisce il "Lotto I" di coltivazione;
- La seconda vasca, a Est della prima.

L'accesso al sito di discarica avviene attraverso due ingressi lungo la viabilità comunale esistente che corre lungo il lato Ovest dell'area di discarica. Un primo accesso consente di raggiungere mediante strada asfaltata l'area direzionale dell'impianto, sede dei parcheggi e degli uffici, mentre il secondo accesso garantisce la raggiungibilità delle due vasche di coltivazione sempre con una strada asfaltata.

La regimentazione delle acque meteoriche è garantita da un sistema di pozzetti dotati di caditoia disposti lungo le strade e le piste di coronamento della discarica, oltre che in corrispondenza dei piazzali di servizio. Tali tubazioni hanno un punto di rilascio al reticolo idrografico superficiale a valle di trattamenti in vasche di prima pioggia.

Le acque ricadenti sugli arginelli di coltivazione e/o sulle coperture provvisorie sono raccolte attraverso delle canalette disposte lungo gli argini di coltivazione in analogia alle canalizzazioni definitive e le acque avviate al canale di restituzione.

Le acque bianche ricadenti sulla porzione di versante posto tra le due vasche, acque meteoriche di ruscellamento, vengono captate da un "fosso di guardia" posto lungo il ciglio di monte della strada di collegamento delle due vasche.

Il fosso di guardia svolge anche la funzione di intercettamento delle acque in arrivo del versante antistante la vasca Est evitando il tal modo che acque di corrivamento superficiale possano entrare direttamente nella vasca andando ad aumentare la produzione di percolato.

Dalle verifiche eseguite emergono criticità riconducibili all'obsolescenza di alcune caditoie e alla parziale occlusione di alcuni tratti di collegamento, che rendono necessario un intervento di ripristino funzionale finalizzato a garantire l'efficienza del sistema di drenaggio e la netta separazione del circuito delle acque bianche da ogni possibile interferenza con i sistemi di gestione del percolato.

4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI

Il progetto adotta un approccio integrato e sistemico per il ripristino e l'ottimizzazione della rete di smaltimento delle acque meteoriche, combinando interventi mirati su captazione, convogliamento e scarico finale.

4.1 Ripristino rete raccolta delle acque meteoriche di piattaforma stradale, pulizia e sostituzione di pozzetti e caditoie e rifacimento stradale

L'intervento riguarda il ripristino funzionale e prestazionale della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche lungo la viabilità perimetrale della vasca 1, attualmente caratterizzata da diffuse criticità idrauliche riconducibili sia allo stato di degrado degli elementi di captazione (caditoie e pozzetti), sia alla perdita delle corrette condizioni plano-altimetriche del piano viabile. In particolare, le condizioni di esercizio rilevate evidenziano fenomeni di ristagno superficiale, deflusso non controllato e locali infiltrazioni, con conseguente incremento del rischio di interazione tra acque meteoriche e corpo discarica, in contrasto con i principi di gestione idraulica dei siti di smaltimento rifiuti previsti dal quadro normativo vigente.

L'intervento è pertanto finalizzato a ristabilire un sistema organico ed efficiente di drenaggio superficiale, in grado di garantire la rapida intercettazione e il convogliamento delle acque meteoriche verso i recapiti previsti, riducendo al contempo i tempi di permanenza dell'acqua sulla piattaforma e minimizzando i fenomeni di infiltrazione nei terreni sottostanti. Tale obiettivo viene perseguito attraverso un insieme coordinato di lavorazioni che interessano sia la componente idraulica (opere di raccolta e convogliamento), sia la componente geometrica della piattaforma stradale (pendenze e regolarità del piano viabile).

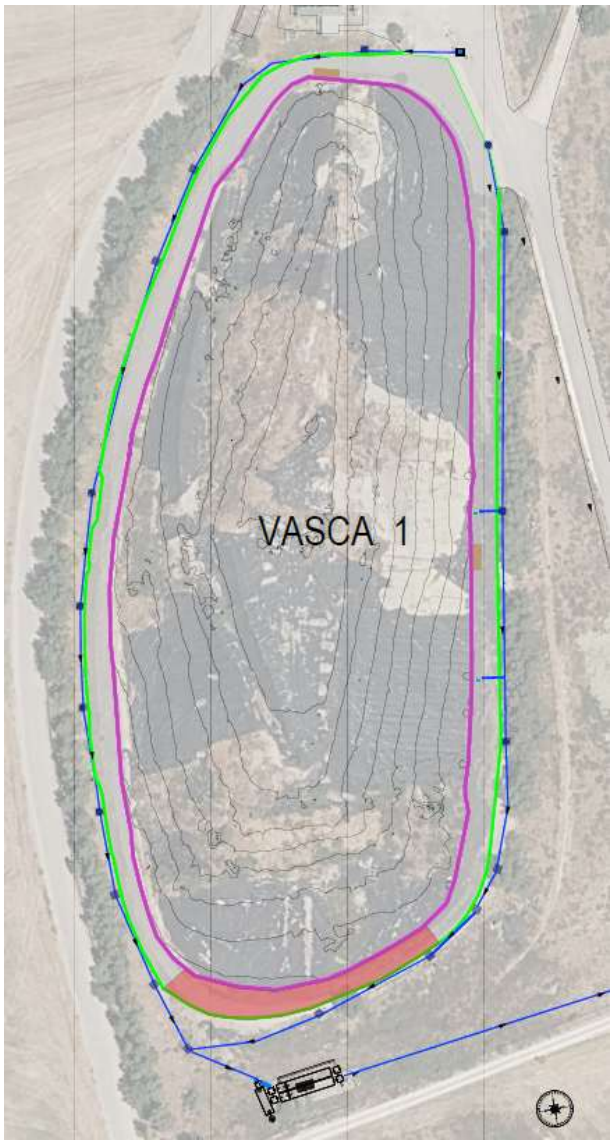


Figura 4 Planimetria intervento acque

Le lavorazioni previste, riportate nel computo metrico e coerenti con le prescrizioni del Capitolato e del Disciplinare Tecnico, comprendono in particolare:

- la fresatura della pavimentazione esistente e la successiva ricostruzione degli strati bituminosi (binder e tappetino), finalizzata al ripristino delle corrette pendenze e della regolarità superficiale;
- la demolizione di elementi in calcestruzzo ammalorati (cordoli esistenti) e la realizzazione di nuove opere di contenimento e regimazione;

- la realizzazione di una cunetta drenante longitudinale e la posa di canalette prefabbricate in calcestruzzo per la raccolta delle acque superficiali, dimensionate per garantire adeguata capacità di deflusso in relazione agli eventi meteorici attesi;
- la sostituzione e integrazione dei pozzetti di raccolta mediante elementi prefabbricati in calcestruzzo vibrato, completi di anelli di prolunga e dispositivi di chiusura idonei al traffico carrabile;
- la posa di caditoie in ghisa sferoidale conformi alle norme UNI EN 124, dotate di sistemi di sifonatura per la riduzione dei fenomeni di esalazione e per il miglioramento dell'efficienza idraulica;
- la realizzazione delle tubazioni di collegamento tra i pozzetti mediante condotte in PVC rigido (DN 200 mm), con giunti a tenuta e adeguata rigidità anulare, idonee a garantire continuità idraulica e durabilità nel tempo;
- le operazioni di scavo, rinterro e trasporto dei materiali, eseguite nel rispetto delle condizioni geotecniche locali e delle interferenze presenti.

Elemento centrale del nuovo assetto di smaltimento delle acque meteoriche è la **canaletta francese**, prevista lungo il perimetro della vasca 1 per uno sviluppo complessivo di circa 585 metri lineari. Tale manufatto assume la funzione di captare in modo continuo le acque di ruscellamento provenienti dalla strada asfaltata, intercettandole prima che possano accumularsi lungo i margini della piattaforma o disperdersi in aree non controllate.

La canaletta è concepita come un'opera lineare di drenaggio, integrata nella sede stradale e progettata per garantire sia la raccolta efficace delle acque meteoriche sia la durabilità dell'intero sistema. La sezione tipo presenta una larghezza complessiva di 75 cm ed è composta da un cordolo di bordo di 10 cm di larghezza e 30 cm di altezza, cui si affianca una superficie di scorrimento, o scivolo, di 62 cm. Quest'ultimo è sagomato in modo da favorire la raccolta e il convogliamento delle acque verso i punti di captazione, grazie a un profilo idraulico con pendenza trasversale tale da ridurre progressivamente lo spessore del manufatto da 25 cm a 15 cm in prossimità della zona di invito.

La geometria del manufatto è studiata per assicurare un deflusso ordinato e continuo, limitando le zone di rallentamento del flusso e quindi la possibilità di accumulo di sedimenti o materiale trasportato dalle acque superficiali. La posa in opera è prevista su piano di magrone, soluzione che consente di garantire un adeguato appoggio, la stabilità del manufatto e l'indeformabilità del sistema anche in presenza dei carichi derivanti dal transito dei mezzi di servizio e manutenzione. In questo modo, la canaletta non svolge soltanto una funzione di raccolta, ma costituisce un vero e proprio elemento strutturale di protezione e indirizzamento delle acque meteoriche lungo il perimetro dell'opera.

A integrazione della canaletta francese, lungo il perimetro sono previste **16 nuove postazioni di raccolta puntuale**, costituite da caditoie e relativi pozzetti di ispezione e salto. Tale configurazione consente di intercettare le acque nei punti in cui il deflusso longitudinale necessita di essere trasferito alla rete di smaltimento esistente, garantendo una distribuzione uniforme della captazione e una maggiore sicurezza idraulica dell'intero sistema.

Le caditoie saranno realizzate mediante griglie in ghisa sferoidale in classe D400, conformi alla UNI EN 124, quindi idonee a sopportare i carichi derivanti dal transito dei mezzi pesanti impiegati per la gestione e la manutenzione della discarica. La scelta di tale classe di resistenza risponde all'esigenza di assicurare robustezza, affidabilità e continuità di esercizio anche in condizioni di traffico gravoso e reiterato.

Ciascuna caditoia sarà inserita in un pozzetto prefabbricato in calcestruzzo armato vibrato, opportunamente dimensionato per consentire non solo l'alloggiamento del nodo di raccolta, ma anche una funzione di decantazione dei solidi sospesi trasportati dal ruscellamento superficiale.

Il collegamento tra i nuovi pozzetti e la rete meteorica esistente avverrà mediante tubazioni in PVC posate con pendenza minima dello 0,5%, così da assicurare la continuità idraulica del sistema e un deflusso regolare verso i manufatti esistenti. Il dettaglio costruttivo della sezione tipo su caditoia prevede inoltre un adeguato rinfianco con materiale selezionato, costituito da sabbia e ghiaia, al fine di proteggere la tubazione dalle sollecitazioni meccaniche derivanti dal terreno circostante e di garantire la corretta trasmissione dei carichi al contorno.

Nel complesso, il sistema di canaletta francese, caditoie e pozzetti costituisce una rete di raccolta integrata e funzionale, progettata per migliorare sensibilmente l'efficienza del drenaggio superficiale della viabilità perimetrale e per assicurare un convogliamento ordinato delle acque meteoriche verso la rete esistente, nel rispetto delle esigenze di sicurezza, manutenzione e durabilità dell'intervento.

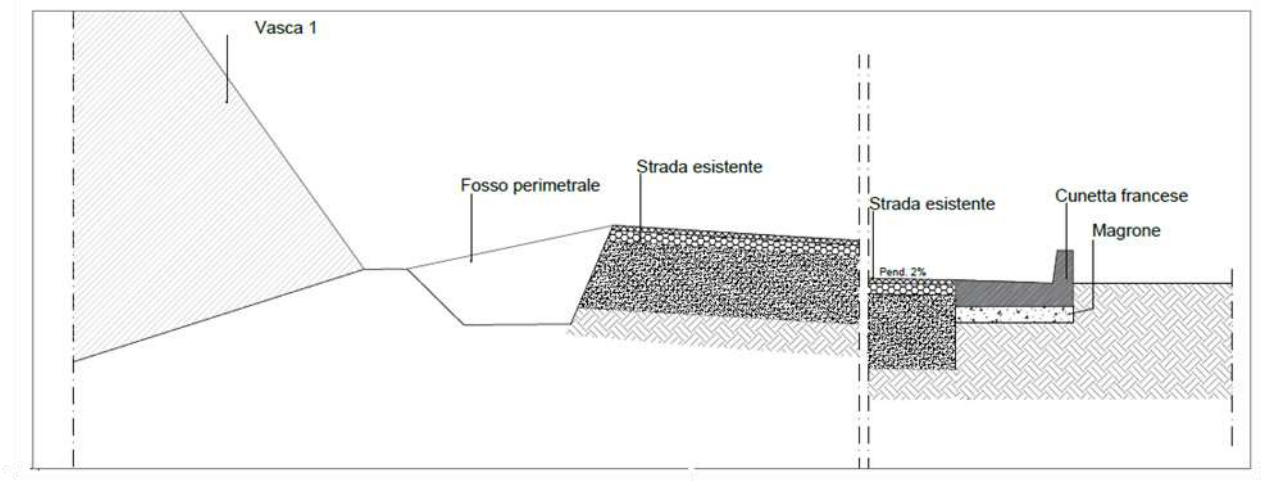


Figura 5 Sezione tipo su strada

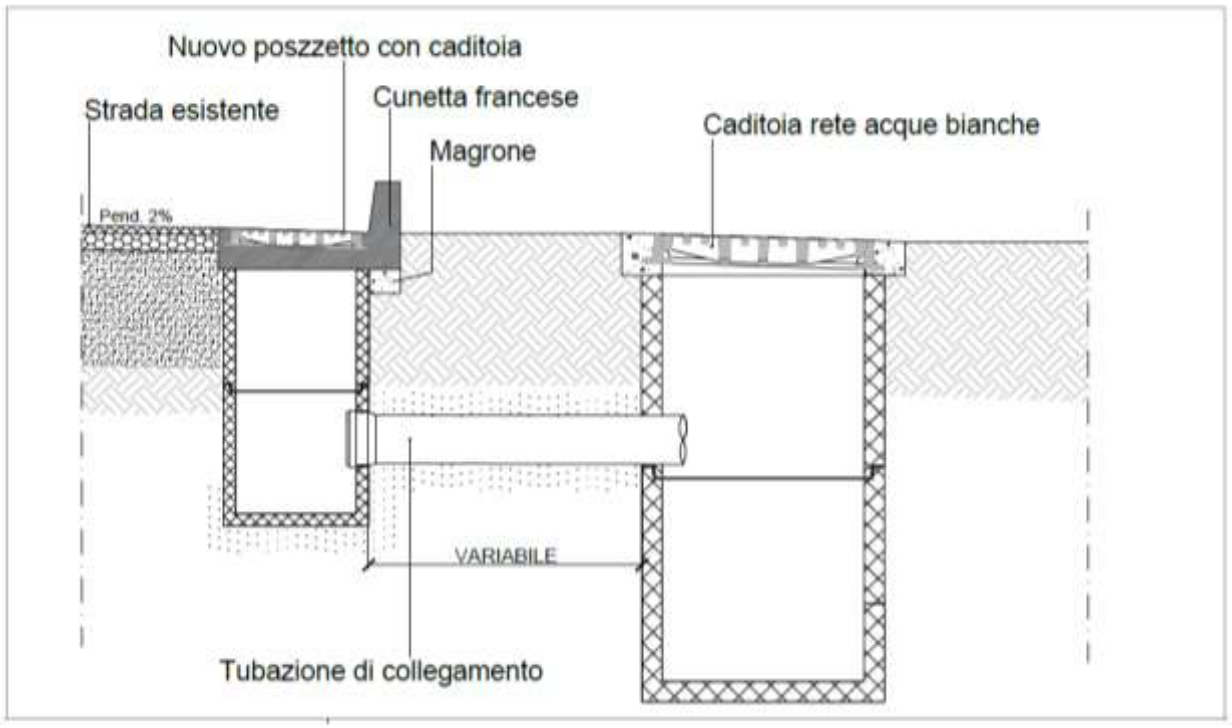


Figura 6 Sezione tipo caditoia

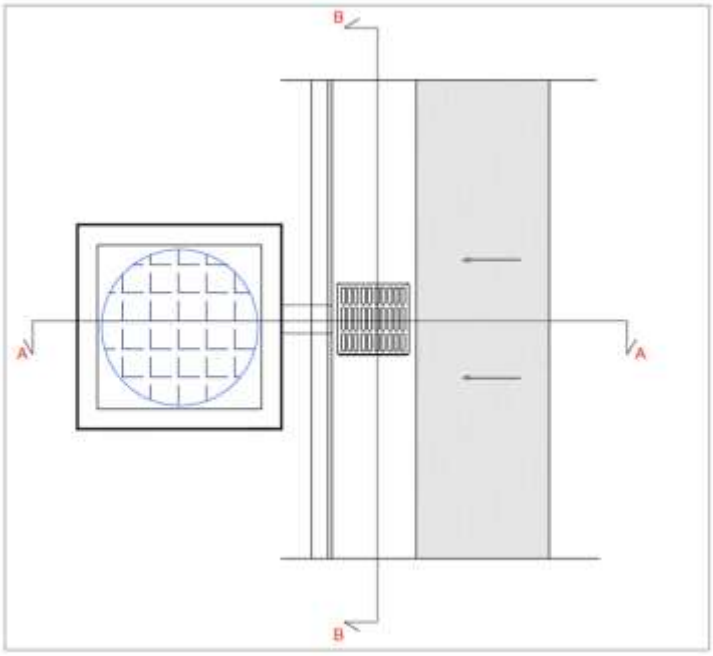


Figura 7 Dettaglio innesto canalina sulla rete delle acque meteoriche

4.1.1 *Specifiche sui materiali e requisiti esecutivi*

Tutti i materiali previsti per la realizzazione delle opere dovranno essere conformi alla normativa vigente, dotati di marcatura CE e corredati della necessaria documentazione di tracciabilità, in modo da garantire la rispondenza alle prescrizioni progettuali, la durabilità nel tempo e la verificabilità delle prestazioni dichiarate. In particolare, per i manufatti in calcestruzzo, quali pozzetti e piani di posa, dovrà essere impiegato calcestruzzo avente classe di resistenza non inferiore a C25/30, idoneo a garantire adeguate caratteristiche meccaniche e di durabilità in relazione alle sollecitazioni previste in esercizio. I conglomerati bituminosi dovranno essere realizzati mediante l'impiego di bitumi modificati con polimeri, così da incrementare la resistenza ai cicli termici, alla deformazione sotto carico e alle sollecitazioni tangenziali indotte dal transito dei mezzi pesanti. Le tubazioni di collegamento dovranno essere in PVC corrugato o liscio ad alta rigidità anulare, con classe minima SN8 o superiore, al fine di assicurare adeguata resistenza meccanica, stabilità geometrica e continuità di esercizio dell'impianto di smaltimento.

4.1.2 *Piano delle fasi e sicurezza*

L'esecuzione degli interventi dovrà essere organizzata in modo da limitare al massimo le interferenze con le attività ordinarie della discarica, garantendo al contempo condizioni di sicurezza per gli operatori e per l'eventuale circolazione dei mezzi di servizio. La prima fase prevede l'allestimento dell'area di cantiere, con la predisposizione della segnaletica temporanea e delle necessarie misure di protezione e delimitazione. Successivamente dovrà essere eseguito un rilievo topografico esecutivo, finalizzato alla verifica puntuale delle quote di fondo dei pozzetti esistenti e alla conferma delle pendenze di progetto.

Una volta acquisiti i dati di dettaglio, si procederà con gli scavi e con la posa dei nuovi pozzetti e delle tubazioni di collegamento, prestando particolare attenzione alla corretta regolarizzazione del fondo e al rinfianco dei manufatti. In questa fase verrà eseguita anche la realizzazione della cunetta francese, che costituirà l'elemento principale di captazione longitudinale delle acque meteoriche. A completamento delle opere strutturali e idrauliche, si procederà quindi alla fresatura del tratto stradale interessato e al successivo rifacimento del tappetino di usura, con ripristino delle quote e delle pendenze previste in progetto. L'ultima fase comprenderà le prove di tenuta e il collaudo funzionale del sistema, al fine di verificare la corretta captazione, il regolare convogliamento e la piena efficienza idraulica dell'intervento realizzato.

4.2 Ripristino fosso perimetrale per la raccolta delle acque sopra telo

L'intervento prevede una pulizia generale e sistematica del fosso perimetrale, finalizzata al ripristino integrale della sua capacità idraulica e alla regimentazione delle acque meteoriche.



Figura 9: Foto stato di fatto fosso perimetrale

Le attività principali consistono in:

- Rimozione di erba, vegetazione infestante e accumuli di materiali organici o inerti presenti lungo l'intero tracciato;
- Eliminazione di qualsiasi sedime, detriti o depositi sedimentari accumulatisi sul fondo e sulle pareti, mediante operazioni manuali e meccaniche idonee (es. scavo selettivo e lavaggio ad alta pressione);

Tale intervento consentirà il pieno ripristino dello stato dei luoghi, prevenendo ostruzioni, ristagni idrici e rischi di tracimazione, con particolare attenzione alla sicurezza operativa e alla minimizzazione dell'impatto ambientale durante l'esecuzione.

In primo luogo, si procederà al decespugliamento delle scarpate e del fondo del fosso, eseguito con mezzi meccanici dotati di braccio decespugliatore, con rimozione di rovi, arbusti ed erbe infestanti, nel rispetto della vegetazione eventualmente da preservare.

Successivamente sarà effettuata la rimozione manuale e/o meccanica leggera dei materiali estranei presenti all'interno dell'alveo, comprendenti rifiuti solidi, frammenti plastici, residui organici e depositi incoerenti. Le operazioni comprendono il raggruppamento, il carico e il trasporto dei materiali verso impianti autorizzati, con esclusione dei costi di smaltimento da contabilizzarsi a parte.

Le lavorazioni previste consentiranno il ripristino della geometria originaria del fosso e della sua continuità idraulica, garantendo un corretto deflusso delle acque meteoriche lungo l'intero sviluppo perimetrale. L'intervento non prevede modifiche sostanziali della sezione di progetto, ma si configura come manutenzione straordinaria finalizzata al recupero delle condizioni di esercizio originarie.

Dal punto di vista funzionale, il fosso perimetrale opera in sinergia con il sistema complessivo di regimazione delle acque del sito, contribuendo a:

- ridurre i fenomeni di infiltrazione nel corpo discarica;
- limitare l'imbibizione dei terreni superficiali;
- prevenire fenomeni erosivi lungo le scarpate;
- garantire la corretta alimentazione del sistema di raccolta e scarico delle acque meteoriche.

L'intervento assume quindi un ruolo essenziale nella gestione idraulica del sito e nella protezione delle matrici ambientali, risultando pienamente coerente con gli obiettivi di contenimento della contaminazione e di controllo delle acque previsti nell'ambito della messa in sicurezza operativa ai sensi dell'art. 240 del D.Lgs. 152/2006.

Si riporta una sezione tipologica per la descrizione complessiva del funzionamento della rete delle acque post interventi:

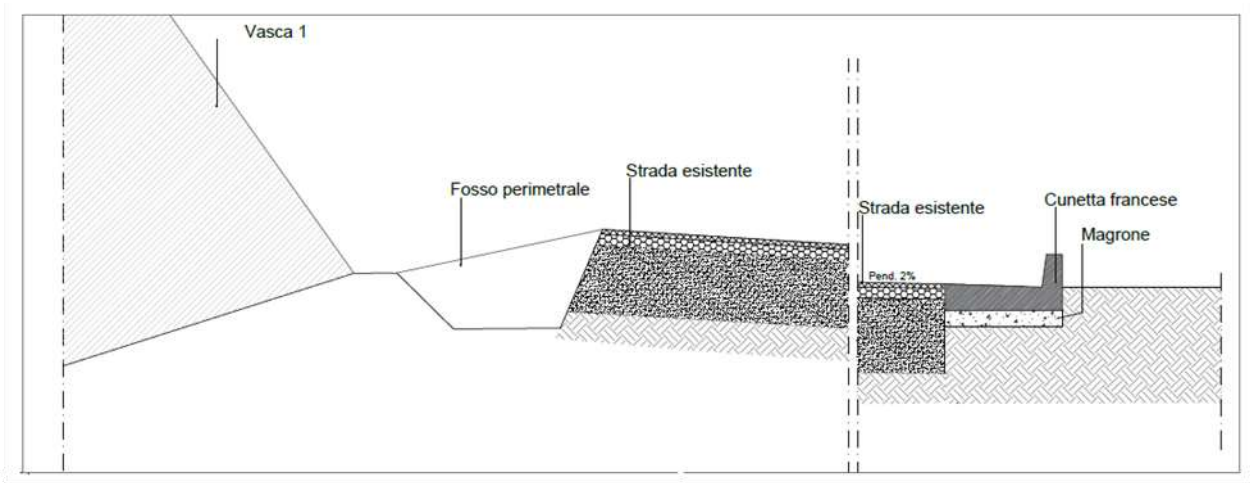


Figura 8 Sezione tipologica

4.3 Realizzazione canale di scarico delle acque meteoriche post trattamento

L'intervento rappresenta il completamento funzionale del sistema di gestione delle acque meteoriche nella discarica, come dettagliato nella tavola di progetto esecutivo "04.PE.IDR.EG.3 - Planimetria canale di scarico acque e sistemazione vallone". Tale opera è concepita per garantire lo scarico controllato e sicuro delle acque trattate nelle vasche di prima pioggia (VASCA 1, 2, 3 e 4, oltre alla vasca esistente), innestandosi a quota 351 m s.l.m..

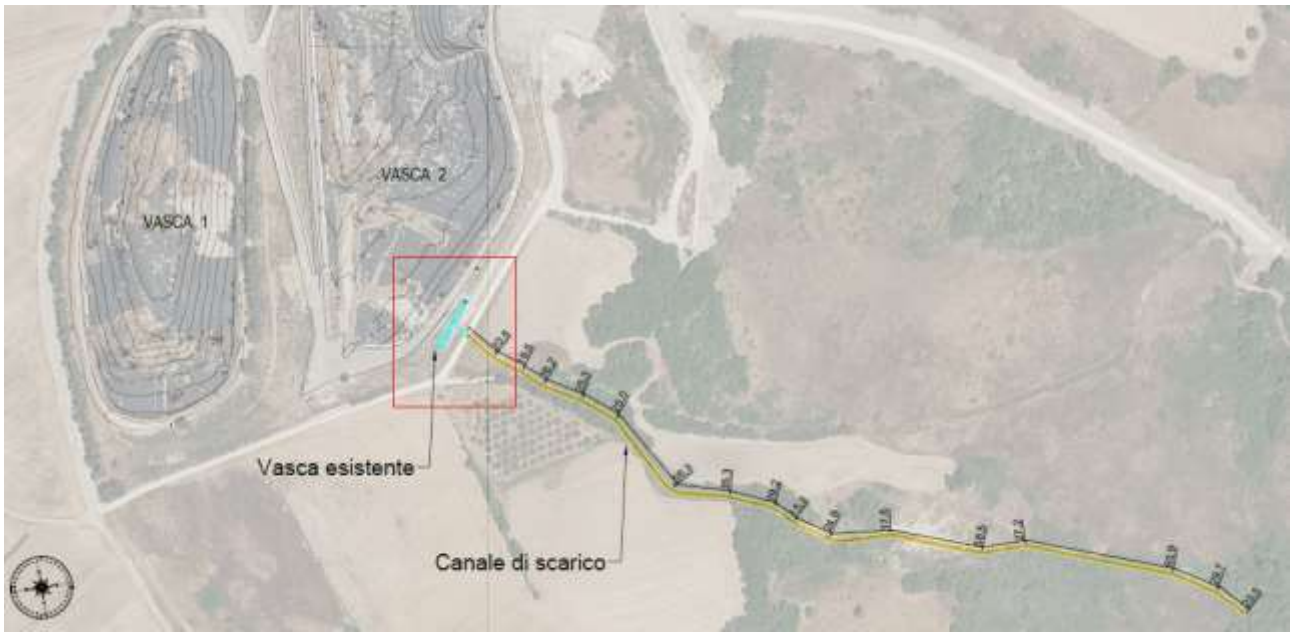


Figura 9 Planimetria Intervento di realizzazione canale di scarico delle acque meteoriche post trattamento

Le fasi esecutive principali, progettate per massimizzare l'efficienza idraulica e la durabilità dell'infrastruttura, comprendono:

- Scavo e regimentazione del canale: Realizzazione di un profilo trasversale variabile con pendenze longitudinali calibrate per favorire un deflusso gravitario uniforme e privo di ristagni, sfruttando parzialmente il fosso preesistente. Il rinfianco delle pareti e del fondo avviene con sabbia o ghiaietto selezionato granulometria 10-15 mm, garantendo al contempo permeabilità, stabilità geotecnica e prevenzione di erosioni;
- Elementi strutturali e di ispezione: Posizionamento di pozzetti di ispezione standard 1200x1200 mm, spaziati regolarmente ogni 50 metri lungo l'intero tracciato per facilitare manutenzione ordinaria e straordinaria. Integrazione di tubazione in calcestruzzo preconfezionato (cls) DN1.000 per i raccordi con le vasche esistenti, assicurando continuità idraulica e tenuta stagna nei punti critici di innesto;

Quest'intervento, completa il ciclo integrato di captazione-trattamento-scarico in sinergia con INT.01 e INT.02.

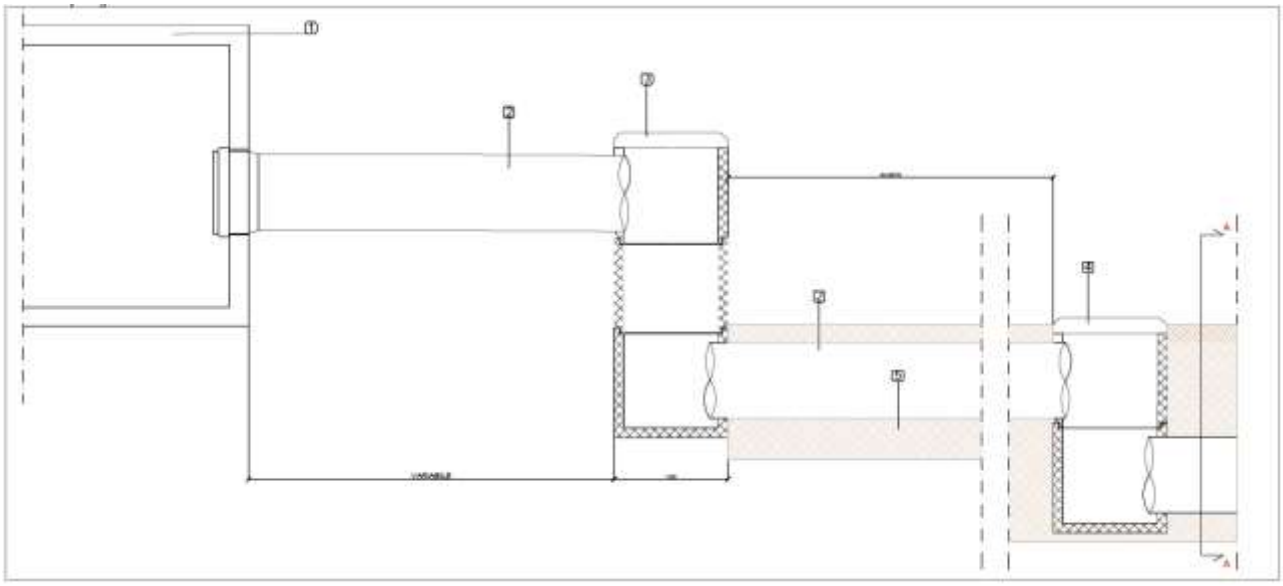


Figura 11: Sezione tipologica

L'intervento è progettato in modo da garantire:

- continuità idraulica tra il sistema di drenaggio, l'impianto di trattamento e il recapito finale;
- elevata durabilità delle opere grazie all'utilizzo di materiali resistenti e tecnologie standardizzate;
- facilità di manutenzione tramite la presenza diffusa di pozzetti di ispezione;
- compatibilità con le condizioni geotecniche e idrogeologiche del sito.

4.3.1 *Sintesi dell'analisi idrologica e idraulica di riferimento*

La definizione della portata di progetto assunta alla base del dimensionamento del nuovo canale di scarico delle acque meteoriche post trattamento discende dall'analisi idrologica e idraulica sviluppata **nell'elaborato specialistico 07750-017R03E01 – Relazione idraulica e idrologica**, redatto a supporto della progettazione del sistema di drenaggio della discarica in località Nocecchia.

L'analisi ha preliminarmente inquadrato il reticolo idrografico di riferimento, individuando il bacino afferente al Rio/Vallone Pazzano quale sistema naturale di recapito delle acque meteoriche derivanti dall'area di intervento. Il bacino complessivo è stato suddiviso in macro-bacini e sottobacini funzionali, tenendo conto dell'assetto morfologico, delle quote altimetriche, delle linee di impluvio esistenti e delle modifiche indotte dalla configurazione di progetto della discarica.

Ai fini della determinazione delle portate di piena, lo studio ha adottato un tempo di ritorno pari a **20 anni**, coerente con i criteri ordinariamente impiegati per la verifica dei sistemi di drenaggio e regimazione delle acque meteoriche. Le curve di possibilità pluviometrica sono state definite mediante elaborazione statistica delle precipitazioni intense e di breve durata, assumendo, per il bacino in esame, i seguenti parametri caratteristici:

- parametro a = 45 mm/h;
- parametro n = 0,256;
- durata critica dell'evento meteorico pari a 30 minuti.

La trasformazione afflussi-deflussi è stata condotta mediante metodo cinematico, considerando per ciascun sottobacino la superficie scolante, il coefficiente di deflusso, il tempo di accesso, il tempo di transito e il tempo di corrivazione complessivo. In tale quadro, il progetto ha valutato separatamente lo stato di fatto e lo stato di progetto, evidenziando come la nuova configurazione morfo-altimetrica dell'area determini una diversa ripartizione delle portate tra i sottobacini A, B e C.

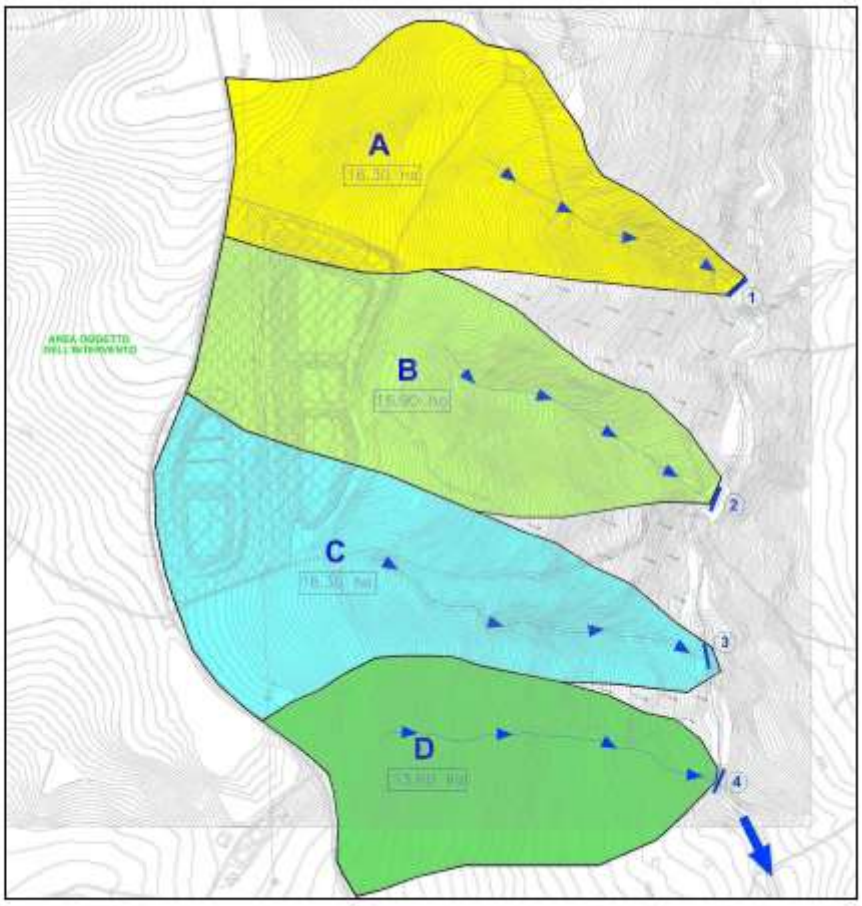


Figura 4.1: Il nuovo impianto nel suo complesso

Figura 10 Rappresentazione sottobacini alla base dell'elaborato "07750-017R03E01 – Relazione idraulica e idrologica"

Nello stato di progetto, a parità di evento meteorico, le portate afferenti ai sottobacini A e B risultano ridotte rispetto allo stato di fatto, mentre il sottobacino C assume il ruolo di recapito prevalente delle acque intercettate e regimate dal nuovo

assetto idraulico. La portata di piena stimata per il sottobacino C risulta pari a **418,7 l/s**, valore assunto cautelativamente pari a **420 l/s** ai fini delle successive verifiche idrauliche della condotta di scarico.

Nome bacino	Bacino affluente	Super. [ha]	Lung. [m]	Quota max [m slm]	Quota min [m slm]	Dislivello [m]	Pendenza media [%]
C	Pazzano	22	720	375	230	130	20%

Tabella 4.5: Caratteristiche altimetriche del bacino C

S.Arcangelo TR 20 anni								
Lotto	mq	HA	Lmax[m]	Ta[min]	Tr[min]	Tc[h]	Ic[mm/h]	Qb[l/s]
Franco iniziale								
Sottobacino A	265000	26.50	700	30	7.8	0.63	16.25	418.7
Cb	0.35							
a	45							
n	0.256							

Tabella 5.6: Portate di piena sottobacino C) alla sezione di interesse

Figura 11 Tabella con calcolo portata di piena per il sottobacino Ci alla base dell'elaborato "07750-017R03E01 – Relazione idraulica e idrologica"

Tale valore costituisce pertanto la portata di progetto del tratto terminale del sistema di smaltimento e rappresenta il dato di input per la verifica della condotta in calcestruzzo vibrato D1000 prevista lungo il nuovo canale di scarico. La verifica è stata impostata secondo i criteri del moto uniforme, con controllo della capacità di deflusso, del grado di riempimento e delle velocità in condotta, al fine di garantire il funzionamento a gravità, in assenza di fenomeni di rigurgito e con valori di velocità compatibili con i limiti di esercizio dell'opera.

4.3.2 *Verifica idraulica della condotta D1000 in calcestruzzo vibrato*

Nota la portata di progetto pari a **Q = 420 l/s**, derivante dall'analisi idrologico-idraulica di riferimento, è stata eseguita la verifica della condotta prevista per il nuovo canale di scarico, costituita da tubazione circolare in **calcestruzzo vibrato D1000**, funzionante a gravità.

La verifica è stata condotta assumendo condizioni di moto uniforme e applicando la formulazione di Chézy, con coefficiente di scabrezza coerente con la tipologia del manufatto in calcestruzzo. L'obiettivo della verifica è stato quello di accertare che la sezione circolare adottata garantisca una capacità idraulica adeguata rispetto alla portata di progetto e, al contempo, assicuri velocità di deflusso comprese entro i limiti funzionali assunti per l'opera, pari a:

- **velocità minima ammissibile vmin > 0,50 m/s**, al fine di limitare fenomeni di deposito e sedimentazione;
- **velocità massima ammissibile vmax < 5,00 m/s**, al fine di contenere fenomeni erosivi, sollecitazioni localizzate e criticità nei manufatti di linea.

La configurazione plano-altimetrica dello stato dei luoghi evidenzia, lungo il tracciato compreso indicativamente tra il **picchetto 1 e il picchetto 45**, pendenze naturali anche molto elevate, localmente prossime al **17%**. Tali condizioni, se trasferite direttamente alla livelletta della condotta, avrebbero comportato velocità di moto non compatibili con il corretto esercizio della rete e con la durabilità dei manufatti.

PICCHETTO	gradi	radianti	pendenza %	appross.	Q (mc/sec)
1 -4	9	0,16	15,84	16	0,42
4-7	15	0,26	26,79	27	0,42
7-10	6	0,10	10,51	11	0,42
10 - 18	7	0,12	12,28	12	0,42
18 - 24	17	0,30	30,57	31	0,42
24 - 31	11	0,19	19,44	19	0,42
31 - 36	16	0,28	28,67	29	0,42
36 - 41	2	0,03	3,49	3	0,42
41 - 44	12	0,21	21,26	21	0,42
44 - 45	9	0,16	15,84	16	0,42

Per tale ragione, il tracciato idraulico è stato impostato attraverso una successione di tratti a pendenza controllata, prevedendo l'inserimento di pozzetti di salto nei punti in cui risulta necessario dissipare il dislivello disponibile. In particolare, per il posizionamento dei pozzetti è stata assunta una pendenza massima dei tratti in ingresso e in uscita pari a **5% (ovvero 3°)**, valore ritenuto idoneo a garantire il rispetto dei limiti di velocità e il funzionamento regolare della condotta D1000.

Con riferimento alla portata di progetto pari a **0,420 m³/s**, la condotta D1000 presenta un grado di riempimento contenuto e una significativa riserva di capacità idraulica. Per una pendenza di esercizio pari al **5%**, la verifica restituisce indicativamente un tirante idrico dell'ordine di **0,364**, con velocità media di deflusso pari a circa **4,53 m/s**. Tale valore risulta superiore alla velocità minima di autopulizia e inferiore alla velocità massima ammissibile assunta per il dimensionamento.

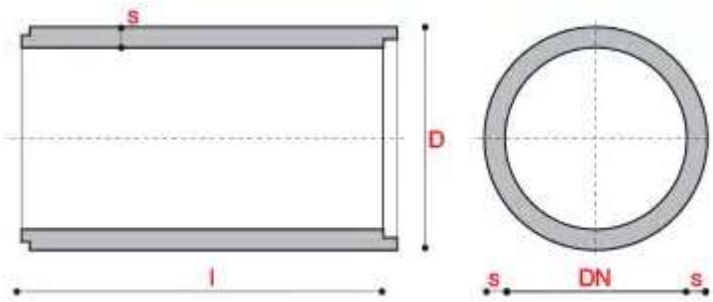
La sezione adottata risulta pertanto idraulicamente idonea allo smaltimento della portata di progetto, garantendo:

- deflusso a gravità in condizioni di moto a pelo libero;
- assenza di funzionamento ordinario in pressione;
- adeguato franco idraulico interno alla tubazione;
- velocità compatibili con i limiti di esercizio;
- riduzione del rischio di deposito, rigurgito o erosione localizzata.

La scelta della condotta D1000 in calcestruzzo vibrato, associata alla regolazione delle pendenze mediante pozzetti di salto, consente quindi di conciliare le condizioni morfologiche particolarmente acclivi del versante con l'esigenza di realizzare un sistema di scarico stabile, ispezionabile, manutenibile e idraulicamente efficiente.

4.3.2.1 *Criteri di dimensionamento*

Il progetto è stato effettuato ipotizzando l'utilizzo di tubazione in cemento armato vibrocompresso con speco circolare D1000, con le medesime caratteristiche geometriche:



DATI TECNICI

DN diametro nominale in cm	Codice prodotto	D diametro esterno in cm	S spessore in cm	Peso in Kg
30	910105	38	4,0	100
40	910106	49	4,5	140
50	910107	61	5,5	210
60	910108	72	6,0	280
80	910109	93	6,5	400
100	910110	116	8,0	590
120	910111	136	8,0	820

Nel caso specifico, tale compito è stato agevolato dalle basse pendenze naturali del terreno, il che si traduce in un risparmio economico, in quanto non è stato necessario effettuare scavi con pendenze diverse da quelle caratterizzanti il piano campagna.

$$\frac{h_r}{D_r} = \frac{h}{D}$$

$$\frac{Q_u}{Q_{u,r}} = \frac{A}{A_r} \cdot \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \cdot \left[\frac{R_i}{R_{i,r}}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{\frac{i}{i_r}} = \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \cdot \left[\frac{D}{D_r}\right]^{\frac{8}{3}} \cdot \sqrt{\frac{i}{i_r}}$$

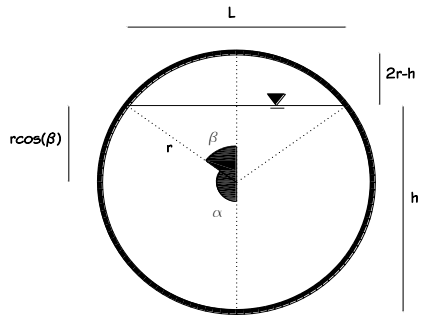
$$\frac{Q_c}{Q_{c,r}} = \frac{\sqrt{\frac{g \cdot A^3}{L}}}{\sqrt{\frac{g \cdot A_r^3}{L_r}}} = \sqrt{\left[\frac{A}{A_r}\right]^3 \cdot \frac{L_r}{L}} = \left[\frac{D}{D_r}\right]^{\frac{5}{2}}$$

$$\frac{V_u}{V_{u,r}} = \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \cdot \left[\frac{R_i}{R_{i,r}}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{\frac{i}{i_r}} = \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \cdot \left[\frac{D}{D_r}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{\frac{i}{i_r}}$$

$$\frac{V_c}{V_{c,r}} = \frac{\sqrt{\frac{g \cdot A}{L}}}{\sqrt{\frac{g \cdot A_r}{L_r}}} = \sqrt{\left[\frac{A}{A_r}\right] \cdot \frac{L_r}{L}} = \sqrt{\frac{D}{D_r}}$$

Il progetto è stato effettuato ipotizzando l'utilizzo di una tubazione in c.a.v. a sezione circolare.

In tali ipotesi geometriche le formule utilizzate per il calcolo dell'angolo (ϑ), dell'area (A), del contorno bagnato (C), del raggio idraulico (R) e della portata (Q) sono di seguito riportate:



Si ha che:

$$\beta = \pi - \alpha$$

da cui:

$$A(h) = \pi \cdot r^2 - r^2 \cdot \left[(\pi - \alpha) + \frac{1}{2} \cdot sen(2 \cdot (\pi - \alpha)\right]$$

$$P(h) = 2 \cdot r \cdot \alpha$$

$$L(h) = 2 \cdot r \cdot sen(\pi - \alpha)$$

$$Q_u(h) = K_{st} \cdot A(h) \cdot R(h)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

$$V_u(h) = \frac{Q_u(h)}{A(h)}$$

$$Q_k(h) = A(h) \cdot \sqrt{\frac{g \cdot A(h)}{L(h)}}$$

$$V_k(h) = \frac{Q_k(h)}{A(h)}$$

Si ipotizza, in prima ipotesi che l'alveo sia a forte pendenza, salvo verificarlo a posteriori. Si impone un grado di riempimento max pari all' 80%. Dalla scala di deflusso in condizioni di stato critico si ricava $Q_{r,c}$.

A questo punto, sfruttando la similitudine idraulica delle portate per il caso dello stato critico si ricava la dimensione della sezione con la seguente equazione:

$$D = \left(\frac{Q_T}{Q_{r,c}} \right)^{2/5} \cdot D_r$$

Ricavato il diametro teorico si sceglie quello commerciale.

Verifica dell'altezza

Bisogna verificare innanzitutto se il tratto è effettivamente a forte pendenza come ipotizzato in fase di dimensionamento. In base alle dimensioni determinate, si calcolano innanzitutto le portate di riferimento sia in stato critico che in moto uniforme:

$$Q_{r,c} = Q_T \left(\frac{D_r}{D} \right)^{5/2} \qquad Q_{r,u} = Q_T \left(\frac{D_r}{D} \right)^{8/3} \left(\frac{i_r}{i} \right)^{1/2}$$

Inoltre, dalle scale di deflusso si leggono le corrispondenti altezze idriche in condizioni di stato critico e di moto uniforme. Si ricavano, dalla similitudine idraulica, le altezze idriche del tratto in esame:

$$h_c = h_{r,c} \frac{D}{D_r} \qquad h_u = h_{r,u} \frac{D}{D_r}$$

Se hc>hu l'alveo è a forte pendenza, così come ipotizzato e la verifica del grado di riempimento va effettuata rispetto all'altezza di stato critico, in particolare va verificato che hr,c < 0,8 hr,c,max. Viceversa (se hc<hu) la verifica va effettuata rispetto all'altezza di moto uniforme.

Verifica della velocità

Se l'alveo è a forte pendenza, la velocità massima si ha in condizioni di moto uniforme.

Si ricava allora dalla scala di deflusso il valore della velocità di riferimento Vr,u. Applicando nuovamente la similitudine idraulica la velocità massima nel tratto è pari a :

$$V_{\max} = V_u = V_{r,u} \cdot \left[\frac{D}{D_r}\right]^{2/3} \cdot \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \cdot \left[\frac{i}{i_r}\right]^{1/2}$$

V_{max} deve essere minore di 5,0 m/s.

4.3.2.2 *Risultati di calcolo*

Assunta una pendenza del 5,00% come condizione necessaria alle verifiche sia in termini di grado di riempimento (h/d) sia di velocità (v_{min} e v_{max}).

gradi	radianti	pendenza %	appross.
3	0,05	5,24	5

Dimensionamento

Le caratteristiche del tratto sono:

i =	0,05	
QT=	0,42	m3/s
Qn=	0,42	m3/s

Si ipotizza in prima istanza che l'alveo si a F.P. salvo verificarlo a posteriori.

Si impone un grado di riempimento max pari al 75,0% ,ossia hrc,max= 0,75 m

Dalla scala di deflusso in condizioni di stato critico si ricava che:

Qr,c 1,68955 m3/s

Sfruttando la similitudine idraulica delle portate per il caso dello stato critico si ricava la dimensione della sezione che è dunque pari a:

$$D = \left(\frac{Q_T}{Q_{r,c}}\right)^{2/5} \cdot D_r =$$ 0,5730 m= 573,0 mm

Si sceglie quindi un diametro comm. pari a D= 1000 mm .

Verifica

Bisogna verificare innanzitutto se il tratto è effettivamente a forte pendenza come ipotizzato in fase di dimensionamento. In base alle dimensioni determinate si calcolano innanzitutto le portate di riferimento sia in stato critico che in moto uniforme.Si ha che:

$$Q_{r,c} = Q_T \left(\frac{D_r}{D} \right)^{5/2} =$$ 0,4200 m3/s

$$Q_{r,u} = Q_T \left(\frac{D_r}{D} \right)^{8/3} \left(\frac{i_r}{i} \right)^{1/2} =$$ 1,8783 m3/s

Dalle scale di deflusso si leggono le corrispondenti altezze idriche rispettivamente in condizioni di stato critico e di moto uniforme. Si ha che:

hr,c= 0,3640 m

hr,u= 0,1750 m

Si ricavano ora , dalla similitudine idraulica, le altezze idriche del tratto in esame:

$$h_c = h_{r,c} \frac{D}{D_r} =$$ 0,364 m

$$h_u = h_{r,u} \frac{D}{D_r} =$$ 0,175 m

controllo:

L'alveo è a F.P. (forte pendenza)

Dunque le ipotesi del dimensionamento sono soddisfatte in quanto l'alveo è a F.P. (hc>hu). La verifica del grado di riempimento va dunque effettuata rispetto all'altezza di stato critico. Si ha che:

hr,c= 0,3640 m

<0,8*hrc,max la verifica è soddisfatta

(0,8*hrc,max= 0,6)

Dato che l'alveo è a F.P. , la velocità massima si ha in condizioni di moto uniforme.

Si ricava allora dalla scala di deflusso il valore della velocità di riferimento, pari a :

Vr,u= 20,277 m/s

Applicando nuovamente la similitudine idraulica la velocità massima nel tratto è pari a :

$$V_{max} = V_u = V_{r,u} \cdot \left[\frac{D}{D_r} \right]^{2/3} \cdot \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \cdot \left[\frac{i}{i_r} \right]^{1/2} =$$

	4,534	m/s
controllo:	Vmax<5m/s la verifica è soddisfatta	

Verifica di tempo asciutto

Bisogna verificare se quando transita la portata media nera l'alveo è a F.P. oppure a D.P.

Le portate di riferimento corrispondenti alla portata nera sono:

$$Q_{r,c} = Q_n \left(\frac{D_r}{D} \right)^{5/2} =$$

4,200E-01 m3/s

$$Q_{r,u} = Q_n \cdot \left(\frac{D_r}{D} \right)^{8/3} \cdot \frac{K_{st,r}}{K_{st}} \cdot \left(\frac{i_r}{i} \right)^{1/2} =$$

1,878E+00 m3/s

Dalle scale di deflusso si leggono le corrispondenti altezze idriche rispettivamente

in condizioni di stato critico e di moto uniforme. Si ha che:

hr,c=	0,3640	m
hr,u=	0,1750	m

I corrispondenti valori delle velocità di riferimento sono:

Vr,c=	1,622	m/s
Vr,u=	20,277	m/s

Dunque le velocità effettive all'interno della sezione sono:

$$V_c = V_{r,c} \cdot \left[\frac{D}{D_r} \right]^{1/2} =$$

1,622 m/s

$$V_u = V_{r,u} \cdot \left[\frac{D}{D_r} \right]^{2/3} \cdot \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \left[\frac{i}{i_r} \right]^{1/2} =$$

4,534 m/s

Si ricavano ora , dalla similitudine idraulica, le altezze idriche del tratto in esame:

$$h_c = h_{r,c} \frac{D}{D_r} =$$

$$h_u = h_{r,u} \frac{D}{D_r} =$$

0,364	m
0,175	m

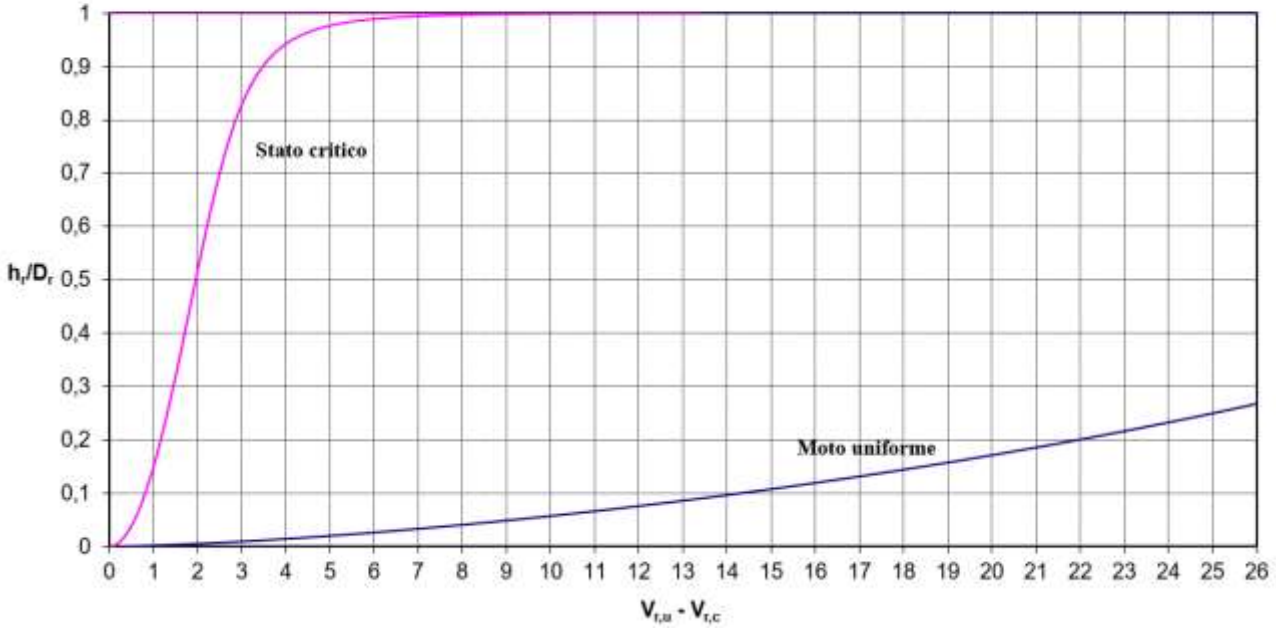
controllo:

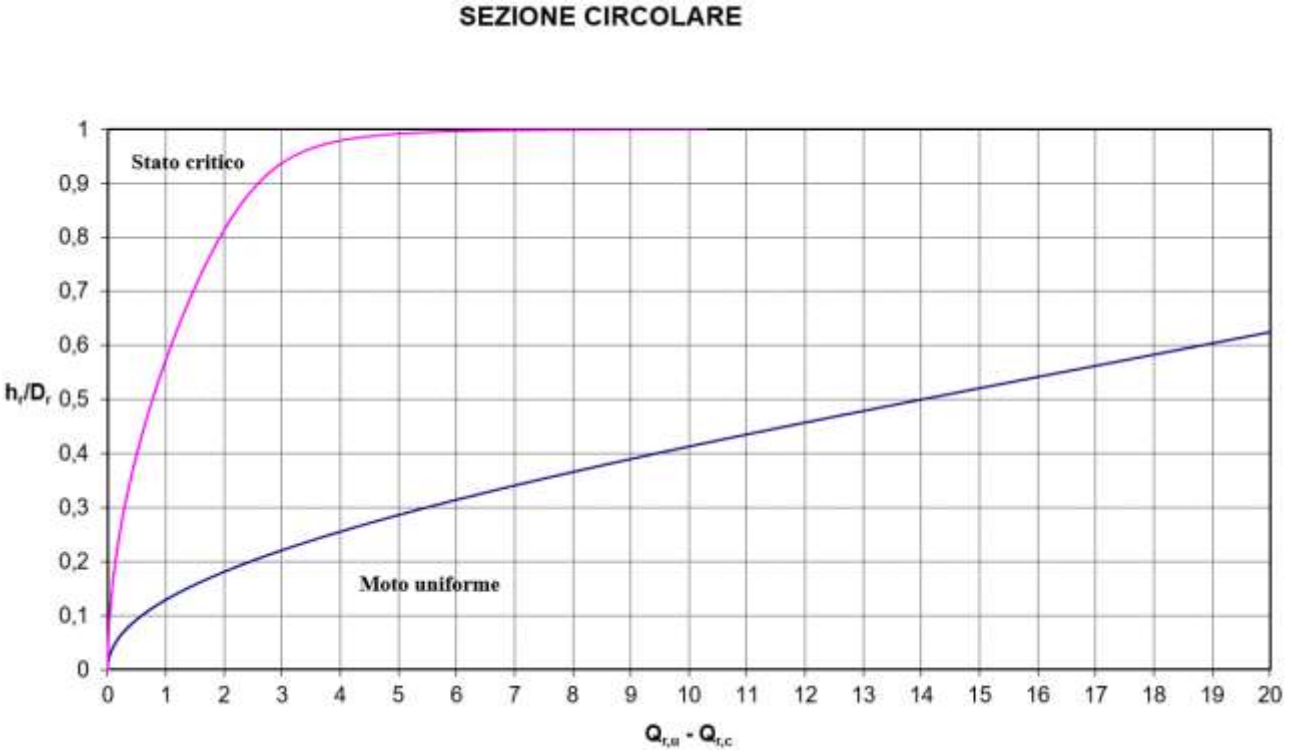
L'alveo è a | forte pendenza, pertanto Vmin=Vc= | 1,622 | m/s

controllo:

La verifica di tempo asciutto è soddisfatta giacchè Vmin>0,5m/s	

SEZIONE CIRCOLARE





4.3.3 *Pozzetti di salto e controllo delle livellette di progetto*

La necessità di inserire lungo il tracciato pozzetti di salto deriva direttamente dalla morfologia dello stato dei luoghi. Il nuovo canale di scarico si sviluppa infatti lungo un versante caratterizzato da significativi dislivelli plano-altimetrici, con tratti naturali a pendenza elevata, localmente anche dell'ordine del **17%**. In assenza di opere di dissipazione e frazionamento del salto, tali pendenze determinerebbero velocità di deflusso eccessive, non coerenti con i limiti funzionali assunti per la condotta D1000 e potenzialmente critiche per la durabilità dei manufatti.

I pozzetti di salto sono quindi stati previsti con funzione di regolazione altimetrica della linea idraulica, dissipazione localizzata del dislivello e controllo delle pendenze dei singoli tratti di condotta. Il loro posizionamento è stato definito imponendo, per i tratti in ingresso e in uscita da ciascun manufatto, una pendenza massima pari a **5% (ovvero 3°)**, così da mantenere le velocità di moto entro il campo di verifica assunto, compreso tra **0,50 m/s** e **5,00 m/s**.

I manufatti previsti sono costituiti da pozzetti prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato, con sezione interna 120 × 120 cm, idonei a garantire l'ispezionabilità della linea, la manutenzione ordinaria e straordinaria e la corretta gestione dei salti di quota. L'altezza complessiva del manufatto, comprensiva del pozzetto di base e degli eventuali anelli di prolunga, è prevista fino a un massimo di **3,00 m** di sviluppo verticale, in funzione delle quote di progetto e del dislivello da compensare.

Dal punto di vista funzionale, ciascun pozzetto consente di:

- interrompere la continuità della livelletta naturale del versante;

- ridurre la pendenza effettiva dei tratti di condotta;
- dissipare localmente l'energia del deflusso;
- garantire l'accesso per ispezione, pulizia e manutenzione;
- preservare la condotta da velocità eccessive e sollecitazioni concentrate;
- mantenere il funzionamento della rete in condizioni di moto regolare a pelo libero.

La configurazione adottata consente quindi di trasformare un tracciato naturalmente acclive in una successione di tratte idraulicamente controllate, ciascuna verificata rispetto alla portata di progetto di 420 l/s e ai limiti di velocità prefissati. In questo modo i pozzetti di salto assumono un ruolo strategico non solo come elementi costruttivi di raccordo plano-altimetrico, ma anche come presidi funzionali per la sicurezza idraulica e la durabilità dell'intero sistema di scarico.

4.3.3.1 Dimensionamento idraulico del pozzetto di salto (Rif.: UNI EN 476 – Circ. LL.PP. 11633/1974)

1. DATI DI INPUT				
PARAMETRO	**SIMBOLO**	**VALORE**	**UNITÀ**	**NOTE / FONTE**
Portata di progetto	Q	0,420	m³/s	*Portata di piena TR=20a - Sott. C stato di progetto (SGI 07750-017R03E01, Tab.5.6)*
Dislivello condotta	Δh	**0,50**	m	*⚠ INSERIRE: differenza quota fondo condotta entrante / uscente*
Diametro condotta entrante	D_1	1,000	m	*DN 1000 – Condotta in calcestruzzo armato centrifugato*
Diametro condotta uscente	D_2	1,000	m	*DN 1000 – da verificare; modificare se necessario*
Coefficiente Manning (CLS)	n_M	0,013	s/m^(1/3)	*CLS centrifugato – Circ. LL.PP. 11633/1974*
Coeff. Strickler (CLS)	Ks	90,000	m^(1/3)/s	*Corrispondente a n_M = 0.013 – UNI EN 476*
Velocità massima ammissibile	v_max	5,000	m/s	*CLS armato centrifugato – UNI EN 476 / Circ. LL.PP. 11633/1974*
Velocità minima autoulizia	v_min	0,500	m/s	*UNI EN 476 – a h/D = 0.5*
Coeff. scarico stramazzo	μ	0,420	—	*Stramazzo a parete grossa – valore cautelativo*
Coeff. dissipazione energetica	Cd	0,850	—	*Vasca in c.a. con fondo orizzontale*
Accelerazione di gravità	g	9,806	m/s²	*Costante*

2. IDRAULICA CONDOTTA ENTRANTE — DN 1000 CLS (sezione circolare a piena sezione)					
GRANDEZZA	**SIMBOLO**	**FORMULA / RIFERIMENTO**	**RISULTATO**	**UNITÀ**	**VERIFICA**
Area sezione piena	A_1	$\pi \cdot D_1^2/4$	0,7854	m²	

Contorno bagnato (piena sez.)	χ_1	$\pi \cdot D_1$	3,1416	m	
Raggio idraulico (piena sez.)	R_1	$A_1/\chi_1 = D_1/4$	0,2500	m	
Velocità a piena sezione	v_1	Q / A_1	0,5348	m/s	✔ v ≤ v_max
Pendenza minima (autoulizia)	i_min	$(v_min / Ks \cdot R_1^{(2/3)})^2$	0,0002	m/m	→ i ≥ 0.00 %
Pendenza massima (v_max)	i_max	$(v_max / Ks \cdot R_1^{(2/3)})^2$	0,0196	m/m	→ i ≤ 0.02 %
Altezza cinetica entrante	h_v1	$v_1^2 / (2g)$	0,0146	m	
Energia specifica entrante	E_1	$D_1/2 + h_v1$ (asse condotta)	0,5146	m	

3. DIMENSIONAMENTO STRAMAZZO (formula di De Marchi)

GRANDEZZA	SIMBOLO	FORMULA / RIFERIMENTO	RISULTATO	UNITÀ	VERIFICA
Carico totale sullo stramazzo	H_s	E_1 (energia specifica condotta entr.)	0,5146	m	
Lunghezza stramazzo (formula De Marchi)	L_s	$Q / (\mu \cdot (2g)^{0.5} \cdot H_s^{1.5})$	0,6117	m	→ L_s = 0.01 m
Lunghezza stramazzo adottata	L_s,ad	ARROTONDA.ECCESSO(L_s ; 0.05)	0,6500	m	Adottata: 0.01 m
Verifica portata con L adottata	Q_ver	$\mu \cdot L_s,ad \cdot (2g)^{0.5} \cdot H_s^{1.5}$	0,4463	m³/s	✔ Q_ver ≥ Q
Altezza parete stramazzo	P_s	0.5·H_s (pratica corrente – min 0.20 m)	0,2573	m	
Altezza totale stramazzo (parete + carico)	H_tot	P_s + H_s	0,7719	m	

4. VERIFICA ENERGETICA — DISSIPAZIONE E RISALITA

GRANDEZZA	SIMBOLO	FORMULA / RIFERIMENTO	RISULTATO	UNITÀ	VERIFICA
Area sezione piena condotta uscente	A_2	$\pi \cdot D_2^2/4$	0,7854	m²	
Velocità condotta uscente (piena sez.)	v_2	Q / A_2	0,5348	m/s	✔ $v_2 \le$ v_max
Altezza cinetica uscente	h_v2	$v_2^2 / (2g)$	0,0146	m	
Energia potenziale del salto	E_pot	Δh (dislivello fondo condotte)	0,5000	m	✔ Δh definito
Energia cinetica entrante	E_cin1	h_v1	0,0146	m	
Energia totale in ingresso al pozzetto	E_in	E_pot + E_cin1	0,5146	m	
Energia cinetica uscente	E_cin2	h_v2	0,0146	m	
Energia da dissipare	ΔE	$Cd \cdot (E_in - E_cin2)$	0,4250	m	✔ ΔE = 0.000 m

Profondità vasca di dissipazione	h_vasc	*MAX(0.50 ; 0.30·Δh)*	0,5000	m	h_vasc = 0.01 m
Larghezza vasca (= L_s adottata)	B_vasc	*L_s,ad*	0,6500	m	
Lunghezza vasca di dissipazione	L_vasc	*MAX(2·Δh ; 1.20)*	1,2000	m	L_vasc = 0.01 m
Numero di Froude uscente	Fr_2	*v_2 / (g·D_2)^0.5*	0,1708	—	✔ Fr < 1 (sub-critico)
Altezza risalita (Belanger)	y_2_ris	*D_2/2·(−1+(1+8·Fr_2^2)^0.5)/2 [sez. circ. approx.]*	0,0276	m	✔ $y_2 \le D_2$

5. RIEPILOGO DIMENSIONI POZZETTO

ELEMENTO	DIMENSIONE	UNITÀ	
Larghezza stramazzo adottata	**0,650**	m	*Lunghezza cresta stramazzo*
Altezza parete stramazzo	**0,257**	m	*Dal fondo vasca alla cresta*
Altezza totale stramazzo	**0,772**	m	*Parete + carico idrico*
Larghezza vasca dissipazione	**0,650**	m	*Larghezza vasca = Lunghezza stramazzo adottata*
Lunghezza vasca dissipazione	**1,200**	m	*max(3·D_1; 2·Δh; 1.50)*
Profondità vasca dissipazione	**0,500**	m	*max(0.50; 0.30·Δh)*
Altezza totale pozzetto	**1,572**	m	*h_vasc + H_tot + franco 0.30 m*
Energia dissipata	**0,425**	m	*Verifica dissipazione*
Numero di Froude uscente	**0,171**	—	*Regime sub-critico se Fr < 1*
Altezza risalita idraulica	**0,028**	m	*Formula di Belanger (approx. circ.)*

6. QUADRO DI CONFORMITÀ NORMATIVA

NORMA	PRESCRIZIONE	ESITO VERIFICA
UNI EN 476:2011	Velocità condotta entrante ≤ v_max	VERIFICATO — v_1 = 0.01 m/s ≤ 0.5 m/s
UNI EN 476:2011	Velocità condotta uscente ≤ v_max	VERIFICATO — v_2 = 0.01 m/s ≤ 0.5 m/s
UNI EN 476:2011	Regime sub-critico uscente (Fr < 1)	VERIFICATO — Fr = 0.000
Circ. LL.PP. 11633/1974	Stramazzo dimensionato con μ cautelativo	VERIFICATO — Q_ver = 0.000 m³/s ≥ Q = 0.000 m³/s
Buona pratica progettuale	Franco minimo pozzetto ≥ 0.30 m	Incluso nel calcolo altezza totale pozzetto

Il dimensionamento del pozzetto di salto a stramazzo è stato condotto applicando la formula di De Marchi per lo scarico su stramazzo a parete grossa, assumendo un coefficiente di efflusso μ = 0,42 in ragione del carattere cautelativo dell'approccio adottato. La portata di progetto di riferimento è pari a Q = 0,420 m³/s, derivante dall'analisi idrologica del

sottobacino C nello stato di progetto con tempo di ritorno TR = 20 anni (elaborato SGI 07750-017R03E01), e la condotta è DN 1000 in calcestruzzo vibrato con coefficiente di Strickler Ks = 90 m^(1/3)/s.

L'analisi idraulica della condotta entrante a piena sezione ha fornito i seguenti parametri caratteristici: area della sezione A_1 = 0,785 m², velocità v_1 = 0,535 m/s — compresa tra il limite minimo di autoulizia v_{min} = 0,50 m/s e il limite massimo ammissibile v_{max} = 5,00 m/s — raggio idraulico R_1 = 0,25 m ed energia specifica entrante E_1 = 0,515 m, assunta quale carico totale sullo stramazzo H_s.

L'applicazione della formula di De Marchi ha restituito una lunghezza teorica dello stramazzo L_s = 0,612 m, arrotondata per eccesso al valore adottato di **$L_{s,ad}$ = 0,65 m**, con verifica della portata smaltita Q_{ver} = 0,446 m³/s > Q, confermando la piena officiosità idraulica del manufatto. L'altezza della parete dello stramazzo risulta P_s = 0,257 m, con altezza totale del manufatto H_{tot} = 0,772 m.

La verifica energetica ha evidenziato un numero di Froude nella condotta uscente Fr_2 = 0,171, indicativo di un regime nettamente sub-critico, in assenza di risalto idraulico propriamente detto. Tale condizione consente di adottare, in conformità con i criteri della Circolare LL.PP. 11633/1974 e con i riferimenti della letteratura idraulica consolidata (Rand, 1955), una lunghezza della vasca di dissipazione pari a $L_{vasc} = 1{,}2 \cdot D_1$ = **1,20 m**, in luogo del criterio generale di $3 \cdot D_1$, giustificata dall'assenza di fenomeni di risalto per Fr_2 < 0,30. La profondità della vasca risulta h_{vasc} = 0,50 m e l'altezza di risalita idraulica y_2 = 0,028 m è del tutto trascurabile.

L'altezza totale del pozzetto, comprensiva della profondità della vasca di dissipazione, dell'altezza totale dello stramazzo e del franco minimo di 0,30 m, risulta pari a **1,572 m**, ampiamente contenuta entro il limite costruttivo di **3,00 m** disponibile con l'impiego combinato del fusto e dell'anello di prolunga.

Alla luce dei risultati ottenuti, tutte le verifiche idrauliche risultano soddisfatte: la velocità nella condotta è compresa nei limiti normativi, il regime è sub-critico, lo stramazzo è dimensionato con portata verificata, la dissipazione energetica è garantita e le dimensioni planimetriche e altimetriche del manufatto sono pienamente compatibili con l'impiego di un **pozzetto di salto in calcestruzzo armato vibrato avente sezione in pianta 1,20 × 1,20 m e sviluppo verticale massimo pari a 3,00 m**, comprensivo di fusto e anello di prolunga.

4.3.4 *Caratteristiche geometriche dell'intervento*

L'intervento prevede preliminarmente la pulizia e la preparazione del tracciato mediante operazioni di decespugliamento e rimozione della vegetazione infestante lungo una fascia di larghezza media pari a circa 2,50 m, al fine di garantire l'accessibilità alle lavorazioni, la corretta esecuzione degli scavi e il ripristino delle condizioni operative necessarie alla posa della nuova linea di scarico.

Tali attività risultano funzionali anche alla regolarizzazione preliminare del sedime, alla riduzione delle interferenze con la vegetazione esistente e al recupero delle condizioni morfologiche originarie del tracciato, così da consentire una corretta impostazione plano-altimetrica delle livellette di progetto.

La realizzazione del canale prevede l'esecuzione di scavi a sezione obbligata mediante mezzi meccanici, con sezione tipo pari a circa 1,50 m × 1,50 m, per un volume complessivo di scavo superiore a 1.400 m³, comprensivo anche degli scavi necessari per l'alloggiamento dei pozzetti di ispezione e dei pozzetti di salto. Gli scavi saranno eseguiti in terreni sciolti, con eventuale presenza di battente d'acqua, e comprenderanno la regolarizzazione delle pareti, la formazione del piano di posa e tutte le lavorazioni necessarie a garantire la corretta installazione delle tubazioni e dei manufatti prefabbricati.

L'elemento principale dell'opera è costituito da una tubazione in calcestruzzo vibrato con diametro interno pari a 1.000 mm, posata lungo l'intero sviluppo del tracciato, pari a circa 540 m. La scelta del diametro D1000 è coerente con la portata di progetto pari a 420 l/s, derivante dall'analisi idrologico-idraulica di riferimento, e consente di garantire un adeguato margine di capacità idraulica, il funzionamento a gravità e il mantenimento delle velocità di deflusso entro i limiti assunti in sede di verifica.

In considerazione della morfologia acclive dello stato dei luoghi, caratterizzata in alcuni tratti da pendenze naturali particolarmente elevate, la posa della condotta non seguirà integralmente l'andamento naturale del terreno, ma sarà regolata mediante livellette di progetto controllate. A tal fine, lungo il tracciato saranno inseriti pozzetti di salto in calcestruzzo armato vibrato, con sezione interna 120 × 120 cm e sviluppo verticale massimo, comprensivo di pozzetto e anelli di prolunga, pari a 3,00 m. Tali manufatti consentiranno di frazionare i dislivelli, dissipare localmente l'energia del deflusso e mantenere la pendenza dei tratti di condotta in ingresso e in uscita entro il valore massimo assunto pari al 5%.

La posa in opera della tubazione prevede in particolare:

- allineamento plano-altimetrico secondo le livellette di progetto;
- formazione del letto di posa e del rinfianco con materiale idoneo;
- installazione dei pozzetti di ispezione e di salto nei punti previsti dal profilo longitudinale;
- realizzazione di giunzioni a tenuta idraulica;
- verifica delle quote di fondo e delle pendenze effettive;
- controllo della continuità idraulica del sistema e del corretto deflusso a gravità.

Nel complesso, la configurazione geometrica adottata consente di coniugare le esigenze idrauliche della condotta D1000 con le condizioni morfologiche del versante, garantendo un sistema di scarico ordinato, ispezionabile, manutenibile e compatibile con la portata di progetto. L'inserimento dei pozzetti di salto costituisce, in tale quadro, un presidio essenziale per il controllo delle velocità e per la durabilità dell'opera nel tempo.