

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
COMUNE DI ITTIRI
Provincia di SASSARI

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

PROGETTO DI COLTIVAZIONE E RECUPERO AMBIENTALE -AMPLIAMENTO DEL CANTIERE
"CASIDDU" -
CONCESSIONE MINERARIA "SA PIGADA BIANCA" COLTIVAZIONE DI ARGILLE
BENTONITICHE, SMETTICHE E REFRATTARIE E MANGANESE

Richiedente:
Argillitti s.r.l.

Argillitti Srl

Sede Amm.va: Via Offone Bacaredda, 47 -
09127 Cagliari – P.IVA:02231760923

--	--

Elaborato: 04 RI 24	Titolo: Relazione Idrologica e Idraulica
------------------------	---

Data: Febbraio 2024	Prot.:	Revisioni			
		00			
		Feb. 24			

Timbri

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E UBICAZIONE DEL SITO	3
3.	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA D'INDAGINE	5
	Descrizione generale	5
	INQUADRAMENTO CLIMATICO-AMBIENTALE	5
4.	INQUADRAMENTO IDROLOGICO	6
	CARATTERIZZAZIONE DEL SITO	6
	DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI IDRAULICI.....	12
	Analisi Idrologica	13
	4.1.1 Eventi estremi di precipitazione giornaliera	13
5.	CALCOLI IDRAULICI	14
	SVILUPPO CALCOLI IDRAULICI	16
	5.1.1 Tempo di corrivazione	17
	5.1.2 Coefficiente di deflusso	18
	Bacino di riferimento.....	19
	5.1.3 Bacino considerato	19
6.	VALUTAZIONI FINALI	20
	Stima dei volumi totali da smaltire	21
	Dimensionamento linea di smaltimento	22
	Dimensionamento vasche di decantazione	26

1. INTRODUZIONE

La presente relazione viene presentata dalla Società Argilliti s.r.l., ai sensi del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. ed in conformità a quanto disposto dalla Deliberazione di Giunta Regionale N. 11/75 del 24.03.2021, nell'ambito della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale relativa alla Variante al progetto di coltivazione e recupero ambientale che prevede l'ampliamento del Cantiere Minerario denominato "Casiddu" interno alla Concessione Mineraria denominata "Sa Pigada Bianca", in agro del Comune di Ittiri (SS) operante nella coltivazione di argille bentonitiche e smettiche, manganese e terre da sbianca.

La Società proponente, Argilliti s.r.l., è la titolare della Concessione Mineraria per Minerali di I° categoria, Argille Bentonitiche, Smectiche, Refrattarie e Manganese, denominata "Sa Pigada Bianca", ricadente in località Lettu e Cuga nei dei Comuni di Ittiri – Uri, della Provincia di Sassari, localizzata ad Ovest del centro abitato di Ittiri.

La presente relazione contiene una serie di valutazioni sia idrologiche che idrauliche dell'area individuata per l'ampliamento della coltivazione al fine dimensionare correttamente sia le opere di gestione delle acque di ruscellamento in fase di coltivazione che le opere di recupero dei luoghi principalmente per ciò che concerne il ripristino delle condizioni idrologiche superficiali.

Per il dimensionamento del sistema di canalizzazioni perimetrali e di ripristino del compluvio principale sarà utilizzato il valore della Portata di Massima Piena (Q_{max}). La valutazione di tale portata è funzione, tra gli altri parametri, della superficie del bacino imbrifero; si è reso perciò necessario impostare uno studio dell'area che sottende il sito di ubicazione, al fine di individuare sia l'effettiva superficie del bacino incidente sull'area in oggetto che le contestuali caratteristiche morfometriche e idrologiche dello stesso bacino.

Sono stati altresì valutati tutti gli apporti al fine di dimensionare una linea di smaltimento adeguata agli usi richiesti nel presente studio nella configurazione recupero post coltivazione che le opere di adeguata gestione in fase di coltivazione.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E UBICAZIONE DEL SITO

L'area di progetto ricade interamente all'interno del complesso sedimentario e vulcanico del Logudoro, caratterizzato da un ambiente geomorfico di tipo collinare, con altimetria media intorno ai 400 m. s.l.m.; le creste possono superare i 550 metri, con valori medi attestanti attorno ai 480-500 metri, mentre il fondo valle è caratterizzato da valori di altitudine medi attorno ai 330-350 metri.

Localmente si evidenzia un valore della acclività da media ed alta, in funzione dei litotipi affioranti, sovente in bancate, e dei prodotti del loro disfacimento che si accumulano in colti di ricoprimento.

In via generale si evidenzia che la geomorfologia del settore è il risultato della combinazione dei differenti processi, endogeni ed esogeni, e come è normale in ultima istanza dipende dalla struttura geologica locale

L'area in oggetto, evidenziata nella sottostante immagine, è cartograficamente ubicata al confine dei fogli n° 479 Ittiri e n°459 Sassari della Cartografia d'Italia IGM alla scala 1: 50.000, nella Carta Tecnica Regionale Numerica in scala 1: 10.000, al confine tra le Sezioni 479-020 (Putifigari) e la Sezione 479-030 (Ittiri) e le sezioni 459 140 (Uri) e 459 150 (Ittiri Nord).

La rappresentazione esatta dei luoghi è riportata negli elaborati cartografici di progetto ai quali si rimanda il riferimento per la localizzazione.

La rappresentazione esatta dei luoghi è riportata negli elaborati cartografici di progetto ai quali si rimanda per una chiara e dettagliata localizzazione.

L'accessibilità al sito è garantita principalmente dalla S.S. 131 bis e successivamente da questa, attraverso uno svincolo in corrispondenza del ponte sulla parte iniziale del bacino artificiale del Cuga, si impegna una strada di penetrazione che conduce sino ai cantieri.

Il cantiere Casiddu, interno alla miniera di Sa Pigada Bianca, è raggiungibile sia dalla strada bianca Comunale di "Bide" sia dalla strada bianca Comunale di "San Leonardo". In entrambi i casi occorre allacciarsi alla strada di cantiere esistente che parte dell'area di "San Leonardo" e arriva alla strada di Bide in prossimità del cantiere Dore S.

La strada di cantiere esistente costituisce l'arteria principale di collegamento tra le diverse aree di lavorazione e i depositi del materiale.

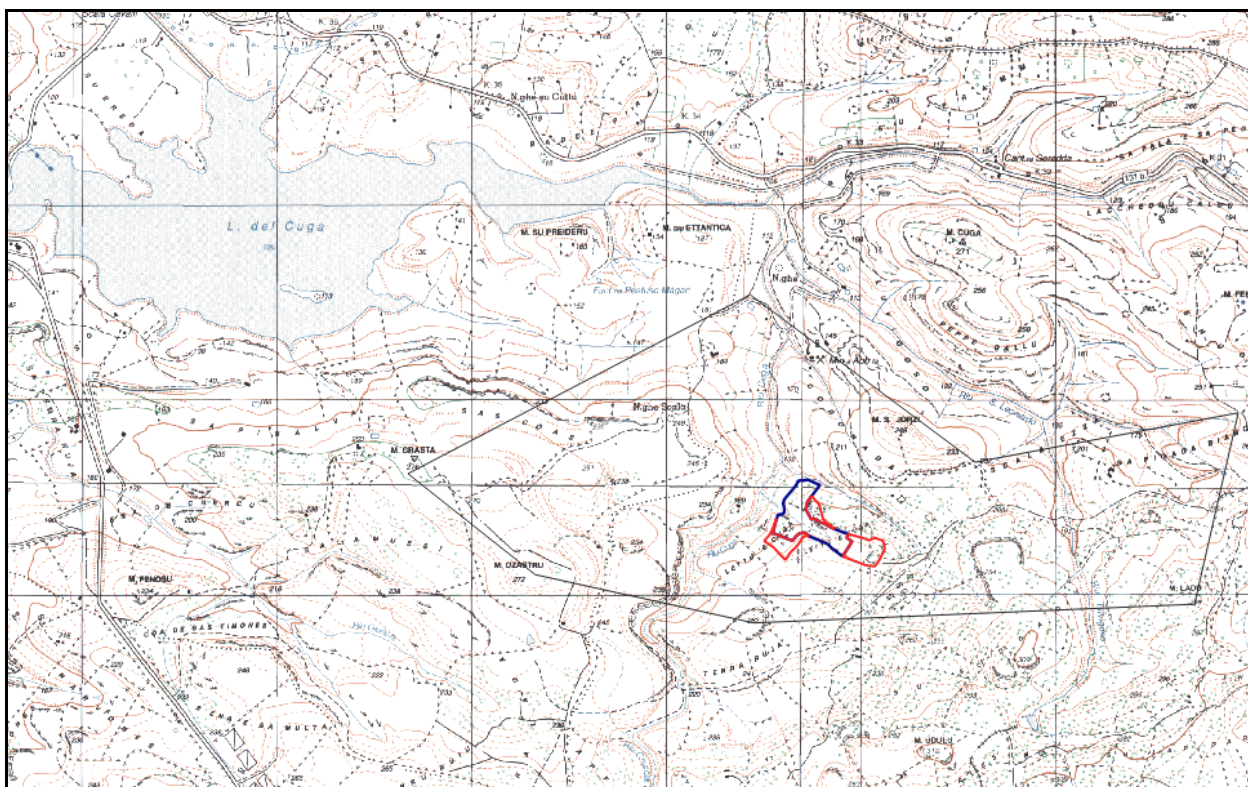


Figura 1 – ubicazione sito su base cartografica IGMI scala 1:25.000.

3. CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA D'INDAGINE

Descrizione generale

Situato su un'area prevalentemente collinare, Ittiri è un importante centro urbano del Logudoro; ha un'economia fondata sull'agricoltura affiancata da una modesta attività industriale. Il territorio presenta un profilo geometrico irregolare, con variazioni altimetriche molto accentuate, di seguito una breve sintesi delle principali caratteristiche geografiche dell'area vasta.

Altitudine Centro Abitato	450 m
Altitudine Minima	77 m
Altitudine Massima	617 m
Zona Altimetrica	Collina Interna

INQUADRAMENTO CLIMATICO-AMBIENTALE

Allo stato attuale il comune di Ittiri non è dotato di stazioni meteorologiche capaci di rilevare e monitorare le condizioni climatiche locali.

Le informazioni riportate di seguito sono state registrate dalla centralina del Servizio Agrometeorologico Regionale situata nel comune di Bonnanaro e, data la breve distanza che intercorre tra i due comuni, è possibile approssimare con un buon grado di correttezza le stesse informazioni anche per il territorio di Ittiri. Dal bollettino meteorologico pubblicato dall'ARPAS nel 2017 sull'analisi agrometeorologica e climatologica della Sardegna, vengono riportati per la stazione di Bonnanaro i principali dati di interesse:

- I valori estremi di temperatura minima sono stati pari a -1.5°C a gennaio 2015 e i valori massimi pari a 38.2°C nel mese di luglio 2015.
- Una piovosità media annuale compresa tra i 600 e gli 800 mm. La stagione delle piogge si concentra maggiormente nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio e le precipitazioni massime si hanno nel mese di febbraio con una media pari a 180-200 mm.
- Una temperatura media annuale compresa tra i 9-12°C, con temperature minime oscillanti tra i 2 e i 4°C, durante la stagione invernale, e massime pari a 32-34°C, nel periodo estivo

Le caratteristiche climatiche sono quelle tipiche dell'area mediterranea sostanzialmente caratterizzate da un clima caldo e temperato.

L'altimetria è uno dei fattori di maggior rilievo nello studio di un'area perché condiziona numerosi fattori che incidono sul territorio ed influisce sulle temperature, le precipitazioni e la vegetazione. Climaticamente Thiesi viene inserita nelle aree denominate **C-sa** secondo la classificazione di Köppen e Geiger.

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO

CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

Per ciò che concerne l'aspetto idrogeologico locale possiamo considerare come bacino di riferimento quello relativo del Barca, che prende origine dal corso d'acqua omonimo (classificato al codice 01910001 nella legenda dei corsi d'acqua del PTA). L'U.I.O. del Barca ha un'estensione pari a 555,46 Km² ed è formata, oltre che dall'omonimo bacino principale, da una serie di bacini costieri tra i quali spicca per importanza quello del Canale Urune, che interessa l'area di Capo Caccia. La U.I.O. si estende dal mare alle zone interne dell'isola con quote che variano tra 0 e 506 m s.l.m. (Punta Sa Casa) e quota media di 119 m. Il Rio Barca, nella parte a monte, si suddivide in tronchi con diverse denominazioni:

- Rio Su Catala, detto a monte Rio Cuga;
- Rio Serra, detto a monte Sette Ortas;
- Rio Su Mattone;
- Rio Filibertu.

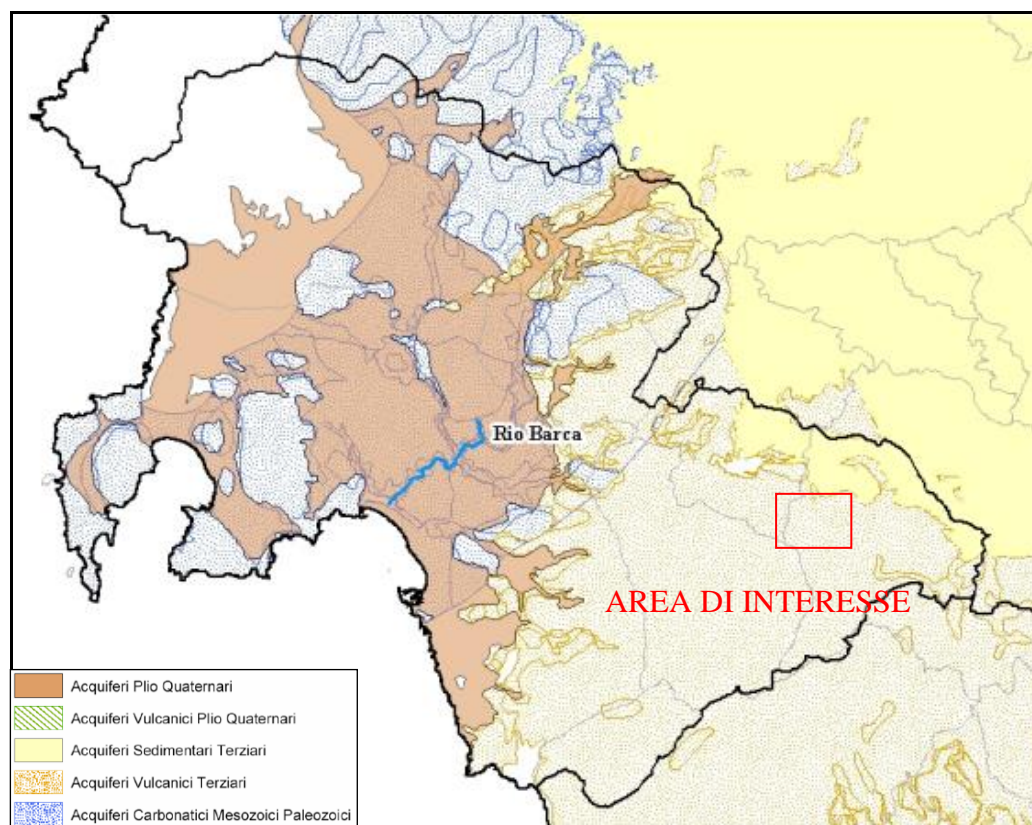


Figura 2 - Complessi acquiferi presenti nella U.I.O. del Barca (PTA Sardegna)

Nel bacino del Rio Barca sono presenti gli invasi del Cuga e del Surigheddu. Nell'area in indagine riveste particolare interesse l'invaso artificiale "Rio Cuga e Nuraghe Attentu" ricadente nel

Comune di Uri (SS) che ha uno sviluppo superficiale pari a 3.1 Km² ed una capacità di invaso di circa 34 milioni di m³.

Di seguito, si riportano gli acquiferi che interessano il territorio della U.I.O. del Barca (Figura 5).

1. Acquifero dei Carbonati Mesozoici della Nurra;
2. Acquifero Detritico-Carbonatico Oligo-Miocenico del Sassarese;
3. Acquifero delle Vulcaniti Oligo-Mioceniche della Sardegna Nord Occidentale;
4. Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario della Nurra.

L'area in oggetto ricade interamente nel complesso dell'Acquifero delle Vulcaniti Oligo-Mioceniche della Sardegna Nord Occidentale. Non trascurabile, in funzione di potenziali interferenze, la vicinanza del complesso sedimentario terziario.

L'idrografia superficiale del territorio in esame - di evidente impostazione tettonica - vede la presenza di brevi rii e torrenti il cui deflusso è strettamente legato al tipo ed alla intensità delle precipitazioni. Queste, a carattere stagionale, provocano piene nei torrenti in occasione delle prime piogge autunnali e massimi di portata nei mesi di febbraio-marzo.

Durante la stagione secca (maggio-settembre) i corsi d'acqua risultano quasi del tutto privi di deflusso superficiale pur mantenendolo in parte in sub-alveo, nei tratti a valle.

L'andamento del reticolo idrografico, in stretta relazione con l'assetto tettonico e la natura dei litotipi dominanti (vulcaniti), si presenta nel complesso omogeneo, caratterizzato da un andamento dendritico di tipo anastomizzato e subordinatamente sub-parallelo, anche se talora le principali strutture tettoniche guidano i corsi d'acqua secondo direzioni alternative sub-angolari.

L'area oggetto è caratterizzata da due principali corsi d'acqua:

- Il Rio Luvigoso, con scorrimento in direzione Sud – Est – Nord – Ovest;
- Il Rio Cuga, con scorrimento in direzione Sud – Nord.

Il Rio Luvigoso non è interessato dalla coltivazione del cantiere Casiddu in quanto, il suo bacino idrografico, risulta essere dallo stesso separato dalla formazione del Monte Santu Giorzi.

L'area di coltivazione si trova su un pendio che degrada con pendenze che variano tra il 10 ed il 40%, su tale pendio le acque defluiscono secondo la direzione SSE – NNW verso il Rio Cuga, il quale rappresenta il bacino ultimo di confluenza di tutte le acque dell'area in esame. La testimonianza dello scorrimento superficiale è rappresentata dalla localizzazione nell'area di diversi solchi che rappresentano le linee di scorrimento superficiale delle acque meteoriche.

L'analisi idrogeologica locale fa ipotizzare un modello ben caratterizzato composto alla base da litologie poco o nulla permeabili, vulcaniti e prodotti cineritico pomicei associati, localmente sormontati da sequenze di rielaborazione e sedimentazione in ambiente fluvio lacustre di epoca quaternaria.

Dal punto di vista idrogeologico sia le vulcaniti che i soprastanti depositi cineritico pomicei alterati e argillificati possono essere definiti sostanzialmente impermeabili. La loro definizione però è differente in quanto le vulcaniti (banchi ignimbrici) possono essere dotate di permeabilità secondaria. Le coltri vulcaniche cineritico pomicee normalmente mostrano valori di permeabilità

bassissima, ricadenti nel campo di variabilità delle argille, valore ancora più realistico nel caso di alterazione delle stesse con conseguente processo di argillificazione bentonitica.

Dalla analisi idrogeologica specifica si comprende che il territorio in questione costituisce un complesso ben caratterizzato, relativamente semplice in funzione dei suoi aspetti geomorfologici. In generale la parte impermeabile o scarsamente permeabile del bacino è costituita dai livelli argillificati e bentonitici della successione vulcanica oligomiocenica.

In funzione di quanto esposto, al fine di determinare le principali caratteristiche che possono essere di rilievo per il presente lavoro, è stata condotta una valutazione idrologica che verrà illustrata nei paragrafi successivi. La prima parte, condotta in ambiente GIS, ha portato alla definizione delle aree di potenziale interferenza con il progetto di coltivazione mineraria. È stato delimitato il bacino idrologico di riferimento principale e in generale le situazioni a contorno per l'identificazione delle aree di potenziale interferenza. Nella sottostante fig. 3 si rappresenta la situazione che identifica i diversi bacini idraulici rispetto all'area di cantiere, nelle successive figure 4 e 5 lo sviluppo conseguente alle lavorazioni in progetto.

Si identificano sostanzialmente due bacini secondari con i loro corsi d'acqua confluenti nel livello idrico di riferimento locale, il Rio Cuga. Si tratta dei fiumi censiti nel reticolo idrografico della Sardegna denominati:

- 090033_FIUME_80184 n° Strahler 01;
- 090033_FIUME_83671 n° Strahler 02.

In entrambi i casi si tratta di modesti impluvi a carattere stagionale, lievemente differenti per classificazione ai sensi del numero d'ordine di Strahler ma sostanzialmente classificabili come compluvi torrentizi di relativa importanza. Non sono presenti problematiche legate a fenomeni di potenziale esondazione ai sensi del PAI della Sardegna. Il Rio "83671" noto anche come "Nidu de su Corvu" non produce effetti significativi sulle progettazioni in oggetto.

Nel caso in oggetto ci occuperemo delle interferenze rispetto al bacino relativo al Rio "80184" in quanto oggetto di valutazioni idrauliche per la corretta gestione in fase di successivo recupero ambientale. In particolare in questa sede si mette in evidenza che, sulla base delle considerazioni meglio esposte nei successivi paragrafi, sussistano le motivazioni per definire come corso d'acqua non significativo, ai sensi dell'art 30 comma 6 delle Norme di attuazione del PAI (Linee guida e indicazioni metodologiche per la corretta individuazione e rappresentazione cartografica del reticolo idrografico Unico Regionale), il Rio "FIUME_80184".

Per tali situazioni (elementi idrici non significativi) devono sussistere le seguenti precondizioni:

- A. Bacini della zona occidentale idrologicamente omogenea delle Linee Guida del

PAI. La condizione di non significatività, che consente la esclusione di un elemento già presente nello shp o la non inclusione di un elemento presente nella sola cartografia IGM 25-VS, è data dalla contestuale presenza delle seguenti caratteristiche, costituite da un bacino di superficie inferiore a 0,50 kmq e portate bicontennali inferiori a 7 mc/s da calcolare alla sezione di confluenza dell'elemento di valle e con tempo di corrivazione fornito dalla formula di Viparelli ($V=1$ m/s), con utilizzo del metodo TCEV/SCS con CN(III) non inferiore a 95.

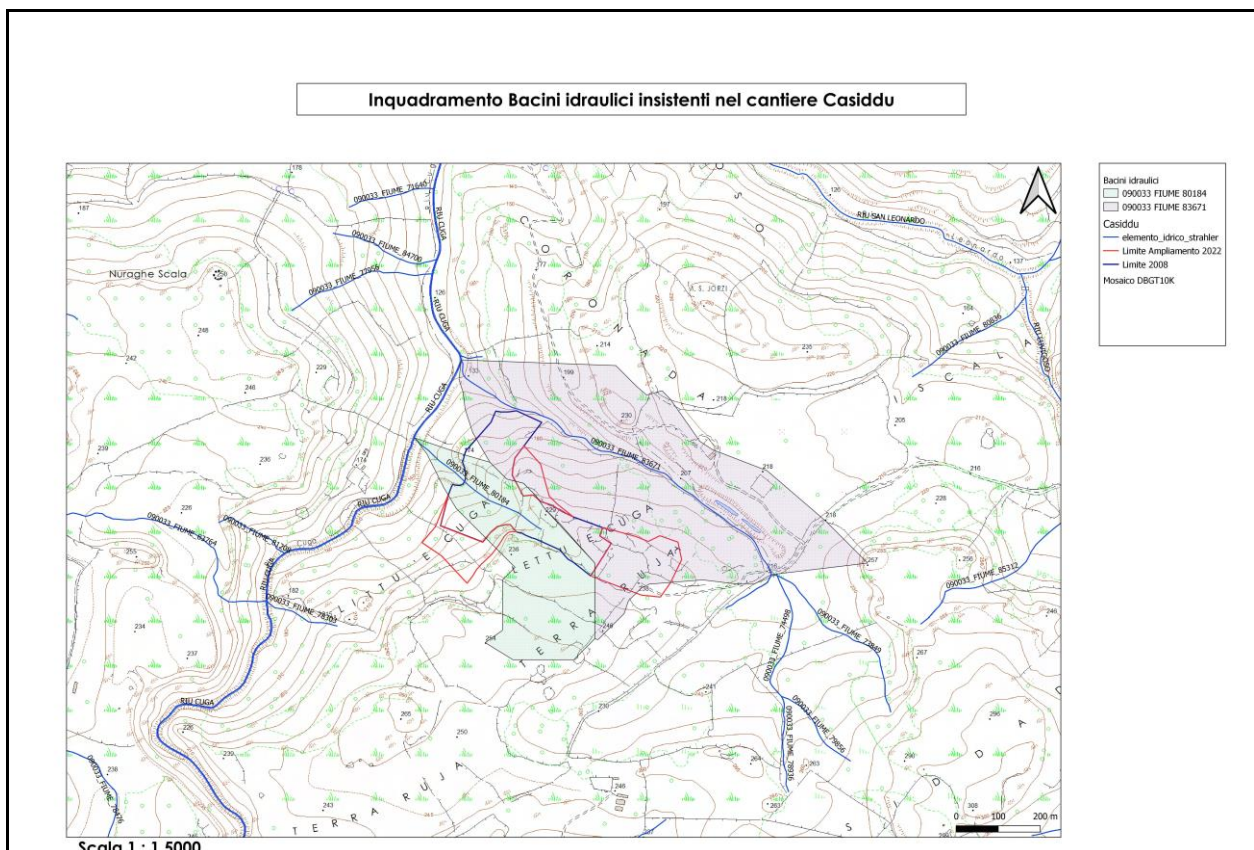


Figura 3 – Bacini idrografici minori rispetto all'area di cantiere

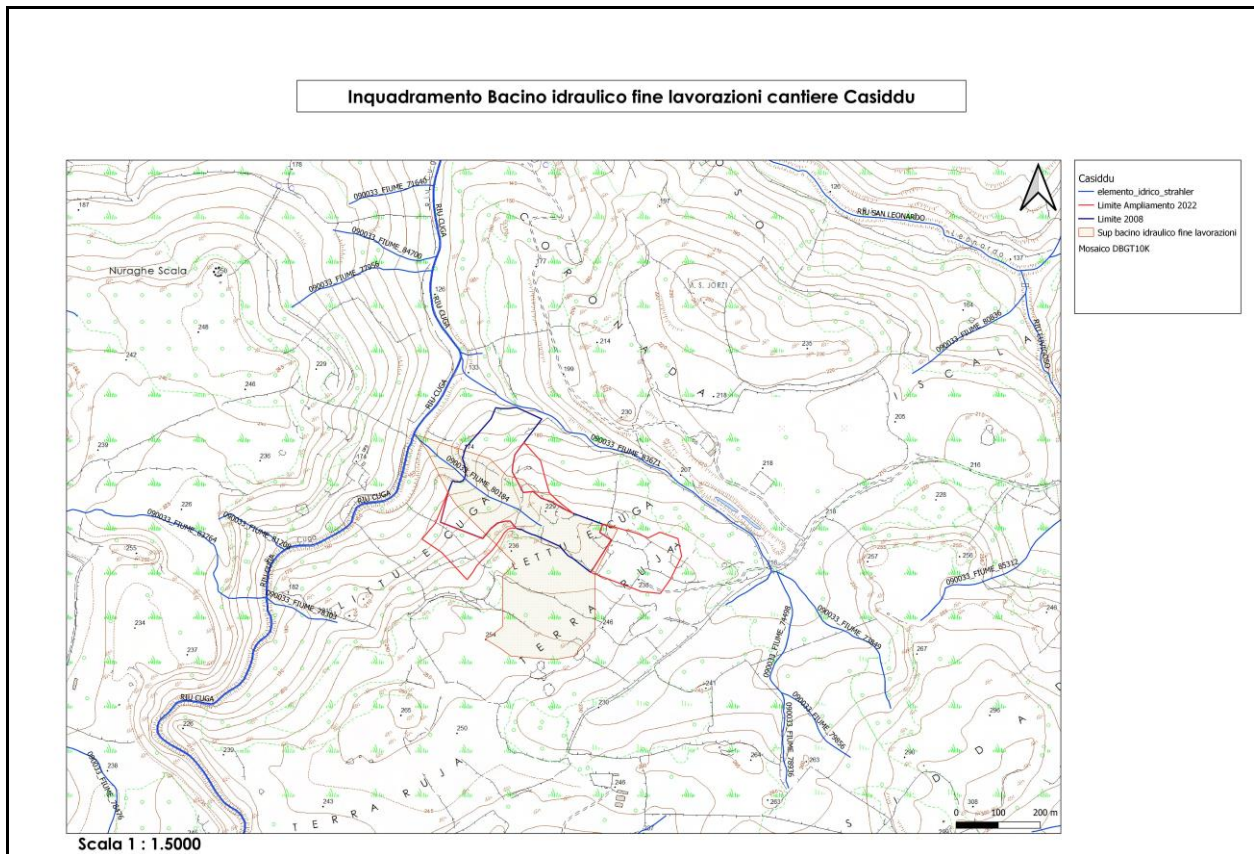


Figura 4 – identificazione nuovo bacino idraulico dopo fine lavori di coltivazione

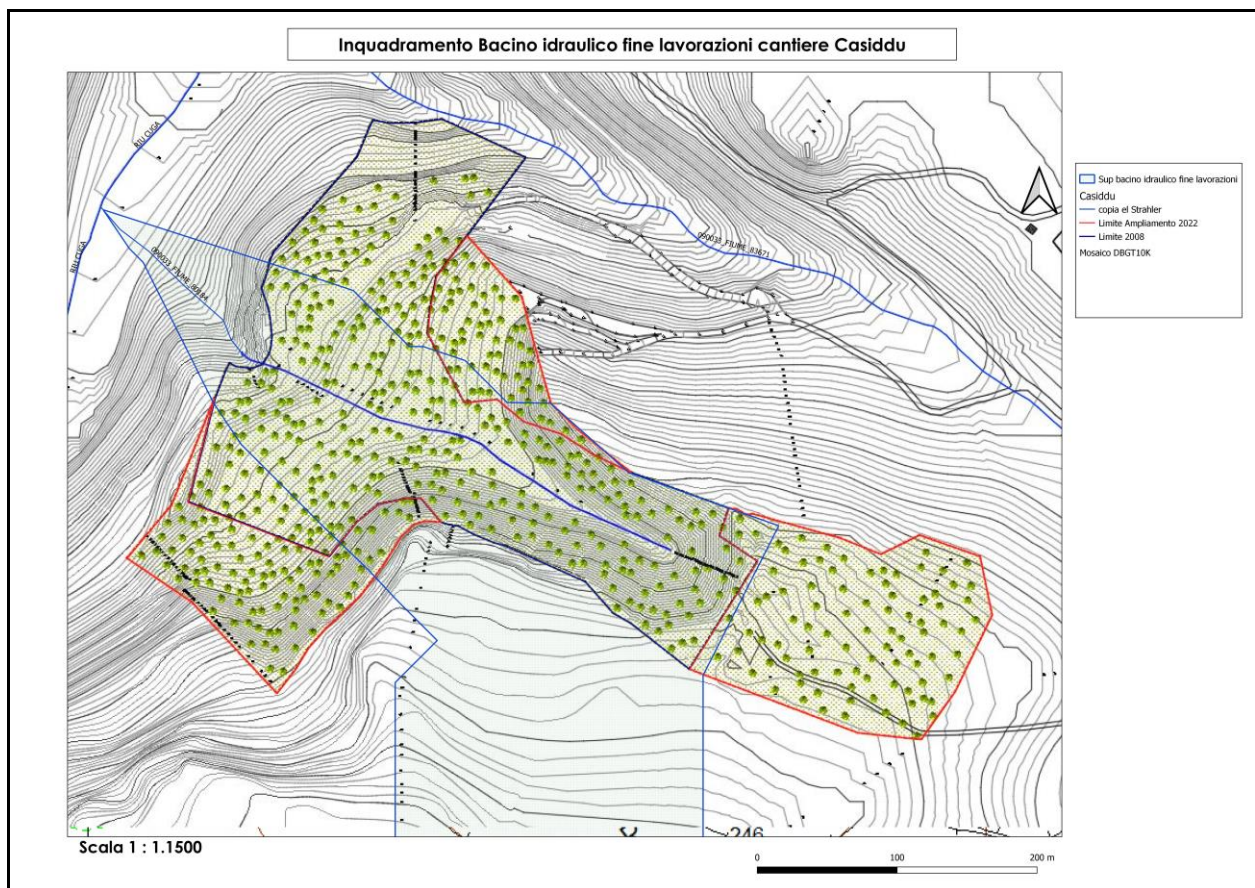


Figura 5 – Situazione in fase di ripristino dopo fine lavori di coltivazione

Le lavorazioni di coltivazione e di ripristino morfologico porteranno a modificare anche le aree di apporto al compluvio idrico locale. In particolare si creerà un anfiteatro dalla base del quale si innesterà una linea di drenaggio superficiale oggetto di valutazione e di adeguato dimensionamento.

Nella parte che segue verranno trattati i parametri idraulici al fine di poter quantificare gli effetti della corretta gestione delle acque di precipitazione. Questo al fine di proporre la corretta modellazione delle opere di ripristino dell'idrografia superficiale alla scala di intervento, identificando quindi nel bacino "80184" l'oggetto di valutazione idraulica.

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI IDRAULICI

Lo scopo di questa parte del lavoro è quello di individuare le caratteristiche necessarie al dimensionamento idraulico delle opere di captazione e smaltimento delle precipitazioni interferenti con l'area di cantiere.

Per la determinazione della portata di massima piena Q e del tempo di corrivazione T_c del bacino idrografico sono stati utilizzati metodi statistici.

In particolare è stato utilizzato il metodo razionale che è un metodo cinematico che si basa sui seguenti criteri:

- individuazione dell'altezza di pioggia attraverso l'uso di metodi probabilistici, mediante le "Curve di possibilità pluviometrica";
- omogeneità dell'evento meteorico;
- evento critico di durata pari al tempo di corrivazione;
- scelta del tempo di ritorno;
- metodo consigliato per i "piccoli bacini".

Bacino 1 - Tabella 1				
Superficie bacino sottesa		⇒	(Km ²)	0.111
Altezza media del bacino	$H_m = \frac{\sum H_i S_i}{S}$	⇒	s.l.m.m. (m)	253.50
Altezza sezione di chiusura		⇒	s.l.m.m. (m)	140.00
Altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura		⇒	(m)	93.50
Pendenza media del bacino		⇒	(%)	17.50
Lunghezza asta		⇒	(Km)	0.376
Pendenza media asta		⇒	(%)	18.09

Tabella 1- parametri idraulici del bacino di riferimento

Analisi Idrologica

Questa sezione del lavoro è stata realizzata utilizzando il metodo di analisi regionale di frequenza delle precipitazioni intense in Sardegna secondo il metodo probabilistico TCEV proposto da Deidda, Piga nel 1998. Tale studio, partendo dall'analisi statistica dei dati di 40 stazioni pluviometriche ubicate nel territorio regionale, ha permesso di individuare tre zone omogenee ai fini della determinazione delle caratteristiche idraulico pluviometriche per eventi particolarmente pericolosi quali le piogge di alta intensità e brevi periodi di durata (normalmente inferiori o uguali ad un'ora).

Tali zone, denominate SZO1 (zona occidentale), SZO2 (zona centrale) e SZO3 (zona orientale) vengono rappresentate nelle figure sottostanti

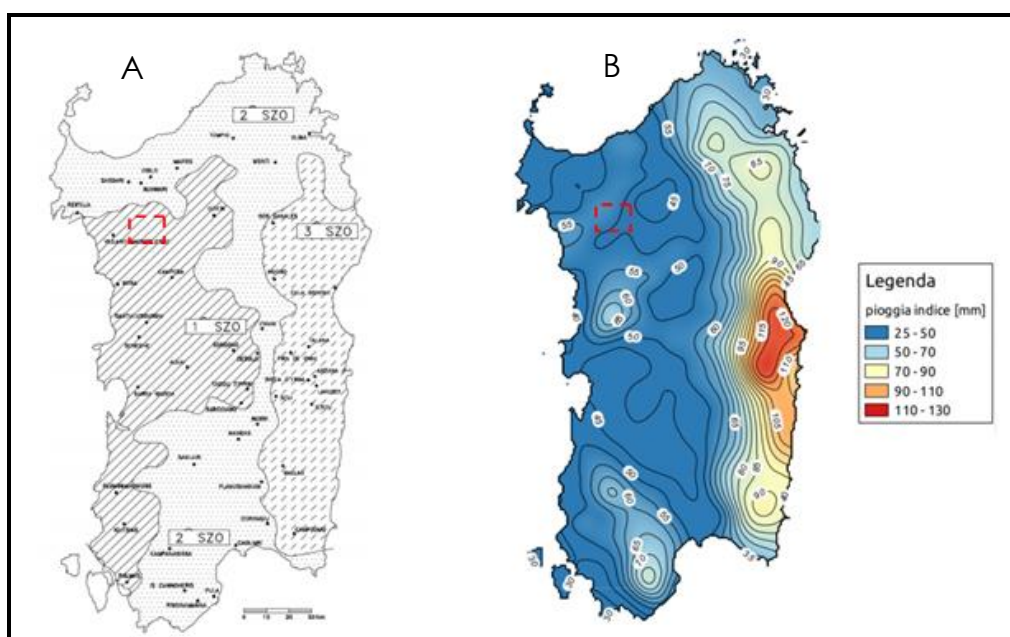


Figura 6 – A) Sotto Zone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna (da Deidda ed. al., 1993). B) Stralcio del settore di interesse, nel riquadro in rosso l'area di intervento, distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna (da Deidda ed Al., Quad. Ricerca n°9 dell'Università di Cagliari, 1997).

4.1.1 Eventi estremi di precipitazione giornaliera

L'altezza di pioggia giornaliera h_t con assegnato tempo di ritorno T in anni, per il settore di riferimento, è data da:

Per SZO1
$$h(T) = \mu_g * k_t = \mu_g [0.69319 + 0.72015 \log_{10} T + 3.1364 * 10^{-2} (\log_{10} T)^2]$$

La pioggia indice giornaliera μ_g è la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera, K_T è il coefficiente (adimensionale) di crescita espresso in funzione del tempo di ritorno T .

EVENTI ESTREMI DI PIOGGE BREVI ED INTENSE (curve segnalatrici di possibilità pluviometrica)

La pioggia indice $\mu(\tau)$ di durata τ (la media dei massimi annuali delle piogge di durata τ) può essere espressa nella classica forma monomia:

$$\mu(\tau) = a_1 \tau^{n_1}$$

dove i coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g .

$$a_1 = \mu_g / (0.866 \cdot 24^{n_1}) \quad ; \quad n_1 = -0.493 + 0.476 \log_{10} \mu_g$$

L'altezza di pioggia $h_T(\tau)$ di durata τ con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice per un coefficiente di crescita $K_T(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$:

$$h_T(\tau) = \mu(\tau) K_T(\tau) = (a_1 \cdot a_2) \tau^{(n_1 + n_2)}$$

Dove i coefficienti a_2 e n_2 si determinano con le relazioni per SZO1 in funzione di differenti T e τ .

➤ Per tempi di ritorno $T \leq 10$ anni

$$a_2 = 0.66105 + 0.85994 \log_{10} T; \quad n_2 = -1.3558 \cdot 10^{-4} - 1.3660 \cdot 10^{-2} \log_{10} T$$

➤ Per tempi di ritorno $T > 10$ anni

$$a_2 = 0.46378 + 0.95234 \log_{10} T$$

$$n_2 = -0.18449 + 0.23032 \log_{10} T - 3.3330 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -1.0563 \cdot 10^{-2} - 7.9034 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora})$$

In questa sede si propone direttamente lo sviluppo per tempi di ritorno superiori ai 10 anni, analisi caratterizzata da avere valori superiori, quindi cautelativi, circa le altezze critiche e le portate di massima piena.

5. CALCOLI IDRAULICI

Sulla base di quanto sopra esposto si è proceduto nella valutazione dei parametri idraulici locali a partire dal dato standardizzato dello studio preso come modello (Deidda, R., E. Piga, Curve di possibilità Pluviometrica basate sul modello TCEV).

Il valore di pioggia indice giornaliera μ_g è stato assunto pari a 50 mm di pioggia, i calcoli che seguono derivano da questa scelta.

Lo studio si è concentrato nell'individuare condizioni cautelative che permettano di modellare le risposte progettuali, in particolare:

- condizioni di piogge intense concentrate nella prima ora di evento (scroscio) con τ (in ore) variabile tra i 5 minuti ed 1 ora;
- evento standardizzato riferito a $T=50$ anni
- sviluppi per situazioni concentrate nella prima ora riferite a tempi di ritorno pari a 50 e 100 anni.

di seguito vengono esposti i risultati ottenuti.

➤ Eventi estremi di precipitazione giornaliera

T	logT	(logT) ²	μ _g	kt	ht
2	0,30	0,09	50	0,91	45,64
5	0,70	0,49	50	1,21	60,59
10	1,00	1,00	50	1,44	72,24
25	1,40	1,95	50	1,76	88,06
50	1,70	2,89	50	2,01	100,36
100	2,00	4,00	50	2,26	112,95
200	2,30	5,29	50	2,52	125,82



Tabella 2 – Valutazione, per il settore di riferimento SZO1, delle altezze di pioggia giornaliera ht con assegnato tempo di ritorno T.

➤ Eventi estremi di piogge brevi ed intense:

τ	log μ _g	a1	n1	τ ⁿ¹	μ(t)
0.08	1.699	20.672	0.316	0.456	9.433
0.25	1.699	20.672	0.316	0.646	13.344
0.50	1.699	20.672	0.316	0.803	16.609
0.75	1.699	20.672	0.316	0.913	18.877
1.00	1.699	20.672	0.316	1.000	20.672

Tabella 3 - Valutazione per eventi intensi limitati alla prima ora della pioggia indice μ(τ) nella forma monomia μ(τ)=a1 τⁿ¹ calcolata in funzione dell'indice di pioggia giornaliero dedotto μ_g.

τ	log μ _g	a1	n1	τ ⁿ¹	μ(t)
1.00	1.699	20.672	0.316	1.000	20.672
3.00	1.699	20.672	0.316	1.415	29.242
6.00	1.699	20.672	0.316	1.761	36.395
12.00	1.699	20.672	0.316	2.191	45.298
24.00	1.699	20.672	0.316	2.727	56.379

Tabella 4 - Valutazione per eventi intensi, nell'arco della giornata, della pioggia indice μ(τ) nella forma monomia μ(τ)=a1 τⁿ¹ calcolata in funzione dell'indice di pioggia giornaliero dedotto μ_g.

Le condizioni più estreme possono essere rappresentate dai cosiddetti eventi brevi ed intensi, cioè per situazioni concentrate nella prima ora riferite a tempi di ritorno pari a 50 e 100 anni. Di seguito i report dello sviluppo per tempi di ritorno calcolati in 50, 100 e 200 anni.

50 anni

$\tau \leq 1$ ora

τ (ore)	μt	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$n1$	$n2$	$(\alpha 1 * \alpha 2)$	$(n1 + n2)$	$hT(\tau)$
0.08	9.43	20.67	2.23	0.32	0.11	46.06	0.43	15.69
0.25	13.34	20.67	2.23	0.32	0.11	46.06	0.43	25.51
0.50	16.61	20.67	2.23	0.32	0.11	46.06	0.43	34.28
0.75	18.88	20.67	2.23	0.32	0.11	46.06	0.43	40.75
1.00	20.67	20.67	2.23	0.32	0.11	46.06	0.43	46.06



100 anni

$\tau \leq 1$ ora

τ (ore)	μt	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$n1$	$n2$	$(\alpha 1 * \alpha 2)$	$(n1 + n2)$	$hT(\tau)$
0.08	9.43	20.67	2.54	0.32	0.14	52.53	0.46	16.50
0.25	13.34	20.67	2.54	0.32	0.14	52.53	0.46	27.82
0.50	16.61	20.67	2.54	0.32	0.14	52.53	0.46	38.22
0.75	18.88	20.67	2.54	0.32	0.14	52.53	0.46	46.03
1.00	20.67	20.67	2.54	0.32	0.14	52.53	0.46	52.53



200 anni

τ (ore)	μt	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$n1$	$n2$	$(\alpha 1 * \alpha 2)$	$(n1 + n2)$	$hT(\tau)$
0,08	9,433061	20,67158	2,85	0.32	0,17	58,99	0,48	17,34
0,25	13,34433	20,67158	2,85	0.32	0,17	58,99	0,48	30,13
0,50	16,60858	20,67158	2,85	0.32	0,17	58,99	0,48	42,16
0,75	18,87667	20,67158	2,85	0.32	0,17	58,99	0,48	51,31
1,00	20,67158	20,67158	2,85	0.32	0,17	58,99	0,48	58,99



Report 1 per sviluppi con T pari a 50, 100 e 200 anni e con $\tau \leq 1$ ora (pioggia a scroscio) delle altezze di pioggia critica.

SVILUPPO CALCOLI IDRAULICI

La formula utilizzata per la determinazione della portata di massima piena con il metodo razionale

è la seguente:
$$Q = \frac{Ch_c S}{3,6T_c}$$

dove:

C = coefficiente di deflusso

h_c = altezza di pioggia dedotta dalla curva di probabilità pluviometrica di tempo di ritorno T_R in corrispondenza della durata T_c (in mm)

S = superficie del bacino (in km²)

T_c = tempo di corrivazione in ore

5.1.1 Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione, valutato in un determinato punto di una rete di drenaggio naturale, è il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino in esame. Esso varia in funzione delle caratteristiche topografiche, pedologiche e geologiche del bacino e degli usi del suolo attuati sullo stesso. Il tempo di corrivazione t_c , espresso in ore, si determina essenzialmente con l'utilizzo di diverse formule empiriche, scelte opportunamente in funzione dello studio. In questo caso la scelta ha privilegiato equazioni per bacini di limitate estensioni, come nel caso in oggetto, per poi farne una media. Nello specifico le formule utilizzate sono:

- Formula di Kirpick

$$t_c = 0.000325 \cdot (L \cdot 1000)^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$$

- Formula di Johnstone Cross

$$t_c = \frac{3.258 \cdot \sqrt{\frac{D_{\max}}{i_b}}}{60}$$

- Formula Pezzoli

$$t_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_a}}$$

- Formula di Ventura

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_a}}$$

- Formula di Pasini

$$t_c = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i_a}}$$

Input dati:

Area bacino	0,111 Km ²
Lunghezza asta	0,376 Km
Quota massima	253,50 m
Quota media	224,62 m
Quota minima	140,00 m

Curve Number (CN III)	88,79
Pendenza media bacino	0.17
Distanza massima tra lo spartiacque e sezione chiusura	0,760 Km
Pendenza media asta	0,18
Perimetro bacino	1,642 Km

CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE (ore)

<u>Modello</u>	T_c
Kirpick	0.06
Johnstone & Cross	0.11
Pezzoli	0.05
Ventura	0.10
Pasini	0.09
<u>Media</u>	0.08

5.1.2 Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso dell'area del bacino è un fattore che è difficilmente quantificabile, spesso stimato attraverso il confronto con valori bibliografici, che esprime il rapporto tra la quantità di pioggia netta e pioggia totale. Dipende principalmente dalla copertura vegetale, dalle caratteristiche geomorfologiche del suolo e dalle sue relative condizioni iniziali. In particolare, al netto delle considerazioni geologico geomorfologiche, è legato alla destinazione d'uso del sito. Con riferimento situazione in progetto, data la morfologia del bacino, i lineamenti geotecnico geologici, la limitata estensione, tenuto conto della vicinanza del tratto critico del corso d'acqua ipotizzato, e della vocazione prettamente agricola del sito, si considererà nello studio un coefficiente di deflusso pari a 0,50. Tale valutazione, cautelativamente superiore al parametro per terreno agricolo, viene assunta per la presenza di una marcata componente argillosa dei suoli del sito.

Le tabelle che seguono, tratte da lavori simili o da dati bibliografici, forniscono i valori indicativi del coefficiente di deflusso per alcuni tipi di superficie, la scelta di C=0.50 ha tenuto conto delle considerazioni esposte.

Tipologia	coeff. di deflusso
Superfici agricole, prati, verde su suolo profondo	0,10-0,15
Terreni incolti o sterrati non compatti	0,20-0,30
Superfici inghiaiate	0,30-0,50
Sterrato compatto	0,50-0,60
Copertura di tetti, superfici asfaltate	0,85-1,00

Coefficienti di deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964

Tipo di suolo	c	
	Uso del suolo	
	Coltivato	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

Bacino di riferimento

5.1.3 Bacino considerato

AREA DEL BACINO	S_I	0.111	Km ²
ALTEZZA SEZIONE DI CHIUSURA	H_O	140.00	m.s.l.m.
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE	L	376	m
PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	I_m	18	%
PENDENZA MEDIA BACINO	I_b	17	%
TEMPO DI CORRIVAZIONE MEDIO	T_c	0.08	ore
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	C	0.50	

6. VALUTAZIONI FINALI

I risultati dei calcoli, relativi al tempo di corrivazione T_c per il bacino e all'altezza critica di pioggia corrispondente per il tempo di ritorno considerato, vengono esposti nella tabella sottostante.

Bacino 1	T_c (h)	Altezza critica per un Tr di 50 anni (mm)	Altezza critica per un Tr di 10 anni (mm)	Altezza critica per un Tr di 200 anni (mm)
	0,08	15,69	16,50	17,34

Di seguito sono tabellati i risultati relativi ai calcoli della portata di massima piena in funzione dell'altezza di pioggia critica determinata e dei parametri morfometrici del bacino. La portata complessiva dipende da una serie di parametri generali come il tempo di corrivazione, l'altezza critica in funzione di predeterminati tempi di ritorno e da termini più specifici come superficie interessata. La portata è direttamente proporzionale alla superficie di riferimento considerata

$$Q = \frac{Ch_c S}{3,6T_c}$$

Sviluppando si ottengono le seguenti portate di massima piena in funzione dei tempi di ritorno (T) e del tempo di corrivazione (τ pari a T_c).

BACINO 1 – “80184”	
Tempo di Ritorno (anni)	Q_{max} (m ³ /s)
50	3,02
100	3,18
200	3,34

Stima dei volumi totali da smaltire

Per quanto esposto in precedenza in questa sezione sarà valutata l'incidenza delle precipitazioni sull'area in studio, rispetto alla effettiva area di cantiere.

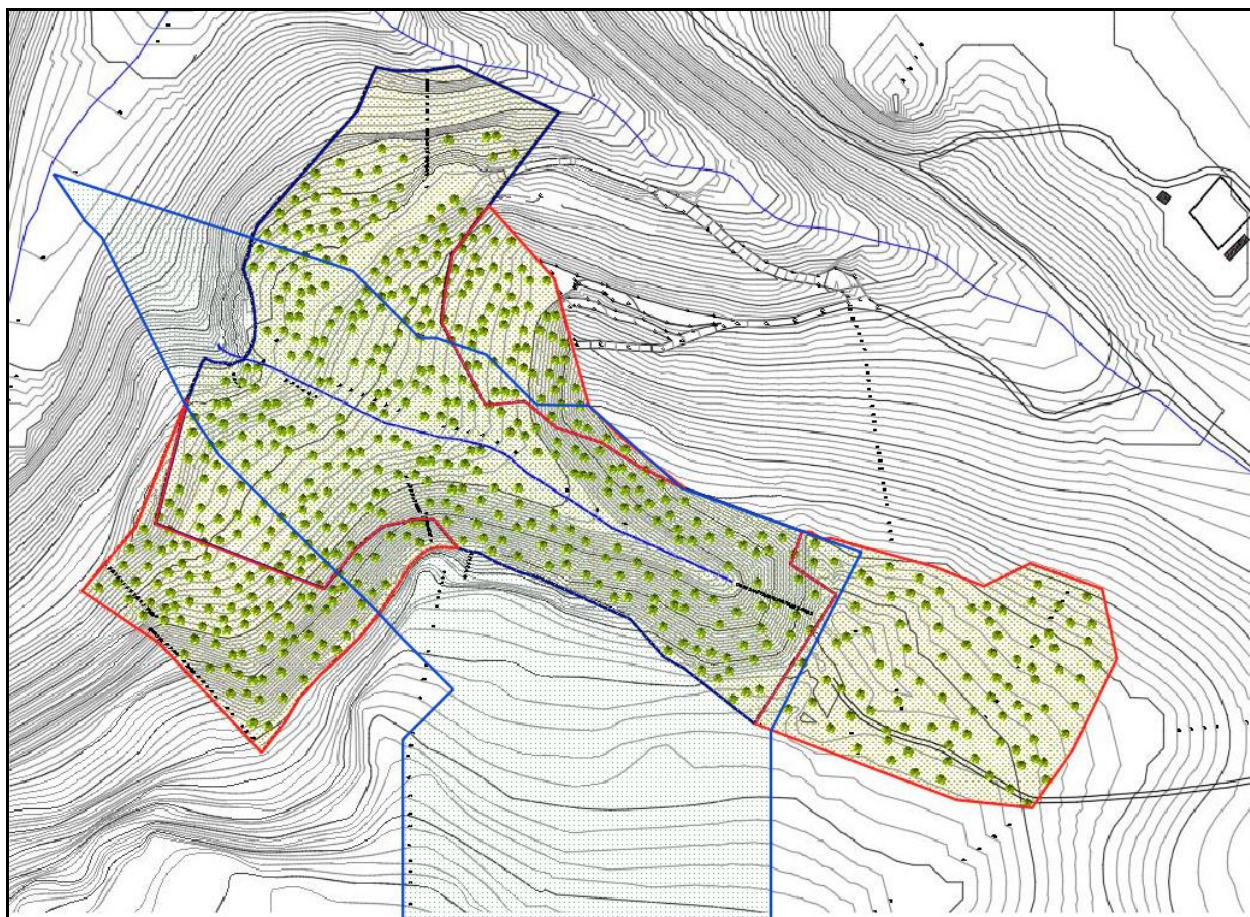


Figura 7 – opere di regimazione identificate

L'inquadramento generale viene riportato in allegato alla presente relazione (All. 01_RCI_Planimetria con ubicazione bacini Idrografici).

Ne deriva che i volumi da gestire possono essere quantificati sulla base dell'incidenza percentuale dell'area interferente rispetto al totale del bacino calcolato ponendo, come valore di riferimento per il dimensionamento delle opere, il dato di portata di massima piena per un tempo di ritorno posto a 200 anni.

	Superficie (Km ²)	Incidenza percentuale	Portate (m ³ /s)
Bacino idrologico	0.111		3,34
Area interferente	0.111	100%	3,34

Dimensionamento linea di smaltimento

Nella sottostante figura si riporta l'andamento planimetrico del canale di smaltimento che dovrà intercettare e convogliare nel reticolo idrografico, le precipitazioni ricadenti nel bacino dove insiste l'area, successivamente alla fase di completamento del ripristino.

Il punto iniziale Q1 si trova ad una quota di 208m sul livello del mare, il punto finale Q2 ad una quota di 170m sul livello del mare. Di seguito la tabella riepilogativa:

Canale di deflusso			
Punto	X	Y	Z (m.s.l.m.)
Q1	1457840	4494098	208,00
Q2	1457534	4494240	170,00
D h (m)			38,00
Sviluppo lineare (m)			160,50
Pendenza			23,68%

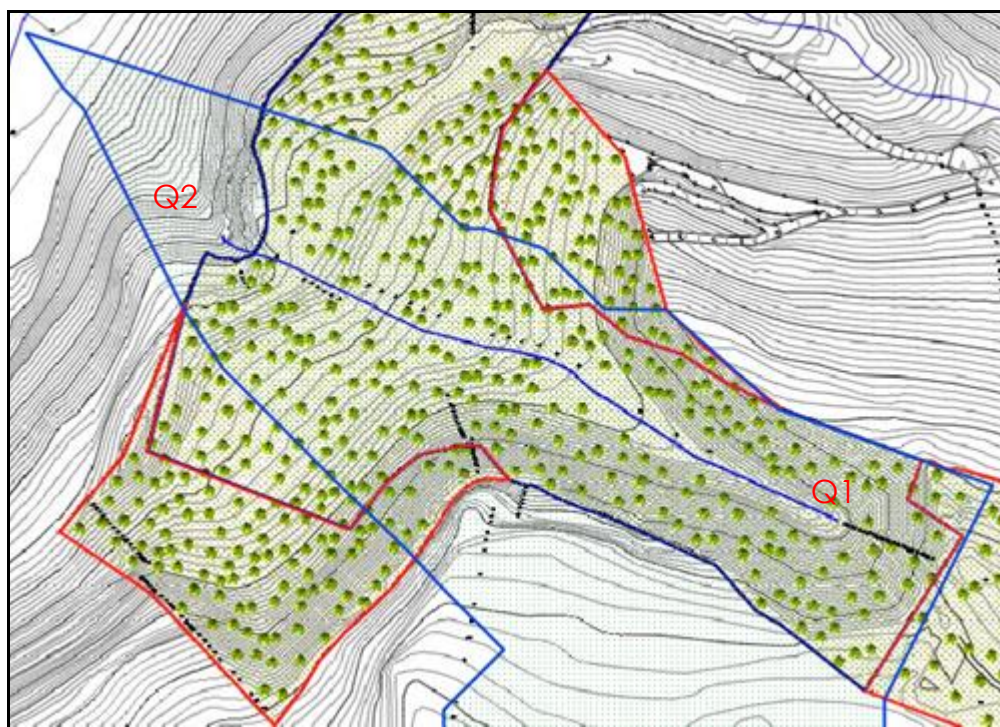


Figura 8 – caratteristiche geometriche e ingombro in pianta del canale

Il canale di raccolta e deflusso si svilupperà per un tratto pari a 160m con le caratteristiche sopra esposte, garantendo il naturale smaltimento delle precipitazioni nel corpo idrico recettore, seguendo le presenti linee di compluvio superficiali al fine di garantire lo smaltimento dei volumi ipotizzati.

6.1.1 Calcoli idraulici

Dato un tempo di corrvazione t_c minore di 1 ora, si farà riferimento alle elaborazioni numeriche relative alle precipitazioni relative Curve di Probabilità Pluviometriche, nell'intervallo di tempo 0 – 1 ora, riferite alla sottozona SZO1 (linee guida PAI Sardegna).

Pioggia di progetto

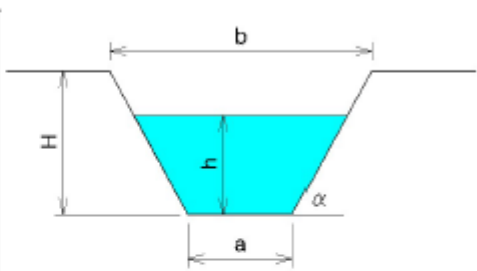
La pioggia di progetto P_p è la precipitazione massima che cade in un arco di tempo pari al tempo di corrvazione t_c e per un determinato tempo di ritorno T_r .

La pioggia di durata uguale al tempo di corrvazione " t_c " rappresenta la situazione limite per cui tutto il bacino contribuisce al deflusso costituendo la condizione di massima criticità in termini di portata di piena.

Tempo di ritorno T (anni)	Durata della precipitazione $t = t_c$ (ore)	Altezza critica per un T_r di 200 anni (mm)	Q_{calc} (m ³ /sec)
200	0.08	17,34	3,34

Sulla base di quanto visto in precedenza, assumendo come volume critico quello che si rovescia sul bacino nell'ipotesi di un evento con tempi di ritorno pari a 200 anni, ricalcolato per l'effettiva incidenza della superficie del bacino idrologico interferente. È stata ipotizzata una geometria trapezoidale, avente una inclinazione delle sponde corrispondente ad un angolo di scarpata $\alpha=76^\circ$, ed un valore del coefficiente di scabrosità m , secondo Kutter, corrispondente ai canali in pietrame ordinario ($m=0.55$). La linea di smaltimento avrà le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE SEZIONE			
DATI NOTI (da inserire)			
H	⇒	1,00	ALTEZZA [m]
a	⇒	0,50	[m]
b	⇒	1,00	[m]
h	⇒	0,80	[m]
p	⇒	23,0%	Pendenza
m	⇒	1,25	Coeff. di scabrosità di Kutter
DATI RISULTANTI			
Inclinazione scarpate	α	⇒	76,0 [°]
Contorno bagnato	$Pb = a + 2h / \sin \alpha$	⇒	2,149 [m]
Area di deflusso	$A = h[a + h \cdot \tan(90 - \alpha)]$	⇒	0,5600 [m ²]
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	0,261 [m]



CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0,80 \text{ m}$		
FORMULE (moto uniforme)		
Portata	dove	$A = \text{Area di deflusso}$ $V = \text{Velocità di deflusso}$
Velocità di deflusso	dove	$c = \text{coefficiente di attrito}$ $R_i = \text{raggio idraulico}$ $p = \text{pendenza}$
Coefficiente di attrito	dove	$m = \text{Coeff. Di scabrosità di Kutter}$
RISULTATI		
c	\Rightarrow	29,00
V	\Rightarrow	7,10 [m/sec]
Q	\Rightarrow	3,975 [m ³ /sec]

Assumendo tali geometrie in sede di realizzazione sono verificate le condizioni di smaltimento con $Q_{ver} \geq Q_{calc}$.

Q_{verif}	3.95 m ³ /sec	>	Q_{calc}	3.34 m ³ /sec
-------------	--------------------------	---	------------	--------------------------

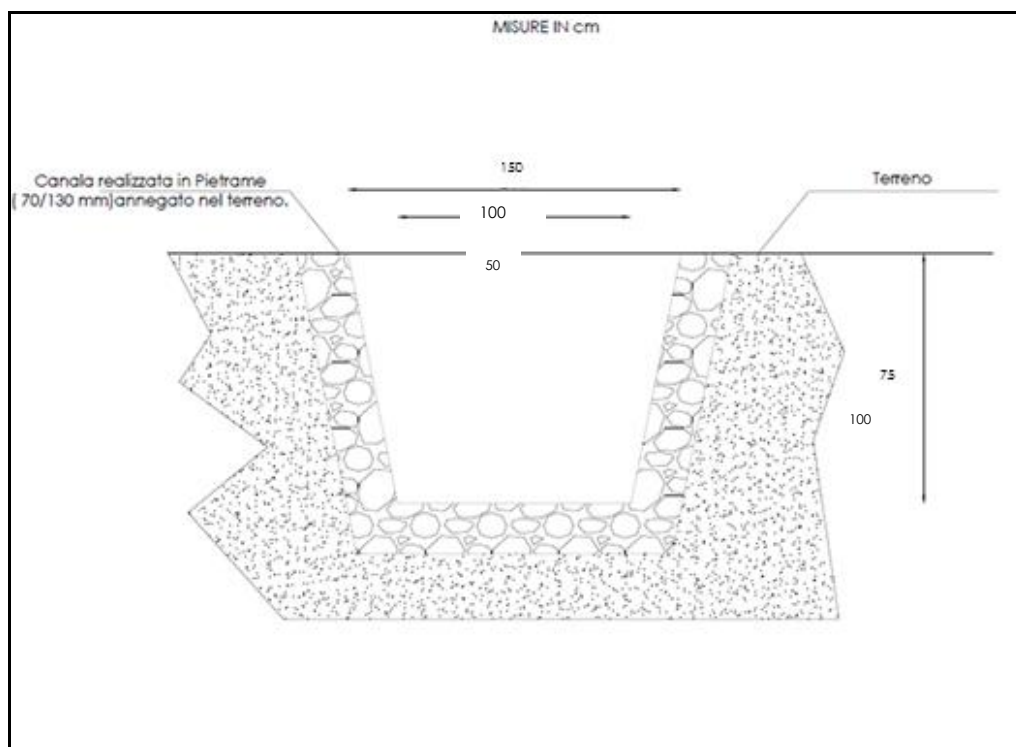


Figura 9 – Sezione tipo

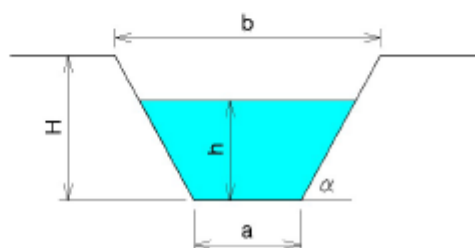
**CAPACITA' DI SMALTIMENTO
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE**

CARATTERISTICHE SEZIONE

H	1,00	ALTEZZA [m]
a	0,50	[m]
b	1,00	[m]

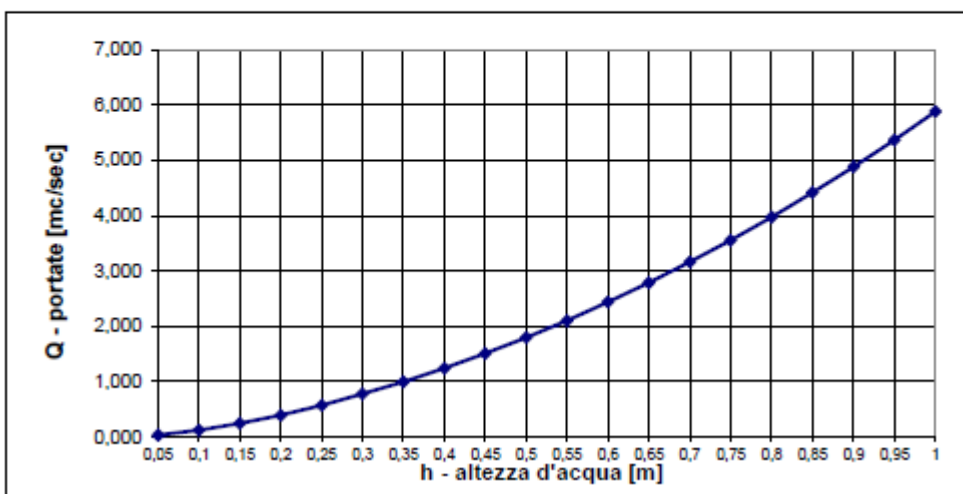
p	23,0%	Pendenza
m	1,25	Coeff. di scabrosità di Kutter

h [m]	Q[m³/sec]
0,05	0,036
0,10	0,123
0,15	0,246
0,20	0,398
0,25	0,576
0,30	0,777
0,35	1,000
0,40	1,245
0,45	1,511
0,50	1,798
0,55	2,106
0,60	2,436
0,65	2,788
0,70	3,161
0,75	3,557
0,80	3,975
0,85	4,416
0,90	4,880
0,95	5,368
1,00	5,880



h = altezza d'acqua
Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente

Grafico Portata / Altezza idrometrica



Dimensionamento vasche di decantazione

La gestione delle acque meteoriche insistenti all'interno dei cantieri di coltivazione avverrà attraverso la realizzazione di una vasca di decantazione. Tale opera, realizzata in terra sul fondo scavo, sarà dimensionata in funzione delle esigenze operative di cantiere e in modo da consentire adeguata decantazione del materiale solido in sospensione. L'acqua limpida, prelevata attraverso un sistema di rilancio dotato di pompa sommersa, sarà quindi reintrodotta nella rete idrografica locale.

In concomitanza con le fasi di scavo, la gestione delle acque del cantiere in corrispondenza delle varie bancate sarà realizzata tramite canalette di scolo in terra.

Nella fase terminale di scavo a mezza costa, si realizzeranno una o più vasche interconnesse tra loro tramite trabocco del troppo pieno in modo tale da agevolare il deflusso di acque limpide caratterizzate da trascurabile sospensione solida.

In fase di ripristino post coltivazione tali vasche saranno colmate per permettere il ripristino delle preesistenti direzioni di deflusso superficiale delle acque meteoriche.

Per il dimensionamento delle volumetrie da trattare vengono considerati i primi 5 mm di acqua meteorica di dilavamento, uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di drenaggio. Per il calcolo delle relative portate si assume che tale valore venga raggiunto dopo un periodo di tempo di 15 minuti di pioggia.

Per il dimensionamento del sistema si terrà conto delle Linee Guida di ARPA Emilia Romagna.

Le acque così trattate mediante una tubazione in HDPE DN125, saranno convogliate nel corpo idrico superficiale di riferimento.

Per il calcolo delle relative portate si assumono le prescrizioni operative recepite in sede di presentazione del progetto di coltivazione e ripristino. Tali prescrizioni sono pervenute dal Servizio SAVI con prot. N. 43879 in data 22/12/2006 (Caratteristiche tecniche e criteri di dimensionamento delle opere di controllo del ruscellamento superficiale e di mitigazione del trasporto solido, riferite sia alla fase di esercizio sia alla fase di recupero). Nella documentazione di adeguamento alle prescrizioni vengono esplicitati i dimensionamenti e le metodologie operative relative alle due fasi (coltivazione e ripristino) per la migliore gestione delle acque di ruscellamento.

In questa sede si assumono tal quali essendo state approvate e facenti parte integrante del progetto di coltivazione e ripristino.

Il cantiere sarà dotato di una pompa adibita allo svuotamento delle acque piovane che si raccoglieranno negli scavi quando questi si presenteranno con configurazione a fossa, priva di linee di deflusso naturali e/o artificiali. Le acque di pompaggio saranno canalizzate nella rete idrografica naturale secondo le linee previste nel piano dei lavori. Per la corretta regimazione idrica le diverse bancate di coltivazione saranno dotate di opportune canalette di scolo. Laddove non esiste una configurazione dei lavori a fossa che consente la decantazione delle acque prima dello smaltimento saranno realizzate una o più vasche di raccolta con trabocco del troppo pieno

tale da consentire un deflusso di acque limpide. Nella parte sommitale del cantiere dovrà essere realizzato un fosso di guardia atto raccogliere le acque provenienti da monte per convogliarle nella rete idrografica principale. Le acque ruscellanti all'interno degli scavi vengono raccolte in appositi pozzetti di fondo scavo che saranno dimensionati di volta in volta in relazione alle dimensioni degli scavi stessi. Questi pozzetti hanno il duplice scopo di raccogliere le acque e consentire la decantazione del materiale presente in sospensione in modo tale da minimizzare il trasporto solido.

Nella figura che segue (Tav. 4A di progetto) viene riportato il sistema che si intende mantenere anche nel progetto di variante proposto. Non potendo escludersi la possibilità che, a seguito di una saturazione e ulteriore compattazione dei terreni, si vengano a ricreare condizioni di accumulo delle acque meteoriche viene mantenuta la possibilità di scarico. Tuttavia, nel progetto proposto viene utilizzata una unica vasca interna agli scavi, eventualmente con dimensioni pari a quella delle due precedentemente concepite ($576\text{m}^3 + 340\text{m}^3$). Come si può vedere dagli elaborati progettuali dette vasche, trattandosi principalmente di coltivazione in fossa, occupano una ridottissima porzione della fossa realmente esistente, i volumi richiesti sono pertanto facilmente e naturalmente realizzabili.

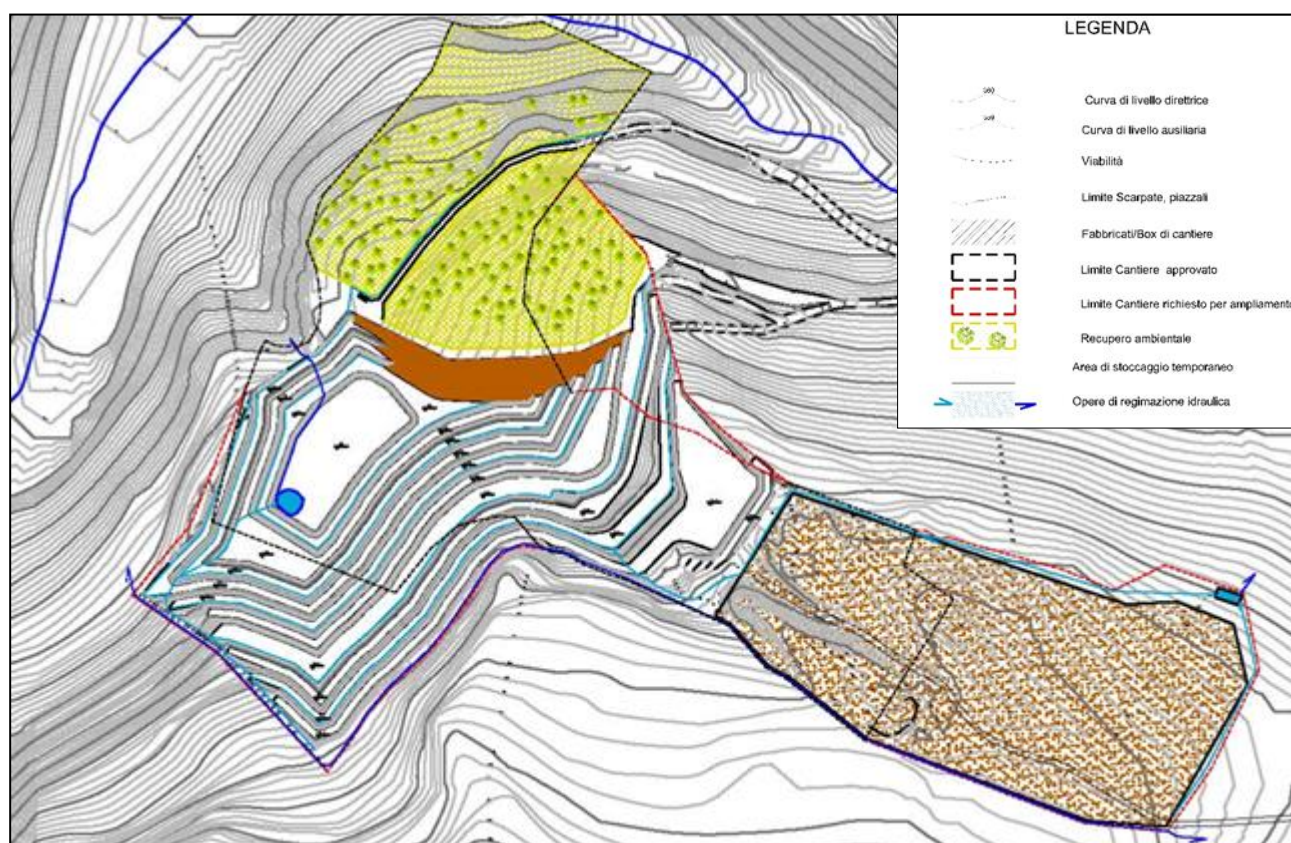


Figura 10 – Sistema gestione acque superficiali in coltivazione (Stralcio Tavola 4A di progetto)

Al termine della coltivazione il ripristino sarà realizzato colmando le depressioni prodotte in modo tale da garantire il regolare deflusso delle acque di dilavamento verso l'impluvio secondario, così come avveniva prima dell'escavazione. Nella sottostante figura 11 si riporta una schematizzazione della configurazione finale dei lavori, pre recupero ambientale, con la vasca di decantazione

ubicata nella sua posizione finale e le linee di convoglio delle acque piovane poste ai piedi delle bancate di lavorazione.

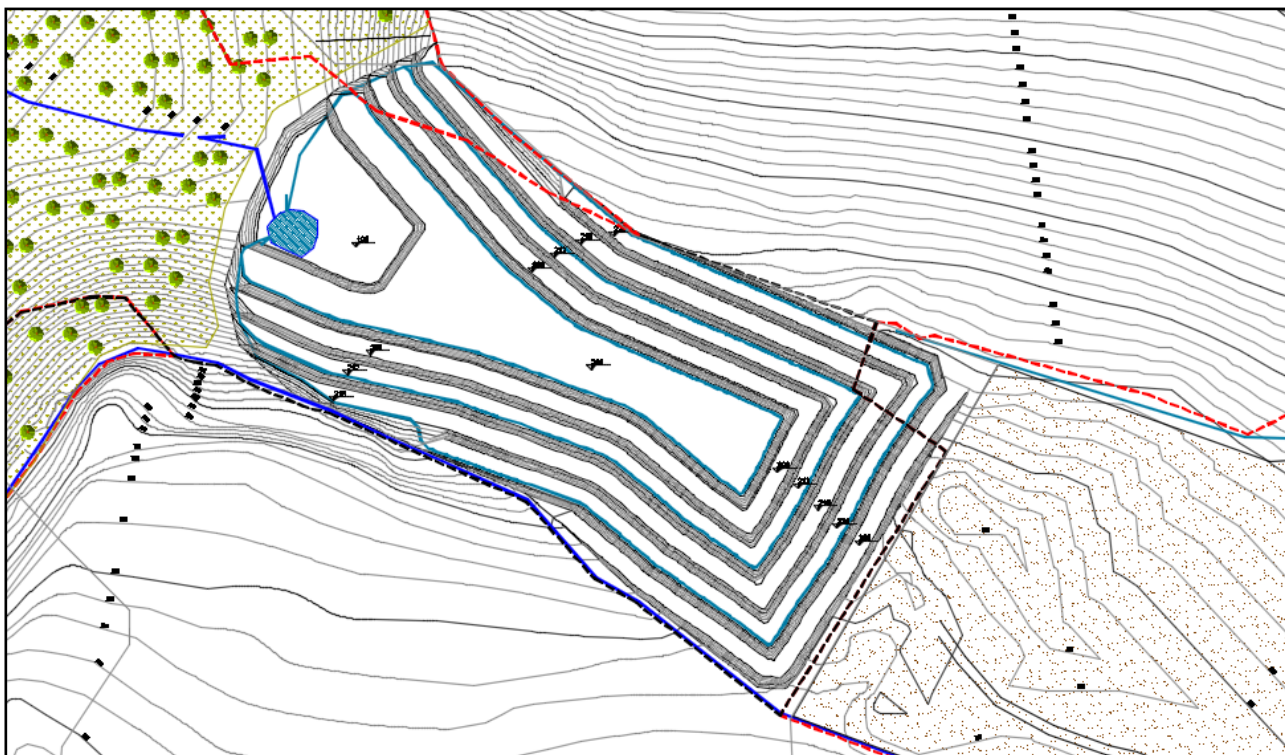


Figura 11 – Configurazione finale dei lavori (stralcio tavola 5A)

Nella sottostante figura una simulazione di recupero ambientale con il ripristino della linea di deflusso che andrà a raccordarsi con l'idrografia superficiale.



Figura 12 – Configurazione finale recupero ambientale (stralcio tavola 6A)

Ad ulteriore verifica di quanto asserito si riporta lo stralcio della configurazione finale dei lavori, presentata in sede di procedura VIA per il rinnovo di concessione "Sa Pigada Bianca" del 2016 (autorizzata con DGR N 50/18 del 20/09/2016) dove venivano indicate le posizioni e le volumetrie delle vasche di sedimentazione e smaltimento delle acque insistenti nell'area di cantiere.

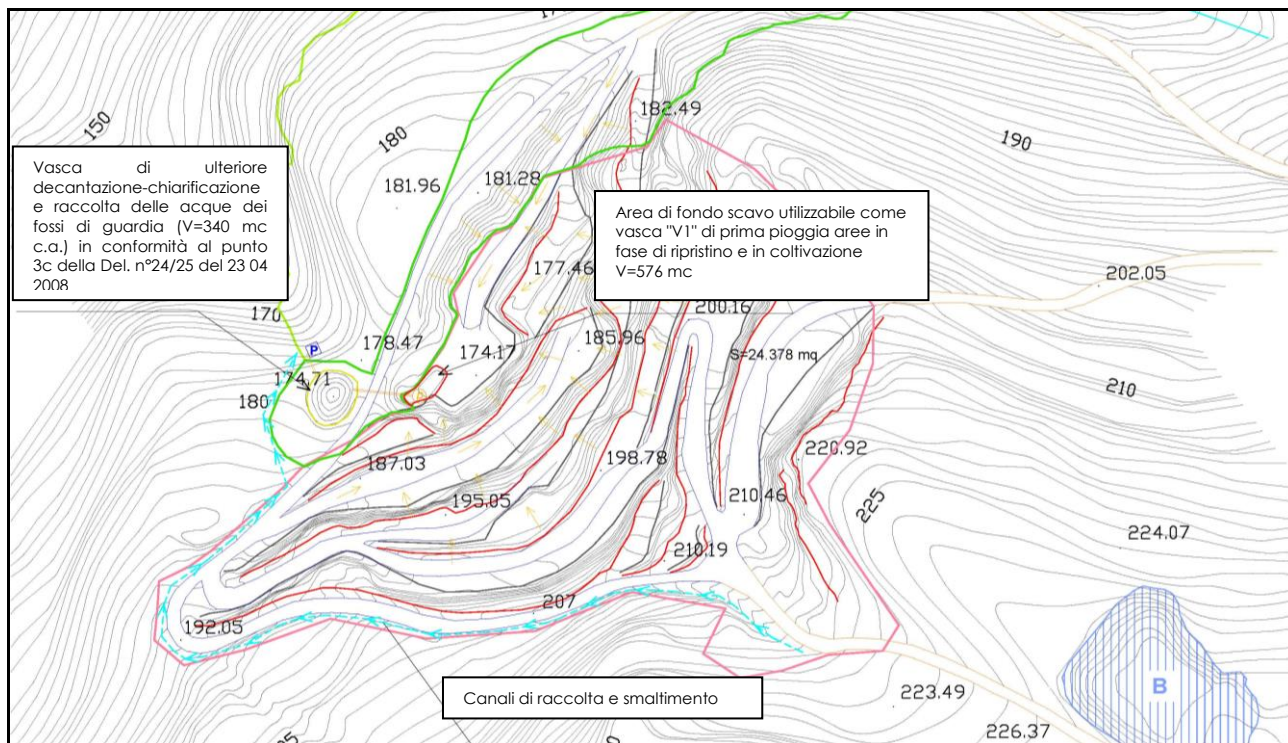


Figura 13 – Configurazione lavori pre ripristino, VIA rinnovo concessione 2016