

PROPONENTE:



PROGETTAZIONE:



## CENTRO DI PRODUZIONE FIRENZE

### PROGETTO DEFINITIVO

#### RIAMBIENTALIZZAZIONE DELL'AREA MINERARIA DI S.BARBARA

INTERVENTI DI IMPLEMENTAZIONE DELLA FUNZIONE  
ECOLOGICA E PAESAGGISTICA DELLA COLLINA SCHERMO  
ELABORATI GENERALI

RELAZIONE IDRAULICA

SCALA :

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

FEW1    40    D    29    RI    ID0512    001    A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato / Data
A	Emissione	F.Bavetta	Novembre 2010	F.Coppini	Novembre 2010	G.Venditti	Novembre 2010	Ing. F.ARDUINI Novembre 2010

File: FEW1-40-D-29-RI-ID0512-001-A.doc

n. Elab.:

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b> .....	<b>5</b>
3.1	IL SISTEMA IDROGRAFICO DI RIFERIMENTO .....	5
3.2	INQUADRAMENTO DEL SISTEMA IDROGRAFICO ORIGINARIO ED ATTUALE .....	7
3.3	SISTEMA IDROGRAFICO DI PROGETTO SECONDO IL PROGETTO DI RECUPERO AMBIENTALE ENEL.....	9
3.4	IDROLOGIA E IDRAULICA DI RIFERIMENTO .....	11
3.4.1	<i>Dati e studi idrologici</i> .....	11
3.4.2	<i>Dati e studi idraulici</i> .....	14
3.5	IL RISCHIO IDROGEOLOGICO .....	16
3.5.1	<i>Mappatura del rischio idrogeologico (PAI Autorità di bacino del Fiume Arno)</i> .....	16
3.5.2	<i>Gli Interventi di implementazione della collina schermo e le interferenze con il rischio idrogeologico locale</i> .....	20
<b>4</b>	<b>STATO DEI LUOGHI DI INTERVENTO</b> .....	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>INTERVENTI DI PROGETTO</b> .....	<b>23</b>
5.1	SISTEMAZIONE MORFOLOGICA DEGLI INTERVENTI DI IMPLEMENTAZIONE DELLA COLLINA SCHERMO DI S.BARBARA .....	23
5.1.1	<i>1°Ambito operativo</i> .....	24
5.1.2	<i>2°Ambito operativo</i> .....	25
5.2	SISTEMAZIONE IDROGRAFICA E REGIMAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE .....	26
5.2.1	<i>Sistemazione idrografica del versante Est</i> .....	26
5.2.2	<i>Regimazione idraulica del 1°ambito operativo delle opere di Implementazione</i> .....	27
5.2.3	<i>Regimazione idraulica del 2°ambito operativo delle opere di Implementazione</i> .....	30
<b>6</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE</b> .....	<b>32</b>
6.1	METODOLOGIA DI STUDIO E PROGETTAZIONE .....	32
6.1.1	<i>Analisi idrografiche</i> .....	32
6.1.2	<i>Analisi idrologiche</i> .....	32
6.1.3	<i>Analisi idrauliche</i> .....	33
6.2	ANALISI IDROLOGICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE .....	33
6.2.1	<i>1°Ambito operativo: analisi idrologiche</i> .....	36
6.2.2	<i>2°Ambito operativo: analisi idrologiche</i> .....	38
6.3	DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLE OPERE DI REGIMAZIONE .....	39
6.3.1	<i>1°Ambito operativo: verifiche idrauliche</i> .....	42
6.3.2	<i>2°Ambito operativo: verifiche idrauliche</i> .....	44

<b>7</b>	<b>COMPATIBILITÀ IDROLOGICA IDRAULICA DELLA COLLINA SCHERMO CON IL SISTEMA DEL LAGO DI CASTELNUOVO .....</b>	<b>45</b>
----------	--	-----------

## 1 PREMESSA

Il progetto degli *Interventi di implementazione della funzione ecologica e paesaggistica della collina schermo*, di seguito anche denominati interventi di implementazione, si inserisce sull'area della ex miniera di S.Barbara, in adiacenza al Lago di Castelnuovo, interfacciandosi sia con il sistema idrografico esistente e, più in generale, con il *Progetto per il recupero ambientale della miniera di S.Barbara* predisposto da ENEL. Lo studio idraulico condotto a supporto della progettazione si pone l'obiettivo di valutare la compatibilità idraulica degli interventi di progetto, nella configurazione finale, con il più ampio sistema di regimazione idraulica dell'intero bacino afferente al Lago di Castelnuovo oggetto del Progetto per il recupero ambientale della miniera di S.Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline Valdarno (FI) (ENEL 2004-2009), nonché di individuare gli interventi necessari al drenaggio e regimazione delle acque meteoriche che interessano l'area di intervento. Le analisi dello studio sono pertanto riferite alla configurazione finale dell'area ovvero realizzazione della Collina schermo ed Interventi di implementazione nonché realizzazione degli interventi previsti da ENEL tra cui oltre alle sistemazioni dei vari corsi d'acqua afferenti al Lago di Castelnuovo anche la realizzazione dello scolmatore del Lago con scarico nel Borro Lanzi; sono demandate ad altra specifica relazione progettuale le interferenze idrauliche delle opere di cantierizzazione e delle Piazzole di caratterizzazione e stoccaggio temporaneo. Lo studio idraulico si appoggia ai recenti studi sviluppati da ENEL nel periodo 2004-2009 nell'ambito del progetto di recupero ambientale delle miniere e da quelli sviluppati da RFI per la sistemazione delle terre provenienti dagli scavi del passante e stazione TAV di Firenze nonché quelli predisposti per la realizzazione della Collina schermo; i citati studi sviluppano in modo approfondito l'analisi idrologica ed idraulica dell'area delle miniere e da essi è stato possibile organizzare un quadro riferimento sintetico rimandando agli studi per i necessari approfondimenti. In seconda fase lo studio idraulico esamina la metodologia di dimensionamento delle opere idrauliche ed individua le tipologie di intervento definendone le caratteristiche generali progettuali sia funzionali sia prestazionali; il dettaglio di ciascun elemento ed il relativo inserimento sulle opere in progetto è descritto nella Relazione tecnica descrittiva. In ultima fase lo studio esamina la compatibilità idrologica degli Interventi di implementazione che, non modificando il bacino idrografico in cui si inseriscono ed essendo a copertura naturale, non variano il bilancio idrologico del Lago di Castelnuovo; essi infatti rappresentano il 2% della superficie complessiva del bacino del Lago e ancorché i contributi meteorici si mantengono analoghi agli esistenti, risultano poco influenti sul bilancio idrologico del lago. Infine si è valutata la compatibilità del manufatto di progetto con il rischio idraulico connesso alla potenziale esondazione del Lago ed al livello idrometrico massimo atteso per il tempo di ritorno assunto a riferimento.

## 2 RIFERIMENTI

Progetto per il recupero ambientale della miniera di S.Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline Valdarno (FI) – Progetto di massima, Relazione Idraulica (ENEL, Ingegneria civile e idraulica, Firenze – Luglio 2003)

Progetto per il recupero ambientale della miniera di S.Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline Valdarno (FI) – Studio di Impatto Ambientale (ENEL, Divisione generazione ed energy management unita' di business termoelettrica, Pietrafitta – 2004)

Progetto per il recupero ambientale della miniera di S.Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline Valdarno (FI) – Relazione Idrologica (ENEL Produzione e Ricerca, Unità di Idrologia, Mestre – Gennaio 2003)

Progetto per il recupero ambientale della miniera di S.Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline Valdarno (FI) – Costruzione dei profili idraulici nei tratti d'alveo dei borri Lanzi, Meleto e Frati conseguenti ad eventi di piena di assegnato tempo di ritorno (ENEL Produzione e Ricerca, Unità di Idrologia, Mestre – Gennaio 2003)

ENEL, Unità di Business Termoelettrica di S.Barbara - Progetto per il recupero ambientale della miniera di S.Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline Valdarno (FI) – Chiarimenti richiesti dall'Autorità di bacino del Fiume Arno (ENEL, Ingegneria civile e idraulica, Firenze – Settembre 2005)

ENEL, Unità di Business Termoelettrica di S.Barbara - Integrazioni al progetto di recupero ambientale - Allegato "A" Riassetto Idrografico (Maggio 2006)

ENEL, Unità di Business Termoelettrica di S.Barbara - Approfondimenti alle integrazioni al progetto di recupero ambientale – Apporti idrici, Stima del coefficiente di deflusso (ENEL, Ingegneria civile e idraulica, Firenze – Dicembre 2006)

ENEL, Unità di Business Termoelettrica di S.Barbara - Approfondimenti alle integrazioni al progetto di recupero ambientale – Bilancio idrico dei laghi Castelnuovo e Allori (CESI, Milano – Dicembre 2006)

RFI-ITALFERR, PASSANTE AV – Riambientalizzazione area mineraria S.Barbara - Progetto realizzazione collina schermo (Progetto Esecutivo di variante, Nodavia settembre 2010)

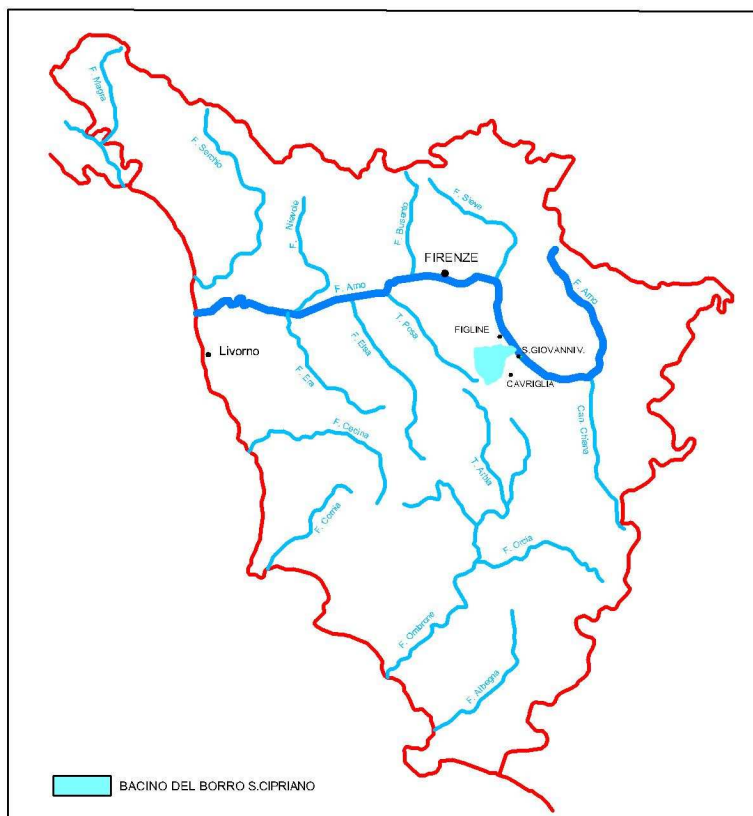
### 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

#### 3.1 Il sistema idrografico di riferimento

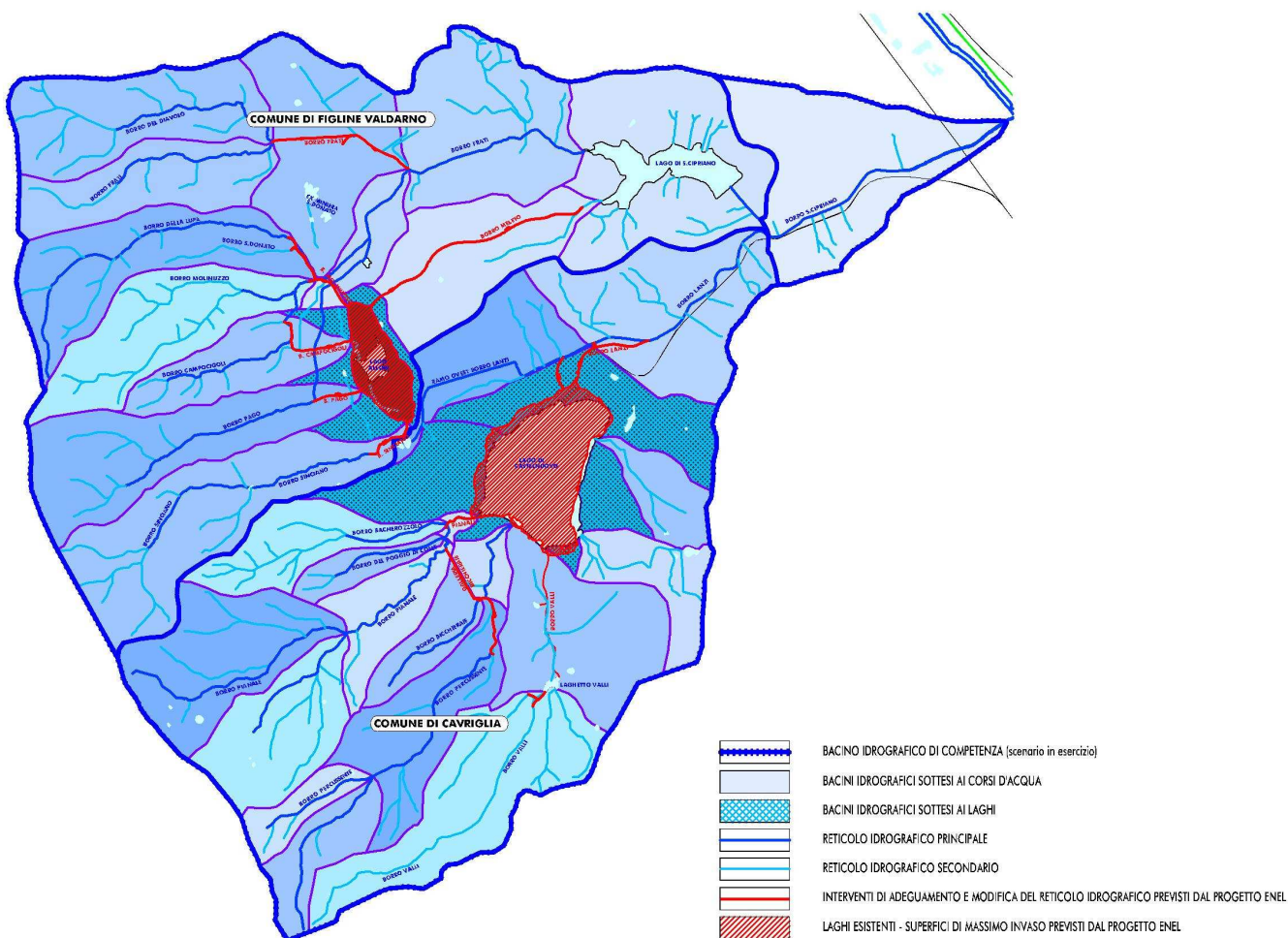
Il sistema idrografico assunto a riferimento è quello del Borro di San Cipriano corso d'acqua di ordine secondario affluente diretto del Fiume Arno nel tratto di bassa montagna. La scelta del sistema idrografico di studio è originata dalla volontà di individuare il bacino su cui insiste l'intero comprensorio delle ex miniere di S.Barbara e quindi tutto il polo minerario Enel.

Il bacino imbrifero ricade nei Comuni di: Figline Valdarno, Greve in Chianti, Radda in Chianti, Cavriglia, S. Giovanni Valdarno ed è stato determinato attraverso indagini cartografiche e fotointerpretazione suddividendolo nei principali sottobacini afferenti ai singoli corsi d'acqua; si è fatto riferimento alla situazione di sistemazione finale come da progetto ENEL.

Il Borro S. Cipriano sottende, alla confluenza in Arno, un bacino di superficie  $S=47.96\text{km}^2$  ed ha una lunghezza di  $L=11.86\text{ km}$ , l'altezza massima di bacino misura  $813\text{msm}$  e l'altezza minima è di  $130\text{msm}$ ; all'interno del bacino ricadono i laghi di: S. Cipriano, superficie  $41.7\text{ha}$ ; Castelnuovo, superficie  $125.2\text{ha}$ ; Allori, superficie  $5.9\text{ha}$ .



**Figura 3-1 – Inquadramento regionale dell'area di studio**



**Figura 3-2 – Sistema idrografico di riferimento, bacino imbrifero Borro S. Cipriano**

Corso d'acqua	Sezione ENEL	Superficie	Altezza max	Altezza med	Altezza min	Lunghezza	pendenza s	tempo corrivaz
		km <sup>2</sup>	msm	msm	msm	km	%	ore
Borro Valli	1	4.2	811.0	201.0	147.0	4.7	13.9	1.4
Borro Percussente	2	2.7	811.0	514.0	252.0	3.5	15.1	1.2
Borro Pianale	3	4.4	780.0	494.0	191.0	4.2	12.1	1.4
Borro Bacherozzolo		1.4	700.0	377.0	194.0	2.5	16.2	1.1
Borro Lanzi	14	21.2	811.0	190.0	136.0	8.5	0.08	3.9
Borro Sinciano	5	2.6	755.0	545.0	225.0	3.6	13.2	1.3
Borro Pago	6	2.0	754.0	567.0	270.0	2.7	15.9	1.1
Borro Campocigoli	7	1.0	600.0	402.0	290.0	1.6	16.9	0.9
Borro Molinuzzo	9	1.9	748.0	456.0	215.0	2.9	16.7	1.1
Borro Lupa		2.1	725.0	447.0	215.0	3.9	12.7	1.3
Borro Meleto	16	13.0	755.0		151.0	6.7	0.09	
Borro Frati	12	5.9	625.0	308.0	161.0	3.9	11.40	1.4

**Tabella 3-1 – Caratteristiche idrografiche dei corsi d'acqua principali (cfr. ENEL)**

### 3.2 Inquadramento del sistema idrografico originario ed attuale

Il sistema idrografico del bacino di S.Cipriano era originariamente composto da una rete idrografica costituita prevalentemente da corsi d'acqua a carattere torrentizio, denominati "borri", che affluivano in parte al Lago di S.Cipriano il cui emissario è costituito dal borro omonimo direttamente convergente all'Arno in prossimità di S. Giovanni Valdarno ed in parte al borro Lanzi affluente del S.Cipriano nel tratto a valle del lago. Con l'attivazione delle attività di coltivazione della miniera di S.Barbara, avviate negli anni '50, si è resa necessaria la modifica plano-altimetrica di alcuni corsi d'acqua al fine di allontanare le acque delle aree di miniera.

Le principali modifiche apportate al sistema idrografico al fine della coltivazione mineraria possono così riassumersi:

derivazione, mediante nuove inalveamenti, fossi di gronda e condotte, dei deflussi provenienti dai borri Valli, S.Pancrazio, Percussente, Bicchierarie, Pianale, Bacherozzolo, Sinciano e Pago convogliate poi nel borro Lanzi a valle delle aree di miniera;

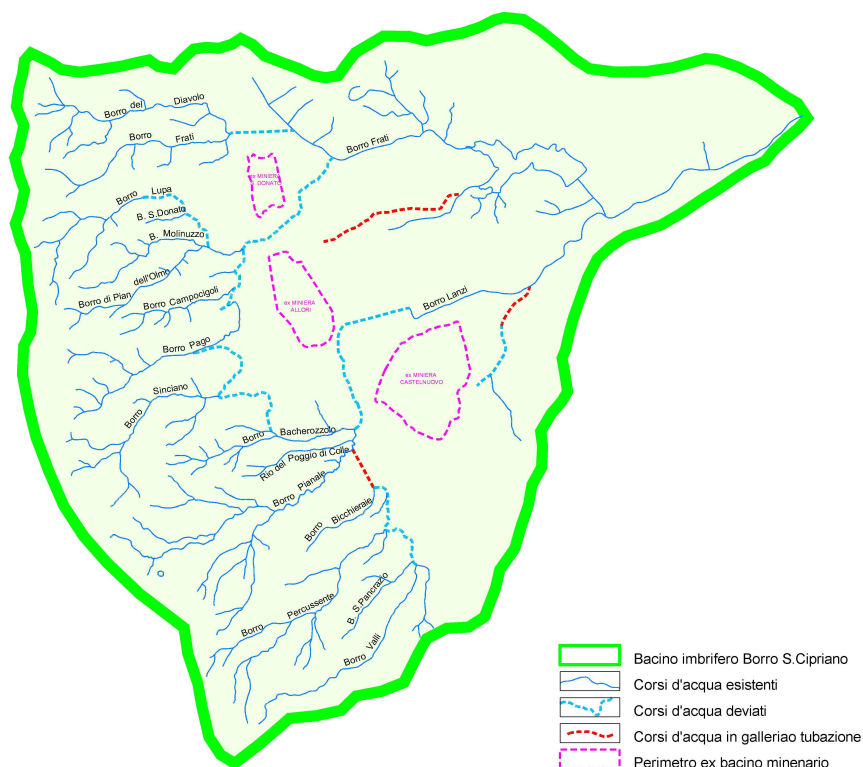
derivazione dei deflussi provenienti dai borri Campocigoli, Molinuzzo, S.Donato e Lupa, originariamente affluenti del borro Meleto, al borro Frati.

La cessazione dell'attività mineraria, avvenuta nel 1994, ha comportato la necessità di provvedere ad un generale riassetto della rete idrografica così da restituire le aree occupate alla fruizione antropica provvedendo a garantire il raggiungimento di condizioni idrauliche di sicurezza.

Attualmente il bacino del Lago di Castelnuovo si trova ancora nella configurazione realizzata per la coltivazione delle miniere, il lago pertanto è da considerarsi come un bacino di riempimento della cava mineraria alimentato dalle acque meteoriche provenienti dalle sponde e dai versanti direttamente prospicienti il lago. L'attuale bacino idrografico del Lago ha infatti una superficie  $S_{LAGOtemp}=5.32km^2$  a fronte della superficie che avrà al termine delle risistemazioni idrauliche pari a  $S_{LAGOfin}=19.45km^2$ ; la superficie propria del lago è di  $S_{LAGO}=1.11km^2$  determinata alla quota idrometrica 142.00msm che rappresenta la quota media del lago.

Il regime idrologico attuale del Lago di Castelnuovo è caratterizzato dai contributi idrici meteorici che afferiscono a lago per ruscellamento superficiale delle sponde e versanti direttamente prospicienti l'invaso; dagli studi citati e nello specifico dalle valutazioni sul bilancio idrologico del lago emergono i seguenti dati e considerazioni di sintesi.





**Figura 3-3 – Sistema idrografico esistente**

**Caratteristiche geometriche lago di Castelnuovo**

Superficie bacino	km2	5.32
Quota di fondo	msm	135
Quota media pelo libero	msm	142
Superficie alla quota media	km2	1.11
Volume alla quota media	m3	

**Caratteristiche climatiche del bacino**

Precipitazione media annua (1999-2008)	mm	779
Giorni piovosi anno(1999-2008)	n	110
Pioggia – inverno (1999-2008)	mm	182
Pioggia – estate (1999-2008)	mm	119
Temperatura media (1993-2008)	°	13.5
T media mese più freddo (1993-2008)	°	4.6
T media mese più caldo (1993-2008)	°	23.4
Evaporazione media da lago (da studio CESI, 2006)	mm	773

Il regime idrologico attuale del lago è caratterizzato dagli afflussi meteorici provenienti dal drenaggio del bacino sotteso più il contributo proveniente dallo scolmatore di piena del derivatore, dalle perdite per evaporazione dal lago e dai deflussi regolati tramite le stazioni di sollevamento. Il Lago non ha emissario tuttavia, al fine di mantenere regolato il livello idrometrico è stato realizzato un sistema di stazioni di sollevamento di portata complessiva circa  $q=7000\text{l/min}$  che scarica le acque nel borro Lanzi e che consente l'abbassamento del livello del lago a seguito degli eventi pluviometrici più significativi.

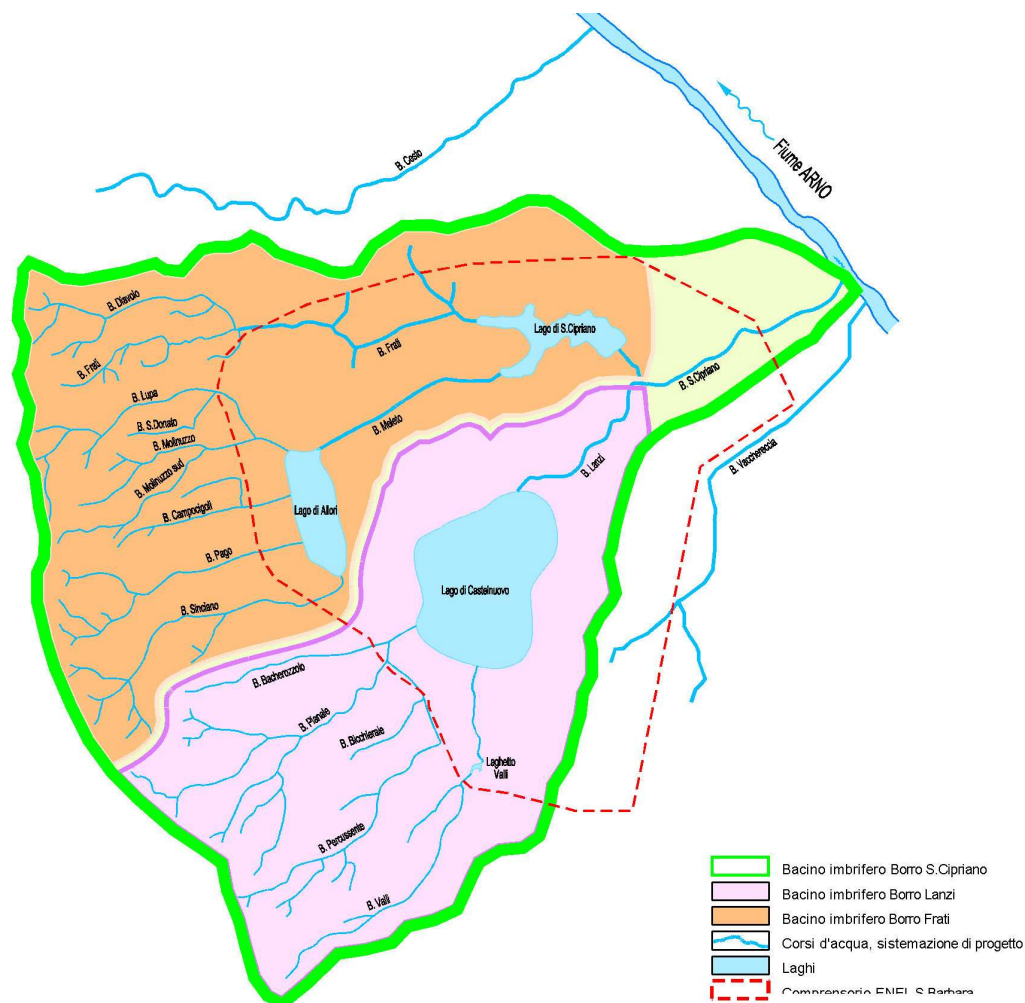
Il sistema di regimazione del lago di Castelnuovo consente pertanto di mantenere la quota idrometrica variabile tra 143msm e 145msm; l'oscillazione annua del pelo libero è dell'ordine dei 2m tuttavia suscettibile di aumenti o diminuzioni rispettivamente per anni significativamente piovosi (eventi eccezionali) o significativamente siccitosi.

### 3.3 Sistema idrografico di progetto secondo il progetto di recupero ambientale ENEL

La sistemazione dell'area prevede interventi che realizzano per tramite di nuove interconnessioni idrauliche una diversa ripartizione e distribuzione degli apporti prodotti dai singoli borri:

- le aree delle ex miniere Allori e Castelnuovo sono destinate alla creazione di due invasi che, oltre a svolgere il ruolo di polmone di laminazione degli eventi idrometeorologici intensi, permettono una valorizzazione della valenza naturalistica dell'ex area mineraria;
- gli apporti prodotti dai borri Valli e S.Pancrazio sono recapitati direttamente al Lago di Castelnuovo mentre le portate prodotte dai bacini idrografici afferenti i borri Percussente e Bicchierarie sono convogliati al borro Pianale tramite la galleria Bicchierarie-Pianale. La portata uscente dalla galleria, previa aggiunta dei deflussi generati dai borri Pianale e Bacherozzolo, provvede quindi ad alimentare l'invaso di Castelnuovo. L'efflusso uscente dall'invaso è infine restituito nuovamente tramite un'opportuna opera di scarico al borro Lanzi;
- le acque convogliate dai borri Sinciano, Pago, Campocigoli, Molinuzzo, S.Donato e Lupa sono recapitate al lago Allori. La portata scaricata da quest'ultimo perviene quindi al bacino di S.Cipriano tramite il borro Meleto, del quale si prevede la ricostruzione pressoché totale

Il dimensionamento idraulico delle opere di riassetto è stato sviluppato adottando i seguenti livelli di probabilità: per le opere di inalveazione la portata di riferimento è quella determinata per un tempo di ritorno  $TR=200$  anni il cui transito deve avvenire garantendo un franco di sicurezza; le stesse opere devono risultare verificate al transito della portata associata a  $TR=300$ anni con annullamento del franco idraulico precedente. Per i laghi, Allori e Castelnuovo, la portata di riferimento da adottare nella definizione della massima capacità di invaso è quella associata a  $TR=1000$ anni.



**Figura 3-4 – Sistema idrografico di progetto secondo la risistemazione prevista da ENEL**

L'area del lago di Castelnuovo sarà oggetto di interventi di sistemazione idro morfologica finalizzati sia all'adeguamento dell'invaso, delle sponde e degli alvei immissari ed emissari al regime idrologico di progetto sia a garantire e favorire la fruizione pubblica una volta che le aree verranno cedute all'Amministrazione locale. Sono previsti interventi di sistemazione delle sponde del lago con rimodellamento e formazione di pendenze variabili da 1:5 a 1:10; sistemazione delle aree di sbocco degli immissari alla confluenza nel lago e realizzazione di uno scolmatore del lago confluyente nel borro Lanzani anch'esso interessato da opere di regimazione e sistemazione idro morfologica.

Il progetto di sistemazione idrogeologica elaborato da ENEL comprende anche:

- ripristino della funzionalità idraulica del sistema imbrifero alterato per la coltivazione con trasformazione degli sbarramenti in terra ed in cemento armato, realizzazioni di inalveamenti, realizzazione di opere longitudinali e trasversali per la regimazione dei corsi d'acqua;
- realizzazione di condotte emissarie dai laghi di Allori e Castelnuovo finalizzate a garantire, durante la stagione estiva di magra, il DMV all'interno dei borri Meleto e Lanzi di , rispettivamente, 30l/s e 60l/s; tali rilasci, ottenuti con tubazioni di 150mm e 300mm potranno generare oscillazioni del livello idrico in lago dell'ordine dei 60cm;
- realizzazione di uno scolmatore del borro Bicchieraie con scarico delle portate direttamente al lago di Castelnuovo;
- sistemazioni idrogeologiche dei versanti afferenti ai laghi di Allori e Castelnuovo mediante
- riprofilatura, stabilizzazione e sistemazione superficiale finale ;
- realizzazioni di due micro-centrali idroelettriche che sfruttano i salti sugli scolmatori dei laghi.

### **3.4 Idrologia e idraulica di riferimento**

La caratterizzazione idrologica ed idraulica del sistema imbrifero del Borro S.Cipriano e relativi affluenti è desunta dagli studi specialistici sviluppati da ENEL nell'ambito del progetto di sistemazione dell'area mineraria; gli studi si basano su analisi pluviometriche recenti, su trasformazioni afflussi deflussi e su valutazioni idrologiche ed idrauliche sviluppate con l'ausilio di modellistica matematica. I risultati ottenuti, di seguito brevemente riportati consentono la chiara caratterizzazione del bacino idrografico di studio.

#### **3.4.1 Dati e studi idrologici**

Sul bacino imbrifero di riferimento non sono presenti stazioni idrometrografe da cui poter ricavare valori di portata effettivamente registrati pertanto lo studio si è basato su processi di trasformazione afflussi in deflussi appoggiandosi ai dati di pioggia registrati ed applicando le più diffuse metodologie di calcolo.

La caratterizzazione delle sollecitazioni meteoriche è stata sviluppata analizzando statisticamente le precipitazioni registrate ad alcune stazioni pluviometriche limitrofe all'area di studio e ricavando le curve di possibilità pluviometriche applicabili all'area d'interesse. Le analisi sono state sviluppate utilizzando le serie storiche dei dati di pioggia intensa e breve durata registrate ai pluviografi di: Montevarchi, S. Giovanni Valdarno, Renacci, Serraglio, Vallombrosa, Ferrone, Antella e Poggio al Vento; tutte le stazioni sono del SIMN ad eccezione di quella di Poggio al Vento di proprietà ENEL i cui dati sono stati integrati anche con quelli registrati alla stazione

Stazione pluvio	Quota msm	Dati mm	Durata				
			1	3	6	12	24
Montevarchi	163	n°	47	47	47	47	47
		Val medio	22.3	31.9	38.3	48.3	58.0
		Val max	63.2	74.4	87.2	103.4	129.8
S.Giovanni Valdarno	132	n°	21	21	21	21	21
		Val medio	24.0	31.3	36.5	46.5	58.1
		Val max	40.6	54.0	56.8	77.8	119.2
Poggio al Vento	300	n°	34	35	35	35	35
		Val medio	27.1	41.4	49.7	58.2	67.9
		Val max	93.5	145.0	152.0	163.0	227.0

**Tabella 3-2 – Dati caratteristici delle stazioni pluviometriche (cfr ENEL)**

La determinazione delle curve di possibilità pluviometrica è stata sviluppata mediante l'approccio della "regionalizzazione" dell'informazione idrologica disponibile su un territorio più ampio del bacino di interesse, così da integrare la limitata informazione temporale con la più ampia informazione spaziale. L'analisi sviluppata utilizza l'impostazione teorica adottata nell'ambito del Progetto VAPI del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del C.N.R.; tale approccio si basa sul metodo della grandezza indice e propone come distribuzione probabilistica di base la distribuzione TCEV (Two Component Extreme Value distribution).

La precipitazione di durata  $d$  generica ed assegnato tempo di ritorno  $T$  può quindi essere ottenuta tramite la curva di possibilità pluviometrica  $hd,T = a(T) \times dn(T)$ , dove i parametri  $a(T)$  ed  $n(T)$  vengono stimati con il metodo dei minimi quadrati utilizzando per ciascun tempo di ritorno i dati relativi alle varie durate.

Si tralascia, per brevità, l'esposizione del metodo e la sua applicazione al caso specifico rimandando agli studi citati mentre si riportano i valori determinati per le curve.

Tempo di ritorno <i>anni</i>	Durata				
	1	3	6	12	24
Pioggia indice	27.1	41.4	49.7	58.2	67.90
TR=200	71	123	155.1	185	234.30
TR=300	75.6	130.8	166.8	200	255.10
TR=1000	90.2	153.9	200	241	313.40

**Tabella 3-3 – Curve di possibilità pluviometrica ricavate nell'area di studio (cfr ENEL)**

L'analisi idrologica è stata condotta con metodo indiretto mediante trasformazione afflussi-deflussi; il metodo assume che l'idrogramma di piena di assegnato TR può essere valutato tramite un modello di trasformazione note le precipitazioni che si riversano sull'area in indagine e nell'ipotesi che il tempo di ritorno delle portate sia uguale a quello delle precipitazioni che le generano.

Determinata la precipitazione sull'area di studio per assegnato TR e supposta la precipitazione uniformemente distribuita, si definiscono i parametri caratteristici necessari al modello attraverso cui avviene il calcolo. I parametri principali sono relativi al coefficiente di deflusso che rappresenta, in forma percentuale, la capacità di immagazzinamento delle piogge al suolo in relazione al tipo di copertura ed al grado di umidità preesistente ed alla trasformazione della residua pioggia efficace in deflusso superficiale in funzione del tempo di corrivazione definito attraverso diverse formulazioni empiriche.

Gli studi condotti hanno portato alla definizione di coefficienti di deflusso che variano, come è noto, in funzione del TR a causa della riduzione della capacità di assorbimento del terreno per il maggior apporto pluviometrico; il progetto ENEL adotta i seguenti valori:

TR=200 anni  $F=0.62$       TR=300 anni  $F=0.64$       TR=1000 anni     $F=0.70$

Il tempo di corrivazione viene definito per i singoli corsi d'acqua alle sezioni di chiusura secondo la formulazione proposta da Rossi-Versace e ricavata con riferimento ad alcuni bacini toscani ed alle due sezioni idrografiche del borro Cesto e borro Cervia:

$tr = 0.533 (L/s \ 0.5)0.382$

con L lunghezza dell'asta idrografica principale (km) ed s pendenza media della stessa (%).

Corso d'acqua	Sezione chiusura	Q200	Q300	Q1000
		m3/s	m3/s	m3/s
S.Pancrazion+Valli	immissione L.Castelnuovo	36.5	40.0	51.4
Percussente+Bicchieraie+Pianale+Bac herozzolo	immissione L.Castelnuovo	79.6	86.3	103.8
Lago di Castelnuovo	immissione L.Castelnuovo	179.0	199.7	251.5
Borro Lanzi	Immissione Borro S.Cipriano	34.7	40.5	
Sinciano	immissione L.Allori	25.1	27.5	
Pago	immissione L.Allori	21.5	23.5	
Campocigoli	immissione L.Allori	10.7	13.0	
Molinuzzo	immissione L.Allori	39.1	42.9	
lago di Allori	immissione L.Allori	110.2	123.9	158.4
Meleto	Immissione Lago S.Cipriano	40.4	47.6	
S.Cipriano	Immissione Lago S.Cipriano	53.9	59.1	

**Tabella 3-4 – Portate massime al colmo per assegnato tempo di ritorno (cfr ENEL)**

### 3.4.2 Dati e studi idraulici

Il Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara ha analizzato l'idraulica dei borri principali ricadenti sul bacino di indagine al fine di valutare la sicurezza idraulica degli alvei esistenti e che verranno mantenuti ed al fine di progettare le opere di adeguamento della rete idrografica secondo lo schema di progetto già indicato.

Il progetto ha analizzato l'idraulica dei borri Lanzi, Meleto e Frati nel tratto dall'uscita dei laghi alla confluenza nel borro S.Cipriano mediante l'ausilio di modellistica matematica utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS.

L'analisi idraulica è stata sviluppata al fine di valutare l'efficienza delle sezioni idrauliche lungo tre tratti d'alveo di particolare interesse previsti dal progetto di riassetto della rete idrografica e verificare se la stessa è sufficiente a smaltire gli eventi di piena con assegnato tempo di ritorno senza che si verifichi il superamento delle quote spondali e l'esondazione nei terreni circostanti. I tre tratti d'alveo oggetto dell'indagine sono rappresentati da:

- borro Lanzi tra l'incile del lago Castelnuovo e l'immissione nel borro S.Cipriano;
- borro Meleto tra l'incile del lago Allori e l'immissione nel lago di S.Cipriano;
- borro Frati nel tratto a monte dell'immissione nel lago di S.Cipriano.

Le verifiche risultano interessanti per il borro Lanzi e Meleto che rappresentano gli emissari dei bacini di laminazione in progetto e devono provvedere a recapitare in condizioni di sicurezza idraulica le portate di piena da questi uscenti rispettivamente al borro di S.Cipriano e al lago di S.Cipriano.

Per valutare la capacità idraulica dei tre tratti d'alveo si è quindi provveduto alla costruzione dei profili liquidi conseguenti ad episodi di piena con tempo di ritorno rispettivamente di 200 e 300 anni. Lo scopo dell'analisi è quello di evidenziare se le sezioni idrauliche che costituiscono i tre alvei sono in grado di assicurare: il passaggio dell'onda di piena corrispondente a  $T=200$  anni senza che si verifichi esondazione e con un franco residuo rispetto alla sommità spondale; il passaggio dell'onda di piena corrispondente a  $T=300$  anni senza che si verifichi esondazione ma con la possibilità di un impegno totale del franco precedente

Borro Lanzi: è stato indagato il tratto compreso tra l'incile del lago di Castelnuovo a quota 147.00msm e la confluenza con il borro di S.Cipriano a quota 136.37msm, il tratto ha una lunghezza complessiva di 2540m ed è stato descritto mediante 34 sezioni; la scabrezza, espressa con il coefficiente di Manning, varia da  $n=0.030-0.025 \text{ m}^{-1/3\text{s}}$ .

Borro Meleto: è stato indagato il tratto compreso tra l'incile del lago di Allori a quota 183.00msm e la confluenza con il Lago di S.Cipriano, il tratto ha una lunghezza complessiva di 2050m ed è stato descritto mediante 114 sezioni; la scabrezza, espressa con il coefficiente di Manning, è fissata in  $n=0.030 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ .

Corso d'acqua	Sezione chiusura	Sez	Progr.	Quota fondo	Quota ciglio	Q200	Q300	H200	H300	F200	F300	V200	V300
			<i>m</i>	<i>msm</i>	<i>msm</i>	<i>m3/s</i>	<i>m3/s</i>	<i>msm</i>	<i>msm</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>
Borro Lanzi	incile L. Castelnuovo	1	0	147.00	150.20	31.50	36.90	147.97	148.07	2.23	2.13	1.63	1.70
Borro Lanzi	Immissione S.Cipriano	34	2540	136.37	138.92	34.70	40.50	138.92	138.92	0.00	0.00	1.19	1.39
Borro Meleto	incile L. Allori	1	0	183.00	187.50	31.30	37.30	184.75	184.90	2.75	2.60	3.26	3.38
Borro Meleto	Immissione Lago S.Cipriano	13	2050	173.00	175.00	40.40	47.60	174.43	174.59	0.57	0.41	5.82	5.78
Borro Frati		1	0	197.38	200.66	36.50	40.00	199.31	199.40	1.35	1.26	3.54	3.61
Borro Frati	Immissione Lago S.Cipriano	30	1349.3	162.37	165.56	53.90	59.10	164.75	164.70	0.81	0.86	3.63	4.11

**Tabella 3-5 – Caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua principali (cfr ENEL)**

L'analisi idraulica è stata estesa anche a valutare il regime dei laghi di Allori e Castelnuovo al fine di determinare, a scopo progettuale, il livello idrometrico massimo in relazione alle diverse sollecitazioni idrologiche e la quota di sfioro degli scaricatori.

Lago	Dati	TR200	TR300	TR1000
		<i>m3/s</i>	<i>m3/s</i>	<i>msm</i>
CASTENUOVO	Portata max IN	179.0	199.7	251.5
	Portata max OUT	31.5	36.9	56.8
	Hmax	148.71	148.89	149.39
ALLORI	Portata max IN	110.2	123.9	158.4
	Portata max OUT	31.3	37.3	55.5
	Hmax	185.34	185.62	186.15

**Tabella 3-6 – Valori idrometrici ai laghi (cfr ENEL)**



### 3.5 Il Rischio Idrogeologico

#### 3.5.1 Mappatura del rischio idrogeologico (PAI Autorità di bacino del Fiume Arno)

L'analisi del rischio idrogeologico è fondata sulle risultanze del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PSAI) dell'Autorità di bacino del Fiume Arno adottato dal Comitato istituzionale con deliberazione n. 185 dell'11 novembre 2004 ed approvato con DPCM del 6 maggio 2005 pubblicato sulla G.U. n° 230 del 3-10-2005.

Il PSAI, a seguito degli studi specialistici, idrologici, idraulici e geomorfologici, perimetra le aree a rischio suddividendole negli ambiti idraulico e geomorfologico e determinandole sia alla scala di sintesi (scala 1:25.000) sia a scala di dettaglio (scala 1:10.000); su tali aree valgono le Note Tecniche di Attuazione che costituiscono parte integrante del Piano.

Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica

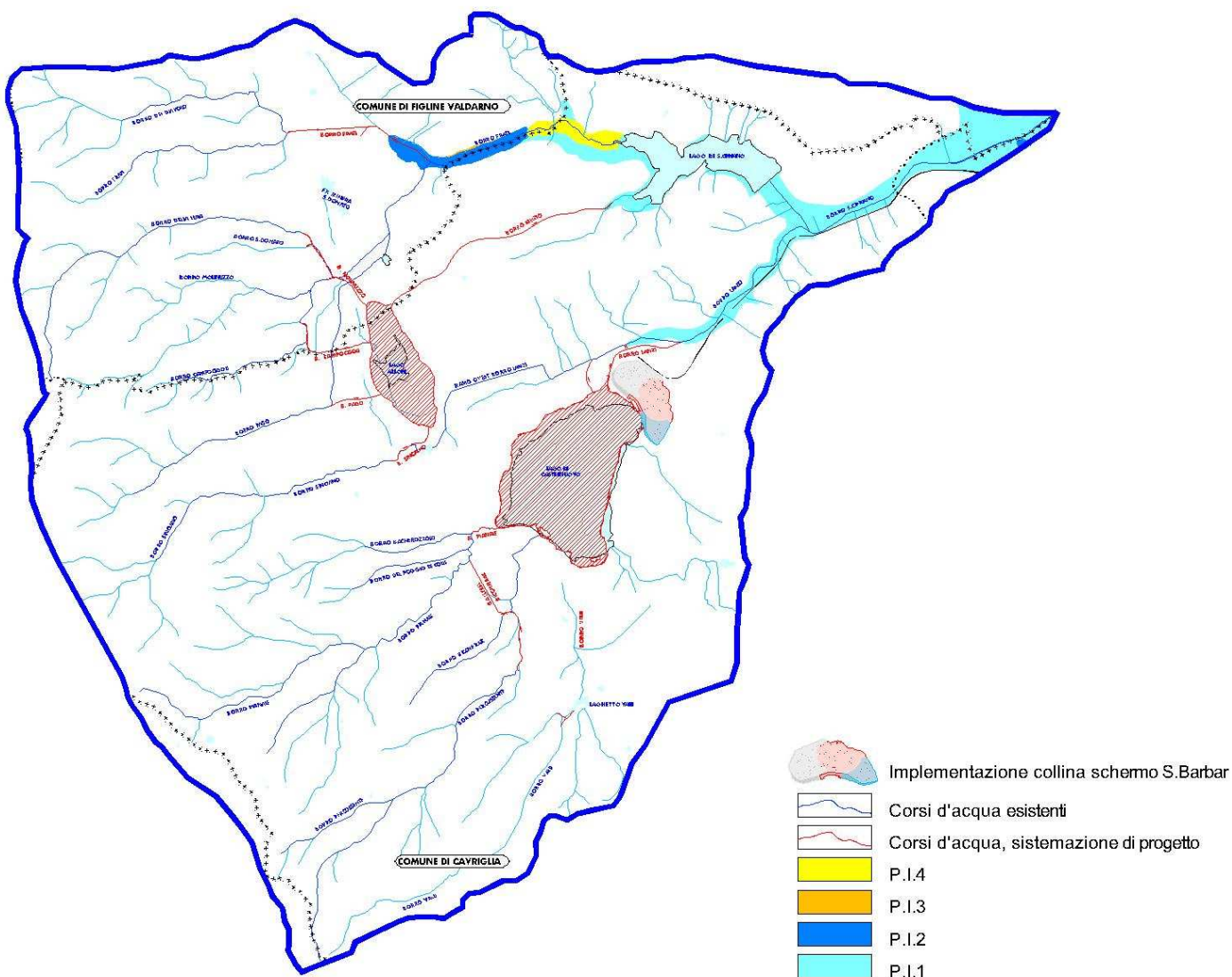


Figura 3-5 – Pericolosità idraulica sul bacino di S.Cipriano

Livello di sintesi in scala 1:25.000: la perimetrazione è stata effettuata sulla base di criteri geomorfologici, storici ed inventariali, la pericolosità è così graduata:

- P.I.4** pericolosità idraulica molto elevata;
- P.I.3** pericolosità idraulica elevata;
- P.I.2** pericolosità idraulica media;
- P.I.1** pericolosità idraulica moderata.

Livello di dettaglio in scala 1:10.000: la perimetrazione è stata effettuata sulla base dei risultati di specifici studi in funzione del tempo di ritorno e del potenziale battente; la pericolosità è così graduata:

- P.I.4** pericolosità idraulica molto elevata: comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- P.I.3** pericolosità idraulica elevata: comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da un evento con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- P.I.2** pericolosità idraulica media: comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $100 < TR \leq 200$  anni ;
- P.I.1** pericolosità idraulica moderata: comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $200 < TR \leq 500$  anni

Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante e Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivante dall'inventario dei fenomeni franosi

Livello di sintesi in scala 1.25.000: la pericolosità è così graduata:

- P.F.3** pericolosità elevata da processi geomorfologici di versante: aree interessate da fenomeni di dissesto attivi o quiescenti e da condizioni geomorfologiche marcatamente sfavorevoli;
- P.F.2** pericolosità media da processi geomorfologici di versante: aree apparentemente stabili, interessate da litologie con caratteri intrinsecamente favorevoli alla stabilità dei versanti;
- P.F.1** pericolosità moderata da processi geomorfologici di versante: aree apparentemente stabili ed interessate da litologie con caratteri favorevoli alla stabilità dei versanti che, talora, possono essere causa di rischio reale o potenziale moderato.

Livello di dettaglio in scala 1.10.000: la pericolosità è così graduata:

- P.F.4** pericolosità molto elevata da frana: pericolosità indotta da fenomeni franosi attivi che siano anche causa di rischio molto elevato;
- P.F.3** pericolosità elevata da frana: pericolosità indotta da fenomeni franosi attivi o da fenomeni franosi inattivi che presentano segni di potenziale instabilità (frane quiescenti) causa potenziale di rischio elevato;
- P.F.2** pericolosità media da frana: pericolosità indotta da fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente) causa di rischio medio.

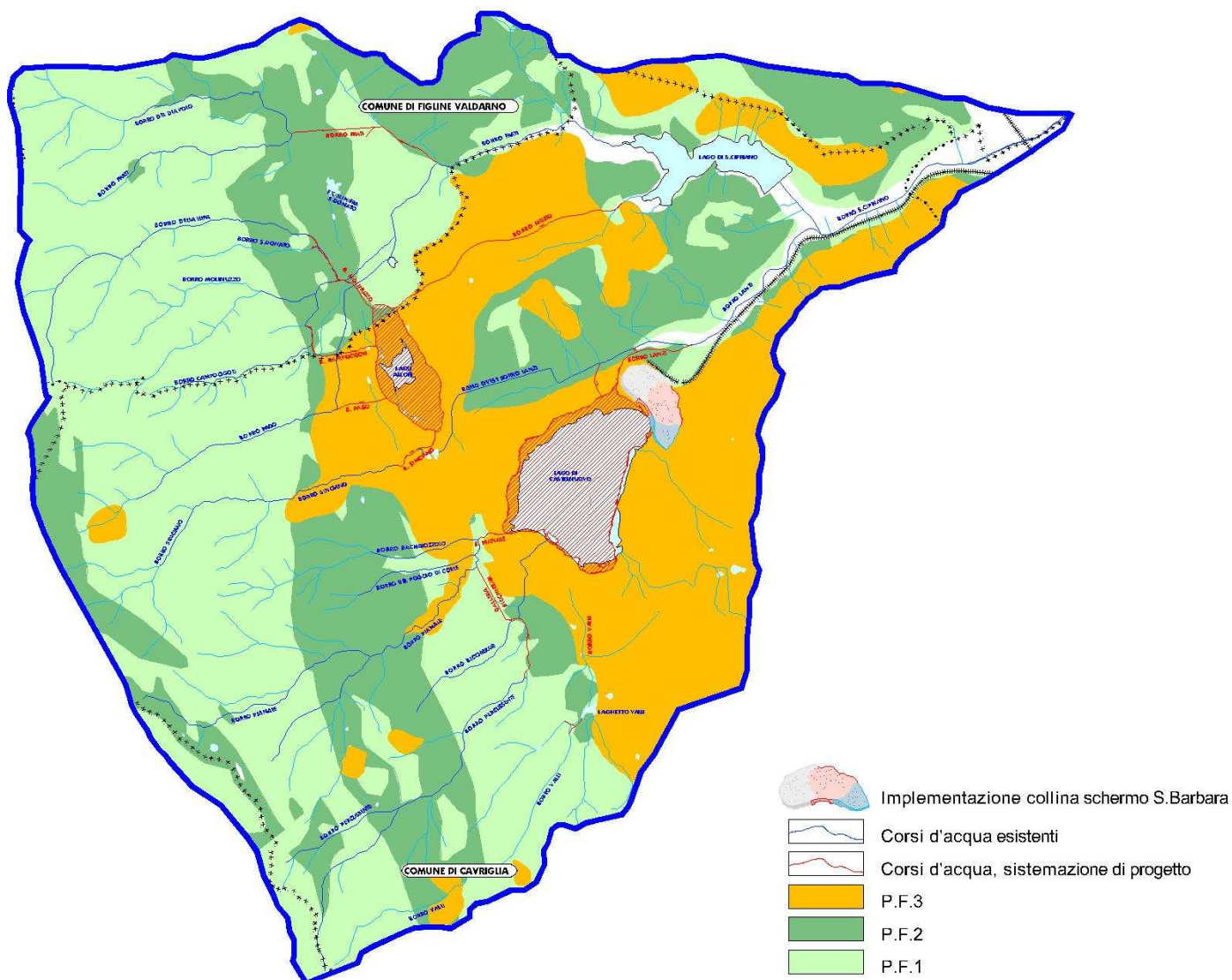


Figura 3-6 – Pericolosità geomorfologica sul bacino di S.Cipriano

Nell'ambito del presente studio si è realizzata la Carta del rischio idrogeologico nell'ambito della quale sono state riportate le perimetrazioni di pericolosità idraulica e geomorfologica sovrapponendo gli strati informativi provenienti dal PSAI sia per il livello di sintesi sia per quello di dettaglio.

Osservando la carta si possono individuare le seguenti criticità:

Pericolosità idraulica: risultano perimetrati il Borro Lanzi con pericolosità moderata (PI1) nel tratto tra l'ex miniera S.Barbara e la foce; il Borro Frati con pericolosità rispettivamente media, elevata e moderata nel tratto tra San Luigi e la foce nel Lago S.Cipriano ed il Borro S.Cipriano con pericolosità moderata nel tratto dal lago omonimo fino alla foce in Arno.

Pericolosità geomorfologica: si osserva che la parte principale dell'area occupata dalle ex miniere è perimetrata a pericolosità elevata mentre le aree limitrofe, alcune delle quali soggette a interventi di rimodellamento durante gli anni di coltivazione, sono perimetrata a livello medio e moderato.

### **3.5.2 *Gli Interventi di implementazione della collina schermo e le interferenze con il rischio idrogeologico locale***

#### Pericolosità idraulica

Dalla Carta del rischio idrogeologico si osserva che l'area di sedime della collina schermo e quella degli interventi di implementazione previsti nel presente progetto non è interessata da pericolosità idraulica. Con riferimento alle quote di massimo invaso del Lago di Castelnuovo si segnala che queste raggiungono, per la portata massima di riferimento a quota  $H_{1000}=149.39\text{msm}$ .

Gli interventi in progetto altro non sono, sia per il 1° che per il 2° ambito, che rilevati ottenuti con materiale proveniente dagli scavi dell'A.V. (1° ambito operativo) e da altri cantieri (2° ambito operativo); il materiale sarà posizionato a strati sovrapposti partendo dall'attuale conformazione del piano campagna che presenta quote, sull'area di sedime, variabili da 142.00msm a 147.00msm. Il piano fondamentale su cui si ergono i rilevati è fissato a quota 150.00msm, al di sotto di tale piano avviene il raccordo con il terreno esistente adottando pendenze 1:5, sul piano viene realizzata la pista di manutenzione ed il fosso di gronda, al di sopra del piano si erge il rilevato di progetto interessato dalla pista di servizio e dai percorsi pedonali che salgono in sommità. Solo il piede della collina è pertanto soggetto alla quota di massimo invaso, tuttavia le indagini geotecniche ne hanno dimostrato la compatibilità (cfr. Relazione geotecnica).

#### Pericolosità geomorfologica

Dalla Carta del rischio idrogeologico si osserva che l'area di sedime della collina è perimetrata a grado medio in quanto potenzialmente interessata da condizioni geomorfologiche marcatamente sfavorevoli dovute al processo di riempimento dell'ex cava S.Barbara. La formazione della collina provocherà potenziali cedimenti sia del nuovo rilevato ma anche del materiale sottostante a seguito del carico che verrà sovrapposto; è presumibile che il grado di pericolosità geomorfologica si mantenga e che possa anche aumentare durante il periodo iniziale a seguito dei cedimenti previsti.

#### 4 STATO DEI LUOGHI DI INTERVENTO

L'area d'intervento appartiene alle zone dell'ex miniera di S.Barbara coltivate per l'estrazione della lignite dal 1956 al 1994, materiale che serviva per l'alimentazione della centrale termoelettrica di S.Barbara, oggi convertita ad alimentazione gassosa.

L'area sedime degli interventi di progetto è stata parzialmente soggetta negli anni passati, durante e dopo la coltivazione, a rimaneggiamenti morfologici consistenti prevalentemente nel riempimento della cava con terreno proveniente dagli scavi, riempimento che ha subito assestamenti progressivi nel corso degli anni in funzione del costipamento naturale del materiale riportato.

Allo stato attuale l'area è morfologicamente eterogenea ed irregolare caratterizzata da uno strato superiore di terreno che è stato, in buona parte, colonizzato da vegetazione spontanea erbacea ed arbustiva e che è caratterizzato anche dalla presenza di depressioni su cui si sono formati laghetti plaustri.

Viene ricompresa nella descrizione dello stato dei luoghi del presente studio, anche la Collina schermo di cui recentemente è stato sviluppato il progetto esecutivo.

Planimetricamente l'area è confinata a nord dal Terminal ferroviario esistente (oggetto di trasformazione con ripristino funzionale), ad est dai pendii naturali delle colline limitrofe, ad ovest dalla Collina schermo ed a sud dalle rive del lago di Castelnuovo. L'area è attraversata da strade di servizio un tempo utilizzate per la viabilità dei mezzi di cantiere durante la coltivazione ed oggi in parte abbandonate.

L'altimetria dell'area è caratterizzata dalla presenza ed alternanza di depressioni e rilevati con variazioni di quota dell'ordine di qualche metro:

- l'area sedime del 1° ambito operativo si affianca alla collina schermo ed il piano campagna esistente è caratterizzato da quote variabili dai 148msm ai 142msm, si nota in particolare un'area depressa a nord e la presenza di due promontori sul lato sud; l'area interessa in parte, estremo est, un laghetto aplustre;
- l'area sedime del 2° ambito operativo insiste in buona parte sul laghetto palustre esistente, sponde a quota 144.2msm e fondo a quota 141.7msm; l'area si trova a sud del primo ambito e presenta quote dell'ordine dei 146msm ad eccezione della depressione del laghetto.

Sull'area di intervento non sono presenti sotto servizi ad eccezione della centralina meteorologica di proprietà ENEL, alimentata elettricamente, che dovrà essere mantenuta in funzione nella posizione attuale garantendo sia l'alimentazione elettrica sia l'accesso.

Dal punto di vista idraulico l'area è caratterizzata dal ruscellamento naturale delle acque meteoriche verso il Lago di Castelnuovo, è inoltre presente, ed attraversa l'area sedime del 1° Ambito, un canale di gronda delle acque del versante est anch'esso con scarico nel Lago.

Il canale di gronda esistente raccoglie le acque del versante est il cui bacino è confinato ad ovest dalla riva del Lago Castelnuovo, ad est dal crinale superiore, a nord dall'intercrinale che separa il drenaggio a lago da quello del borro Lanzi ed a sud dall'intercrinale esistente. Nel progetto di sistemazione ENEL è prevista la separazione del bacino descritto in due ambiti uno, costituito da un vero e proprio bacino idrografico, che scaricherà direttamente nel Lago di Castelnuovo ed un secondo il cui drenaggio continua avviene in modo naturale per ruscellamento, sempre verso il Lago. Nella progettazione attuale si sono dimensionate le opere in modo da tenere conto sia dello stato dei luoghi sia delle trasformazioni future previste nel progetto generale di ENEL.

Il Canale di gronda ha quindi un bacino composto da un primo ambito (futuro bacino imbrifero) di circa  $S=0.58\text{km}^2$  ed un secondo ambito (ruscellamento diretto a lago) di superficie  $S=0.56\text{km}^2$ ; la sezione del canale è variabile lungo il suo corso, alla foce vale  $b=1.2\text{m}$ ,  $B=6.3\text{m}$  e  $H=2.5\text{m}$ .

L'area di sedime, del 1° e del 2° ambito operativo, sono prospicienti il lago e le acque meteoriche non sono drenate da fossi e canali bensì ruscellano progressivamente verso alcuni impluvi disordinati o direttamente verso il lago.

L'area di sedime è oggi accessibile da nord attraverso il piazzale del terminal ferroviario (in adiacenza alla stazione meteorologica), l'area risulta inoltre attraversabile con mezzi fuoristrada attraverso le vecchie viabilità sterrate.

## 5 INTERVENTI DI PROGETTO

### 5.1 Sistemazione morfologica degli Interventi di implementazione della Collina schermo di S.Barbara

Il progetto di realizzazione degli Interventi di implementazione della Collina schermo prevede la costruzione di un manufatto in terra a morfologia naturaliforme che si inserisce tra la collina schermo ed il versante congiungendo morfologicamente due ambiti collinari e favorendo quindi l'inserimento paesaggistico della collina già progettata sul territorio esistente. La connessione morfologica dei due interventi, collina e implementazione, sarà inoltre accompagnata da opere idrauliche e opere a verde tali da favorire la connessione naturale e paesaggistica dell'opera.

Il manufatto sarà ottenuto, per il 1° ambito operativo, mediante sovrapposizione progressiva di terreno provenienti da scavi ferroviari, stesi e compattati in strati progressivi di 60cm; il terreno è di matrice prevalentemente argillosa e verrà preventivamente caratterizzato ed asciugato, se necessario potrà provvedersi al trattamento a calce al fine di ridurre l'umidità, trattamento che verrà eseguito direttamente in sito. Il 2° ambito operativo sarà realizzato con materiale proveniente da forniture esterne che dovranno rispettare le caratterizzazioni qualitative imposte dal presente progetto.

La sagoma del manufatto è stata definita e costruita, analogamente a quanto fatto per la collina schermo, attraverso un modello tridimensionale del terreno inserito sul DEM 3D dello stato attuale ricavato da specifico rilievo topografico coniugando esigenze paesaggistiche e geotecniche. La forma è stata disegnata correlando la morfologia della collina schermo con quella del territorio limitrofo dei pendii posti ad est; è percettibilmente evidente dall'osservazione planimetrica a grande scala che il manufatto di progetto si inserisce sul territorio con analoghe caratteristiche mantenendo quelle diversificazioni plano-altimetriche solcate da impluvi intagliati sulle pendici che si riscontrano anche nell'andamento naturale esistente.

La costruzione modellistica dei manufatti, 1° e 2° ambito, è stata sviluppata adottando riferimenti geomorfologici desunti dagli studi geotecnici sulla stabilità dei materiali in posto, si sono adottate pendenze variabili da un valore minimo di 14°(1:4) ad un valore massimo di 18°(1:3) preferendo le aree più ripide sul fronte nord caratterizzato da una migliore stabilità dei terreni di fondo e quelle meno acclivi sul fronte sud dove risultando più marcati i potenziali cedimenti la presenza di un minor carico riduce le deformazioni del manufatto.



### 5.1.1 1° Ambito operativo

Il manufatto presenta un piano fondamentale a quota 150.00msm, superiore al massimo invaso del lago, sul quale verrà realizzata la pista di manutenzione ed il fosso di gronda e sul quale verrà costruito il rilevato successivo fino al raggiungimento della quota massima di progetto pari a 178.00msm.

La collina ha una sagoma, alla base, irregolare e variabile in funzione del raccordo al terreno esistente realizzato con scarpate a pendenza costante 1:5 (hxb); il piano fondamentale, anch'esso irregolare, ha tuttavia una forma quasi ellittica inscrivibile in un ellisse di raggio maggiore 200m e raggio minore 140m con asse longitudinale orientato sulla direttrice NE-SW di lunghezza massima 406m ed asse trasversale di lunghezza 292m.

Il manufatto di implementazione assumerà caratteristiche naturalistiche con prevalente sviluppo di bosco su tutti i fronti, verrà inoltre garantito il completamento dell'area dell'anfiteatro, già impostata sul lato sud nel progetto della collina schermo. La modesta pendenza assegnata alle scarpate, soprattutto sul fronte sud, consente comunque l'eventuale percorribilità escursionistica anche al di fuori dei percorsi tracciati.

Dal punto di vista viabilistico si è prevista la realizzazione di una strada di manutenzione, impostata sul piano fondamentale del rilevato, che innestandosi sull'analogha strada già prevista per la collina completa il periplo del manufatto di 2° Ambito e si ricongiunge al piazzale est del terminal Brichette. E' stata inoltre prevista la realizzazione di una pista di servizio che sale sulla collina e che consente l'accesso ai mezzi di manutenzione e realizza inoltre la compartimentazione del bosco ai fini del controllo antincendio, compartimentazione rafforzata anche da fasce nude disposte in senso radiale al manufatto.

La regimazione delle acque avviene per ruscellamento superficiale lungo i pendii con distribuzione delle acque di pioggia in una più sottile lama idrica di minor impatto erosivo e mediante tratti canalizzati subverticali, opportunamente protetti, tali da raccogliere i contributi ed evitare che il ruscellamento avvenga su tutta l'estensione del pendio. Infine si è prevista la realizzazione di un fosso di guardia perimetrale, connesso a quello previsto per la Collina schermo, realizzato in scavo sul piano fondamentale del rilevato, con raccolta diretta ed estensiva delle acque di ruscellamento e raccolta concentrata delle acque di impluvio. Il fosso perimetrale è realizzato in due rami, A e B, rispettivamente connessi ai rami A e B del fosso di gronda della collina schermo per il quale si è verificata e dimostrata la compatibilità idraulica delle sezioni assegnate al canale; lo scarico terminale avviene a Lago attraverso il manufatto di scarico della collina schermo.

Le dimensioni delle opere canalizzate di regimazione derivano dalle verifiche idrauliche, la tipologia è invece riconducibile a soluzioni di ingegneria naturalistica necessarie per il contenimento dell'erosione di fondo e spondale nei tratti più ripidi, erosione potenzialmente attesa durante gli eventi pluviometrici intensi. Il trasporto solido provocato dall'erosione della coltre superficiale di terreno sarà contrastato dal manto erboso che si andrà a consolidare dopo l'esecuzione delle opere a verde, il fosso di gronda favorirà il deposito contrastando l'azione erosiva.

Gli attraversamenti delle canalizzazioni saranno realizzate con strutture flessibili al fine di meglio assorbire i potenziali cedimenti del manufatto in terra, sono state adottate soluzioni che vedono l'impiego di condotti circolari in acciaio ondulato associati a muri di contenimento e protezioni di scarpata in massi.

È prevista la realizzazione di un fosso di versante ubicato tra il piede della collina, lato est, ed il versante di cui raccoglie i contributi meteorici convergendo poi al canale esistente a sud-ovest che scarica a lago; sarà inoltre realizzato anche un secondo tratto di canale di versante che raccoglie i contributi del fosso di gronda a sud e li convoglia a lago nel medesimo punto di scarico; contestualmente si provvederà al ritombamento del fosso di gronda esistente.

### **5.1.2 2° Ambito operativo**

Il manufatto di 2° ambito presenta anch'esso un piano fondamentale a quota 150.0msm sul quale verrà realizzato un modesto rilevato che raggiunge una quota massima di 160.0msm. Il manufatto assumerà caratteristiche naturalistiche con prevalente sviluppo di bosco su tutti i fronti e la modesta pendenza assegnata alle scarpate consentirà l'eventuale percorribilità escursionistica. Non sono previste viabilità tuttavia è stata riservata una fascia nuda sul piano fondamentale tra la scarpata a lago e quella del rilevato su cui è intagliato il fosso di gronda e su cui potranno muoversi i mezzi di manutenzione.

L'accesso all'area è garantito attraverso la pista di manutenzione del 1°; la compartimentazione del bosco ai fini del controllo antincendio avverrà attraverso fasce nude disposte in senso radiale al manufatto. La regimazione delle acque avviene per ruscellamento superficiale lungo i pendii con distribuzione delle acque di pioggia in una più sottile lama idrica di minor impatto erosivo; le acque convergono così al fosso di guardia perimetrale che scarica ad ovest nel fosso esistente già oggetto di sistemazione nel 1° ambito per conformazione del fosso di versante.

Il fosso perimetrale è realizzato in due rami, C e D; le dimensioni delle opere derivano dalle verifiche idrauliche, la tipologia è riconducibile a soluzioni di ingegneria naturalistica necessarie per il contenimento dell'erosione di fondo e spondale nei tratti più ripidi.

È previsto, durante la realizzazione degli interventi di questo ambito, la colmataura del fosso di versante nel tratto occupato dal rilevato di 2° ambito e la realizzazione di un nuovo tratto di fosso che si raccorderà ai precedenti e consentirà di mantenere in funzione il drenaggio dei versanti est attraverso il canale che scarica a Lago.

## 5.2 Sistemazione idrografica e regimazione delle acque meteoriche

La sistemazione idrografica è stata progettata con riferimento all'intera area su cui insiste il manufatto di progetto e all'area interessata da modifiche della rete di scolo a seguito della costruzione dell'opera (versante est) con l'obiettivo di verificare oltre alla regimazione del nuovo manufatto anche il drenaggio delle aree ad esso contermini.

### 5.2.1 Sistemazione idrografica del versante Est

La realizzazione delle opere di implementazione si inserisce in un territorio che è oggi solcato dal canale di gronda delle acque del versante posto ad est del Lago di Castelnuovo. Attualmente il canale è realizzato sul versante a quota circa 155msm, scorre da Sud verso Nord fino al piazzale della stazione meteorologica e poi piega verso SW fino allo scarico a Lago; la parte sottostante il canale è drenata dal laghetto esistente il cui emissario scarica anch'esso a Lago.

L'intervento di progetto si inserisce sul canale di gronda e pertanto si è prevista la riorganizzazione dell'idrografia del versante al fine di raccogliere i contributi meteorici ed inviarli allo scarico, mantenuto nel Lago di Castelnuovo, al fine di evitare esondazioni e dissesti idrogeologici.

La sistemazione idrografica di progetto è realizzata mediante un nuovo canale di gronda, denominato canale di versante, sottostante al canale di gronda esistente e realizzato a quota variabile da 151msm a 148msm; il canale esistente verrà colmato e la scarpata riprofilata con la pendenza naturale. Il canale di versante, ramo E, ha origine nei pressi del piazzale della stazione meteorologica, scorre da Nord verso Sud fino all'area sedime del 2° ambito operativo e poi piega a Ovest scaricando le acque nell'attuale canale di scarico del laghetto; lungo il suo corso il canale raccoglie, attraverso il ramo F, i contributi provenienti dall'impluvio esistente sul versante est. E' inoltre prevista la realizzazione di un terzo ramo del canale di versante, ramo G, che ha origine dal pozzetto sud dove convergono le acque di parte del fosso di gronda e, con scorrimento da SW verso NE converge al medesimo canale di scarico del laghetto.

La realizzazione del 2° ambito operativo richiede la colmataura di parte del canale di versante E e realizzazione di un nuovo tratto di canale di versante, ramo H, in raccordo tra il tratto E e G; tale tratto essendo impostato sul piano fondamentale non può essere realizzato durante la costruzione del 1° ambito.

Il canale di versante E ha lunghezza 616m e pendenza variabile  $i=0.2-0.4\%$  ad eccezione di un tratto a pendenza 3.5%.

Il canale di versante F ha lunghezza 47m.

Il canale di versante G ha lunghezza 300m e pendenza variabile  $i=6.8-1.4\%$  ad eccezione di un tratto a pendenza 3.5%.

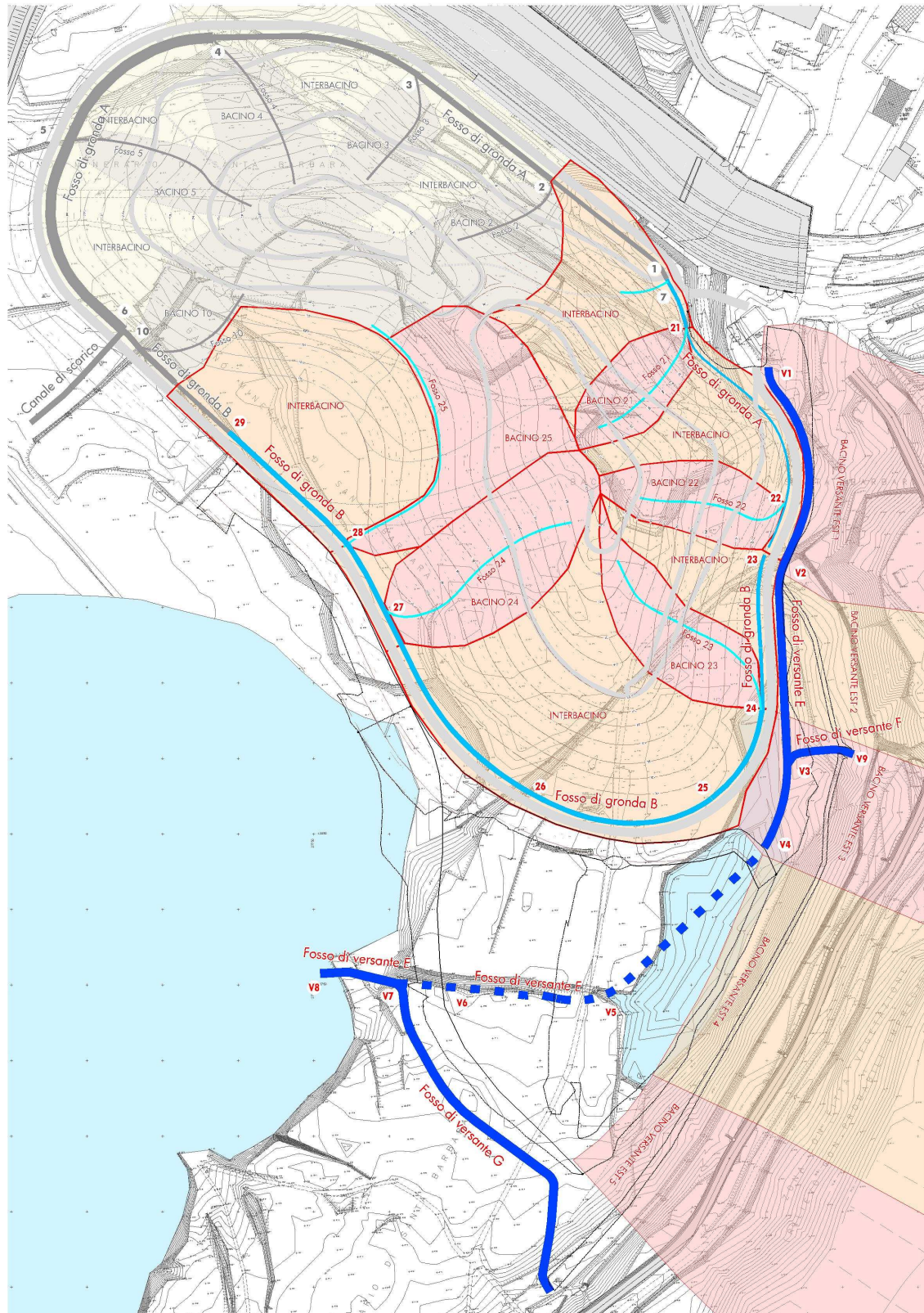
Il canale di versante H ha lunghezza 280m e pendenza costante  $i=0.2\%$ .

Lo scarico nel Lago di Castenuovo avviene dal canale esistente a cui viene connesso il canale di versante.

### **5.2.2 Regimazione idraulica del 1° ambito operativo delle opere di Implementazione**

La costruzione del rilevato, sviluppata secondo una conformazione naturaliforme, è stata attrezzata con una rete di regimazione idraulica funzionale al drenaggio delle acque meteoriche ed al contenimento del dilavamento superficiale. L'intera superficie del manufatto sarà rinverditata mediante prati armati caratterizzati dalla semina di essenze erbacee autoctone ad elevato sviluppo radicale che favoriscono il consolidamento del terreno e riducono significativamente l'erosione di superficie; inoltre è prevista la prevalente copertura a bosco con ulteriore riduzione dell'effetto erosivo delle acque meteoriche e riduzione del contributo di afflussi confluiti in rete.

Il drenaggio delle acque meteoriche avviene sia per ruscellamento diffuso sia per ruscellamento concentrato; il primo avviene in modo naturale per scorrimento sulla superficie erbosa ed è caratterizzato da una distribuzione estensiva del deflusso con formazione di veli d'acqua che difficilmente raggiungono altezze superiori a qualche centimetro e che risultano fortemente rallentati dalla superficie erbacea la cui scabrezza limita le velocità e la mobilitazione di trasporto solido; il secondo avviene per convogliamento delle acque ad impluvi canalizzati, le velocità e le azioni tangenziali di trascinamento sono maggiori ma possono essere controllate con opere di protezione e regimazione.



**Figura 5-1 – Sistemazione idrografica 1° Ambito operativo**

La morfologia del rilevato, proprio per il suo disegno naturale, è caratterizzata dall'alternanza di fronti rettilinei e vallecole che disegnano microbacini sottesi da fossi di scolo e interbacini sottesi ai pendii pertanto la regimazione è strutturata in una rete di rivoli che solcano le vallecole ed in un fosso di gronda che, posto al piede del rilevato, raccoglie i contributi diffusi oltreché quelli concentrati dei rivoli. La rete così strutturata sfrutta entrambe le modalità di deflusso differenziando il drenaggio e rendendo più efficace la regimazione ed il controllo delle acque; i contributi raccolti sono poi convogliati al fosso di gronda della Collina schermo che a sua volta scarica nel lago di Castelnuovo in rispetto del sistema idrografico esistente e quindi senza alterazione del regime idrologico.

La realizzazione del manufatto di progetto prevede la demolizione di alcune opere di regimazione realizzate per la Collina schermo, nell'area interessata dalla sovrapposizione degli interventi e conseguente rifacimento, solo per quell'area del sistema di regimazione; è prevista la riprogettazione del drenaggio dei bacini 8 e 9 e degli interbacini confinanti e compresi.

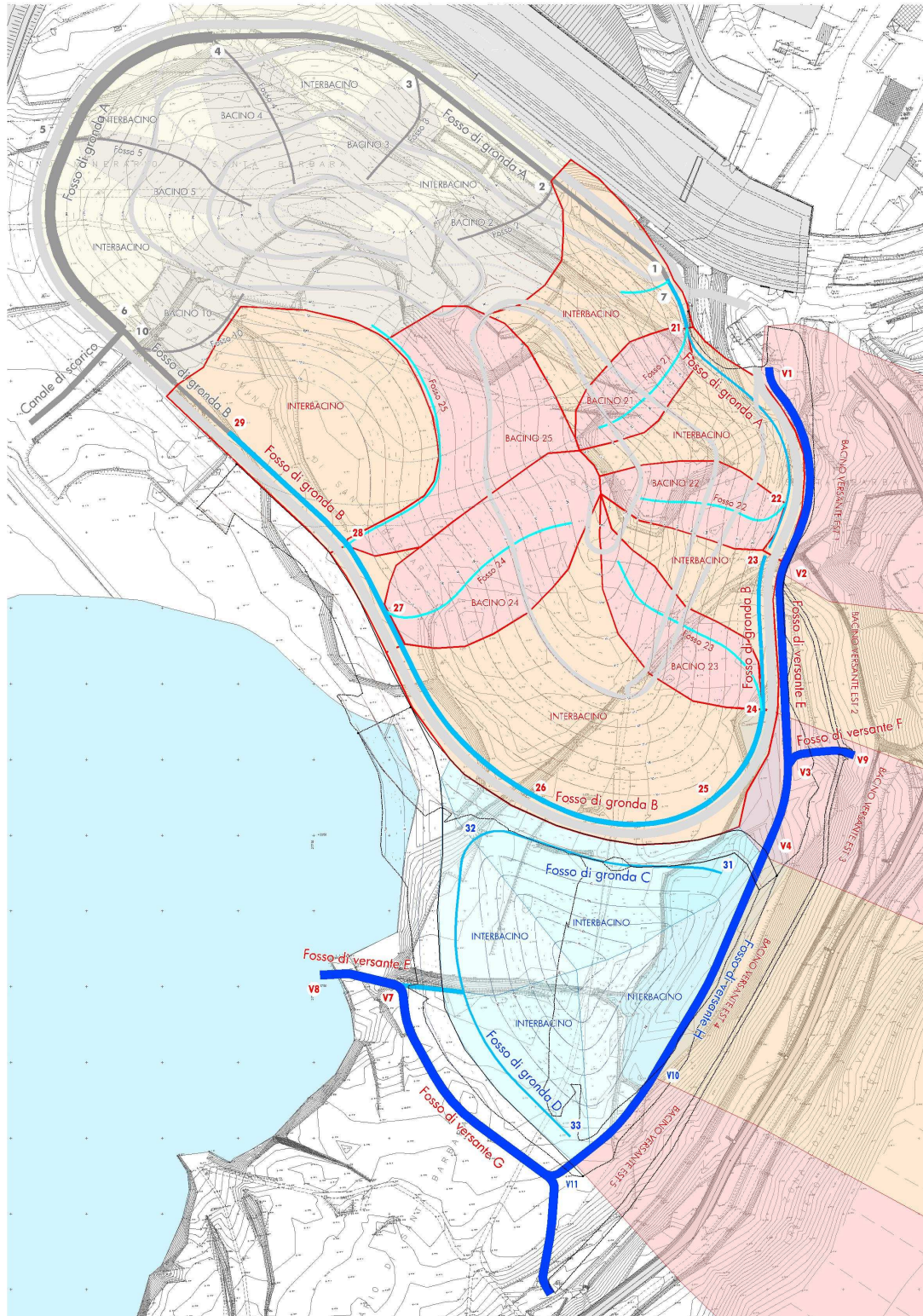
Lo schema di drenaggio del manufatto di 1° Ambito è organizzato in 5 fossi di scolo che drenano altrettanti microbacini; gli scoli scaricano le acque nel fosso di gronda perimetrale posto al piede della collina sul piano fondamentale (quota 150msm) e suddiviso in due tronchi: A si sviluppa da SE verso NW e confluisce nel canale di gronda A della collina schermo e B che si sviluppa da E verso S e poi da S verso NW convergendo nel fosso di gronda B della collina schermo; ai fossi di gronda convergono anche le acque di ruscellamento che scorrono sui 6 interbacini compresi.

L'area sottesa al sistema di regimazione comprende il manufatto di progetto, basamento e rilevato, mentre le scarpate del basamento scaricano, per ruscellamento diffuso, direttamente nel Lago.

Complessivamente l'area drenata è di 10.5ha, di questi 3.65ha costituiscono microbacini collinari e 6.85ha costituiscono gli interbacini a ruscellamento; il bacino sotteso al fosso di gronda B ha superficie 7.92ha, il bacino sotteso al fosso A ha superficie 2.58ha.

La rete di drenaggio è composta per circa 713m da fossi di scolo con pendenze variabili 13-26% e per circa 514 dal fosso B, pendenza 0.2% e 208 dal fosso A, pendenza 0.2%.

### 5.2.3 Regimazione idraulica del 2° ambito operativo delle opere di Implementazione




**Figura 5-2 – Sistemazione idrografica 2° Ambito operativo**

La superficie del manufatto sarà rinverdita mediante prati armati e bosco al fine di ridurre l'erosione superficiale; il manufatto sarà drenato per ruscellamento superficiale diffuso sui versanti caratterizzato da una distribuzione estensiva del deflusso con formazione di modesti veli d'acqua fortemente rallentati dalla superficie erbacea che limita le velocità e la mobilitazione di trasporto solido; al piede dei versanti le acque sono raccolte in un fosso di gronda perimetrale con scarico finale a Lago; la morfologia del rilevato, di forma regolare, è caratterizzata dalla presenza di 4 interbacini sottesi ai pendii.

Lo schema di drenaggio del manufatto di 2° Ambito è organizzato nel fosso di gronda perimetrale posto al piede della collina sul piano fondamentale (quota 150msm), suddiviso in due tronchi: C a nord e D a sud; entrambi convergono sul lato est e scaricano nel canale di versante realizzato durante la costruzione del 1° Ambito che a sua volta scarica nel canale esistente prima della sua immissione nel Lago di Castelnuovo.

Complessivamente l'area drenata è di 3.35ha di cui 1.78ha drenati dal fosso di gronda C, 0.70ha drenati dal fosso di gronda D e la rimanenza drenati direttamente dal fosso di versante (ramo H); il fosso C ha lunghezza 273m , il fosso D ha lunghezza 120m.



	<b>RIAMBIENTALIZZAZIONE DELL'AREA MINERARIA S.BARBARA</b> <b>INTERVENTI DI IMPLEMENTAZIONE DELLA FUNZIONE ECOLOGICA E PAESAGGISTICA DELLA COLLINA SCHERMO</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO ELABORATI GENERALI RELAZIONE IDRAULICA</b>	PROGETTO FEW1	LOTTO 40D29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID051201	REV. A	FOGLIO 32/ 46

## 6 DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE

### 6.1 Metodologia di studio e progettazione

La progettazione delle opere di regimazione idraulica degli Interventi di ampliamento della collina schermo è stata sviluppata attraverso analisi idrologiche ed idrauliche con la stessa metodologia utilizzata per il progetto esecutivo della Collina schermo e del progetto "Adeguamento del terminal Bricchette" facente parte del Progetto esecutivo di variante Nodo di Firenze – Penetrazione urbana linea A.V.

La metodologia adottata per il dimensionamento delle opere di regimazione idraulica rispetta quanto previsto dal manuale di progettazione di riferimento di RFI per le opere in esso descritte o ad esso riconducibili, mentre per le altre opere si è fatto riferimento agli standard progettuali diffusi sul territorio nazionale.

Si è associata la progettazione del sistema di regimazione idraulica alla trattazione, prevista da RFI, di corsi d'acqua secondari e inalveamenti di bacino imbrifero  $S < 10 \text{ km}^2$  fissando il tempo di ritorno in  $TR = 200$  anni.

#### 6.1.1 Analisi idrografiche

Le indagini idrografiche hanno carattere progettuale e sono stati determinati, nota la morfologia di progetto del rilevato, la superficie di bacino, le quote massime e minime, la lunghezza dell'asta, la pendenza, il coefficiente di deflusso di progetto e il tempo di corrivazione.

#### 6.1.2 Analisi idrologiche

L'analisi è funzionale alla determinazione delle portate massime di riferimento da adottare per il dimensionamento dei manufatti a cielo aperto ed a cielo chiuso (tombini); la portata viene determinata adottando i dati pluviometrici ricavati dalle stazioni limitrofe del SIMN ed applicando, essendo il bacino sotteso  $S < 10 \text{ km}^2$ , il metodo razionale (o della corrivazione). Il tempo di corrivazione viene determinato come somma del tempo di afflusso e di ruscellamento. Il coefficiente di deflusso viene definito in funzione della sistemazione finale che avrà la collina.

### 6.1.3 *Analisi idrauliche*

Le analisi sono state sviluppate per determinare i dimensionamenti minimi delle opere idrauliche necessarie all'evacuazione delle acque di piena; nota la portata di progetto si è verificato il transito attraverso le sezioni idrauliche applicando le condizioni di moto uniforme (come previsto da RFI per opere minori) descritto con l'espressione di Manning. Sia nelle soluzioni a cielo aperto che in quelle a cielo chiuso si è adottato il massimo riempimento in ragione del 70% dell'altezza idrica.

Le tipologie di manufatti ed opere idrauliche di consolidamento e protezione di fondo e scarpate sono state scelte adottando soluzioni di ingegneria naturalistica il più possibile flessibili e deformabili senza fratturazione al fine di compensare il più possibile eventuali cedimenti e deformazioni del rilevato.

### 6.2 *Analisi idrologiche a supporto della progettazione*

Le analisi idrologiche sono state sviluppate con l'obiettivo di determinare le portate caratteristiche per assegnato tempo di ritorno che sollecitano la rete di drenaggio delle acque meteoriche del rilevato di progetto e delle aree contermini (versante est).

L'analisi prende le mosse dalla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (CPP) che permettono di determinare gli afflussi meteorici in relazione al grado di probabilità dell'evento valutato in termini di tempo di ritorno; per lo studio delle precipitazioni intense si fa riferimento al pluviografo di San Giovanni Valdarno, che è certamente rappresentativo delle caratteristiche climatiche generali della zona.

I dati analizzati sono quelli relativi alle massime altezze cumulate di pioggia caduta entro intervalli temporali di pioggia da 5 minuti a 1 ora e da 1 ora a 24 ore di; tali serie sono state registrate in maniera discontinua per complessivi 23 anni, nel periodo compreso tra il 1971 e il 1996, ad eccezione del 1986, 1993 e 1995.

La serie dei dati relativi agli intervalli inferiori all'ora, distribuiti in modo irregolare, è stata resa continua interpolando i dati disponibili nello stesso anno. In questo modo si è determinata una serie continua di piogge, dai 5 minuti alle 24 ore.

Le registrazioni di pioggia, poi, sono state elaborate regolarizzando separatamente la piogge di durata da 1 a 24 ore e quelle di durata inferiore all'ora, adottando la legge probabilistica di Gumbel.

Alle curve di probabilità pluviometrica si è assegnata la classica forma:

$$h(t,T) = a(T) \cdot t^n \text{ (mm)}$$

Dove:

$h(t,T)$  è l'altezza di pioggia relativa alla durata  $t$  (ore) e tempo di ritorno  $T$ ;

$a(T)$  ed  $n$  sono i parametri che individuano la curva di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno.

La stima dei parametri  $a$  ed  $n$  è stata effettuata, come consuetudine, per le piogge di media durata, da 1 a 24 ore, e per le piogge di breve durata, inferiore all'ora.

Data la modesta estensione della zona in oggetto, cautelativamente non si è effettuato il ragguaglio delle piogge sull'area considerata.

1<t<24 ore		
Tr (anni)	a (mm)	n
15	35,94	0,262
25	39,06	0,260
50	43,24	0,258
100	47,39	0,256
200	51,52	0,254

1<t ora		
Tr (anni)	a (mm)	n
15	34,82	0,443
25	37,68	0,432
50	41,52	0,421
100	45,35	0,412
200	49,17	0,405

**Tabella 6-1 – Stazione di San Giovanni Valdarno, CPP per durata di pioggia superiori e inferiori all'ora**

La definizione delle portate di progetto da utilizzare per il dimensionamento idraulico della rete di drenaggio è stata sviluppata applicando la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi mediante il metodo così detto di "corrivazione"; il metodo determina la portata massima alla sezione di chiusura, dato un evento di pioggia di nota intensità e durata esteso su tutta l'area del bacino, come somma, supposta contemporanea, dei contributi idrici provenienti da tutte le parti del bacino. L'accrescimento della portata è di tipo lineare e raggiunge il valore massimo al tempo di corrivazione quando tutto il bacino contribuisce al deflusso. Il valore  $Q_{max}$  della portata di piena corrispondente all'evento di pioggia di altezza  $h$ , uniformemente distribuito sul bacino, di durata pari a  $t_c$  è fornito dalla relazione:

$$Q_{max} = \frac{A \cdot \psi \cdot \phi \cdot h_p}{3.6 \cdot t_c}$$

La determinazione della portata caratteristica è quindi funzione, una volta scelto il tempo di ritorno, della superficie di bacino sottesa, del coefficiente di deflusso caratteristico del bacino per il tempo di ritorno scelto, dell'altezza di pioggia definita per un evento di durata pari al tempo di corrivazione.

L'area di progetto è stata suddivisa in bacini elementari afferenti agli impluvi ed in bacini progressivi afferenti alle diverse sezioni di dimensionamento del fosso di gronda perimetrale caratterizzati oltreché dal contributo degli impluvi anche dal contributo degli interbacini a ruscellamento diffuso.

La superficie dei singoli bacini è stata determinata attraverso la lettura cartografica e topografica del manufatto in terra progettato tenendo conto anche dell'eventuale contributo proveniente dalle aree esistenti limitrofe; l'analisi è stata interfacciata con il modello 3D sia del terreno esistente sia del manufatto di progetto.

Per il fosso di versante si sono considerate le porzioni di versante progressivamente contribuenti al deflusso e si è quindi operata una disaggregazione del bacino in 5 sottobacini la cui perimetrazione è stata effettuata sulla base delle indagini cartografiche e topografiche disponibili

Il dimensionamento idrologico tiene conto e si interfaccia con la Collina schermo (1° fase) la cui progettazione si è dimostrata essere compatibile con l'implementazione prevista nel presente intervento.

Il tempo di corrivazione  $t_c$ , tempo necessario ad una particella d'acqua a percorrere l'intero bacino lungo il percorso idraulicamente più lungo, è stato valutato, trattandosi di bacini di piccole dimensioni il tempo di corrivazione è stato determinato come somma del tempo di ruscellamento e del tempo di afflusso: il primo determinato come rapporto tra la lunghezza percorsa e la velocità di scorrimento, il secondo definito sulla base delle prescrizioni RFI:

$$t_c = t_a + t_r$$

$$t_a = \begin{cases} 5' \leftrightarrow S < 2000m^2 \\ 15' \leftrightarrow S \geq 2000m^2 \end{cases}$$

Il coefficiente di deflusso è stato determinato con il metodo percentuale considerando la natura dei bacini, la copertura prevalente, la natura dei suoli ed il grado di umidità esistente. La collina viene realizzata con materiale proveniente da scavi la cui matrice è prevalentemente argillosa e viene interamente vegetata, parte a bosco e parte a prato. Nella definizione del coefficiente di deflusso si è anche fatto riferimento a recenti studi svolti da ENEL su bacini campione appartenenti all'area delle ex miniere S.Barbara e di cui la stessa riferisce nell'ambito del progetto di riambientalizzazione.

Con la volontà di adottare ipotesi progettuali cautelative si sono scelti i coefficienti:

$\emptyset=0.75$  per il rilevato di progetto, esso tiene conto sia del suolo argilloso, sia di condizioni umide ipotizzando la quasi saturazione dello strato superficiale sia della marcata acclività del rilevato che favorisce lo scorrimento superficiale e riduce le capacità di infiltrazione;

$\emptyset=0.70$  per il versante est e per le aree esterne al rilevato pari al valore determinato sperimentalmente da ENEL nell'ambito degli studi condotti sull'idrologia dei bacini imbriferi afferenti al Lago di Castelnuovo.

### 6.2.1 1°Ambito operativo: analisi idrologiche

Denominazione	tronco	superficie bacino	lunghezza tratto	lunghezza asta	tempo corrivaz	coeff deflusso	a	n	portata Q200
		km2	m	km	ore	-	mm		m3/s
Fosso di scolo 21	U	0,004	92	0,092	0,09	0,75	49,17	0,405	0,16
Fosso di scolo 22	U	0,005	102	0,102	0,09	0,75	49,17	0,405	0,20
Fosso di scolo 23	U	0,006	145	0,145	0,10	0,75	49,17	0,405	0,25
Fosso di scolo 24	U	0,011	145	0,145	0,10	0,75	49,17	0,405	0,43
Fosso di scolo 25	U	0,011	196	0,196	0,11	0,75	49,17	0,405	0,43

**Tabella 6-2 – Parametri idrologici delle opere di regimazione idraulica: fossi di scolo**

Denominazione	tronco	superficie bacino	lunghezza tratto	lunghezza asta	tempo corrivaz	coeff deflusso	a	n	portata Q200
		km2	m	km	ore	-	mm		m3/s
Fosso gronda A	22-21	0,012	173	0,173	0,35	0,75	49,17	0,405	0,23
Fosso gronda A	22-1	0,021	35	0,208	0,46	0,75	49,17	0,405	0,34
Fosso gronda A	1-2	0,026	100	0,308	0,49	0,75	49,17	0,405	0,41
Fosso gronda A	2-3	0,034	112	0,320	0,49	0,75	49,17	0,405	0,53
Fosso gronda A	3-4	0,049	142	0,462	0,53	0,75	49,17	0,405	0,73
Fosso gronda A	4-5	0,060	125	0,587	0,58	0,75	49,17	0,405	0,85
Fosso gronda A	5-6	0,076	145	0,732	0,64	0,75	49,17	0,405	1,02
Fosso gronda A	B-C	0,169	21						2,61
Fosso gronda A	C-F		42						2,61

**Tabella 6-3 – Parametri idrologici delle opere di regimazione idraulica: fosso di gronda A**

Denominazione	tronco	superficie bacino	lunghezza tratto	lunghezza asta	tempo corrivaz	coeff deflusso	a	n	portata Q200
		km2	m	km	ore	-	mm		m3/s
Fosso gronda B	23-24	0,005	101	0,101	0,29	0,75	49,17	0,405	0,11
Fosso gronda B	24-25	0,018	71	0,172	0,32	0,75	49,17	0,405	0,37
Fosso gronda B	25-26	0,031	114	0,286	0,36	0,75	49,17	0,405	0,59
Fosso gronda B	26-27	0,038	175	0,461	0,43	0,75	49,17	0,405	0,64
Fosso gronda B	27-28	0,050	46	0,218	0,34	0,75	49,17	0,405	0,98
Fosso gronda B	28-29	0,079	108	0,326	0,38	0,75	49,17	0,405	1,45
Fosso gronda B	29-10	0,093	97	0,423	0,42	0,75	49,17	0,405	1,59

**Tabella 6-4 – Parametri idrologici delle opere di regimazione idraulica: fosso di gronda B**

Denominazione	tronco	superficie bacino km <sup>2</sup>	lunghezza tratto m	lunghezza asta km	tempo corrivaz ore	coeff deflusso -	a mm	n	portata Q200 m <sup>3</sup> /s
Fosso versante E	V1-V2	0,049	146	0,146	0,40	0,7	49,17	0,405	0,81
Fosso versante E	V2-V3	0,199	95	0,241	0,41	0,7	49,17	0,405	3,24
Fosso versante E	V3-V4	0,293	81	0,322	0,43	0,7	49,17	0,405	4,64
Fosso versante E	V4-V5	0,417	186	0,508	0,48	0,7	49,17	0,405	6,18
Fosso versante E	V5-V7	0,506	108	0,616	0,50	0,7	49,17	0,405	7,27
Fosso versante E	V7-V8	1,090	57	0,673					14,71

**Tabella 6-5 – Parametri idrologici delle opere di regimazione idraulica: fosso di versante E**

Denominazione	tronco	superficie bacino km <sup>2</sup>	lunghezza tratto m	lunghezza asta km	tempo corrivaz ore	coeff deflusso -	a mm	n	portata Q200 m <sup>3</sup> /s
Fosso versante G	V12- V11	0,584	86	0,086	0,62	0,7	49,17	0,405	7,43
Fosso versante G	V11- V7	0,584	95	0,181	0,63	0,7	49,17	0,405	7,43

**Tabella 6-6 – Parametri idrologici delle opere di regimazione idraulica: fosso di versante G**

Dalle analisi idrologiche possono trarsi le seguenti osservazioni:

- fossi di scolo: le portate drenate sono minime in quanto è modesta la superficie sottesa;
- fosso di gronda A: la portata complessiva del contributo opere di implementazione è di 0.34m<sup>3</sup>/s, si riportano in griglio le analisi estese al fosso di gronda, ramo A, della collina schermo per verificare la compatibilità dei contributi aggiunti dalle opere di implementazione, complessivamente la portata allo scarico risulta di 2.61m<sup>3</sup>/s comprensiva dell'apporto del fosso di gronda B;
- fosso di gronda B: la portata complessiva del contributo opere di implementazione è di 1.45m<sup>3</sup>/s, si riportano in griglio le analisi estese al fosso di gronda, ramo B, della collina schermo per verificare la compatibilità dei contributi aggiunti dalle opere di implementazione, complessivamente la portata allo scarico del fosso di gronda B è 1.59m<sup>3</sup>/s;
- fosso di versante E: il bacino sotteso è quello dell'intero versante est (parte del versante che attualmente è drenata dal fosso di gronda che verrà sostituito); la portata complessiva è di 7.27m<sup>3</sup>/s, essa corrisponde ad un coefficiente udometrico di 13m<sup>3</sup>/s km<sup>2</sup> paragonabile a quelle determinate da ENEL nelle analisi idrologiche a supporto della progettazione delle sistemazioni idrauliche del bacino minerario che, per bacini di analoga estensione valgono 10-12 m<sup>3</sup>/s km<sup>2</sup>;

- fosso di versante G: si è considerata una fase transitoria ipotizzando che non siano ancora stati completati gli interventi di sistemazione idraulica previsti dai progetti ENEL e dove il versante del rio esistente converge al pozzetto sud e da questo, attraverso il canale G allo scarico nel canale E e poi a Lago, il bacino sotteso considerato è quindi il bacino idrografico del rio esistente che drena una porzione del versante est; la portata stimata vale 7.43m<sup>3</sup>/s anch'essa con coefficiente udometrico paragonabile a quelli determinati da ENEL nelle sue analisi idrologiche. In fase finale, secondo il progetto ENEL, il rio sarà direttamente convogliato al Lago di Castelnuovo, situazione che è stata assunta a riferimento per il 2° ambito operativo.

### 6.2.2 2°Ambito operativo: analisi idrologiche

Denominazione	tronco	superficie bacino	lunghezza tratto	lunghezza asta	tempo corrivaz	coeff deflusso	a	n	portata Q200
		km <sup>2</sup>	m	km	ore	-	mm		m <sup>3</sup> /s
Fosso gronda C	31-32	0,012	170	0,170	0,37	0,75	49,17	0,405	0,22
Fosso gronda C	32-V6	0,018	103	0,273	0,43	0,75	49,17	0,405	0,30
Fosso gronda C	V6-V7	0,025	50	0,323	0,46	0,75	49,17	0,405	0,40

**Tabella 6-7 – Parametri idrologici delle opere di regimazione idraulica: fosso di gronda C**

Denominazione	tronco	superficie bacino	lunghezza tratto	lunghezza asta	tempo corrivaz	coeff deflusso	a	n	portata Q200
		km <sup>2</sup>	m	km	ore	-	mm		m <sup>3</sup> /s
Fosso gronda D	33-V6	0,007	120	0,120	0,33	0,75	49,17	0,405	0,14

**Tabella 6-8 – Parametri idrologici delle opere di regimazione idraulica: fosso di gronda D**

Denominazione	tronco	superficie bacino	lunghezza tratto	lunghezza asta	tempo corrivaz	coeff deflusso	a	n	portata Q200
		km <sup>2</sup>	m	km	ore	-	mm		m <sup>3</sup> /s
Fosso versante E	V1-V2	0,049	146	0,146	0,40	0,7	49,17	0,405	0,81
Fosso versante E	V2-V3	0,199	95	0,241	0,41	0,7	49,17	0,405	3,24
Fosso versante E	V3-V4	0,293	81	0,322	0,43	0,7	49,17	0,405	4,64
Fosso versante H	V4-V10	0,417	177	0,499	0,48	0,7	49,17	0,405	6,19
Fosso versante H	V10-V11	0,506	101	0,600	0,50	0,7	49,17	0,405	7,31
Fosso versante G	V11-V7	0,506	95	0,095					7,31
Fosso versante E	V7-V8	0,506	57	0,152					7,31

**Tabella 6-9 – Parametri idrologici delle opere di regimazione idraulica: fosso di versante H**

Dalle analisi idrologiche possono trarsi le seguenti osservazioni:

- fosso di gronda C: la portata complessiva del contributo opere di implementazione è di 0.30m<sup>3</sup>/s che diventano 0.40m<sup>3</sup>/s nel tratto terminale, raccolti i contributi del fosso D, nel tratto che scarica nel canale di versante E prima della confluenza allo scarico esistente;
- fosso di gronda D: la portata complessiva del contributo del versante sud afferente al fosso è di 0.14m<sup>3</sup>/s;
- fosso di versante H: in fase finale, completamento opere di implementazione 2° ambito, il fosso di versante viene intercettato alla sezione V4, e viene fatto proseguire verso sud intagliandolo nel piano fondamentale del rilevato (piano a quota 150.0msm), il canale viene poi connesso al ramo G e da qui prosegue nel canale già realizzato fino allo scarico. In questa fase finale non si è considerato il contributo del rio esistente in quanto si è assunta realizzata la sistemazione prevista nel progetto generale da ENEL.

### 6.3 Dimensionamento idraulico delle opere di regimazione

La progettazione idraulica della rete di drenaggio ha tenuto conto della presenza della Collina schermo (1° fase) adottando soluzioni tipologiche analoghe a quelle già utilizzate nella progettazione del primo rilevato ed andando a connettere il fosso di guardia posto alla base del rilevato di implementazione con quello della Collina di 1° fase; si è verificata la compatibilità idraulica dei contributi meteorici di implementazione con quelli di 1° fase.

L'idraulica di progetto è fortemente condizionata dalla morfologia delle canalizzazioni: i fossi di scolo presentano pendenze dell'ordine del 17-27% rispecchiando quelle di versante; con tali pendenze la velocità della corrente supera i 2m/s e la vena idrica si mantiene strettamente aderente al fondo alveo favorendo il trasporto solido e l'erosione soprattutto del fondo; il fosso di gronda ha pendenza costante 0.2% ed è quindi caratterizzato da velocità modeste e lento scorrimento che favorisce i fenomeni di deposito.

Il modello utilizzato per la progettazione idraulica è quello del moto uniforme in condizioni di deflusso a pelo libero in condotti a cielo aperto o chiuso descritto con le formule dell'idraulica monodimensionale derivate dalla legge Chezy applicata nell'espressione proposta da Manning

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \Omega \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove

- Q è la portata (m<sup>3</sup>/s)
- n coefficiente di scabrezza (Manning)
- R raggio idraulico (sezione bagnata/perimetro bagnato (m))



- $i$  pendenza (adimensionale)
- $\Omega$  sezione bagnata (m<sup>2</sup>).

Per la determinazione del coefficiente di scabrezza si è fatto riferimento al numero di Manning secondo quanto proposto nelle tabelle di "Open-Channel Hydraulics" (Chow, 1959) e si sono assunti i seguenti valori: canali in terra naturali  $n=0.050$ ; canali in terra rivestiti con georeti e membrane  $n=0.040$ ; canali in terra rivestiti in pietrame  $n=0.035$ ; tombini in acciaio  $n=0.018$ .

Le sezioni caratteristiche dei manufatti di drenaggio sono canali a sezione trapezoidale con sponde inclinate di 45°, canalette di attraversamento, canalette taglia acqua e tubazioni circolari in acciaio ondulato e zincato (tipo Finsider).

I canali in terra, sia fossi di scolo che di gronda, sono previsti con rivestimento del fondo e delle sponde con geostuoia rinforzata funzionale alla stabilizzazione della scarpata inclinata; le confluenze sono realizzate con protezione del fondo e delle sponde realizzata in massi posati a secco con intasamento in argilla.

Le canalette taglia acqua sono realizzate in legname assemblato mediante staffe in acciaio e bullonature; le canalette di attraversamento sono in legname assemblato con grigliato di calpestio in acciaio e muri di testa in legname.

I tombini sono sprofondati rispetto al fondo canale in modo da realizzare un livellamento con malte cementizie e ridurre le asperità sul fondo; i fronti del tubo all'imbocco e sbocco sono tagliati inclinati al fine di mantenere la continuità della scarpata di testa che sarà rivestita in massi a secco; la pendenza di posa dei tombini è la medesima dei tratti di canale previsti a monte e valle.

La scelta del consolidamento in massi a secco è stata determinata in quanto questi presentano la migliore adattabilità alle potenziali deformazioni e cedimenti attesi sulla collina riducendo il rischio di frattura e/o sifonamento che potrebbero verificarsi su strutture rigide.

Sono previste le seguenti tipologie:

Tipo	Sezione	Dimensioni	Note
Fosso di scolo tipo A	sezione trapezia	b=0.30m H=0.30m B=0.90m	Rivestimento fondo e sponde con geostuoia polimerica marrone rinforzata con rete metallica a doppia torsione ancorata con picchetti in acciaio
Fosso di scolo tipo B	sezione trapezia	b=0.50m H=0.50m B=1.50m	B1 Rivestimento fondo e sponde con geostuoia polimerica marrone rinforzata con rete metallica a doppia torsione ancorata con picchetti in acciaio B2 Rivestimento in massi di I° cat. posati a secco con riempimento in argilla
canale di gronda tipo C 1° ambito	sezione trapezia	b=0.75m H=0.75-1.70m B=2.25-4.15m	C1 Rivestimento fondo e sponde con geostuoia polimerica marrone rinforzata con rete metallica a doppia torsione ancorata con paleria in legname e picchetti in acciaio C2 Rivestimento in massi di II° cat. posati a secco con riempimento in argilla
canale di gronda tipo C 2° ambito	sezione trapezia	b=0.50m H=0.50-1.20m B=1.50-2.90m	C1 Rivestimento fondo e sponde con geostuoia polimerica marrone rinforzata con rete metallica a doppia torsione ancorata con paleria in legname e picchetti in acciaio C2 Rivestimento in massi di II° cat. posati a secco con riempimento in argilla
canale di gronda tipo D	sezione trapezia	b=1.00-2.00m H=1.00-1.70m B=3.00-5.40m	D1 Rivestimento fondo e sponde con geostuoia polimerica marrone rinforzata con rete metallica a doppia torsione ancorata con paleria in legname e picchetti in acciaio D2 Rivestimento in massi di II° cat. posati a secco con riempimento in argilla
canale di versante tipo E	sezione composta	b=1.00-2.00m H=1.70-2.50m B=6.40-9.00m	E1 Rivestimento fondo e sponde con geostuoia polimerica marrone rinforzata con rete metallica a doppia torsione ancorata con paleria in legname e picchetti in acciaio E2 Rivestimento in massi di II° cat. posati a secco con riempimento in argilla

**Tabella 6-10 – Tipologie opere idrauliche di regimazione**

Tipo	Sezione	Dimensioni	Note
canalette taglia acqua	sezione rettangolare	B=0.8m H=0.16m	canaletta realizzata con assemblaggio di tronchi longitudinali ancorati con staffe e bullonerie d'acciaio
canalette attraversamento	sezione rettangolare	B=0.50m H=0.50m	canaletta realizzata con assemblaggio di tronchi longitudinali e grigliato di calpestio in acciaio ancorati con staffe e bullonerie d'acciaio e muri di testa con infissione di pali in legname
canale di gronda	sezione circolare	Ø=1200mm	tubazione in acciaio ondulato ottenuta per assemblaggio di piastre e teste tagliate a 45°, imbocco e sbocco con rivestimento di fondo e sponde in massi di provenienza locale di II cat.

**Tabella 6-11 – Tipologie opere idrauliche di attraversamento**

### 6.3.1 1°Ambito operativo: verifiche idrauliche

Denominazione	tronco	base magg	base minore	altezza	pend sponde	lung tratto	pend tratto	tirante idrico	Raggio idra	portata max	velocità max	riempim ento
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>B:H</i>	<i>m</i>	<i>m/m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m</i>
Fosso di scolo 21	U	1,50	0,50	0,50	1,00	78	0,272	0,13	0,09	0,18	2,16	0,26
Fosso di scolo 22	U	1,50	0,50	0,50	1,00	83	0,225	0,15	0,11	0,21	2,12	0,30
Fosso di scolo 23	U	1,50	0,50	0,50	1,00	110	0,172	0,18	0,12	0,25	2,03	0,36
Fosso di scolo 24	U	1,50	0,50	0,50	1,00	130	0,172	0,25	0,16	0,45	2,40	0,50
Fosso di scolo 25	U	1,50	0,50	0,50	1,00	301	0,054	0,34	0,20	0,45	1,56	0,68

**Tabella 6-12 – Verifica opere di regimazione idraulica: fossi di scolo**

Denominazione	tronco	base magg	base minore	altezza	pend sponde	lunghezza tratto	pend tratto	tirante idrico	Raggio idra	portata max	velocità max	riempimento
		m	m	m	B:H	m	m/m	m	m	m <sup>3</sup> /s	m/s	m
Fosso gronda A	22-21	2,61	0,75	0,93	1,00	173	0,002	0,43	0,26	0,23	0,45	0,46
Fosso gronda A	22-1	3,00	1,00	1,00	1,00	35	0,002	0,47	0,30	0,34	0,50	0,47
Fosso gronda A	1-2	3,40	1,00	1,20	1,00	94	0,002	0,52	0,32	0,41	0,52	0,43
Fosso gronda A	2-3	3,85	1,00	1,42	1,00	113	0,002	0,60	0,36	0,54	0,56	0,42
Fosso gronda A	3-4	4,42	1,00	1,71	1,00	141	0,002	0,71	0,40	0,74	0,61	0,42
Fosso gronda A	4-5	4,92	1,00	1,96	1,00	123	0,002	0,77	0,43	0,87	0,64	0,39
Fosso gronda A	5-6	5,50	1,00	2,25	1,00	148	0,002	0,85	0,46	1,05	0,67	0,38
Fosso gronda A	B-C	3,50	1,50	1,00	1,00	21	0,200	0,30	0,23	2,72	5,04	0,30
Fosso gronda A	C-F	3,50	1,50	1,00	1,00	42	0,010	0,77	0,48	2,66	1,52	0,77

**Tabella 6-13 – Verifica opere di regimazione idraulica: fosso di gronda A**

Denominazione	tronco	base magg	base minore	altezza	pend sponde	lunghezza tratto	pend tratto	tirante idrico	Raggio idra	portata max	velocità max	riempimento
		m	m	m	B:H	m	m/m	m	m	m <sup>3</sup> /s	m/s	m
Fosso gronda B	23-24	1,48	0,50	0,49	1,00	101	0,029	0,17	0,12	0,12	1,01	0,35
Fosso gronda B	24-25	2,01	0,75	0,63	1,00	71	0,002	0,50	0,29	0,31	0,49	0,79
Fosso gronda B	25-26	2,47	0,75	0,86	1,00	114	0,002	0,70	0,37	0,59	0,58	0,81
Fosso gronda B	26-27	3,17	0,75	1,21	1,00	175	0,002	0,73	0,38	0,64	0,59	0,60
Fosso gronda B	27-28	3,35	0,75	1,30	1,00	46	0,002	0,90	0,45	0,98	0,66	0,69
Fosso gronda B	28-29	3,79	0,75	1,52	1,00	108	0,002	1,10	0,53	1,48	0,73	0,72
Fosso gronda B	29-10	4,17	0,75	1,71	1,00	97	0,002	1,14	0,54	1,60	0,74	0,67

**Tabella 6-14 – Verifica opere di regimazione idraulica: fosso di gronda B**

Denominazione	tronco	base magg	base minore	altezza	pend sponde	lunghezza tratto	pend tratto	tirante idrico	Raggio idra	portata max	velocità max	riempimento
		m	m	m	B:H	m	m/m	m	m	m <sup>3</sup> /s	m/s	m
Fosso versante E	V1-V2	3,58	1,00	1,29	1,00	146	0,002	0,75	0,42	0,82	0,63	0,58
Fosso versante E	V2-V3	3,58	1,00	1,29	1,00	95	0,035	0,73	0,41	3,27	2,59	0,57
Fosso versante E	V3-V4	5,39	2,00	1,69	1,00	81	0,002	1,32	0,76	4,67	1,06	0,78
Fosso versante E	V4-V5	6,34	2,00	2,17	1,00	186	0,002	1,70	0,76	6,23	0,93	0,78
Fosso versante E	V5-V7	5,97	2,00	1,99	1,00	108	0,004	1,55	0,67	7,30	1,30	0,78
Fosso versante E	V7-V8	7,00	2,00	2,50	1,00	57	0,004	2,00	0,93	14,64	1,63	0,80

**Tabella 6-15 – Verifica opere di regimazione idraulica: fosso di versante E**

Denominazione	tronco	base magg	base minore	altezza	pend sponde	lunghezza tratto	pend tratto	tirante idrico	Raggio idra	portata max	velocità max	riempimento
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>B:H</i>	<i>m</i>	<i>m/m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m</i>
Fosso versante G	V12-V11	3,60	1,00	1,30	1,00	86	0,068	0,94	0,50	7,47	4,10	0,72
Fosso versante G	V11-V7	4,60	2,00	1,30	1,00	95	0,014	1,04	0,64	7,02	2,22	0,80

**Tabella 6-16 – Verifica opere di regimazione idraulica: fosso di versante G**

Denominazione	tronco	tipo	larghezza	altezza diametro	pendenza	tirante idrico	raggio medio	portata verifica	velocità verifica	riempimento
			<i>m</i>	<i>m</i>		<i>mm</i>	<i>m</i>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>m/s</i>	
Fosso di scolo 21	U	canaletta rettangolare	0,50	0,50	0,015	0,21	0,11	0,18	1,73	0,42
Fosso di scolo 22	U	canaletta rettangolare	0,50	0,50	0,015	0,24	0,12	0,22	1,81	0,48
Fosso di scolo 23	U	canaletta rettangolare	0,50	0,50	0,015	0,27	0,13	0,25	1,88	0,54
Fosso di scolo 24	U	canaletta rettangolare	0,50	0,50	0,015	0,40	0,15	0,42	2,11	0,80
Fosso di scolo 25	U	canaletta rettangolare	0,50	0,50	0,015	0,40	0,15	0,42	2,11	0,80
Fosso gronda A	22-1	T5 tombino circolare		1,20	0,002	450	0,245	0,37	0,96	0,56
Fosso gronda B	26-27	T6 tombino circolare		1,20	0,002	610	0,303	0,64	1,110	0,68

**Tabella 6-17 – Verifica opere di regimazione idraulica: manufatti di attraversamento**

Dai risultati evidenziati si può osservare il rispetto del massimo riempimento imposto in tutte le sezioni a cielo aperto ed a cielo chiuso; risulta pertanto verificata la compatibilità idraulica delle sezioni di progetto con le massime portate di riferimento adottate.

### 6.3.2 2°Ambito operativo: verifiche idrauliche

Denominazione	tronco	base magg	base minore	altezza	pend sponde	lunghezza tratto	pend tratto	tirante idrico	Raggio idra	portata max	velocità max	riempimento
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>B:H</i>	<i>m</i>	<i>m/m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m</i>
Fosso gronda C	31-32	2,18	0,50	0,84	1,00	170	0,002	0,50	0,26	0,23	0,46	0,60
Fosso gronda C	32-V6	2,59	0,50	1,05	1,00	103	0,002	0,58	0,29	0,31	0,49	0,55
Fosso gronda C	V6-V7	2,79	0,50	1,15	1,00	50	0,002	0,66	0,32	0,40	0,53	0,58

**Tabella 6-18 – Verifica opere di regimazione idraulica: fosso di gronda C**

Denominazione	tronco	base magg	base minore	altezza	pend sponde	lunghezza tratto	pend tratto	tirante idrico	Raggio idra	portata max	velocità max	riempimento
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>B:H</i>	<i>m</i>	<i>m/m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m</i>
Fosso gronda D	33-V6	1,98	0,50	0,74	1,00	120	0,002	0,40	0,22	0,15	0,41	0,54

**Tabella 6-19 – Verifica opere di regimazione idraulica: fosso di gronda D**

Denominazione	tronco	base magg	base minore	altezza	pend sponde	lunghezza tratto	pend tratto	tirante idrico	Raggio idra	portata max	velocità max	riempimento
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>B:H</i>	<i>m</i>	<i>m/m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m</i>
Fosso versante E	V1-V2	3,58	1,00	1,29	1,00	146	0,002	0,75	0,42	0,82	0,63	0,58
Fosso versante E	V2-V3	3,58	1,00	1,29	1,00	95	0,035	0,73	0,41	3,27	2,59	0,57
Fosso versante E	V3-V4	5,39	2,00	1,69	1,00	81	0,002	1,32	0,76	4,67	1,06	0,78
Fosso versante H	V4-V10	6,31	2,00	2,15	1,00	177	0,002	1,70	0,76	6,23	0,93	0,79
Fosso versante H	V10-V11	6,71	2,00	2,36	1,00	101	0,002	1,78	0,81	7,34	1,01	0,76
Fosso versante G	V11-V7	4,80	2,00	1,40	1,00	95	0,014	1,07	0,65	7,40	2,25	0,76
Fosso versante E	V7-V8	7,00	2,00	2,50	1,00	57	0,004	1,55	0,67	7,30	1,30	0,62

**Tabella 6-20 – Verifica opere di regimazione idraulica: fosso di versante H**

Dai risultati evidenziati si può osservare il rispetto del massimo riempimento imposto in tutte le sezioni a cielo aperto, è pertanto verificata la compatibilità idraulica delle sezioni di progetto con le massime portate di riferimento adottate.

## **7 COMPATIBILITÀ IDROLOGICA IDRAULICA DELLA COLLINA SCHERMO CON IL SISTEMA DEL LAGO DI CASTELNUOVO**

La compatibilità idrologica ed idraulica della Collina schermo è stata valutata con riferimento alle condizioni di progetto che prevedono, oltre alla realizzazione della collina anche il completamento delle opere di sistemazione idrogeologica previste nel progetto generale di ENEL di cui si sono riportate in relazione le caratteristiche principali. Negli elaborati grafici di progetto sono state individuate le quote di massima ritenzione del Lago di Castelnuovo 147.0msm e la quota di massimo invaso per la piena millenaria pari a 149.4msm.

Dalle indagini idrologiche emerge che il bacino sotteso al Lago di Castelnuovo ovvero all'emissario costituito dal Borro Lanzi presenta una superficie complessiva  $S=19.45\text{km}^2$  per il quale si sono ricavati valori di portata massima  $Q_{200}=179\text{m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{300}=200\text{m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{1000}=252\text{m}^3/\text{s}$  pari a contributi specifici variabili da 9.2 a 13.0  $\text{m}^3/\text{s km}^2$ . Dal bilancio idrologico (cfr. studi elaborati da ENEL) si evidenzia inoltre una evaporazione media annua dal Lago pari a 2351  $\text{m}^3/\text{gg}$  che unita al deflusso

attraverso lo scolmatore, quando la quota idrica supera la massima ritenzione 147msm, consente al lago un volume di laminazione di circa  $2.616.500\text{m}^3$  fino alla quota raggiunta dalla piena millenaria. L'area sedime del manufatto in terra, Collina schermo e Interventi di implementazione, appartiene al bacino imbrifero del Lago di Castelnuovo ed ha una superficie di  $S=0.194\text{km}^2$  pari a circa il 1.0% della superficie dell'intero bacino; la portata massima di drenaggio meteorico, determinata per il tempo di ritorno di progetto  $TR=200$ anni, vale  $Q_{200}=2.6\text{m}^3/\text{s}$  pari a circa 1.4% della portata complessiva.

Alla luce di quanto esposto si può affermare che la portata drenata dal manufatto, nella configurazione finale, è analoga a quella drenata sul medesimo sedime nello stato di fatto in quanto è identica la superficie ed il coefficiente di deflusso; è quindi ragionevole affermare che sussiste compatibilità idrologica dell'intervento di progetto con il regime del Lago di Castelnuovo.

Le analisi idrauliche, condotte nell'ambito degli studi elaborati da ENEL, hanno determinato il livello idrometrico massimo, con riferimento alla piena millenaria sul bacino afferente il Lago di Castelnuovo pari a  $H_{1000}=149.39\text{msm}$ .

Il progetto del manufatto Collina schermo e Opere di implementazione prevede la realizzazione di un rilevato in terra ottenuto per sovrapposizione di terreno a strati partendo dall'attuale conformazione del piano campagna che presenta quote, sull'area di sedime, variabili da 142msm a 147msm, assegnando una pendenza di scarpata pari a 1:5 come già previsto nel progetto ENEL per la sistemazione della sponda nord ed est.

È stato fissato un piano fondamentale a quota 150msm al di sotto del quale non sono previste infrastrutture che possano essere danneggiate dall'esondazione del lago, ad eccezione ovviamente dei canali di scarico delle acque meteoriche. La scelta di tale quota è stata fatta volendo garantire un ulteriore franco di sicurezza, pari a 60cm, rispetto alla quota di massimo invaso; è pertanto ragionevole affermare la compatibilità idraulica del manufatto con i livelli idrometrici del Lago.