



REGIONE SICILIA
COMUNE DI MONREALE (PA)

PROGETTO

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI POTENZA DI PICCO
PARI A 20,5 MWp DENOMINATO "LIMES 21"
NEL COMUNE DI MONREALE (PA)

TITOLO

Rel.16 - Relazione Idraulica - Idrogeologica

PROGETTISTA	PROPONENTE	VISTI
<p>Progettista</p>  <p>SCM Ingegneria S.r.l. Via Carlo del Croix, 55 Tel. +39 0831 728955 72022, Latiano (BR) Mail: info@scmingegneria.com</p> <p>Redattore</p> <p>Dott. Geol. Michele Ognibene</p> <p>Dott. Geol. Rosario Fria</p>	<p>LIMES 21 S.r.l. Sede legale e Amministrativa: Via Giuseppe Giardina, 22 96018 - PACHINO (SR) PEC: limes21@pec.it</p>	

PROGETTAZIONE

Scala	Formato Stampa	Cod.Elaborato	Rev.	Nome File	Foglio
	A4	FV-LIME-MRL-PD-16	a	FV-LIME-MRL-PD-16- Relazione Idraulica-Idrogeologica-Invarianza	1 di 1

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
a	14/11/2022	Prima Emissione	R. Fria	A.Corradetti	R.Cairoli

Indice

1. INTRODUZIONE	3
1.1 SCOPO DELLO STUDIO	3
1.2 METODOLOGIE DI STUDIO	4
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
3. ANALISI MORFOLOGICA ED IDROGRAFICA PRELIMINARE	6
3.1 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO	6
3.2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO GENERALE.....	7
3.3 ANALISI IDROGRAFICA DELL'AREA DI PROGETTO.....	8
3.4 INDICAZIONI PROGETTUALI AI FINI DEL DRENAGGIO DELL'AREA IMPIANTO.....	14
4. ANALISI IDROLOGICA	16
4.1 DEFINIZIONE IDROGRAFICA DEI SOTTOBACINI IMBRIFERI DI INTERESSE.....	16
4.2 METODOLOGIA DI ANALISI	16
4.3 STIMA DEL FLUSSO IDRICO GLOBALE	23
4.4 TRASFORMAZIONE DELL'AFFLUSSO IDRICO IN DEFLUSSO	32
4.5 STIMA DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA.....	41
5. ANALISI IDRAULICA	46
5.1 MODELLAZIONE IDRAULICA 2D – DEFINIZIONE DELLE FASCE DI PERTINENZA.....	46
5.2 PARAMETRI DI INPUT E RISULTATI DELLA SIMULAZIONE.....	49
5.3 MODELLAZIONE IDRAULICA 1D – ATTRAVERSAMENTI NUOVA VIABILITA'	55
6. ANALISI SULL'INVARIANZA IDRAULICA DEL PROGETTO	64
6.1 CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO PER LA LAMINAZIONE	64
6.2 VALUTAZIONI SUL SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI INVARIANZA	68
7. CALCOLO DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI POST-OPERAM	69
8. CONCLUSIONI.....	73

- ALLEGATI GRAFICI

- Tavola 01: Inquadramento Territoriale - scala 1:25.000**
- Tavola 02: Carta delle Quote s.l.m. - scala 1:10.000**
- Tavola 03: Carta delle Pendenze - scala 1: 10.000**
- Tavola 04a: Stralcio Carta della Pericolosità geomorfologica P.A.I. - scala 1: 10.000**
- Tavola 04b: Stralcio Carta della Pericolosità Idraulica P.A.I. - scala 1: 10.000**
- Tavola 05: Inquadramento Idrografico - scala 1:25.000**
- Tavola 06 (I): Carta Interferenze Idrografiche (Impianto) - scala 1:7.500**
- Tavola 06b (II): Carta Interferenze Idrografiche (Viabilità Interna e Cavidotto) – scala 1:12.500/7.500**
- Tavola 07: Carta Uso del suolo - scala 1:7.500/5.000**
- Tavola 08: Carta Litologica - scala 1:7.500/5.000**
- Tavola 09: Carta delle Aree di Allagamento e delle Fasce di Pertinenza Fluviale, Impluvi INT_01 (Area Nord) e INT_01 (Area Sud) - scala 1:2.500**
- Tavola 10: Carta delle Fasce di Rispetto (Elementi Minori), Impluvi INT_02 (Area Nord), INT_01a (Area Sud), INT_02 (Area Sud) – scala 1:2.500**

- APPENDICI

- Appendice A: Formule calcolo Tempo di Corrivazione**
- Appendice B: Tabella del Curve Number – Protezione Civile Sicilia**
- Appendice C: Risultati Analisi Idrologica (Hec-HMS)**
- Appendice D: Criteri per la valutazione del coefficiente di deflusso degli impianti fotovoltaici**

1. INTRODUZIONE

La società *Limes 21 s.r.l.* con sede legale in Via Giuseppe Giardina, 22 – Pachino (SR), intende realizzare nel comune di Monreale (PA), un impianto agri-fotovoltaico per la produzione di energia elettrica comprensivo di tutte le opere ed infrastrutture necessarie per la connessione alla RTN. L'impianto, della potenza in immissione in rete massima di 20.5 MW, verrà infatti connesso alla *Rete di Distribuzione AT* mediante una linea interrata di nuova realizzazione (dorsale MT) e la posa di una nuova *Sottostazione Utente* da collegare alla nuova *Stazione RTN* "Monreale 3".

1.1 SCOPO DELLO STUDIO

Il presente studio prevede una iniziale analisi morfologica ed idrografica dell'area vasta di progetto, al fine di individuare eventuali interferenze tra il reticolo idrografico superficiale ed i manufatti in progetto, con particolare riferimento agli elementi idrografici (impluvi naturali o artificiali, laghi, ecc.) identificati sulle cartografie C.T.R. 2012-2013 della Regione Sicilia o comunque ad impluvi che sebbene non riportati nelle C.T.R. presentino comunque una significativa valenza idraulica.

Nello specifico l'analisi preliminare ha lo scopo di evidenziare le aree di interferenza sia tra il reticolo idrografico e gli areali di impianto, ai fini dell'identificazione delle aree sottoposte alle limitazioni d'uso relative ai corsi d'acqua superficiali (fascia di pertinenza fluviale) di cui agli art. 93, 94 e 96 lettera f, del R.D. 523/1904, sia con il cavidotto di connessione MT, nonché con la viabilità di nuova realizzazione, interna all'area di impianto, ai fini del corretto dimensionamento di eventuali tombini stradali.

La definizione della fascia di pertinenza fluviale, laddove necessaria, verrà effettuata ai sensi del D.S.G. n. 119/2022 "Direttiva Alvei", emanato dal Dipartimento Regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia, mentre relativamente ad eventuali interferenze con la viabilità di nuova realizzazione verrà fatto riferimento al *D.S.G. 71/2022* (Direttive Tecniche per la verifica di Compatibilità Idraulica di Ponti ed Attraversamenti) nonché alle *NTC-2018* (D.M. 17/01/2018).

Per gli aspetti di invarianza idraulica del progetto, infine, si è fatto riferimento a quanto previsto dalla Direttiva dell'Autorità di Bacino (AdB) del 11/10/2019 (Prot. 6834) e alle "Linee Guida" contenute nel successivo D.D.G. n. 102 dell'AdB del 23/06/2021.

1.2 METODOLOGIE DI STUDIO

Lo studio è stato svolto essenzialmente in 2 fasi:

- 1a fase

La prima fase ha visto un iniziale studio di tipo bibliografico con l'acquisizione di tutto quanto è stato possibile reperire in termini di dati esistenti quali, cartografie, ortofoto, modelli digitali del terreno (DTM), studi precedenti, con particolare riferimento alla *Relazione Geologica* redatta a supporto dello stesso progetto ed all'analisi idrografica ed idrologica contenuta nella Relazione di Bacino del P.A.I. n. 053 relativa al "*Bacino idrografico del Fiume Belice*", all'interno del quale ricadono le aree di progetto.

Successivamente sono stati disposti dei sopralluoghi al fine di effettuare una valutazione in situ delle caratteristiche morfologiche e litologiche dell'area di progetto nonché verificare la corrispondenza tra il materiale cartografico disponibile ed il reale stato dei luoghi, con particolare riferimento alla morfologia degli impluvi.

- 2a fase

La seconda fase ha visto una iniziale elaborazione dei dati acquisiti, effettuata in ambiente GIS, propedeutica alle successive, eventuali, analisi idrologiche ed idrauliche.

L'analisi idrologica, in accordo con le metodologie richiamate al Capitolo 7 della Relazione Generale del P.A.I. Sicilia, è stata effettuata attraverso simulazioni numeriche utilizzando i codici di calcolo dell'Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers, contenuti nel software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's - Hydrologic Modeling System).

I risultati delle simulazioni idrologiche hanno permesso di determinare le portate di massima piena, per i tempi di ritorno considerati, utilizzate poi nelle successive analisi idrauliche per la determinazione delle aree di allagamento e/o verifica dei tombini.

Le analisi idrauliche sono stata sempre effettuate con il codice di calcolo HEC-RAS anch'esso distribuito dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Sia l'impianto agrivoltaico che le opere di connessione ricadono per il loro intero sviluppo all'interno del territorio comunale di Monreale (PA), in località *C.da Pietralunga*; l'impianto si presenta suddiviso in tre aree distinte (Tav. 01) distribuite, rispetto ad un ipotetico punto baricentrale, in un raggio di circa 2,5 Km e identificate per come di seguito:

- **Area Nord FV-1:** con una superficie totale di circa 15.2 ettari, rappresenta l'area di impianto posta più a nord; l'areale risulta costituito da un corpo centrale principale più due sub-aree staccate, distanti circa 200 metri dal primo, quest'ultime in adiacenza alla strada provinciale S.P. 42.

- **Area Centro FV-2:** con una superficie totale di 14.5 ettari risulta localizzata circa 1,5 Km a sud-ovest rispetto all'area FV-1, ed è raggiungibile mediante una strada secondaria non asfaltata collegata alla strada provinciale n. 4 distante circa 900 metri.

- **Area Sud FV-3:** è l'area di impianto posta più a sud, presenta un'estensione complessiva di circa 16.3 Ha ed è accessibile da una strada interpodereale connessa alla strada provinciale n. 91 da cui dista circa 650 m; il sotto-impianto FV-3 è posto circa 1,4 Km a sud del FV-2.

L'impianto sarà collegato alla rete elettrica mediante un cavidotto MT collegato con una *Sottostazione Utente* di nuova realizzazione a sua volta collegata alla Stazione RTN denominata "Monreale 3", localizzata in località Ducotto – Aquila, in agro del comune di Monreale (PA).

Nello specifico, per il cavidotto MT, si possono individuare diverse sezioni:

- la prima di collegamento tra i campi FV-1 e FV-2 che si snoderà per circa 4,4 Km, sostanzialmente attraverso una viabilità esistente tra cui la SP 42, la SP 4 e attraverso alcune strade interpoderali senza alcuna denominazione;

- la seconda di connessione tra il campo FV-2 e il campo FV-3 che percorrerà per circa 2,8 Km alcune strade vicinali senza nome e le strade provinciali n. 4 e n. 91;

- la terza di connessione alla nuova stazione utente, che partendo dal campo FV-3, percorrerà circa 700 m fino alla SP 91 che verrà attraversata per 650 m; da qui si svilupperà lungo la SP 4 per circa 2,8 Km, lungo la SP 70 per circa 6,2 Km e quindi, per una estensione di circa 1,4 Km, lungo una strada interpodereale senza nome di collegamento alla SP 42.

Nel suo tratto finale attraverserà prima la SP 42 per circa 700 m, poi la SP 103 per circa 200 m fino a collegarsi alla *Sottostazione Utente*.

Topograficamente sia le aree d'impianto che le opere di connessione e di rete ricadono all'interno della tavoletta I.G.M.I., in scala 1:25.000, "Rocche di Rao" (Fog. 258, Quadr. I, Orient. S.O.);

relativamente alla Cartografia Tecnica Regionale (C.T.R.), in scala 10.000, l'area FV-1 si localizza nella tavola 607070 denominata "Cozzo Percianotta", l'area FV-2 nella zona d'intersezione di quest'ultima con la tavola 607110 "Monte Galiello" nella quale ricade anche l'area FV-3.

Il cavidotto MT, oltre ad occupare tutte le tavole prima indicate, insiste anche sulle tavole 607120 "Rocche di Rao" e 607080 "La Montagnola" in cui ricadono anche la Sottostazione Utente e la Stazione RTN.

Con riferimento all'areale d'impianto le coordinate geografiche (WGS84), risultano essere:

Area Nord FV-1: Lat. 37°54'35.60"N; Long. 13°13'45.22"E

Area Centro FV-2: Lat. 37°53'53.45"N; Long. 13°12'46.56"E

Area Sud FV-3: Lat. 37°52'56.36"N; Long. 13°12'50.99"E

3. ANALISI MORFOLOGICA ED IDROGRAFICA PRELIMINARE

3.1 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Dal punto di vista morfologico generale l'area di progetto si inquadra in un contesto medio collinare, nella fascia altimetrica compresa tra i 300 m e i 600 m s.l.m. (Tav. 02), con ampie superfici sub-pianeggianti, in corrispondenza dell'area di fondovalle, in destra idraulica al *Vallone di Malvello*, che si raccordano ai modesti alti topografici mediante versanti aventi inclinazione il più delle volte inferiori ai 10-15° e che solo raramente assumono valori più elevati (Tav. 03).

Con specifico riferimento, agli areali interessati dall'impianto agrivoltaico l'*area FV-1* si colloca appena a sud-ovest del *Monte Arcivocalotto*, a quote comprese tra i 380 ed i 430 m s.l.m., in corrispondenza di un pendio che degrada in direzione N.E. – S.O., con pendenze in linea di massima inferiori ai 10°.

L'*area FV-2*, ubicata a quote comprese tra i 385 ed i 450 m s.l.m., insiste lungo il versante sud-orientale di *Pizzo di Pietralunga Nuova* che digrada, da N.O. a S.E., con pendenze dapprima dell'ordine di 15° che si riducono raggiungendo valori intorno ai 10°.

L'*area FV-3*, infine, posta a quote comprese tra i 310 ed i 340 metri s.l.m., si localizza in corrispondenza di una zona, incisa da un ramo di testa del *Vallone Malvello*, contraddistinta da pendenze generalmente non superiori ai 10-15°.

Dal punto di vista geologico, l'areale d'impianto insiste su un substrato per lo più argilloso, caratterizzato da marne e peliti con banchi di arenarie quarzose (TAV) per l'Area FV-1, argille

marnoso-siltose con intercalazioni di areniti quarzose (**SIC**), per l'Area FV-2, argille e marne sabbiose (**CIP**) per l'Area FV-3; la permeabilità di substrato risulta pertanto, in linea generale bassa o molto bassa.

Dal punto di vista geomorfologico, i fenomeni di dissesto appaiono piuttosto diffusi, anche se, generalmente, relegati ai versanti argillosi ad elevata pendenza. Con riferimento ai manufatti in progetto, gli areali di impianto non risultano interessati da aree a Pericolosità Geomorfologica individuate nelle Carte del P.A.I. (Tavv. 04a - 04b e 04c), mentre per quanto riguarda il cavidotto di connessione MT lungo i suoi circa 20 km di sviluppo complessivo risulta unicamente interferire, per un tratto di circa 40 metri, con un'area identificata a *Pericolosità Geomorfologica P4* per fenomeni da crollo, in corrispondenza comunque della viabilità esistente rappresentata S.P. 70.

3.2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO GENERALE

Dal punto di vista idrografico generale, sia le aree d'impianto che le opere di connessione, ricadono all'interno del bacino idrografico del *Fiume Belice Destro* il quale, lungo i circa 56 Km di sviluppo dell'asta principale, risulta sbarrato dalla diga che ha determinato la formazione dell'invaso artificiale denominato *Lago di Piana degli Albanesi*, circa 7,5 km a N.E. dall'area di impianto; a valle dello sbarramento, il corso d'acqua prosegue inizialmente con il nome di Fiume Grande e Fiume Pietralunga e solo dopo aver raccolto le acque del *Vallone di Malvello*, assume la sua denominazione ufficiale di Fiume Belice Destro.

Nello specifico le aree dell'impianto agrivoltaico si collocano all'interno di piccoli sottobacini idrografici (Tav. 05), tutti riferibili a rami di testa del *Vallone di Malvello*, dove in ultima istanza fanno a confluire tutte le acque drenaggio delle aree di impianto.

Per quanto riguarda invece la dorsale MT di collegamento alla RTN, essa risulta interessare anche l'adiacente bacino idrografico del *Fiume Belice sinistro* che, con uno sviluppo dell'asta principale di circa 43 Km, dopo aver assunto la denominazione di Fiume di Frattina, prende il proprio nome alla confluenza con il *Torrente Realbate*, suo immissario in sinistra idrografica; circa 3 Km a valle della confluenza, anche il Belice Sinistro è stato oggetto di un importante sbarramento che ha generato l'invaso artificiale noto come *Lago Garcia*. Entrambi i suddetti corsi d'acqua, dalla cui unione trae origine il tronco principale del Fiume Belice che rappresenta il principale corso d'acqua della Sicilia sud-occidentale, scorrono all'incirca parallelamente in direzione NE-SO, attraversando i territori delle provincie Palermo e Trapani.

Nell'insieme il reticolo idrografico appare ben ramificato, in ragione della bassa permeabilità dei terreni affioranti e delle modeste pendenze e presenta un carattere tipicamente torrentizio a regime intermittente con lunghi periodi di siccità alternati a brevi periodi di deflusso in corrispondenza di eventi piovosi lunghi e/o particolarmente intensi.

3.3 ANALISI IDROGRAFICA DELL'AREA DI PROGETTO

In questo paragrafo verranno evidenziate le interferenze esistenti tra i manufatti in progetto ed il reticolo idrografico, con particolare riferimento al reticolo rappresentato nelle C.T.R. 2012-2013 (Tav. 06).

3.3.1 *Analisi Interferenze Impianto Agrivoltaico*

1) Area Nord FV-1

L'analisi idrografica ha evidenziato due potenziali aree di interferenza (Tav. 06 - I), tra l'areale del sotto-campo FV-1 ed elementi idrografici (impluvi) riportati sulle CTR 2012-2013.

L'interferenza indicata con la sigla **INT_01 (Area Nord)** è relativa ad un impluvio che pur non interessando in maniera diretta l'area FV-1 ne delimita comunque tutto il bordo occidentale; nello specifico, la INT_01 (Area Nord) si riferisce ad un impluvio di 1° ordine (secondo la classificazione di Horton Strahler), ramo di testa del *Vallone di Malvello*, senza una denominazione specifica sulla cartografia IGMI o sulle CTR, che costeggia tutto il bordo nord-occidentale (circa 350 m) del sottocampo dell'area FV-1, posto più ad est, ad una distanza variabile minima di 24 m. Tale impluvio, è stato oggetto, limitatamente all'area di fiancheggiamento, di analisi idrologica ed idraulica ai fini della definizione della relativa fascia di pertinenza fluviale.

L'interferenza identificata con la sigla **INT_02 (Area Nord)** si riferisce anch'essa ad un'area esterna (fiancheggiamento) al sottocampo dell'area FV-1, sito più ad ovest, ed è relativa ad un impluvio di 1° ordine, senza alcuna denominazione specifica, che corre, per circa 200 m, lungo il suo perimetro nord-orientale ad una distanza di circa 20 m; tale impluvio seppur rappresentato nella cartografia CTR 2012-2013, risulta comunque sottendere un bacino idrografico di alimentazione poco significativo dal punto di vista idraulico. Per tale elemento, ai fini dell'individuazione della fascia di pertinenza fluviale, in ottemperanza alle indicazioni del D.S.G. n. 119/2022 emanate dall'AdB, si è comunque proceduto ad una analisi idrologica per la valutazione delle portate di piena ordinaria (tempo di ritorno 5 anni) da utilizzare, eventualmente, per la successiva analisi idraulica.

Dall'analisi eseguita, riportata nel capitolo successivo, sono emersi valori di portata del tutto trascurabili quindi non si è ritenuto necessario eseguire uno studio idraulico specifico ritenendo congrua l'applicazione di una fascia di rispetto minima di 11 metri per lato, dall'asse di incisione riportato sulle CTR, che verrà comunque predisposta.

Risultano inoltre presenti, in prossimità o internamente all'area FV-1, due laghetti collinari per i quali è stata predisposta una fascia di pertinenza pari a 10 m dal limite del lago riportato sulla cartografica CTR.

II) Area Centro FV-2

L'analisi idrografica non ha evidenziato alcuna interferenza tra il sotto-impianto in questione ed impluvi segnalati sulle CTR 2012-2013 o comunque linee di deflusso di significativa valenza idraulica (Tav. 06 - I).

III) Area Sud FV-3

L'analisi idrografica ha evidenziato tre aree di interferenza tra l'areale del sotto-campo FV-3 ed impluvi segnalati sulle CTR 2012-2013, identificate in Tav. 06(I) con le sigle INT_01 (Area Sud), INT_01a (Area Sud), INT_02 (Area Sud).

L'**INT_01 (Area Sud)** si riferisce ad un'area di interferenza dapprima diretta che attraversa l'area del campo FV-3, in direzione N-S, per circa 280 m e successivamente indiretta, ovvero sottoforma di fiancheggiamento, che da NE a SO, per un'estensione di circa 200 m, borda il suo perimetro sud-orientale; l'interferenza, nello specifico, è relativa ad un impluvio di 2° ordine (secondo la classificazione di Horton Strahler), ramo di testa in destra idraulica del Vallone di Malvello, senza una denominazione specifica nella cartografia consultata. Tale impluvio è stato oggetto, limitatamente all'area sia interferente che di fiancheggiamento, di analisi idrologica ed idraulica ai fini della definizione della relativa fascia di pertinenza fluviale.

-L'**INT_01a (Area Sud)** è relativa ad un impluvio di 1° ordine, immissario in sinistra idraulica dell'impluvio INT_01 (Area Sud) prima citato, che in posizione esterna costeggia per 350 m il bordo sud-orientale del campo ad una distanza di circa 30 metri.

Per tale incisione idrografica, così come precedentemente indicato anche per l'interferenza INT_02 (Area Nord), che presenta un bacino idrografico di alimentazione idraulicamente irrisorio si è proceduto ad una analisi idrologica, riportata nel capitolo seguente, per la valutazione della portata di piena ordinaria ($T_r = 5$ anni) da cui sono emersi valori insignificanti; anche per tale elemento data

la connotazione esterna ed i risultati dell'analisi idrologica si è ritenuto superfluo eseguire uno studio idraulico specifico ritenendo congrua l'applicazione di una fascia di rispetto minima di 11 metri dall'asse dell'elemento idrografico

-L'INT_02 (Area Sud) si riferisce ad un canale di drenaggio antropico che si sviluppa fiancheggiando, in direzione NE-SO, per circa 190 m, una parte del perimetro settentrionale dell'area FV-3, la cui continuità idraulica sembra ad un certo punto interrompersi. Per tale elemento "minore" si prevede l'applicazione di una fascia di rispetto minima (che verrà comunque predisposta) pari a 11 metri dal canale.

3.3.2 Analisi Interferenze Cavidotto

Relativamente ai cavidotti di collegamento tra i vari sotto-campi e con la Cabina Utente, l'analisi idrografica di dettaglio ha evidenziato n. 10 punti di interferenza con elementi del reticolo idrografico, rappresentati sulla cartografia CTR 2012-2013 o comunque non riportati sulle CTR ma rilevabili sulle ortofoto; tali punti sono riportati nella Tavola 06(II) ed identificati con le sigle *Int. XX*; per ogni singola interferenza si riporta una breve descrizione nonché la modalità di risoluzione prevista:

-Int.01: Lat. 37°53'56.48"N; Long. 13°18'5.77"E; impluvio di 2° ordine, affluente in destra idraulica del *Fiume di Frattina*, non riportato sulle mappe catastali ma identificato su CTR. In corrispondenza dell'impluvio il cavidotto si snoderà lungo una viabilità esistente rappresentata dalla Strada Provinciale n° 42, con i *pozzetti spingitubo* pertanto posizionati sulla sede viaria esistente senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. Tali pozzetti in ogni caso verranno realizzati significativamente oltre i 10 metri dal limite rilevabile dell'impluvio e almeno 2,0 mt al di sotto dell'alveo inciso dal corso d'acqua.

-Int.03: Lat. 37°53'9.51"N; Long. 13°18'6.33"E; modesto impluvio di 1° ordine affluente in destra idraulica del *Fiume di Frattina*, non riportato sulle mappe catastali ma identificato su CTR. In corrispondenza dell'impluvio il cavidotto si snoderà lungo una viabilità bianca esistente, con i *pozzetti spingitubo* posizionati sulla sede viaria esistente, senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. Tali pozzetti in ogni caso verranno realizzati significativamente oltre i 10 metri dal limite rilevabile dell'impluvio e almeno 2,0 mt al di sotto dell'alveo inciso dal corso d'acqua (vedi tavola risolutiva di progetto; Tav. 21).

-Int.05: Lat. 37°53'3.94"N; Long. 13°17'55.02"E; incisione idrografica di 2° ordine, affluente in destra idraulica del *Fiume di Frattina*, non riportato sulle mappe catastali ma identificato su CTR. In corrispondenza dell'impluvio il cavidotto si snoderà lungo una viabilità secondaria esistente, di collegamento tra la SP 70 e la SP 42, con i *pozzetti spingitubo* interrati sulla sede viaria, senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. Tali pozzetti in ogni caso verranno realizzati significativamente oltre i 10 metri dal limite rilevabile dell'impluvio e almeno 2,0 mt al di sotto dell'alveo inciso dal corso d'acqua (vedi tavola risolutiva di progetto; Tav. 21).

-Int.07: Lat. 37°52'49.02"N; Long. 13°16'48.27"E; elemento idrografico di 1° ordine, affluente in sinistra idraulica del *Vallone dell'Aquila*, non riportato sulle mappe catastali ma identificato su CTR. In corrispondenza dell'impluvio il cavidotto si snoderà lungo una viabilità esistente, rappresentata dalla SP 70, con i *pozzetti spingitubo* posizionati pertanto sulla sede viaria esistente, senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. Tali pozzetti in ogni caso verranno realizzati significativamente oltre i 10 metri dal limite rilevabile dell'impluvio e almeno 2,0 mt al di sotto dell'alveo inciso dal corso d'acqua (vedi tavola risolutiva di progetto; Tav. 21).

-Int.08: Lat. 37°52'36.61"N - Long. 13°16'34.33"E; incisione idrografica di 1° ordine, ramo di testa di un affluente in sinistra idraulica del *Vallone dell'Aquila*, non riportato sulle mappe catastali ma identificato su CTR. In corrispondenza dell'impluvio il cavidotto si snoderà lungo una viabilità esistente, rappresentata dalla SP 70, con i *pozzetti spingitubo* posizionati pertanto sulla sede viaria esistente, senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. I pozzetti in ogni caso verranno realizzati significativamente oltre i 10 metri dal limite rilevabile dell'impluvio e almeno 2,0 mt al di sotto del manufatto esistente (vedi tavola risolutiva di progetto; Tav. 21).

-Int.09: Lat. 37°52'34.90"N; Long. 13°16'22.09"E; incisione idrografica di 1° ordine, ramo di testa di un affluente in sinistra idraulica del *Vallone dell'Aquila*, non riportato sulle mappe catastali ma identificato su CTR. In corrispondenza dell'impluvio il cavidotto si snoderà lungo una viabilità esistente, rappresentata dalla SP 70, con i *pozzetti spingitubo* posizionati pertanto sulla sede viaria esistente, senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. I pozzetti in ogni caso verranno realizzati significativamente oltre i 10

metri dal limite rilevabile dell'impluvio e almeno 2,0 mt al di sotto del manufatto esistente (vedi tavola risolutiva di progetto; Tav. 21).

-Int.10: Lat. 37°52'24.40"; Long. 13°15'54.51"E; incisione idrografica di 1° ordine, ramo di testa di un affluente in sinistra idraulica del *Vallone dell'Aquila*, non riportato sulle mappe catastali ma identificato su CTR. In corrispondenza dell'impluvio il cavidotto si snoderà lungo una viabilità esistente, rappresentata dalla SP 70, con i *pozzetti spingitubo* posizionati pertanto sulla sede viaria esistente, senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. I pozzetti in ogni caso verranno realizzati significativamente oltre i 10 metri dal limite rilevabile dell'impluvio e almeno 2,0 mt al di sotto del manufatto esistente (vedi tavola risolutiva di progetto; Tav. 21).

-Int.11: Lat. 37°52'21.99"N; Long. 13°15'42.53"E; incisione idrografica di 1° ordine, affluente in sinistra idraulica del *Vallone dell'Aquila*, non riportato sulle mappe catastali ma identificato su CTR. In corrispondenza dell'impluvio il cavidotto si snoderà lungo una viabilità esistente, rappresentata dalla SP 70, con i *pozzetti spingitubo* posizionati pertanto sulla sede viaria esistente, senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. I pozzetti in ogni caso verranno realizzati significativamente oltre i 10 metri dal limite rilevabile dell'impluvio e almeno 2,0 mt al di sotto dell'alveo inciso dal corso d'acqua (vedi tavola risolutiva di progetto; Tav. 21).

-Int.19: Lat. 37°52'54.68"N; Long. 13°13'44.20"E; Vallone di Malvello, incisione idrografica di 4° ordine, affluente diretto del Fiume Belice Destro (dopo aver assunto la denominazione di Fiume Pietralunga); l'impluvio è riportato sia su CTR che sulle mappe catastali con identificata una fascia di pertinenza catastale di circa 15 metri a cavallo dell'incisione. Con riferimento al DSG 119/2022 i *pozzetti spingitubo* saranno posizionati sulla sede viaria esistente SP 4 ma comunque almeno 10 metri al di fuori dell'area idrica identificata sulla mappa catastale e pertanto senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. I pozzetti in ogni caso verranno realizzati almeno 2,0 mt al di sotto dell'alveo inciso dal corso d'acqua (vedi tavola risolutiva di progetto; Tav. 21).

-Int.21: Lat. 37°53'16.61"N; Long. 13°13'36.75"E; incisione idrografica di 2° ordine, ramo di testa di un affluente in sinistra idraulica del *Vallone di Mavello*, non riportato sulle mappe catastali ma identificato su CTR. In corrispondenza dell'impluvio il cavidotto si snoderà lungo una viabilità esistente asfaltata, rappresentata dalla SP 4, con i *pozzetti spingitubo* posizionati sulla sede viaria

esistente, senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. I pozzetti in ogni caso verranno realizzati significativamente oltre i 10 metri dal limite rilevabile dell'impluvio e almeno 2,0 mt al di sotto dell'alveo inciso dal corso d'acqua (vedi tavola risolutiva di progetto; Tav. 21).

-Int.23a: Lat. 37°52'56.79"N; Long. 13°12'49.67"E; impluvio di 2° ordine (denominato, in precedenza, come INT_01 (Area Sud), riferibile ad un affluente in sinistra idraulica del *Vallone di Mavello*, non riportato sulle mappe catastali ma identificato su CTR. In corrispondenza dell'impluvio il cavidotto si snoderà lungo una viabilità interna all'area dell'impianto agrivoltaico, di nuova realizzazione, con i *pozzetti spingitubo* posizionati sulla sede viaria futura, senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. I pozzetti in ogni caso verranno realizzati al di fuori della fascia di Pertinenza fluviale identificata nello studio idrologico-idraulico dello stesso impluvio, ovvero, ai sensi del DSG 119/2022 oltre i 10 metri dal limite dell'area di allagamento per una piena ordinaria con Tr 5 anni (Tav.09). Il passaggio in sub-alveo, inoltre, avverrà almeno 2,0 mt al di sotto dell'alveo inciso dal corso d'acqua (vedi tavola risolutiva di progetto; Tav. 21).

-Int.27: Lat. 37°54'11.31"N; Long. 13°13'18.45"E; incisione idrografica di 1° ordine, ramo di testa del del *Vallone di Mavello*, non riportato sulle mappe catastali ma identificato su CTR. In corrispondenza dell'impluvio il cavidotto si snoderà lungo una viabilità esistente asfaltata, rappresentata dalla SP 4, con i *pozzetti spingitubo* posizionati sulla sede viaria esistente, senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. I pozzetti in ogni caso verranno realizzati significativamente oltre i 10 metri dal limite rilevabile dell'impluvio e almeno 2,0 mt al di sotto dell'alveo inciso dal corso d'acqua (vedi tavola risolutiva di progetto; Tav. 21).

-Int.33: Lat. 37°54'42.25"N; Long. 13°13'49.04"E; incisione idrografica di 1° ordine, ramo di testa del del *Vallone di Mavello*, non riportato sulle mappe catastali ma identificato su CTR. In corrispondenza dell'impluvio il cavidotto si snoderà lungo una viabilità bianca esistente asfaltata; i *pozzetti spingitubo*, in ogni caso, verranno posizionati sulla sede viaria esistente, interrati, senza alcuna ragionevole possibilità di interferire con il flusso idrico dell'impluvio, anche in caso di piena ordinaria. I pozzetti verranno realizzati significativamente oltre i 10 metri dal limite rilevabile dell'impluvio e almeno 2,0 mt al di sotto dell'alveo inciso dal corso d'acqua (vedi tavola risolutiva di progetto; Tav. 21).

Per le interferenze sopra riportate, tenuto conto che verranno tutte risolte mediante passaggio in sub-alveo, con i pozzetti spingitubo sempre posizionati in corrispondenza di una viabilità esistente, e quindi sempre interrati a livello stradale, non essendo possibile alcuna interferenza tra le suddette opere ed i normali flussi idraulici di una piena ordinaria (o straordinaria), ai sensi del D.S.G. n. 119/2022, non si è ritenuto significativo procedere con uno studio idrologico-idraulico di dettaglio.

Il sopra richiamato DSG, infatti, per tutte le opere che per loro stessa natura devono raggiungere il limite del corso d'acqua e attraversarlo, di fatto, non prevede alcuna fascia di rispetto specifica. In ogni caso i tombini, sebbene interrati, verranno sempre posizionati ad una distanza non inferiore ai 10 metri dall'alveo inciso rilevabile.

3.3.3 Analisi Interferenze viabilità di nuova realizzazione

Relativamente alle strade di nuova realizzazione, interne alle aree di Impianto, l'analisi idrografica ha evidenziato una sola interferenza, identificata nella Tavola 06(II) come **Int.23b**, relativa all'impluvio già indicato come INT_01 (Area Sud).

Poiché per tale viabilità si prevede la realizzazione di un tombino, al fine di consentire l'attraversamento sotto strada dell'impluvio interferente, è stato predisposto uno studio idrologico-idraulico di approfondimento, effettuato ai sensi del D.S.G. 71/2022 "Direttive tecniche per la verifica di compatibilità idraulica di ponti e attraversamenti" emanato dall'AdB Sicilia, il quale recepisce ed amplia le prescrizioni di cui alla Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" relative al D.M. 17/01/2018, le quali al cap. 5 disciplinano gli studi idraulici per la realizzazione di ponti/tombini, ovvero valutando le *Portate di Picco Massima* per eventi di piena con Tempo di Ritorno pari a 200 anni.

3.4 INDICAZIONI PROGETTUALI AI FINI DEL DRENAGGIO DELL'AREA IMPIANTO

Ai fini del drenaggio delle acque piovane interne alle aree di impianto, tenuto conto della tipologia di moduli fotovoltaici previsti, ovvero mobili ad inseguimento monoassiale nonché della natura agro-fotovoltaica dell'impianto, non è prevista la realizzazione di nuovi canali di drenaggio artificiali interni all'area di impianto; pertanto, ad eccezione di eventuali canali di raccolta delle acque per i bacini di laminazione ai fini dell'invarianza idraulica e di possibili cunette poste a protezione della viabilità di nuova realizzazione, laddove necessarie, il progetto non prevede la creazione di nuovi

canali ovvero di nuove linee di corrivazione per il deflusso delle acque meteoriche verso l'esterno. Il deflusso delle acque meteoriche avverrà pertanto secondo le linee di naturale pendenza, in funzione sia della morfologia naturale che delle opere antropiche esistenti (dossi di confine, strade interpoderali ecc.).

4. ANALISI IDROLOGICA

Come indicato al paragrafo precedente, con riferimento alle varie interferenze individuate, è stato condotto uno studio idrologico di dettaglio propedeutico alle successive analisi idrauliche, resesi necessarie ai sensi del DSG 119/2022 per le fasce di pertinenza fluviale e del DSG 71/2022 per il dimensionamento del tombino relativo alla nuova viabilità interna.

Lo studio idrologico è stato condotto con metodologia conforme a quelle descritte nel capitolo 7 della Relazione Generale del P.A.I., avvalendosi di analisi con *Sistemi Informativi Geografici (GIS)* e del modello di calcolo HEC-HMS. Con riferimento all'Allegato B della Relazione Generale del P.A.I., si riscontra che sia l'area di impianto che un suo significativo intorno, non ricadono all'interno di siti indicati nella cartografia ufficiale del P.A.I. a pericolosità idraulica (Tav. 04b).

4.1 DEFINIZIONE IDROGRAFICA DEI SOTTOBACINI IMBRIFERI DI INTERESSE

Come definito al precedente paragrafo 3.3 l'analisi idrologica ha riguardato diversi impluvi, tutti riferibili a rami di testa del *Vallone di Malvello*, immissario del *Fiume Belice destro* (Tav. 05).

Come quasi tutte le incisioni idrografiche di testa dei corsi d'acqua siciliani, anche con dimensioni dei bacini idrografici ben superiori, tutte le incisioni idrografiche oggetto di studio presentano un regime idrologico spiccatamente torrentizio restando di norma sempre in secca, tranne che in occasione di eventi meteorici di una certa durata e/o intensità.

La perimetrazione dei sottobacini idrografici sottesi dagli impluvi oggetto di studio, è riportata nelle Tavole 06(I) – 06(II).

4.2 METODOLOGIA DI ANALISI

Scopo dell'analisi idrologica è stato quello di determinare le portate di massima piena da utilizzare per le successive valutazioni idrauliche.

La valutazione della portata di massima piena attesa, per un dato tempo di ritorno, in una data sezione di un corso d'acqua naturale o di un canale artificiale può essere essenzialmente schematizzata in 2 fasi:

- 1) Stima dell'afflusso idrico globale all'interno del bacino idrografico di interesse.
- 2) Trasformazione dell'afflusso idrico in deflusso.

Fondamentale è, in ogni caso, la conoscenza preliminare del parametro temporale di riferimento

che governa le 2 fasi.

La stima del flusso idrico globale all'interno di un bacino si deduce infatti, a partire dalle *Curve di Probabilità Pluviometrica* (vedi oltre), in corrispondenza di una determinata durata temporale t ; le stesse caratteristiche della portata di piena (portata massima, tempo di picco, volume di deflusso, idrogramma di piena, ecc.) dipendono dal medesimo valore temporale t noto come tempo di corrivazione (t_C).

- Stima del Tempo di corrivazione (t_C)

Il tempo di corrivazione t_C , è definibile come “il tempo richiesto ad una singola particella d’acqua per raggiungere, dal punto più distante, la sezione di chiusura del bacino”; sostanzialmente esso indica l’istante nel quale tutto il bacino sotteso dalla sezione di riferimento contribuirà, contemporaneamente, alla formazione del deflusso; se infatti la durata della pioggia t risulta inferiore a t_C le porzioni più distanti del bacino, alla fine della precipitazione (istante t), non avranno ancora contribuito al deflusso nella sezione di chiusura e quando questo avverrà, le zone più vicine alla sezione di chiusura avranno già smesso di contribuire.

Il calcolo del tempo di corrivazione è intrinsecamente oggetto di incertezza e in letteratura sono disponibili numerose formulazioni, tutte empiriche, ricavate da modelli basati su bacini reali, che tuttavia restituiscono valori anche significativamente diversi per lo stesso bacino. L’applicazione di una formula piuttosto che un’altra è quindi legata, qualora possibile, alla ricerca di una somiglianza tra il bacino in esame e il modello utilizzato. Nello studio qui condotto sono state considerate le principali formulazioni comunemente utilizzate in Italia (vedi Appendice A).

Tutte le formulazioni proposte richiedono la valutazione di alcuni parametri morfometrici, caratteristici del bacino stesso, tali analisi morfometriche preliminari sono state effettuata in ambiente GIS mediante diversi algoritmi di calcolo implementati nel software Q-Gis ed usando come base di elaborazione il Modello Digitale del Terreno (DTM) a passo 2 metri della Regione Sicilia (dati LIDAR, volo ATA 2012-2013).

Di seguito viene riportato il risultato dell’analisi, per ciascun sottobacino di interesse sia in termini di caratteristiche morfometriche, sia di stima finale del tempo di corrivazione.

SOTTOBACINO IMPLUVIO_INT01 (Area Nord) - Analisi morfometrica		
Superficie Totale Bacino	0.163	Km ²
Altezza Massima Bacino	488.9	metri (s.l.m.)
Altezza Media Bacino	429.79	metri (s.l.m.)
Lunghezza Asta Principale	0.728	km
Quota Sezione di Chiusura	376.06	metri (s.l.m.)
Pendenza Media Asta Principale	15.50	%
Pendenza Media Bacino	19.44	%
Curve Number	86.3	---

Utilizzando i suddetti parametri morfometrici sono stati ottenuti i seguenti valori del t_c :

	Tempo di corrivazione t_c (ore)	Parametri non morfometrici	note
Formula Giandotti	0.462		esclusa
Formula Viparelli	0.202	V = 1,0 m/s	
Formula Ventura	0.130		
Formula Pasini	0.135		
Formula Aronica e Paltrinieri	0.526	M= 0.250; d=0.810	
Formula Pezzoli	0.102		
Formula di Kirpich	0.107		
Formula SCS	0.195	CN = 86.3	
Formula Turazza	0.438		esclusa

Il valore finale utilizzato è stato quello rappresentato dalla media aritmetica dei valori sopra esposti, escludendo dal calcolo, in via cautelativa, le formule di Giandotti e Turazza, risulta pertanto:

$t_c = 0.200$ ore (pari a 11.97 minuti).

SOTTOBACINO IMPLUVIO_INT02 (Area Nord) - Analisi morfometrica		
Superficie Totale Bacino	0.134	Km ²
Altezza Massima Bacino	457.14	metri (s.l.m.)
Altezza Media Bacino	401.00	metri (s.l.m.)
Lunghezza Asta Principale	0.854	km
Quota Sezione di Chiusura	378.16	metri (s.l.m.)
Pendenza Media Asta Principale	9.25	%
Pendenza Media Bacino	10.67	%
Curve Number	86.0	---

Utilizzando i suddetti parametri morfometrici sono stati ottenuti i seguenti valori del t_C :

	Tempo di corrivazione t_C (ore)	Parametri non morfometrici	note
Formula Giandotti	0.718		esclusa
Formula Viparelli	0.237	V = 1,0 m/s	
Formula Ventura	0.153		
Formula Pasini	0.172		
Formula Aronica e Paltrinieri	0.808	M= 0.250; d=0.810	
Formula Pezzoli	0.154		
Formula di Kirpich	0.147		
Formula SCS	0.302	CN = 86.0	
Formula Turazza	0.397		esclusa

Il valore finale utilizzato è stato quello rappresentato dalla media aritmetica dei valori sopra esposti, escludendo dal calcolo, in via cautelativa, le formule di Giandotti e Turazza, risulta pertanto:

$t_C = 0.282$ ore (pari a 16.92 minuti).

SOTTOBACINO IMPLUVIO_INT01 (Area Sud) - Analisi morfometrica		
Superficie Totale Bacino	1.264	Km ²
Altezza Massima Bacino	474.00	metri (s.l.m.)
Altezza Media Bacino	348.36	metri (s.l.m.)
Lunghezza Asta Principale	2.84	km
Quota Sezione di Chiusura	304.93	metri (s.l.m.)
Pendenza Media Asta Principale	5.77	%
Pendenza Media Bacino	10.06	%
Curve Number	85.9	---

Utilizzando i suddetti parametri morfometrici sono stati ottenuti i seguenti valori del t_c :

	Tempo di corrivazione t_c (ore)	Parametri non morfometrici	note
Formula Giandotti	1.661		esclusa
Formula Viparelli	0.789	V = 1,0 m/s	
Formula Ventura	0.595		
Formula Pasini	0.689		
Formula Aronica e Paltrinieri	1.861	M= 0.250; d=0.810	
Formula Pezzoli	0.650		
Formula di Kirpich	0.439		
Formula SCS	0.818	CN = 85.9	
Formula Turazza	1.220		esclusa

Il valore finale utilizzato è stato quello rappresentato dalla media aritmetica dei valori sopra esposti, escludendo dal calcolo, in via cautelativa, le formule di Giandotti e Turazza, risulta pertanto:
 $t_c = 0.834$ ore (pari a 50.06 minuti).

SOTTOBACINO IMPLUVIO_INT01a (Area Sud) - Analisi morfometrica		
Superficie Totale Bacino	0.207	Km ²
Altezza Massima Bacino	354.13	metri (s.l.m.)
Altezza Media Bacino	336.49	metri (s.l.m.)
Lunghezza Asta Principale	1.01	km
Quota Sezione di Chiusura	309.06	metri (s.l.m.)
Pendenza Media Asta Principale	4.46	%
Pendenza Media Bacino	6.71	%
Curve Number	83.2	---

Utilizzando i suddetti parametri morfometrici sono stati ottenuti i seguenti valori del t_c :

	Tempo di corrivazione t_c (ore)	Parametri non morfometrici	note
Formula Giandotti	0.796		esclusa
Formula Viparelli	0.281	V = 1,0 m/s	
Formula Ventura	0.274		
Formula Pasini	0.304		
Formula Aronica e Paltrinieri	0.898	M= 0.250; d=0.810	
Formula Pezzoli	0.263		
Formula di Kirpich	0.221		
Formula SCS	0.481	CN = 83.2	
Formula Turazza	0.494		esclusa

Il valore finale utilizzato è stato quello rappresentato dalla media aritmetica dei valori sopra esposti, escludendo dal calcolo, in via cautelativa, le formule di Giandotti e Turazza, risulta pertanto:
 $t_c = 0.389$ ore (pari a 23.32 minuti).

SOTTOBACINO Int.23b (TOMBINO) - Analisi morfometrica		
Superficie Totale Bacino	0.903	Km ²
Altezza Massima Bacino	474	metri (s.l.m.)
Altezza Media Bacino	354.36	metri (s.l.m.)
Lunghezza Asta Principale	2.33	km
Quota Sezione di Chiusura	311.81	metri (s.l.m.)
Pendenza Media Asta Principale	6.96	%
Pendenza Media Bacino	10.85	%
Curve Number	86.5	---

Utilizzando i suddetti parametri morfometrici sono stati ottenuti i seguenti valori del t_c :

	Tempo di corrivazione t_c (ore)	Parametri non morfometrici	note
Formula Giandotti	1.398		esclusa
Formula Viparelli	0.647	V = 1,0 m/s	
Formula Ventura	0.458		
Formula Pasini	0.525		
Formula Aronica e Paltrinieri	1.569	M= 0.250; d=0.810	
Formula Pezzoli	0.486		
Formula di Kirpich	0.355		
Formula SCS	0.657	CN = 86.5	
Formula Turazza	1.031		esclusa

Il valore finale utilizzato è stato quello rappresentato dalla media aritmetica dei valori sopra esposti, escludendo dal calcolo, in via cautelativa, le formule di Giandotti e Turazza, risulta pertanto:
 $t_c = 0.671$ ore (pari a 40.26 minuti).

4.3 STIMA DEL FLUSSO IDRICO GLOBALE

Nella progettazione di opere idrauliche orientate al controllo ed allontanamento delle acque meteoriche o nelle valutazioni del rischio idraulico legato ad esondazioni di un corso d'acqua, è prioritariamente indispensabile procedere ad una stima della portata massima di piena che si verificherà in una determinata sezione del corso d'acqua, generalmente in corrispondenza del manufatto di interesse.

La piena, salvo casi eccezionali, è generata dalle precipitazioni meteoriche e la sua entità dipenderà da numerose variabili, che vanno dalla distribuzione stessa della pioggia, nel tempo e nello spazio, alle caratteristiche morfologiche del bacino e della rete idrografica. In siffatte condizioni è praticamente impossibile calcolare la massima portata prevedibile in senso deterministico, bisognerà quindi affrontare il problema nel solo modo possibile, e cioè in termini probabilistici.

La portata di piena va quindi considerata come una variabile casuale la quale, conseguentemente, dovrà essere stimata relativamente ad un livello di probabilità che essa ha di non essere superata o, meglio ancora, relativamente ad un periodo di tempo (detto tempo di ritorno) che intercorre, in media, tra due eventi in cui il valore di tale portata viene superato.

In genere, è possibile ricondurre l'analisi a due tipologie di studio, a seconda del tipo di informazioni di cui si dispone:

- a) stima della portata di piena di progetto dall'analisi probabilistica di osservazioni dirette di portata fatte in passato nel sito;
- b) stima della portata di piena di progetto attraverso l'analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino idrografico interessato e la simulazione conseguente del processo della loro trasformazione in deflussi.

L'analisi che seguirà si occupa del secondo caso, quello cioè riguardante il caso più comune di piccoli bacini idrografici non monitorati e di non eccessive dimensioni (al massimo qualche decina di km²), per i quali si dispone solo delle precipitazioni meteoriche al più in alcuni punti prossimi al bacino. La portata sarà stimata simulando, attraverso modelli matematici, l'afflusso meteorico nel bacino e successivamente il processo di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi.

Metodo TCEV Sicilia

Volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna innanzitutto ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno, assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno T genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento; in altre parole bisogna definire la *curva di probabilità pluviometrica*, indicata spesso con l'acronimo c.p.p., per la cui definizione è stato qui utilizzato il metodo TCEV.

Il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) permette di determinare le altezze di pioggia h e le relative intensità i , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto nell'ambito del progetto VA.PI. (Progetto per la Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), che ha avuto come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti ed appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica.

La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà riferimento alla procedura descritta nel Progetto VA.PI. Sicilia (Ferro e Cannarozzo, 1993) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni valori statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico G_t delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata t sia costante per la regione Sicilia. A questo livello la Sicilia viene pertanto ritenuta una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri di forma della funzione di probabilità cumulata $F_y(y)$, $\Theta^*=2.24$ e $\Lambda^*=0.71$ sono costanti ed indipendenti dalla durata t .

$$F_y(y) = \exp\left[\exp(-y) - \Lambda^* \exp\left(-\frac{y}{\Theta^*}\right)\right] \text{ con } y \geq 0$$

Il secondo livello di regionalizzazione riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è stata suddivisa in sei sottozone pluviometriche omogenee, ridotte poi a cinque dato che i valori del parametro Λ_1 delle zone Z0 e Z5 erano praticamente identici (Figg. 1 e 2).

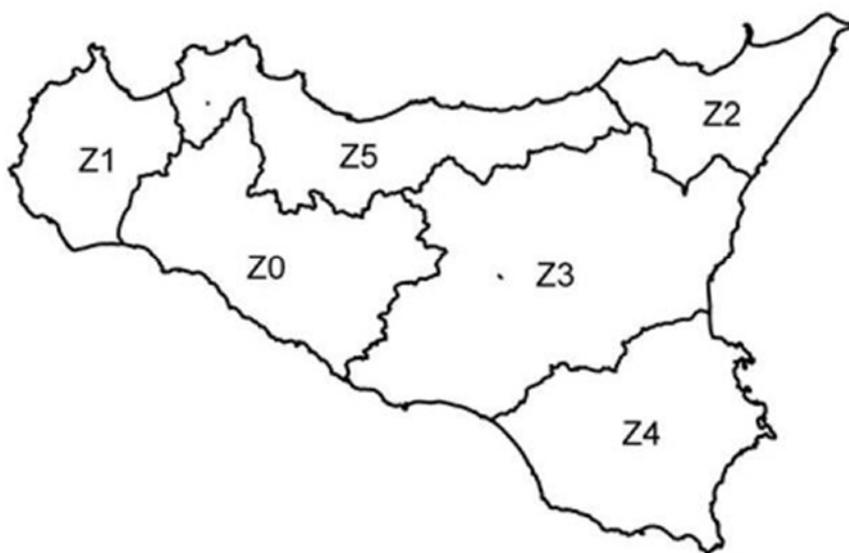


Fig. 1: Iniziale suddivisione in sei sottozone pluviometriche omogenee (Lo conti et al.2007)

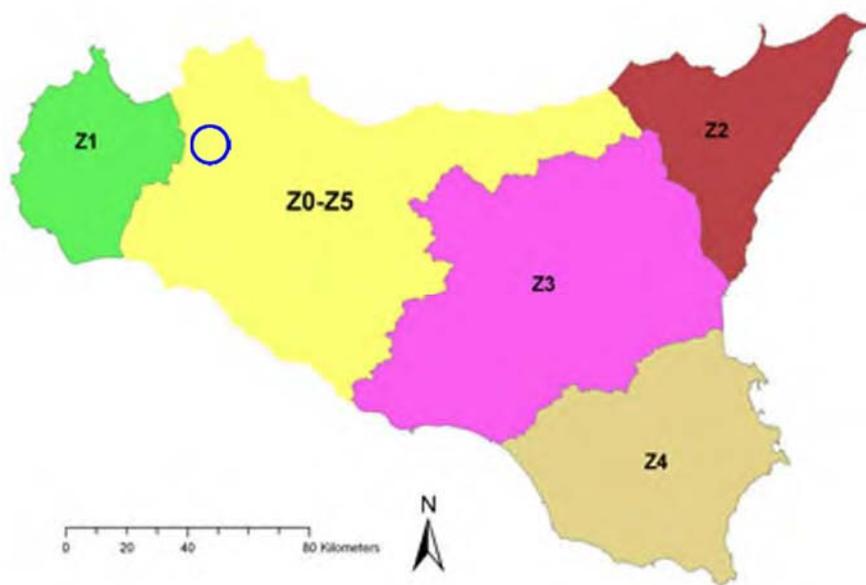


Fig. 2: Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia (Lo conti et al.2007)

A ciascuna sottozona è stato attribuito un valore costante del parametro Λ_1 (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo Λ_1 in tabella:

	Sottozona					
	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Λ_1	24,429	19,579	17,669	14,517	15,397	24,402

In ogni sottozona la variabile adimensionale K_T , denominata fattore di crescita, misura la variabilità degli eventi estremi alle diverse frequenze T (tempi di ritorno) ed assume la seguente espressione: $K_T = a \cdot \ln(T) + b$

dove i coefficienti a e b sono definiti in funzione della sottozona di riferimento come da tabella:

	Sottozona				
	Z0-Z5	Z1	Z2	Z3	Z4
a	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
b	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità μ e le grandezze, prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico), relative al sito di misura. Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h_{t/T} = K_T \cdot \mu(t)$$

dove $h_{t/T}$ rappresenta l'altezza di pioggia di assegnata durata t e fissato tempo di ritorno T .

Per ciascuna delle 172 stazioni siciliane considerate nel progetto VA.PI., che vantano almeno 10 anni di funzionamento, tra la media campionaria dei valori ed il tempo è stata riconosciuta una legge di regressione del tipo:

$$\mu(t) = a \cdot t^n$$

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti a ed n sono tabellati. Per i bacini idrografici sprovvisti di stazioni di misura, i coefficienti a ed n possono essere stimati sulla base della carta delle iso- a e delle iso- n di seguito presentate.

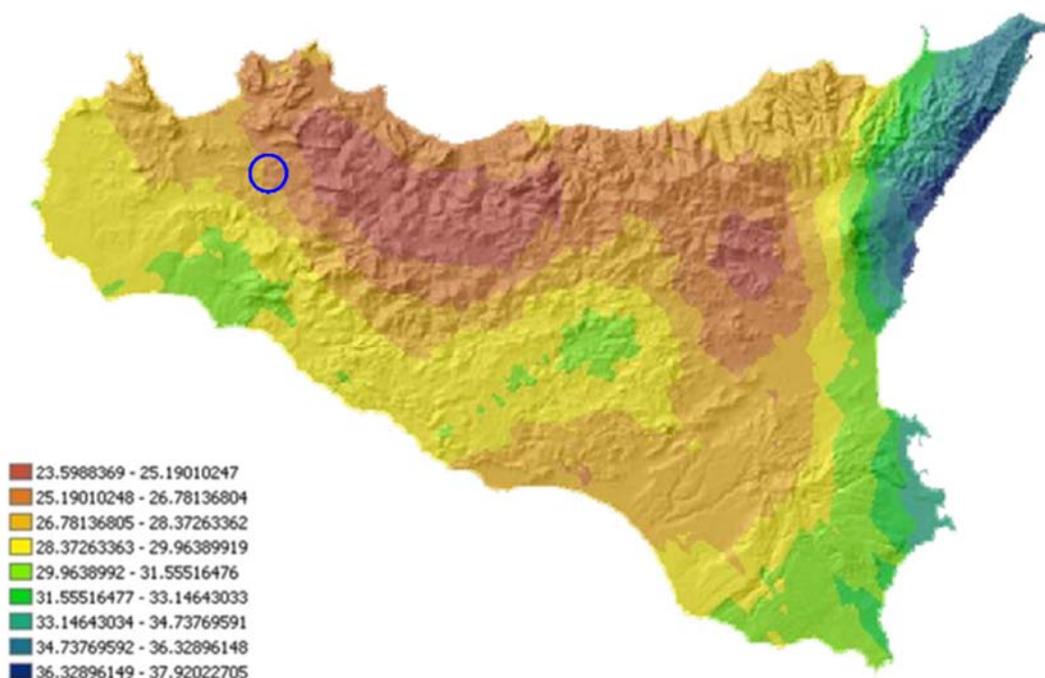


Fig. 3: Carta di distribuzione spaziale del parametro "a" per la regione Sicilia (Lo conti et al.2007)

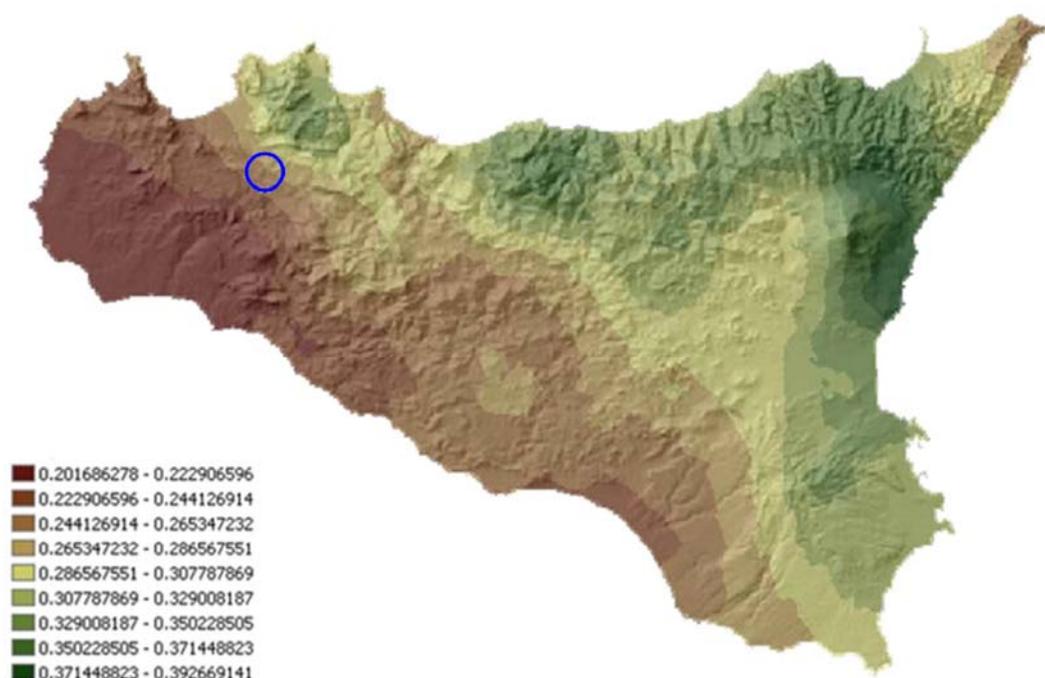


Fig. 4: Carta di distribuzione spaziale del parametro "n" per la regione Sicilia (Lo conti et al.2007)

- Considerazioni sulle Piogge Brevi

Relativamente alla ricostruzione delle *Curve di Probabilità Pluviometrica* è opportuno osservare che l'analisi degli eventi di pioggia brevi e di quelli lunghi mette in evidenza che essi seguono dinamiche meteorologiche differenti, sicché dai campioni di altezze h_t aventi durata $1 \leq t \leq 24$ ore non può essere tratta alcuna informazione inerente agli eventi brevi di durata inferiore ad 1 ora; la curva di probabilità pluviometrica, costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore, non può essere pertanto estrapolata per valori della durata t inferiore ad un'ora.

È stato tuttavia dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno T è relativamente poco dipendente dalla località e dipendente solo dalla durata t espressa in minuti.

Il valore del rapporto, per la regione Sicilia, può essere pertanto espresso utilizzando la formula di Ferreri-Ferro:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0.386}$$

opportunamente calibrata da Ferro e Bagarello (*"Rainfall depth-duration relationship for South Italy"*, 1996). Nell'ambito del presente studio, laddove sarà necessario valutare altezze critiche di pioggia per intervalli di durata inferiore ad 1 ora, verrà utilizzata l'equazione sopra esposta.

- Coefficiente di distribuzione areale della Pioggia (ARF)

Le altezze di pioggia che derivano dalle C.P.P. sono chiaramente altezze puntuali in quanto derivate da un'analisi statistica puntuale delle stazioni pluviometriche. Poiché dall'analisi dei dati di pioggia si è potuto verificare che la sua distribuzione spaziale non è mai del tutto uniforme per potere derivare a partire da queste altezze di pioggia puntuali una precipitazione distribuita su una certa superficie, pari a quella del bacino investito dall'evento e di una certa durata si può utilizzare un coefficiente areale di riduzione denominata ARF (Areal Reduction Factor).

In letteratura esistono varie espressioni per la valutazione del coefficiente ARF e apposite analisi per la sua determinazione sono state effettuate nell'ambito del già citato progetto VA.PI. riassumibili nella figura seguente:

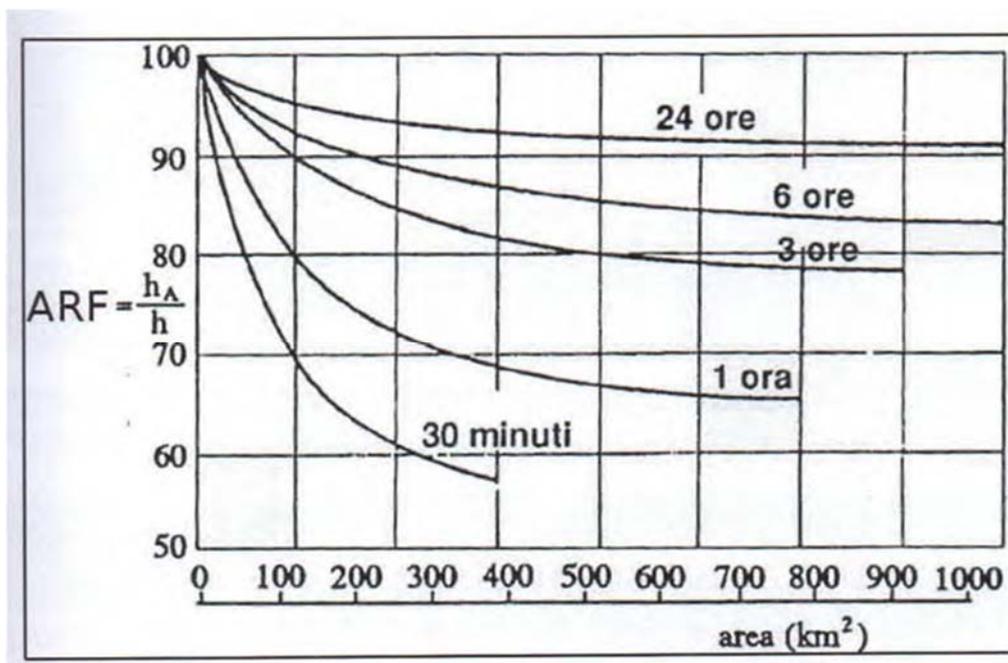


Fig. 5: Correlazione tra il coefficiente ARF e l'area del Bacino (VA.PI.)

- Curva di Probabilità Pluviometrica

Per il calcolo è stato innanzitutto computato il valore del fattore di crescita K_T per come precedentemente definito.

Considerando che tutti i sottobacini oggetto di analisi ricadono all'interno della zona Z0-Z5, in funzione dei relativi parametri a e b assegnati a tale zona, l'espressione per il calcolo del fattore di crescita assume la seguente forma: $K_T = 0,4485 \cdot \ln(T) + 0.5117$

Che per il tempo di ritorno "T" considerato fornisce il seguente valore:

T (anni)	K_T
5	1.234
30	2.037
50	2.266
100	2.577
200	2.888
300	3.070

Per quanto riguarda i valori di a ed n da utilizzare nella equazione $\mu(t) = a \cdot t^n$ sono stati usati i valori desunti dalle figg. 3 e 4, nello specifico:

$$a = 25.985 \quad \text{ed} \quad n = 0.275$$

Utilizzando quindi la già definita equazione $\mu(t) = a \cdot t^n$ è stato possibile ricostruire la C.P.P. per le canoniche durate di 1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore; alla curva canonica sono stati aggiunti i valori delle precipitazioni attese con durata inferiore ad 1 ora, secondo la già definita equazione di Ferreri-Ferro:

C.P.P. con $Tr=5$ anni

t (ore)	H_t/T (mm)
1	32.05
2	38.78
3	43.36
6	52.46
12	63.48
24	76.81

t (min)	H_t/T (mm)
5	12.28
10	16.05
15	18.77
30	24.53
40	27.41
50	29.88

C.P.P. con $Tr=30$ anni

t (ore)	H_t/T (mm)
1	52.94
2	64.05
3	71.61
6	86.64
12	104.84
24	126.85

t (min)	H_t/T (mm)
5	20.29
10	26.51
15	31.00
30	40.51
40	45.27
50	49.34

C.P.P. con $Tr=50$ anni

t (ore)	H_t/T (mm)
1	58.89
2	71.25
3	79.66
6	96.39
12	116.63
24	141.12

t (min)	H_t/T (mm)
5	22.57
10	29.49
15	34.49
30	45.06
40	50.36
50	54.89

C.P.P. con $Tr=100$ anni

t (ore)	H_t/T (mm)
1	66.97
2	81.03
3	90.59
6	109.61
12	132.63
24	160.48

t (min)	H_t/T (mm)
5	25.66
10	33.53
15	39.22
30	51.25
40	57.26
50	62.42

C.P.P. con $Tr=200$ anni

t (ore)	H_t/T (mm)
1	75.04
2	90.80
3	101.51
6	122.83
12	148.63
24	179.84

t (min)	H_t/T (mm)
5	28.76
10	37.58
15	43.95
30	57.43
40	64.17
50	69.94

C.P.P. con $Tr=300$ anni

t (ore)	H_t/T (mm)
1	79.77
2	96.52
3	107.91
6	130.57
12	157.98
24	191.16

t (min)	H_t/T (mm)
5	30.57
10	39.95
15	46.71
30	61.04
40	68.21
50	74.35

4.4 TRASFORMAZIONE DELL'AFFLUSSO IDRICO IN DEFLUSSO

Il fenomeno della trasformazione dell'afflusso idrico meteorico in deflusso superficiale, all'interno di un bacino idrografico investito da un evento meteorico, può essere studiato con vari metodi, in funzione dei dati disponibili e del grado di dettaglio che si intende ottenere. I vari metodi sono essenzialmente riconducibili a 3 tipologie:

- Concettuali: il fenomeno viene schematizzato nel dettaglio e scomposto nelle sue varie componenti, per ciascuna delle quali si adotta un modello matematico che simula quanto avviene nella singola componente.

- Statistiche: consistono in una mera analisi statistica dei deflussi ossia delle portate di piena del bacino (che debbono essere note), che vengono valutate sulla base di equazioni matematiche che possono dipendere anche dalle caratteristiche morfologiche del bacino stesso (ad esempio i metodi di regionalizzazione delle piene usato nel progetto Va.Pi.).

- Formule empiriche: le portate massime vengono calcolate sulla base di relazioni matematiche tarate su dati sperimentali.

La scelta di una tipologia piuttosto che un'altra viene fatta, ovviamente, sulla base dei dati disponibili ma anche in funzione dei risultati che si intende ottenere, infatti:

Le *Formule Empiriche* forniscono la portata massima e il tempo di picco;

I *Metodi statistici* forniscono la portata massima, tempo di picco e volumi;

I *Metodi concettuali* forniscono tutte le caratteristiche complete della piena.

Nel presente studio il problema è stato trattato con l'utilizzo del codice di calcolo HEC-HMS il quale si basa esclusivamente sull'utilizzo di metodi concettuali, per come sopra definiti.

- Descrizione del codice di calcolo HEC-HMS

Il software HEC-HMS, Hydrologic Modeling System, è un programma informatico rilasciato gratuitamente dall'Hydrologic Engineering Center dell'USACE (US Army Corps of Engineers) per l'esecuzione di modellazioni idrologiche di bacini idrografici, di qualsivoglia natura, anche in ambito urbano.

Al suo interno sono implementate le principali formulazioni utilizzate nella pratica idrologica per il calcolo delle perdite per infiltrazione, del volume di deflusso e per la trasformazione afflussi-deflussi con possibilità di considerare anche il contributo del deflusso di base nonché la propagazione dell'onda di piena nei canali, il contributo di invasi naturali o artificiali ecc.

Il software, in definitiva, permette di descrivere quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sulla superficie di un bacino imbrifero e in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i suoi collettori drenanti. I passaggi procedurali della modellazione sono:

- Separazione delle piogge
- Formazione della piena
- Propagazione della piena
- Eventuale contributo del Deflusso di base

Il software permette di usare una notevole moltitudine di metodi per ciascuna delle quattro componenti base della modellazione; senza entrare nel dettaglio delle basi teoriche che portano agli algoritmi matematici, per le singole componenti verranno di seguito esposti sinteticamente i passaggi

necessari per la modellizzazione, gli input utilizzati, i metodi di calcolo usati e infine verranno presentati i risultati finali delle simulazioni.

I) Modellizzazione del Bacino idrografico

La modellizzazione del bacino idrografico in Hec-HMS consiste in un mero inserimento dei vari elementi idrografici quali eventuali sottobacini, giunzioni tra impluvi, pozzi, sorgenti, serbatoi ecc.

II) Predisposizione del modello Meteorologico

Consiste nella definizione delle condizioni pluviometriche da utilizzare nella modellazione; tra i vari metodi implementati nel software è stato utilizzato quello della Curva di Probabilità Pluviometrica (Frequency Storm), per come già definite nel paragrafo precedente (C.P.P.).

Un parametro di particolare importanza, richiesto in tale tipologia di simulazione, è la durata dell'evento di pioggia; le varie simulazioni effettuate, indicano infatti che la modellazione risultata sensibile alla variazione di tale parametro; nelle semplici formule empiriche per la valutazione della portata al colmo, che in genere si basano sulla nota formula razionale o su formule similari, si assume l'ipotesi di una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione e con intensità costante nel tempo.

L'utilizzo di una durata temporale dell'evento pari al tempo di corrivazione, in linea di massima appare congruo con la finalità del presente studio, il quale mira alla definizione di portate non in relazione a manufatti da costruire in aree urbane, densamente abitate, che possono richiedere, in via cautelativa, l'utilizzato di un evento piovoso di maggior durata; in tutte le simulazioni qui effettuate, in ogni caso, la durata dell'evento di pioggia considerato (in via cautelativa) è stata sempre superiore al tempo di corrivazione.

III) Inserimento del metodo per il calcolo della pioggia netta (metodo SCS-CN)

La metodologia SCN-CN, sviluppata dall'Ente Statunitense Soil Conservation Service a partire dal 1972 è, ad oggi, una delle metodologie più diffuse per il calcolo della pioggia netta e delle portate di piena negli studi idrologici.

Il metodo infatti, seppur con un approccio semplificato, non solo permette di considerare un tasso di infiltrazione variabile nel tempo ma tiene conto anche della natura litologica del suolo, della tipologia di copertura (uso del suolo) ed eventualmente delle condizioni di umidità del suolo precedenti all'evento meteorico.

La relazione fondamentale del metodo CN è data dall'equazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (I)$$

dove

P_{net} = precipitazione netta cumulata (Altezza di pioggia effettiva al tempo t_c)

P = precipitazione totale cumulata (ossia H critica)

S = massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione

I_a = perdita iniziale

Dalle analisi dei risultati ottenuti dall'SCS su numerosi piccoli bacini sperimentali è stata ottenuta la correlazione empirica $I_a = 0.2 \cdot S$, in funzione della quale la (I) assume la forma:

$$P_{net} = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{P + 0.8 \cdot S} \quad (II)$$

Dove, a sua volta il valore S viene ottenuto attraverso l'utilizzo di un parametro intermedio, denominato appunto **Curve Number** (CN) secondo la relazione:

$$S = \frac{25400 - 254 \cdot CN}{CN} \quad (III)$$

Il CN è di fatto un numero adimensionale che varia da 100 per corpi perfettamente impermeabili a circa 30 per suoli permeabili con elevati tassi di infiltrazione; esso quindi, è legato alla natura del terreno, al tipo di copertura vegetale e di fatto rappresenta un affidabile indice sulla permeabilità di un areale.

- Natura del terreno

Per quanto riguarda la natura del terreno l'SCS ha individuato quattro tipologie di suolo:

GRUPPO A	Suoli con scarsa potenzialità di deflusso; sabbie o ghiaie profonde con pochissimo limo e/o argilla. Capacità di infiltrazione molto elevata
GRUPPO B	Suoli con moderata potenzialità di deflusso; la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi del gruppo A e con un'aliquota di argilla e limo maggiore. Elevata capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
GRUPPO C	Suoli con potenzialità di deflusso medio-alta; suoli con elevate quantità di argilla e limo. Scarsa capacità di infiltrazione.
GRUPPO D	Suoli con potenzialità di deflusso molto elevata; argille con elevata capacità di rigonfiamento, suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in prossimità della superficie. Scarsa capacità di infiltrazione a saturazione

- Tipo di copertura

In funzione della natura del terreno e del tipo di copertura, derivante dall'uso del suolo, è possibile ottenere il valore del parametro CN, in genere da tabelle basate su studi regionali o di bacino, strutturate come quella della tabella seguente:

Tipo di copertura (uso del suolo)	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
<u>TERRENO COLTIVATO</u>				
Coltivazioni non curate	72	81	88	91
Coltivazioni ben curate	.....	.....	.....	....
<u>TERRENO DA PASCOLO</u>				
Cattive condizioni	.....	.....	.....	....
Buone condizioni	.....	.....	.....	....
<u>PRATERIE</u> , Buone condizioni.....	.....	.....	.....	....

Fig. 06: Struttura tipo delle tabelle per la determinazione del CN(II)

Nella letteratura di riferimento sono presenti varie versioni della tabella di Fig. 06, con valori relativamente a voci similari, non sempre univoci. In effetti le originali tabelle dello USDA (United States Department of Agriculture) sono state spesso adattate in funzione di specificità locali (colture agrarie o litologie specifiche).

Nel presente studio, non avendo riscontrato riferimenti ufficiali dell'AdB-Sicilia, sono stati utilizzati quelli proposti nel documento emesso dal Dipartimento della Protezione Civile Siciliana "P.O. FESR 2007/2013 - LINEA DI INTERVENTO 2.3.1.6. Piano Regionale per la predisposizione di studi e cartografie di base e tematiche a supporto della Pianificazione comunale e intercomunale di Protezione Civile", integralmente riportati in calce (Appendice B).

Per quanto riguarda la definizione del tipo di copertura (uso del suolo) e della natura litologia del terreno (potenzialità di deflusso) sono state utilizzate rispettivamente:

- la Carta Uso del Suolo, Corine Land Cover, disponibile tramite il servizio WMS SITR - Regione Sicilia (Tavola 07).

- Carta Litologica della Sicilia disponibile sul Portale della Protezione Civile della Regione Sicilia all'indirizzo: www.protezioneciviliesicilia.it (Tavola 08).

Nello specifico i sottobacini risultano interessati da varie tipologie di substrato litologico classificate rispettivamente come:

- Tipologia A (capacità di infiltrazione molto elevata): (**A-A**) Materiale incoerente ad elementi lapidei eterogenei ed eterometrici spigolosi, in matrice sabbiosa; (**B**) Sabbie e ghiaie a grana da media a grossolana; (**TRV-1**) Orto e paraconglomerati che si alternano con sabbie grossolane ciottolose.

- Tipologia B (capacità di infiltrazione elevata): (**B2**) Depositi eluvio-colluviali con ghiaie, sabbie e limi; (**Bn-Gn**) Ghiaie, sabbie e limi argillosi;

- Tipologia C (scarsa capacità di infiltrazione): (**SIC**) Argille siltoso-marnose con intercalazioni di siltiti e arenarie quarzose; (**TAV**) Marne e peliti in cui si intercalano arenarie quarzose; (**AI**) Accumuli gravitativi caotici di materiali in matrice argilloso-sabbiosa;

- Tipologia D (scarsa capacità di infiltrazione): (**CIP**) Argille e marne sabbiose.

Per quanto riguarda la tipologia di copertura, allo stato attuale, i sottobacini risultano caratterizzati principalmente da terreni ad uso agricolo prevalentemente a seminativo semplice e/o vigneti.

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i dettagli per il calcolo del CN globale, per ogni singolo sottobacino oggetto di studio, ottenuto mediante somma aritmetica ponderale dei valori riportati nell'appendice B, tenendo conto sia delle varie litologie presenti all'interno del sottobacino, che della tipologia di copertura.

SOTTOBACINO IMPLUVIO_INT01 (Area Nord)				
Uso del Suolo	Classe di terreno	% di copertura	CN da tabella	Peso
<i>Seminativo Semplice e/o Colture Erbacee Estensive</i>	C	77.91	88	68.6
<i>Vigneti</i>	C	17.18	88	15.1
<i>Praterie aride calcaree</i>	C	3.07	86	2.6
<i>Aree Assimilabili Ad Impermeabili</i>	---	1.84	---	---
Totale		100		86.3

SOTTOBACINO IMPLUVIO_INT02 (Area Nord)				
Uso del Suolo	Classe di terreno	% di copertura	CN da tabella	Peso
<i>Seminativo Semplice e/o Colture Erbacee Estensive</i>	C	48.51	88	42.7
<i>Vigneti</i>	C	49.25	88	43.3
<i>Aree Assimilabili Ad Impermeabili</i>	---	2.24	---	---
Totale		100		86.0

SOTTOBACINO IMPLUVIO_INT01 (Area Sud)				
Uso del Suolo	Classe di terreno	% di copertura	CN da tabella	Peso
<i>Seminativo Semplice e/o Colture Erbacee Estensive</i>	A	1.98	72	1.4
	B	24.92	81	20.2
	C	20.97	88	18.4
	D	39.64	92	36.1
<i>Vigneti</i>	B	4.43	81	3.6
	C	2.69	88	2.4
	D	2.53	91	2.3
<i>Incolto (Prato stabile)</i>	A	0.47	30	0.1
<i>Borghi e fabbricati rurali (Tessuto urbano discontinuo)</i>	B	0.95	85	0.8
	D	0.63	92	0.6
<i>Aree Assimilabili Ad Impermeabili</i>	---	0.79	---	---
Totale		100		85.9

SOTTOBACINO IMPLUVIO_INT01a (Area Sud)				
Uso del Suolo	Classe di terreno	% di copertura	CN da tabella	Peso
<i>Seminativo Semplice e/o Colture Erbacee Estensive</i>	B	68.60	81	55.6
	D	28.99	92	26.4
<i>Borghi e fabbricati rurali (Tessuto urbano discontinuo)</i>	B	1.45	85	1.2
<i>Aree Assimilabili Ad Impermeabili</i>	---	0.97	---	---
Totale		100		83.2

SOTTOBACINO Int.23b (TOMBINO)				
Uso del Suolo	Classe di terreno	% di copertura	CN da tabella	Peso
<i>Seminativo Semplice e/o Colture Erbacee Estensive</i>	A	0.66	72	0.5
	B	17.83	81	14.4
	C	29.35	88	25.8
	D	39.31	92	35.8
<i>Vigneti</i>	B	3.54	81	2.9
	C	3.77	88	3.3
	D	3.43	91	3.1
<i>Incolto (Prato stabile)</i>	A	0.66	30	0.2
<i>Borghi e fabbricati rurali (Tessuto urbano discontinuo)</i>	B	0.22	85	0.2
	D	0.33	92	0.3
<i>Aree Assimilabili Ad Impermeabili</i>	---	0.89	---	---
Totale		100		86.5

Nel calcolo del CN totale non sono state considerate eventuali aree assimilabili a superfici perfettamente impermeabili (CN = 100) quali, laghi, paludi stagni, ecc., poiché tale valore, con il metodo per il calcolo della pioggia netta SCS Curve Number, qui utilizzato, è considerato specificatamente. Tale metodo, infatti, oltre al valore del CN richiede la valutazione di un secondo parametro denominato "Impervious", relativo alla porzione di bacino ritenuta appunto "impermeabile".

IV) Metodo per la trasformazione degli afflussi idrici netti in deflussi

Per la trasformazione dell'afflusso in onda di piena tra i vari metodi proposti è stato utilizzato l'SCS Unit Hydrograph Method (Metodo dell'Idrogramma Unitario del Soil Conservation Service);

tutti i metodi implementati nel software sono comunque riconducibili alla Teoria dell'Idrogramma Unitario. L'SCS Unit Hydrograph Method come unico parametro richiede l'inserimento del Tempo di Ritardo di inizio formazione della piena (Lag Time) ricavabile dal tempo di corrivazione mediante l'espressione: $TL=0.6*t_c$.

V) Eventuale inserimento del metodo per la valutazione di un deflusso di base

Consiste nell'inserimento di eventuali flussi non riconducibili ad eventi meteorici quali, sorgenti, emissari di invasi naturali o artificiali, ecc. Nel presente studio, non è stato rilevato alcun deflusso di base.

4.5 STIMA DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

In questo paragrafo vengono riportati i risultati delle simulazioni idrologiche eseguite con la metodologia esposta nel paragrafo precedente. In accordo con le indicazioni del D.S.G. 119/2022 per il calcolo delle fasce di pertinenza fluviale, è stata valutata la Portata di Picco Massima ed il volume totale di deflusso per *eventi di piena ordinaria* con Tempo di Ritorno pari a 5 anni.

- Analisi idrologica Sottobacino Impluvio_INT01 (Area Nord)

La sezione di chiusura, ubicata immediatamente a valle del sotto-impianto orientale dell'area di impianto FV-1, sottende un sottobacino idrografico, vedi Tav. 06(I), avente un'estensione areale di 0.163 km² ed una lunghezza dell'asta principale che drena il sottobacino di 0.728 km.

Per la modellazione, oltre alla relativa C.P.P. sono stati utilizzati i seguenti parametri input:

Sottobacino idrografico	Durata Evento meteo (ore)	Passo Temporale Analisi (minuti)	Durata Massima Intensità (minuti)	Picco di pioggia	Curve Number	Impervious (%)	Lag Time (minuti)
Impluvio-INT01 (Area Nord)	1.0 *	2.0	5.0	1/3 durata	86.3	1.84	7.18

*5,01 volte il tempo di corrivazione

Risultati della simulazione

Tempo di ritorno 5 anni	
0.9	Portata di picco in m³/s
1.5	Deflusso totale 1000*m³

Come descritto in precedenza Hec-HMS permette le valutazioni di molteplici parametri ed in particolare consente di valutare l'andamento del deflusso idrico nel tempo, anche dopo il termine dell'evento, andando di fatto a ricostruire un idrogramma del flusso idrico. I risultati di dettaglio della simulazione, sia in forma grafica che tabellare, sono riportati nell'Appendice C.

- Analisi idrologica Sottobacino Impluvio_INT02 (Area Nord)

La sezione di chiusura, ubicata immediatamente a valle del sotto-impianto occidentale dell'area di impianto FV-1, sottende un sottobacino idrografico, vedi Tav. 06(I), avente un'estensione areale di 0.134 km² ed una lunghezza dell'asta principale che drena il sottobacino di 0.854 km.

Per la modellazione, oltre alla relativa C.P.P. sono stati utilizzati i seguenti parametri input:

Sottobacino idrografico	Durata Evento meteo (ore)	Passo Temporale Analisi (minuti)	Durata Massima Intensità (minuti)	Picco di pioggia	Curve Number	Impervious (%)	Lag Time (minuti)
<i>Impluvio-INT02 (Area Nord)</i>	1.0*	2.0	5.0	1/3 durata	86.0	2.24	10.15

*3,55 volte il tempo di corrivazione

Risultati della simulazione

Tempo di ritorno 5 anni	
0.6	Portata di picco in m³/s
1.2	Deflusso totale 1000*m³

I risultati di dettaglio della simulazione, sia in forma grafica che tabellare, sono riportati nell'Appendice C.

- Analisi idrologica Sottobacino Impluvio_INT01 (Area Sud)

La sezione di chiusura, ubicata immediatamente a valle dell'area di impianto FV-3, sottende un sottobacino idrografico, vedi Tav. 06(I), avente un'estensione areale di 1.264 km² ed una lunghezza dell'asta principale che drena il sottobacino di 2.84 km.

Per la modellazione, oltre alla relativa C.P.P. sono stati utilizzati i seguenti parametri input:

Sottobacino idrografico	Durata Evento meteo (ore)	Passo Temporale Analisi (minuti)	Durata Massima Intensità (minuti)	Picco di pioggia	Curve Number	Impervious (%)	Lag Time (minuti)
<i>Impluvio-INT01 (Area Sud)</i>	1.0*	5.0	5.0	1/3 durata	85.9	0.79	30.04

*1,19 volte il tempo di corrivazione

Risultati della simulazione

Tempo di ritorno 5 anni	
3.1	Portata di picco in m³/s
11.1	Deflusso totale 1000*m ³

I risultati di dettaglio della simulazione, sia in forma grafica che tabellare, sono riportati nell'Appendice C.

- Analisi idrologica Sottobacino Impluvio_INT01a (Area Sud)

La sezione di chiusura, ubicata alla confluenza con l'impluvio INT_01 (Area Sud), sottende un sottobacino idrografico, vedi Tav. 06 (I), avente un'estensione areale di 0.207 km² ed una lunghezza dell'asta principale che drena il sottobacino di 1.01 km.

Per la modellazione, oltre alla relativa C.P.P. sono stati utilizzati i seguenti parametri input:

Sottobacino idrografico	Durata Evento meteo (ore)	Passo Temporale Analisi (minuti)	Durata Massima Intensità (minuti)	Picco di pioggia	Curve Number	Impervious (%)	Lag Time (minuti)
Impluvio-INT01a (Area Sud)	1.0 *	3.0	5.0	1/3 durata	83.2	0.97	13.99

*2,57 volte il tempo di corrivazione

Risultati della simulazione

Tempo di ritorno 5 anni	
0.6	Portata di picco in m³/s
1.4	Deflusso totale 1000*m³

I risultati di dettaglio della simulazione, sia in forma grafica che tabellare, sono riportati nell'Appendice C.

- Analisi idrologica Sottobacino Int.23b (TOMBINO)

La sezione di chiusura ubicata in corrispondenza del punto (Int.23b) in cui verrà posizionato il tombino, sottende un sottobacino idrografico (Tav. 06b) avente un'estensione areale di 0.903 km² ed una lunghezza dell'asta principale che drena il sottobacino di 2.330 km.

Per la modellazione, oltre alla relativa C.P.P. sono stati utilizzati i seguenti parametri input:

Sottobacino idrografico	Durata Evento meteo (ore)	Passo Temporale Analisi (minuti)	Durata Massima Intensità (minuti)	Picco di pioggia	Curve Number	Impervious (%)	Lag Time (minuti)
<i>Impluvio-Int.23b</i>	1.0*	4.0	5.0	1/3 durata	86.5	0.89	24.16

*1,49 volte il tempo di corrivazione

Risultati della simulazione

<i>Tempo di ritorno</i>				
Tr 50	Tr 100	Tr 200	Tr 300	
8.8	10.9	13.0	14.4	Portata di picco in m³/s
26.1	32.2	38.4	42.2	Deflusso totale 1000*m ³

I risultati di dettaglio della simulazione, sia in forma grafica che tabellare, sono riportati nell'Appendice C.

5. ANALISI IDRAULICA

Le analisi idrauliche sono state effettuate mediante modellazioni numeriche utilizzando i codici di calcolo del software HEC-RAS (versione 5.0.7), distribuito gratuitamente dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center, (www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras); il codice Hec-RAS permette il calcolo di profili idraulici sia in moto permanente che in moto vario ed è utilizzabile in canali naturali o artificiali, anche in ambiente urbano.

Il software allo stato attuale presenta numerose caratteristiche che lo rendono estremamente affidabile, prima fra tutte la possibilità di effettuare modellazioni sia monodimensionali che bidimensionali, in regime di moto permanente o di moto vario e anche la possibilità di effettuare modellazioni combinate 1D-2D; nelle simulazioni è inoltre possibile inserire attraversamenti (ponti o tombini) sia a pelo libero che in pressione.

5.1 MODELLAZIONE IDRAULICA 2D – DEFINIZIONE DELLE FASCE DI PERTINENZA

Per la definizione delle *fasce di pertinenza fluviale* delle interferenze individuate, in ottemperanza ai contenuti del D.S.G. n. 119/2022 emanato dell'Autorità di Bacino della Regione Sicilia, è stata analizzata la capacità di convogliamento dell'impluvio, con riferimento alle portate di massima piena, valutate nello studio idrologico per tempi di ritorno pari a 5 anni, allo scopo di definire l'areale di terreno occupato dalla piena ordinaria da cui computare l'area di rispetto (10 metri). In funzione di tale finalità per le simulazioni è stata utilizzata una modellazione bidimensionale e quindi, necessariamente, in Regime di Moto Vario.

In questa sede si tralascia la descrizione dei principi teorici e delle equazioni utilizzate nel software per le quali si rimanda ai manuali ufficiali, liberamente scaricabili all'indirizzo web sopra riportato nella sezione "Documentation", limitandosi ad illustrare i soli parametri di input utilizzati nel calcolo riguardanti:

- *Geometria dell'area di simulazione*
- *Coefficienti di scabrezza del suolo*
- *Condizioni a contorno*
- *Passo temporale delle simulazioni*
- *Durata delle simulazioni ed equazioni utilizzate*

Geometria delle aree di simulazione:

L'area bidimensionale oggetto di studio può essere singola, oppure suddivisa in più zone, in funzione della morfologia del terreno e dei risultati che si intendono ottenere, essa comunque deve avere dimensioni tali da non interferire con le superfici di allagamento. L'area di studio, ai fini della simulazione, viene suddivisa in maglie di calcolo (mesh) con dimensioni in genere funzione dell'estensione dell'area di studio stessa.

L'utilizzo di maglie di calcolo piccole (5x5 metri o inferiori) permette una elevata stabilità nei calcoli e soprattutto una elevata precisione nei risultati finali, tuttavia, l'uso di maglie di calcolo molto piccole può portare a tempi di elaborazione estremamente lunghi; risulta allora possibile utilizzare una griglia di calcolo con maglie anche grandi che tuttavia viene "raffittita" nell'intorno delle aree di maggior interesse, ovvero in corrispondenza delle aree di interferenza.

Si evidenzia che nel definire la geometria delle aree bidimensionali l'algoritmo di calcolo di Hec-RAS, ai volumi finiti, permette di utilizzare non necessariamente maglie di calcolo strutturate (ossia di forma quadrangolare) ma anche maglie non strutturate di forma poligonale irregolare ma con non più di 8 lati. Nelle aree di confine, o al contatto con un qualsivoglia elemento idraulico, la maglia di calcolo (mesh) si adatterà automaticamente ai vari contorni con maglie poligonali.

Per quanto riguarda la base plano-altimetrica del terreno è stato utilizzato il *Modello Digitale del Terreno* (DTM) a passo 2 metri della Regione Sicilia (dati LIDAR, volo ATA 2012), il quale tuttavia, tenuto conto delle modeste dimensioni trasversali degli impluvi oggetto di analisi, non è risultato adeguato nel definire la morfologia delle incisioni in modo sufficientemente accurato; pertanto in considerazione di ciò il DTM di base, limitatamente all'intorno dell'incisioni idrografica, è stato integrato con i dati di un rilievo diretto di campagna.

Coefficienti di scabrezza:

Come coefficienti di scabrezza sono stati utilizzati i *Coefficienti di resistenza di Manning* con valori tipici per "corsi d'acqua minori con larghezza a piene rive inferiori a 30 metri", in considerazione di alvei in ambiente montuoso/collinare e sponde con alberi e cespugli, quindi generalmente compresi tra 0,030 e 0,050 s/m^{1/3} (Chow V.T. 1959).

Condizioni a contorno:

Le condizioni a contorno in HEC-RAS definiscono le condizioni di “ingresso” ed “uscita”, del flusso idrico dall’area di simulazione; nelle simulazioni sono state utilizzate almeno due condizioni a contorno (Boundary Condition):

- BC_M_x, condizioni di monte (in ingresso) relative alle portate di piena degli impluvi (condizione *Flow Hydrograph*).
- BC_V_x, condizione di valle (in uscita), utilizzando sempre la condizione *Normal Depth*.

Nelle simulazioni in moto vario (richieste dalle modellazioni bidimensionali) non è possibile usare come condizioni di monte (in ingresso) portate costanti ma risulta necessario utilizzare portate variabili nel tempo, ovvero un *idrogramma di piena*.

Poiché, ovviamente, per questo tipo di corso d’acqua non si dispone di idrogrammi di piena, piuttosto che utilizzare “idrogrammi ricostruiti” con varie tecniche, più o meno aderenti alla realtà del bacino, nelle simulazioni sono stati utilizzati gli idrogrammi di piena ottenuti dalla modellazione idrologica con Hec-HMS e riportati sia in forma grafica che analitica nelle tabelle dell’Appendice C (Colonna Total Flow).

Passo Temporale:

Ai fini della stabilità del calcolo e di una corretta soluzione finale, un altro parametro cruciale nelle simulazioni in moto vario è rappresentato dal “passo temporale” della simulazione (*computation interval*) indicato con Δt ; valori di Δt che generalmente garantiscono un buon risultato sono solitamente inferiori ai 4 secondi.

Durata della simulazione ed equazioni utilizzate:

La durata della simulazione deve essere sufficientemente ampia da consentire il raggiungimento dei battenti idrici massimi ed a visualizzare il successivo ritiro delle acque, pertanto dipende dalla durata della precipitazione e dal tempo di corrivazione del sottobacino.

Per quanto riguarda le equazioni utilizzate per risolvere i calcoli bidimensionali, Hec-RAS permette di utilizzare 2 set di equazioni, quelle *complete di Saint Venant* o quelle di *Diffusione dell’onda in 2D* (Diffusion Wave). Nel presente studio è stato utilizzato il metodo, di default del software, della *Diffusion Wave*, raccomandato dagli sviluppatori del software poiché oltre a garantire una maggiore stabilità nei calcoli consente tempi di esecuzione sensibilmente inferiori. Per quanto riguarda i parametri relativi alle tolleranze da considerare nei calcoli, sono stati lasciati quelli di

default previsti dal software.

5.2 PARAMETRI DI INPUT E RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

In questo paragrafo, per ogni sottobacino studiato, vengono riportati i parametri di input definiti sopra ed i risultati della simulazione.

5.2.1 Analisi idraulica Impluvio-INT01 (Area Nord)

L'incisione idrografica denominata INT_01 (Area Nord) è stata studiata idraulicamente per un tratto totale di circa 350 metri. Come già descritto al paragrafo 3.3 si tratta di un impluvio di 1° ordine, senza una denominazione specifica sulla cartografia IGMI o sulle CTR, che sotto forma di "fiancheggiamento", ovvero una interferenza indiretta, borda tutto il perimetro nord-occidentale del sottocampo orientale FV-1. Allo stato attuale l'incisione si presenta discretamente marcata nelle sue dimensioni naturali ed è in stato di abbandono a seguito di interramenti naturali e/o talora dovuti alle lavorazioni agrarie e per presenza di vegetazione in alveo. Per la seguente analisi è stato considerato un alveo regolarizzato nelle sue dimensioni naturali e correttamente mantenuto, ovvero una sezione trapezoidale con le dimensioni minime riportate in figura 07.

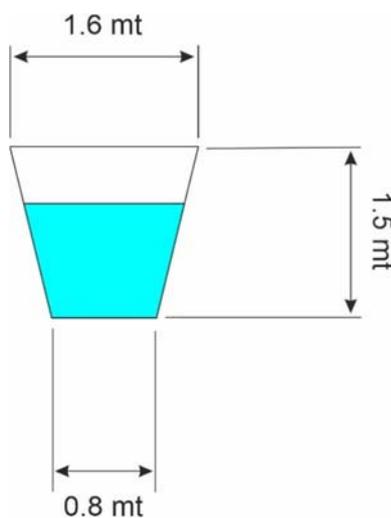


Fig. 07: Sezione modellazione Impluvio_INT01 (Area Nord)

Parametri di input – Impluvio_INT01 (Area Nord)		<i>note</i>
<i>Area Di Calcolo Bidimensionale</i>	Unica	Fig.08
<i>Dimensioni Della Maglia Di Calcolo</i>	2x2	Nessun raffittimento
<i>Coefficienti Di Manning</i>	0.05	unico
<i>Condizione Di Monte (BC_M1)</i>	Flow Hydrograph	E.G. slope=0.18; idrogramma Fig.09
<i>Condizione Di Valle (BC_V1)</i>	Normal Depth	0.11
<i>Passo Temporale Simulazione</i>	1,0	(secondi)
<i>Durata Simulazione</i>	03:00	ore : minuti
<i>Equazioni Di Calcolo</i>	Diffusion Wave	
<i>Parametri Tolleranze Calcoli</i>	di Default	



Fig. 08: Aree oggetto di studio idraulico bidimensionale

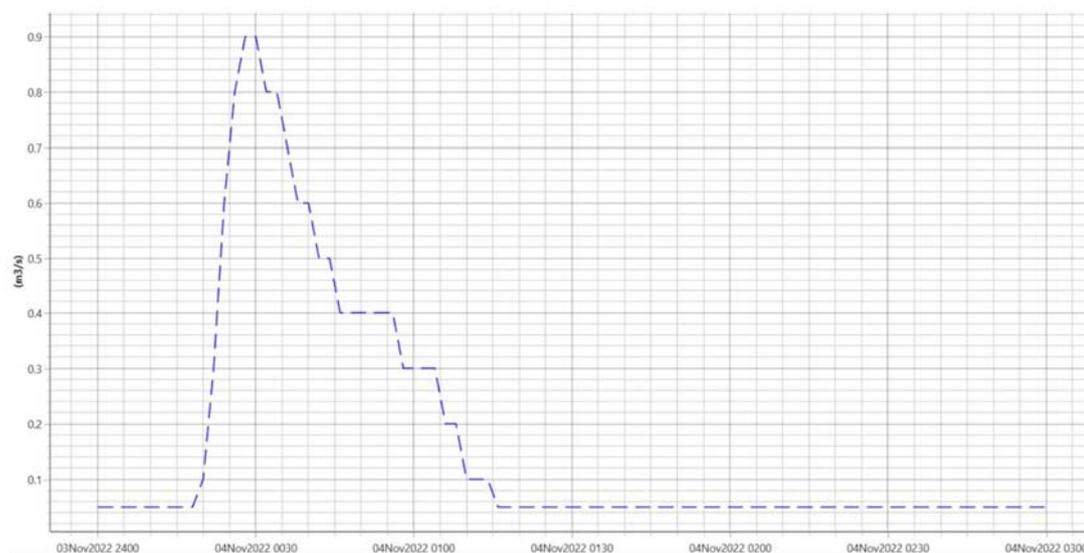


Fig. 09: Idrogramma di piena con $Tr = 5$ anni; *Impluvio SB_INT01 (Area Nord)*

5.2.2 Analisi idraulica Impluvio-INT01 (Area Sud)

L'interferenza relativa all'impluvio INT_01 (Area Sud) è stata studiata idraulicamente per un tratto totale di circa 500 metri. Come già descritto al paragrafo 3.3 si tratta di un impluvio di 2° ordine, ramo di testa in destra idraulica del Vallone di Malvello, che dapprima da N a S, come interferenza diretta, taglia il campo FV-3 per poi disporsi in direzione NE-SO, come fiancheggiamento, lungo il suo perimetro sud-orientale. Allo stato attuale l'incisione idrografica si presenta discretamente marcata ed in stato di abbandono per presenza di vegetazione in alveo o per interramenti naturali.

Il tracciato dell'impluvio presenta, per alcuni segmenti, delle piccole difformità tra quanto rilevato e quanto riportato nelle C.T.R. Per la simulazione è stata seguita la direttrice naturale del corso d'acqua considerando un alveo regolarizzato nelle sue dimensioni naturali e correttamente mantenuto, ovvero una sezione trapezoidale con le dimensioni minime riportate in figura 10.

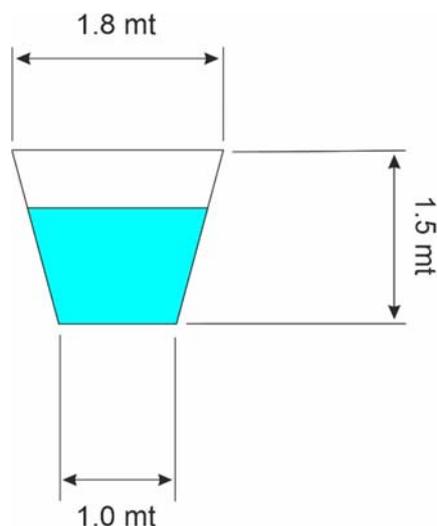


Fig. 10: Sezione modellazione Impluvio_INT01 (Area Sud)

Parametri di input – Impluvio_INT01 (Area Sud)		<i>note</i>
<i>Area Di Calcolo Bidimensionale</i>	Unica	Fig.11
<i>Dimensioni Della Maglia Di Calcolo</i>	2x2	Nessun raffittimento
<i>Coefficienti Di Manning</i>	0.05	unico
<i>Condizione Di Monte (BC_M1)</i>	Flow Hydrograph	E.G. slope=0.01; idrogramma Fig.12
<i>Condizione Di Valle (BC_V1)</i>	Normal Depth	0.052
<i>Passo Temporale Simulazione</i>	1,0	(secondi)
<i>Durata Simulazione</i>	05:00	ore : minuti
<i>Equazioni Di Calcolo</i>	Diffusion Wave	
<i>Parametri Tolleranze Calcoli</i>	di Default	



Fig. 11: Aree oggetto di studio idraulico bidimensionale

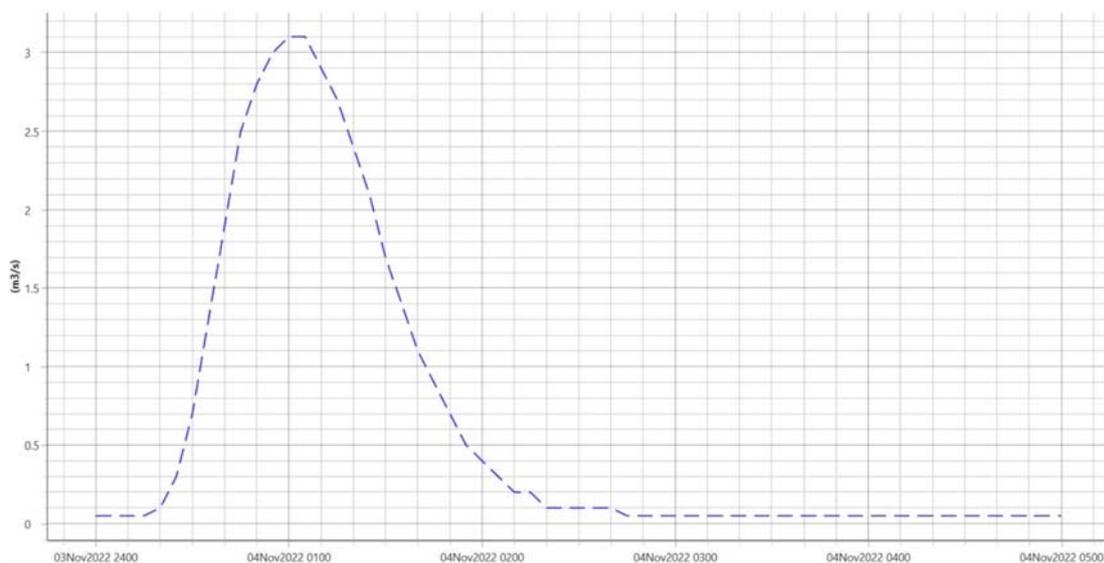


Fig. 12: Idrogramma di piena con $Tr = 5$ anni; *Impluvio SB_INT01 (Area Sud)*

- Risultati della simulazione

Nella Tavola 09, relativamente agli impluvi INT_01 (Area Nord) e INT_01 (Area Sud), vengono riportati, in forma grafica, rispettivamente i risultati delle simulazioni in termini di superficie di terreno occupata dalla piena ordinaria con Tr pari a 5 anni e la relativa fascia di pertinenza fluviale per come definite nel D.S.G. 119/2022 ovvero mediante distanziamento di 10 metri (Buffer) dal limite di piena ordinaria.

5.2.3 Analisi idraulica delle altre interferenze

Nella Tavola 10 sono riportate le fasce di rispetto degli elementi idrografici, non oggetto di analisi idraulica, nonché degli invasi artificiali individuati. Per tali elementi, come argomentato al paragrafo 3.3, non si è ritenuto significativo procedere con alcun tipo di studio di approfondimento ritenendo congrua l'applicazione di una fascia di rispetto (fascia di pertinenza fluviale) di 11 metri dagli impluvi e di 10 metri dagli invasi artificiali.

5.3 MODELLAZIONE IDRAULICA 1D – ATTRAVERSAMENTI NUOVA VIABILITA'

In funzione delle finalità dello studio (dimensionamento di tombino e valutazione del franco idraulico) è stata ritenuta idonea una *modellazione monodimensionale* in regime di *Moto Permanente* utilizzando come portata in ingresso (ai sensi del DSG 71/2022) i valori delle portate di massima piena per Tr 50, 100, 200 e 300 anni ottenute in precedenza per l'interferenza Int.23b e considerando come portata di verifica, la piena con Tr a 200 anni, secondo i criteri di compatibilità idraulica espressi nella Circolare Esplicativa NTC-2018 del 21 gennaio 2019 (Par. C5.1.2.3), valutando pertanto la portata con Tr 300 anni come *analisi del rischio residuo*.

5.3.1 Metodologia dell'analisi idraulica

Anche in questo caso si tralascia la descrizione dei principi teorici e delle molteplici possibilità di modellazione, in termini di equazioni messe a disposizione dal software, per le quali si rimanda ai manuali ufficiali, limitandosi ad evidenziare unicamente i parametri di input utilizzati nel calcolo riguardanti:

- *Geometrie dell'area di simulazione*
- *Geometria del Tombino e relativi parametri idraulici*
- *Coefficienti di scabrezza (del canale e dei tombini)*
- *Condizioni a contorno*

- Geometria

L'areale di simulazione è stato esteso per un tratto di circa 120 metri, a monte ed a valle del manufatto, in progetto; i dati geometrici relativi al terreno sono stati ricavati mediante una interpolazione lineare, con passo a 1 metro, del Modello Digitale del Terreno (DTM) effettuata in ambiente GIS.

Per quanto riguarda il tombino di attraversamento, da intendersi come da norme NTC 2018, ovvero *un manufatto totalmente rivestito in sezione in grado di condurre portate fino a 50 m³/s*, è stata considerata una geometria rettangolare.

- Coefficienti di scabrezza del suolo

I coefficienti di scabrezza del suolo (coefficienti di Manning) sono stati fissati in funzione della natura del substrato e della copertura vegetale rispettivamente, in 0,030 s*m^{1/3} per il canale centrale e di 0,040 s*m^{1/3} per le zone golenali.

- Condizioni a contorno e portate di Piena

Per quanto riguarda le condizioni a contorno (Boundary Conditions), necessarie per la simulazione, sia monte che a valle è stata utilizzata la condizione di *Critical Depth*, con un regime di flusso “Misto”; HEC-RAS modifica automaticamente il regime di flusso all'occorrenza.

Per quanto riguarda i parametri relativi alle tolleranze ed ai settaggi da considerare nei calcoli sono stati lasciati quelli di default previsti dal software.

5.3.2 Parametri di input e risultati delle modellazioni

In questo paragrafo vengono riportati gli input utilizzati nella modellazione nonché i risultati, sia in forma grafica che tabellare; nello specifico verranno restituiti:

- Modello 3D con inserimento del manufatto e tiranti idraulici ex-ante/ex-post;
- Confronto longitudinale ex-ante/ex-post dei principali parametri idraulici della simulazione;
- Valutazione quantitativa sul franco idraulico

Parametri di input		
		<i>note</i>
n° sezioni di analisi	10	
Sviluppo lineare simulazione	120	metri
Geometria area di simulazione	-----	Fig. 13
Geometria e parametri idraulici tombino	-----	Fig. 15
Condizione al contorno di monte	-----	Critical Depth (Upstream)
Condizione al contorno di valle	-----	Critical Depth (Downstream)
Regime di moto	Permanente	a pelo libero (Low Flow Methods)
Regime di flusso	Misto	(mixed)
Portata di progetto (Tr 50)	8.8	m ³ /s
Portata di progetto (Tr 100)	10.9	m ³ /s
Portata di progetto (Tr 200)	13.0	m ³ /s
Portata di progetto (Tr 300)	14.4	m ³ /s

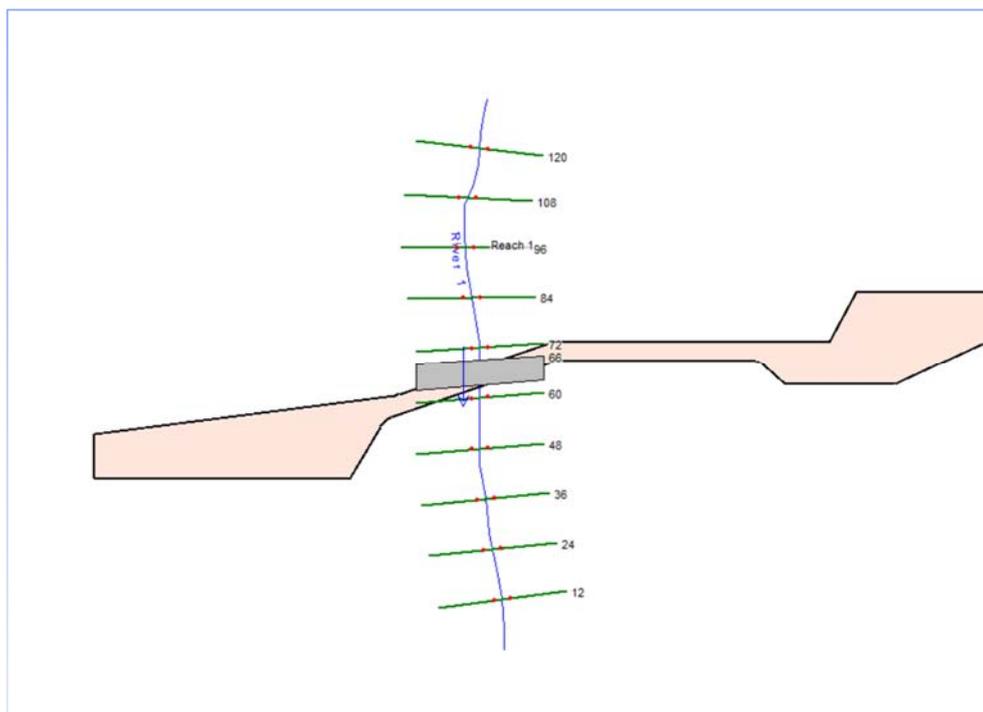


Fig 13: Geometria area di simulazione (HEC-RAS); Impluvio INT.23a

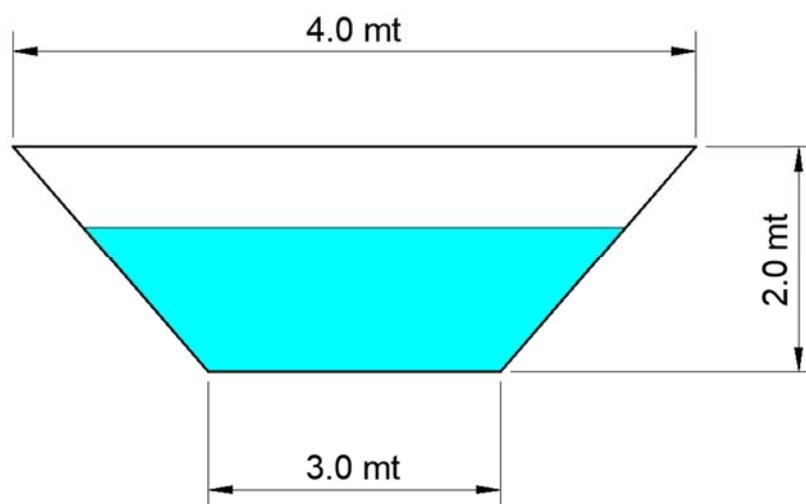


Fig. 14: Sezione rimodellazione impluvio (intorno tombino)

Culvert Data Editor

Add ... Copy Delete ... Culvert Group: Culvert #1

Solution Criteria: Computed Flow Co Rename ...

Shape: Box Span: 3 Rise: 2

Chart #: 8 - flared wingwalls

Scale #: 1 - Wingwall flared 30 to 75 deg.

Distance to Upstrm XS: 2.5

Culvert Length: 7

Entrance Loss Coeff: 0.5

Exit Loss Coeff: 1

Manning's n for Top: 0.011

Manning's n for Bottom: 0.013

Depth to use Bottom n: 0

Depth Blocked: 0

Upstream Invert Elev: 309.97

Downstream Invert Elev: 309.77

Culvert Barrel Data

Barrel Centerline Stations # Barrels: 1

Barrel Name	US Sta	DS Sta
1 Tombino 1	15	15
2		
3		
4		
5		

Barrel GIS Data: Tombino 1
Length: 0

X	Y
1	
2	
3	
4	
5	

Individual Barrel Centerlines ... Show on Map OK Cancel Help

Select culvert to edit

Fig. 15: Parametri idraulici tombino (culvert)

- Risultati della simulazione

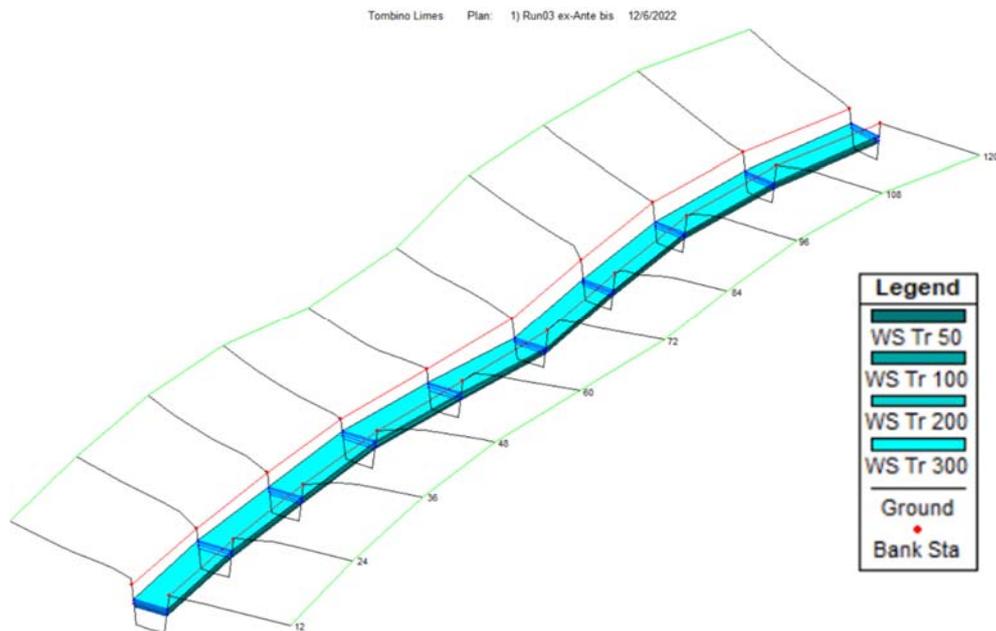


Fig. 16: Geometria 3D; condizione ante-operam

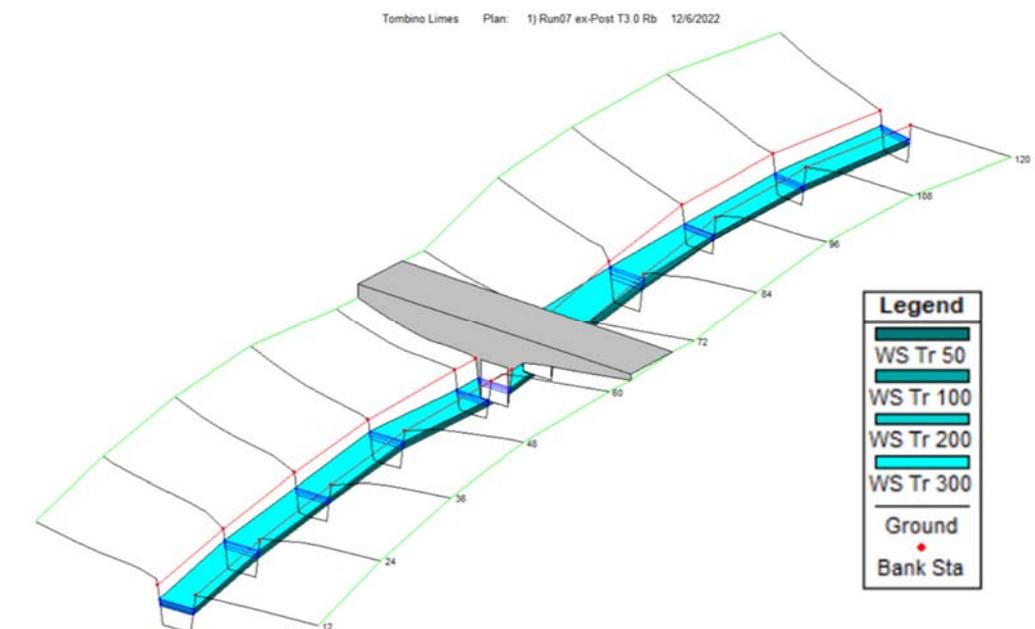


Fig. 17: Geometria 3D; condizione post-operam

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)
Reach 1	120	Tr 50	Run03 ex-Ante bis	8.80	311.32	312.26	312.26	0.014864	2.93	3.46
Reach 1	120	Tr 50	Run07 ex-Post T3.0 Rb	8.80	311.32	312.26	312.26	0.014853	2.93	3.46
Reach 1	120	Tr 100	Run03 ex-Ante bis	10.90	311.32	312.40	312.40	0.014935	3.13	3.53
Reach 1	120	Tr 100	Run07 ex-Post T3.0 Rb	10.90	311.32	312.40	312.40	0.014934	3.13	3.53
Reach 1	120	Tr 200	Run03 ex-Ante bis	13.00	311.32	312.53	312.53	0.015026	3.30	3.60
Reach 1	120	Tr 200	Run07 ex-Post T3.0 Rb	13.00	311.32	312.53	312.53	0.015038	3.30	3.60
Reach 1	120	Tr 300	Run03 ex-Ante bis	14.40	311.32	312.61	312.61	0.015122	3.40	3.64
Reach 1	120	Tr 300	Run07 ex-Post T3.0 Rb	14.40	311.32	312.61	312.61	0.015116	3.40	3.64
Reach 1	108	Tr 50	Run03 ex-Ante bis	8.80	310.98	311.74	311.92	0.028670	3.68	3.37
Reach 1	108	Tr 50	Run07 ex-Post T3.0 Rb	8.80	310.98	311.74	311.92	0.028670	3.68	3.37
Reach 1	108	Tr 100	Run03 ex-Ante bis	10.90	310.98	311.86	312.06	0.027600	3.88	3.44
Reach 1	108	Tr 100	Run07 ex-Post T3.0 Rb	10.90	310.98	311.86	312.06	0.027602	3.88	3.44
Reach 1	108	Tr 200	Run03 ex-Ante bis	13.00	310.98	311.98	312.19	0.026847	4.05	3.49
Reach 1	108	Tr 200	Run07 ex-Post T3.0 Rb	13.00	310.98	311.98	312.19	0.026842	4.05	3.49
Reach 1	108	Tr 300	Run03 ex-Ante bis	14.40	310.98	312.05	312.27	0.026295	4.14	3.53
Reach 1	108	Tr 300	Run07 ex-Post T3.0 Rb	14.40	310.98	312.05	312.27	0.026297	4.14	3.53
Reach 1	96	Tr 50	Run03 ex-Ante bis	8.80	310.65	311.42	311.59	0.027371	3.63	3.38
Reach 1	96	Tr 50	Run07 ex-Post T3.0 Rb	8.80	310.65	311.42	311.59	0.027369	3.63	3.38
Reach 1	96	Tr 100	Run03 ex-Ante bis	10.90	310.65	311.54	311.73	0.027333	3.87	3.44
Reach 1	96	Tr 100	Run07 ex-Post T3.0 Rb	10.90	310.65	311.54	311.73	0.027337	3.87	3.44
Reach 1	96	Tr 200	Run03 ex-Ante bis	13.00	310.65	311.65	311.86	0.027123	4.07	3.49
Reach 1	96	Tr 200	Run07 ex-Post T3.0 Rb	13.00	310.65	311.65	311.86	0.027123	4.07	3.49
Reach 1	96	Tr 300	Run03 ex-Ante bis	14.40	310.65	311.71	311.94	0.027090	4.19	3.53
Reach 1	96	Tr 300	Run07 ex-Post T3.0 Rb	14.40	310.65	311.71	311.94	0.027093	4.19	3.53
Reach 1	84	Tr 50	Run03 ex-Ante bis	8.80	310.31	311.07	311.25	0.028116	3.66	3.38
Reach 1	84	Tr 50	Run07 ex-Post T3.0 Rb	8.80	310.31	311.46	311.25	0.007901	2.34	3.57
Reach 1	84	Tr 100	Run03 ex-Ante bis	10.90	310.31	311.19	311.39	0.028036	3.90	3.43
Reach 1	84	Tr 100	Run07 ex-Post T3.0 Rb	10.90	310.31	311.71	311.39	0.006683	2.34	3.70
Reach 1	84	Tr 200	Run03 ex-Ante bis	13.00	310.31	311.30	311.52	0.027902	4.11	3.49
Reach 1	84	Tr 200	Run07 ex-Post T3.0 Rb	13.00	310.31	311.94	311.52	0.005960	2.35	3.81
Reach 1	84	Tr 300	Run03 ex-Ante bis	14.40	310.31	311.36	311.60	0.027851	4.23	3.52
Reach 1	84	Tr 300	Run07 ex-Post T3.0 Rb	14.40	310.31	312.09	311.60	0.005634	2.36	3.89
Reach 1	72	Tr 50	Run03 ex-Ante bis	8.80	309.97	310.73	310.91	0.028453	3.68	3.37
Reach 1	72	Tr 50	Run07 ex-Post T3.0 Rb	8.80	309.97	311.49	310.91	0.003374	1.72	3.76
Reach 1	72	Tr 100	Run03 ex-Ante bis	10.90	309.97	310.85	311.05	0.028094	3.91	3.43
Reach 1	72	Tr 100	Run07 ex-Post T3.0 Rb	10.90	309.97	311.74	311.05	0.003305	1.81	3.88
Reach 1	72	Tr 200	Run03 ex-Ante bis	13.00	309.97	310.95	311.18	0.028172	4.12	3.49
Reach 1	72	Tr 200	Run07 ex-Post T3.0 Rb	13.00	309.97	311.96	311.18	0.003246	1.87	4.00
Reach 1	72	Tr 300	Run03 ex-Ante bis	14.40	309.97	311.02	311.26	0.028140	4.25	3.52
Reach 1	72	Tr 300	Run07 ex-Post T3.0 Rb	14.40	309.97	312.11	311.26	0.003040	1.91	5.12

Fig. 18a: Confronto parametri idraulici ex ante / ex post

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)
Reach 1	60	Tr 50	Run03 ex-Ante bis	8.80	309.77	310.72	310.71	0.014479	2.91	3.47
Reach 1	60	Tr 50	Run07 ex-Post T3.0 Rb	8.80	309.77	310.47	310.71	0.037084	4.03	3.34
Reach 1	60	Tr 100	Run03 ex-Ante bis	10.90	309.77	310.87	310.85	0.013929	3.05	3.55
Reach 1	60	Tr 100	Run07 ex-Post T3.0 Rb	10.90	309.77	310.59	310.85	0.034371	4.19	3.41
Reach 1	60	Tr 200	Run03 ex-Ante bis	13.00	309.77	311.02	310.98	0.013606	3.18	3.62
Reach 1	60	Tr 200	Run07 ex-Post T3.0 Rb	13.00	309.77	310.71	310.98	0.032440	4.33	3.46
Reach 1	60	Tr 300	Run03 ex-Ante bis	14.40	309.77	311.11	311.06	0.013378	3.25	3.67
Reach 1	60	Tr 300	Run07 ex-Post T3.0 Rb	14.40	309.77	310.78	311.06	0.031424	4.41	3.50
Reach 1	48	Tr 50	Run03 ex-Ante bis	8.80	309.58	310.63	310.52	0.010515	2.59	3.52
Reach 1	48	Tr 50	Run07 ex-Post T3.0 Rb	8.80	309.58	310.63	310.52	0.010515	2.59	3.52
Reach 1	48	Tr 100	Run03 ex-Ante bis	10.90	309.58	310.79	310.66	0.010513	2.76	3.60
Reach 1	48	Tr 100	Run07 ex-Post T3.0 Rb	10.90	309.58	310.79	310.66	0.010514	2.76	3.60
Reach 1	48	Tr 200	Run03 ex-Ante bis	13.00	309.58	310.93	310.79	0.010606	2.91	3.67
Reach 1	48	Tr 200	Run07 ex-Post T3.0 Rb	13.00	309.58	310.93	310.79	0.010606	2.91	3.67
Reach 1	48	Tr 300	Run03 ex-Ante bis	14.40	309.58	311.02	310.87	0.010675	2.99	3.72
Reach 1	48	Tr 300	Run07 ex-Post T3.0 Rb	14.40	309.58	311.02	310.87	0.010673	2.99	3.72
Reach 1	36	Tr 50	Run03 ex-Ante bis	8.80	309.44	310.38	310.38	0.014833	2.93	3.46
Reach 1	36	Tr 50	Run07 ex-Post T3.0 Rb	8.80	309.44	310.38	310.38	0.014833	2.93	3.46
Reach 1	36	Tr 100	Run03 ex-Ante bis	10.90	309.44	310.52	310.52	0.014916	3.13	3.53
Reach 1	36	Tr 100	Run07 ex-Post T3.0 Rb	10.90	309.44	310.52	310.52	0.014916	3.13	3.53
Reach 1	36	Tr 200	Run03 ex-Ante bis	13.00	309.44	310.65	310.65	0.015035	3.30	3.60
Reach 1	36	Tr 200	Run07 ex-Post T3.0 Rb	13.00	309.44	310.65	310.65	0.015034	3.30	3.60
Reach 1	36	Tr 300	Run03 ex-Ante bis	14.40	309.44	310.73	310.73	0.015104	3.40	3.64
Reach 1	36	Tr 300	Run07 ex-Post T3.0 Rb	14.40	309.44	310.73	310.73	0.015108	3.40	3.64
Reach 1	24	Tr 50	Run03 ex-Ante bis	8.80	309.22	310.25	310.16	0.011140	2.65	3.51
Reach 1	24	Tr 50	Run07 ex-Post T3.0 Rb	8.80	309.22	310.25	310.16	0.011140	2.65	3.51
Reach 1	24	Tr 100	Run03 ex-Ante bis	10.90	309.22	310.40	310.30	0.011197	2.82	3.59
Reach 1	24	Tr 100	Run07 ex-Post T3.0 Rb	10.90	309.22	310.40	310.30	0.011198	2.82	3.59
Reach 1	24	Tr 200	Run03 ex-Ante bis	13.00	309.22	310.55	310.43	0.011284	2.97	3.66
Reach 1	24	Tr 200	Run07 ex-Post T3.0 Rb	13.00	309.22	310.55	310.43	0.011283	2.97	3.66
Reach 1	24	Tr 300	Run03 ex-Ante bis	14.40	309.22	310.64	310.51	0.011300	3.06	3.71
Reach 1	24	Tr 300	Run07 ex-Post T3.0 Rb	14.40	309.22	310.64	310.51	0.011296	3.06	3.71
Reach 1	12	Tr 50	Run03 ex-Ante bis	8.80	309.07	310.01	310.01	0.014852	2.93	3.46
Reach 1	12	Tr 50	Run07 ex-Post T3.0 Rb	8.80	309.07	310.01	310.01	0.014852	2.93	3.46
Reach 1	12	Tr 100	Run03 ex-Ante bis	10.90	309.07	310.15	310.15	0.014919	3.13	3.53
Reach 1	12	Tr 100	Run07 ex-Post T3.0 Rb	10.90	309.07	310.15	310.15	0.014919	3.13	3.53
Reach 1	12	Tr 200	Run03 ex-Ante bis	13.00	309.07	310.28	310.28	0.014981	3.29	3.60
Reach 1	12	Tr 200	Run07 ex-Post T3.0 Rb	13.00	309.07	310.28	310.28	0.014981	3.29	3.60
Reach 1	12	Tr 300	Run03 ex-Ante bis	14.40	309.07	310.36	310.36	0.015126	3.40	3.64
Reach 1	12	Tr 300	Run07 ex-Post T3.0 Rb	14.40	309.07	310.36	310.36	0.015131	3.40	3.64

Fig. 18b: Confronto parametri idraulici ex ante / ex post

Con riferimento al tempo di verifica Tr 200 anni, i risultati della simulazione, riportati nelle tabelle di figura 18a e 18b, in relazione ai parametri idraulici più indicativi, ovvero al *tirante idraulico* (W.S. Elevation) ed al valore di *velocità totale* (vel chnl) indicano che l'inserimento del

tombino implica un aumento del tirante idraulico appena monte del tombino (Sez. 72), nell'ordine di circa 1 metro con una diminuzione, tuttavia della velocità di deflusso, mentre a valle (Sez. 60) il tirante per effetto del tombino va a diminuire a fronte di un aumento della velocità di deflusso pari a circa 1,1 m/s, comunque moderato e anche in senso assoluto con velocità inferiori al valore limite indicato in letteratura di 5 m/s come prima soglia significativa ai fini delle "Schiuosità" dell'acqua e molto inferiore al valore critico di 15 m/s. Le alterazioni dei parametri idraulici in ogni caso tendono rapidamente a normalizzarsi già una decina di metri a valle del tombino. L'aumento del tirante idraulico, in ogni caso, implica una modesta esondazione dell'impluvio appena a monte dell'impluvio unicamente con riferimento a Tr 300 anni

- Valutazioni sul franco idraulico del tombino

In figura 19 sono riportate rispettivamente le sezioni di monte e valle del tombino con evidenziate l'altezza del tirante idrico per Tr 200 anni.

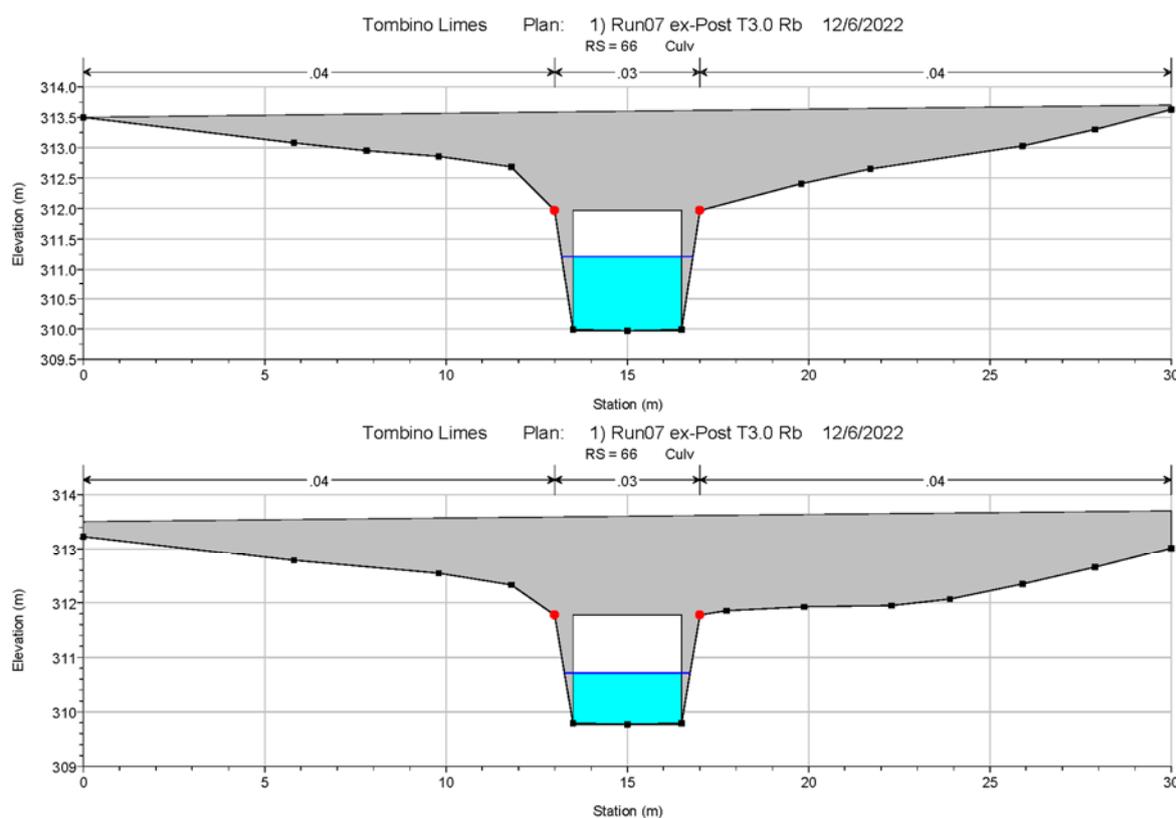


Fig. 19: Sezioni tombino INT.23.a (scala altezza esagerata); Tirante idrico Tr 200 anni

La modellazione indica:

Tempo di Ritorno 200 anni	Altezza Tirante Idrico (metri)	Franco Netto (metri)
Sezione di Monte	1.24	0.76
Sezione di Valle	0.94	1.06

Pertanto considerando un tombino di progetto di forma rettangolare (Fig. 15), con *dimensioni minime* in larghezza (*Span*) pari a 3.00 metri e in altezza (*Rise*) di 2.0 metri, la simulazione indica una verifica positiva, ovvero la compatibilità idraulica del manufatto, *con un tirante idrico inferiore ai 2/3 dell'altezza del tombino* (limite 1.33 metri) e garantendo un *franco netto minimo* superiore ai 0.5 metri come previsto nelle NTC 2018 per gli attraversamenti con tombino (Par. C5.1.2.3 - Compatibilità Idraulica).

Relativamente alla valutazione del rischio residuo il tombino risulta in grado di contenere anche una portata di piena con tempo di ritorno a 300 anni, anche in questo caso con valori del franco idraulico compatibili con quanto previsto dalle NTC2018.

6. ANALISI SULL'INVARIANZA IDRAULICA DEL PROGETTO

Nel presente paragrafo verrà analizzato il progetto dal punto di vista del *Principio dell'Invarianza Idraulica*, in accordo con quanto previsto dalla *Direttiva AdB-Sicilia prot. 6834 del 11/10/2019* dove, in relazione all'art. 5 delle Norme di Attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del Dipartimento Territorio e Ambiente della Regione Sicilia, per Invarianza Idraulica ed Idrologica si definiscono rispettivamente:

- Invarianza idraulica

Principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate o di nuova urbanizzazione nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

- Invarianza idrologica

Principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

Nello specifico, con riferimento alle "Linee Guida" contenute nel D.D.G. n. 102 dell'AdB del 23/06/2021, sono state effettuate le considerazioni di merito relativamente alle variazioni di natura morfologica o idraulica apportate dal progetto e che, potenzialmente, vanno ad incidere nelle portate e nei volumi di deflusso meteorico, tenendo in debito conto anche le opere di mitigazione che saranno messe in atto proprio ai fini del rispetto del principio dell'*Invarianza Idraulica*. L'analisi è stata condotta in maniera numerica calcolando il **volume di invarianza** (ovvero il volume di acque da laminare/infiltrare) mediante il Metodo Semplificato delle Piogge.

6.1 CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO PER LA LAMINAZIONE

Tenuto conto del *Basso Potenziale di Impermeabilizzazione* delle trasformazioni di progetto (vedi oltre), per il calcolo idrologico dei volumi da invasare è parso idoneo l'utilizzo del "metodo semplificato delle piogge", per come descritto al punto A.4 dell'Allegato 2 del già citato D.D.G. n. 102/2021 DRU/AdB Sicilia.

- Determinazione del coefficiente di deflusso medio ponderale post-operam

Il metodo semplificato delle piogge richiede innanzitutto la valutazione del *Coefficiente di deflusso medio ponderale* (post-operam) ϕ_t , per la cui determinazione sono stati utilizzati i valori proposti nell'Allegato 2 del D.D.G. 102/2021 (Fig 20), utilizzando per le aree interessate dalla posa dei moduli fotovoltaici il valore $\phi = 0,3$ (vedi appendice D).

Per il calcolo del coefficiente di deflusso ϕ sarà possibile adoperare una metodologia approfondita basata sulle più diffuse formule dei manuali tecnici di idrologia e idraulica, che tengono in considerazione l'umidità iniziale del terreno (grado di saturazione), la porosità, la pendenza, la copertura vegetale, ecc. (ad es.: metodo del Curve Number, equazione di Horton, metodo Green-Ampton, metodo Kennessey, ecc.). In alternativa, si dovranno utilizzare i seguenti coefficienti ϕ per tipologia di suolo:

- *Superfici Impermeabili* 1,0
- *Pavimentazioni Drenanti o Semipermeabili* 0,7
- *Aree permeabili* 0,3
- *Incolto e Uso Agricolo* 0,0

Fig. 20: Estratto da D.D.G. 102/2021

Pertanto, in funzione di tali coefficienti parziali e delle superfici soggette a trasformazioni d'uso del suolo, per l'impianto è stato, innanzitutto, determinato il valore del coefficiente di deflusso globale post-operam.

Nelle tabelle a seguire si riportano i dettagli dei calcoli eseguiti per le singole aree costituenti in toto l'impianto agri-fotovoltaico.

Valutazione Valore ϕ_t post operam (Area Nord FV-1)

Tipologia di copertura	Area (m ²)	Area (%)	Valore ϕ	Valore pesato del ϕ
Piazzali e locali tecnici (<i>Superfici Impermeabili</i>)	100,00	0.07	1.0	0.001
Viabilità con materiali drenanti (<i>Pavimentazioni Drenanti</i>)	1.410,00	0.93	0.7	0.006
Aree occupate dai moduli FV (<i>Aree permeabili – vedi appendice D</i>)	21.937,55	14.43	0.3	0.043
Incolto, aree coltivate, aree inerbite (<i>Incolto e uso agricolo</i>)	128.552,45	84.57	0.0	0
TOTALI	152.000			0.050

Valutazione Valore ϕ_t post operam (Area Centro FV-2)

Tipologia di copertura	Area (m ²)	Area (%)	Valore ϕ	Valore pesato del ϕ
Piazzali e locali tecnici (Superfici Impermeabili)	200,00	0.14	1.0	0.001
Viabilità con materiali drenanti (Pavimentazioni Drenanti)	4.300,00	2.97	0.7	0.021
Aree occupate dai moduli FV (Aree permeabili – vedi appendice D)	42.055,34	29.00	0.3	0.087
Incolto, aree coltivate, aree inerbite (Incolto e uso agricolo)	98.444,66	67.89	0.0	0
TOTALI	145.000			0.109

Valutazione Valore ϕ_t post operam (Area Sud FV-3)

Tipologia di copertura	Area (m ²)	Area (%)	Valore ϕ	Valore pesato del ϕ
Piazzali e locali tecnici (Superfici Impermeabili)	200,00	0.12	1.0	0.001
Viabilità con materiali drenanti (Pavimentazioni Drenanti)	3.800,00	2.33	0.7	0.016
Aree occupate dai moduli FV (Aree permeabili – vedi appendice D)	34.316.33	21.05	0.3	0.064
Incolto, aree coltivate, aree inerbite (Incolto e uso agricolo)	124.683.67	76.50	0.0	0
TOTALI	163.000			0.081

I valori di coefficiente di deflusso post-operam ottenuti pari a **0.050** (Area Nord FV-1), **0.109** (Area Centro FV-2) e **0.081** (Area Sud FV-3), ovvero notevolmente inferiori allo 0.5 indicato nel DDG 102/2021, confermano il *Basso Potenziale di Impermeabilizzazione* globale dell'intervento.

- Determinazione del volume di invaso

Per il calcolo del volume di laminazione V_{MAX} è stata utilizzata la formula riportata nel D.D.G. n. 102/2021 AdB Sicilia:

$$V_{max} = S \cdot \phi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

dove:

S = superficie scolante in m^2 ;

$\varphi = \varphi_t$ coefficiente di deflusso medio ponderale

a = parametro della curva di possibilità pluviometrica

n = parametro della curva di possibilità pluviometrica

Q_{IMP} = portata limite ammessa allo scarico in m^3/s , con valore imposto dalla normativa pari a 20 l/s per ettaro; i valori utilizzati per ogni area analizzata separatamente sono di seguito riepilogati:

	S (m^2)	φ_t (-)	a (-)	n (-)	C_{udo} (l/s * ha)	Q_{imp} (m^3/ora)
Area Nord FV-1	152.000	0.050	52.931	0.275	20	1094.4
Area Centro FV-2	145.000	0.109	52.931	0.275	20	1044.0
Area Sud FV-3	163.000	0.081	52.931	0.275	20	1173.6

Dati per la determinazione dei volumi di invaso

Relativamente ai parametri della curva di possibilità pluviometrica, a ed n , sono stati utilizzati gli stessi parametri definiti al paragrafo 4.3 per la determinazione delle c.p.p., con riferimento ad un tempo di ritorno T_r pari a 30 anni ($KT = 2.037$) per come indicato nelle linee guida del D.D.G. 102/2021; utilizzando i dati riportati sono stati ottenuti i seguenti valori:

	V_{in} (m^3)	V_{out} (m^3)	V_{max} (m^3)
Area Nord FV-1	170,7	47	123,8
Area Centro FV-2	472,2	129,9	342,4
Area Sud FV-3	350,1	96,3	253,8

con

V_{IN} = Volume acque di afflusso (ovvero il primo termine dell'equazione sopra riportata)

V_{OUT} = Volume acque in uscita (in funzione del coefficiente udometrico fisso di 20 litri/s*ettaro)

V_{MAX} = Volume massimo di acque da laminare/infiltrare ($V_{IN} - V_{OUT}$)

Il volume totale di acqua da laminare/infiltrare, per l'intero impianto, risulta pertanto pari a **720 mc.**

6.2 VALUTAZIONI SUL SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI INVARIANZA

Per lo smaltimento delle acque di invaso il DDG n.102 DRU/AdB indica delle priorità per come di seguito riportate:

- 1) *Mantenimento delle condizioni di permeabilità naturale della porzione più ampia possibile delle superfici oggetto di trasformazione.*
- 2) *Riuso delle acque di pioggia: irrigazione, lavaggio ecc.*
- 3) *Infiltrazione nel suolo, o negli strati superficiali del suolo.*
- 4) *Scarico in corpo idrico superficiale, naturale o artificiale, entro i limiti della sua capacità di portata.*
- 5) *Scarico in fognatura entro i limiti della sua capacità di portata.*

L'unica condizione specifica indicata dal DDG riguarda il tempo di ripristino del sistema adottato che "possibilmente non dovrà essere superiore a 48 ore", in modo da ristabilire la capacità di invaso del sistema quanto prima possibile.

Relativamente al sistema di smaltimento delle acque di laminazione, in funzione della natura litologica e morfologia del pendio nonché della scarsa capacità d'infiltrazione del suolo (e potenziale causa di dissesti), si è optato per lo scarico in corpo idrico superficiale.

Tenuto conto che dal punto di vista idrografico-idrologico tutti e tre i sottoimpianti FV-1, FV-2 e FV_3 ricado all'interno dello stesso sottobacino idrografico del *Vallone di Mavello* ai fini dell'invarianza idraulica appare possibile laminare il volume calcolato nel paragrafo precedente utilizzando i due bacini artificiali già esistenti, in corrispondenza del sotto-impianti Area Nord FV_1, destinandoli unicamente a tale funzione.

Il rilievo di campagna indica che a tal fine anche solo l'invaso orientale apparrebbe idoneo allo scopo, infatti la sua estensione areale superficiale, pari a circa 1780 m², considerando una inclinazione della sponda di 1 a 5, ed un'altezza di invaso di 1.0 metri, indica un volume totale immagazzinabile pari a 1341 m³, ovvero quasi il doppio del volume totale richiesto (720 m³); il volume di laminazione potrà poi essere rilasciato a portata costante nell'impiuvio INT_01 (Area Nord).

In funzione dei volumi da smaltire e dell'arco temporale previsto per il ripristino del sistema (48 ore) la portata di scarico minima risulta pari a:

$$Q_{\text{scarico}} = 720/48 \text{ ore} = 15,0 \text{ m}^3/\text{ora} \text{ ovvero } 4,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (pari a 4.17 litri/s)}$$

Tale valore se confrontato con la piena ordinaria dell'impluvio calcolata al paragrafo 4.5 e pari a $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$, risulta 216 volte inferiore, ovvero uno scarico ad evento terminato nell'ordine di 4.17 litri/s, a fronte di una portata ordinaria (Tr 5 anni) di 900 litri/s, ad indicare la completa compatibilità dello scarico di tale portata nell'impluvio, che dovrà sempre avvenire ad evento meteorologico terminato.

7. CALCOLO DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI POST-OPERAM

Nell'ambito delle indicazioni contenute della nota prot. 103963 07/2022 del Dirigente Generale del Dipartimento Tecnico Regionale della Sicilia, relativamente alle modalità operative per l'applicazione delle disposizioni di cui al prot. 112363 del 09/07/2021 attinenti le procedure istruttorie Decreto 17 gennaio 2018, Par. 6.12 - Progetti di Campi Fotovoltaici, nel presente paragrafo, è stata effettuata una valutazione del *coefficiente udometrico* delle aree oggetto di trasformazione, ovvero in condizione post operam.

Il *coefficiente udometrico* (C_{udo}) indica il contributo unitario al deflusso superficiale causato dalle piogge, al netto delle perdite per infiltrazione, evaporazione, detenzione e intercettazione da parte della vegetazione, espresso in litri al secondo per ettaro di superficie. L'obiettivo dell'invarianza idraulica è sostanzialmente quello di garantire che il valore del C_{udo} , nella situazione post-operam rimanga immutato rispetto alla situazione ante-operam.

Poiché il coefficiente udometrico oltre al grado di impermeabilizzazione del terreno dipende da altre variabili quali l'intensità della precipitazione e la durata della stessa, per il calcolo (con il qui utilizzato *metodo dell'invaso*) è stata considerata la curva di probabilità pluviometrica a due parametri **a** ed **n**, già utilizzati in precedenza, per un tempo di ritorno a 30 anni come da normativa 102/2021 per le valutazioni sull'invarianza idraulica. I risultati dei calcoli sono riportati nelle tabelle seguenti:

Area Nord FV-1

Parametri di calcolo		
Tempo di ritorno	30	anni
α	25.985	mm/ora
n	0.275	----
Φ (post-operam)	0.050	-----
Superficie	152000	m ²

TEMPO (minuti)	h Piogge (mm)	V_{MAX} mc	Q_{max} mc/s	Q_{max} l/s	Coeff UDO l/s/ha
5	20.29	154.2	0.51389	513.89	33.81
10	26.51	201.5	0.33577	335.77	22.09
15	31.00	235.6	0.26177	261.77	17.22
20	34.64	263.3	0.21938	219.38	14.43
30	40.51	307.9	0.17104	171.04	11.25
40	45.27	344.0	0.14334	143.34	9.43
50	49.34	375.0	0.12499	124.99	8.22
60	52.94	402.3	0.11175	111.75	7.35
120	64.05	486.8	0.06761	67.61	4.45
180	71.61	544.2	0.05039	50.39	3.32
360	86.64	658.5	0.03049	30.49	2.01
720	104.84	796.8	0.01844	18.44	1.21
1440	126.85	964.1	0.01116	11.16	0.73

dove

h_{pioggia} = altezza di pioggia con Tr 30 anni

V_{max} = volume di acqua in afflusso (area assimilata ad un invaso)

Q_{max} = portata massima di acqua defluita nell'intervallo temporale di riferimento

$C_{\text{udo}} = Q_{\text{max}}/S$ con S=superficie scolante

Il calcolo indica valori del coefficiente udometrico post-operam superiori al valore imposto da normativa (20 l/s/ha) solo per piogge molto brevi (inferiori a 10 minuti) e molto intense essendo l'analisi riferita ad un Tr pari a 30 anni, ovvero una condizione che statisticamente si verificherà solamente una volta durante la vita nominale dell'impianto agrivoltaico.

Area Centro FV-2

Parametri di calcolo		
Tempo di ritorno	30	anni
α	25.985	mm/ora
n	0.275	----
Φ (post-operam)	0.109	-----
Superficie	145000	m ²

TEMPO (minuti)	h Piogge (mm)	V_{MAX} mc	Q_{max} mc/s	Q_{max} l/s	Coeff UDO l/s/ha
5	20.29	320.6	1.06869	1068.69	73.70
10	26.51	419.0	0.69826	698.26	48.16
15	31.00	489.9	0.54438	544.38	37.54
20	34.64	547.5	0.45623	456.23	31.46
30	40.51	640.2	0.35569	355.69	24.53
40	45.27	715.4	0.29810	298.10	20.56
50	49.34	779.8	0.25993	259.93	17.93
60	52.94	836.6	0.23240	232.40	16.03
120	64.05	1012.3	0.14060	140.60	9.70
180	71.61	1131.7	0.10479	104.79	7.23
360	86.64	1369.4	0.06340	63.40	4.37
720	104.84	1657.0	0.03836	38.36	2.65
1440	126.85	2004.9	0.02321	23.21	1.60

Il calcolo indica valori del coefficiente udometrico post-operam superiori al valore imposto da normativa (20 l/s/ha) solo per piogge brevi, inferiori a 40 minuti e intense (Tr 30 anni).

Area Sud FV-3

Parametri di calcolo		
Tempo di ritorno	30	anni
α	25.985	mm/ora
n	0.275	----
Φ (post-operam)	0.081	-----
Superficie	163000	m ²

TEMPO (minuti)	h Piogge (mm)	V_{MAX} mc	Q_{max} mc/s	Q_{max} l/s	Coeff UDO l/s/ha
5	20.29	267.8	0.89275	892.75	54.77
10	26.51	350.0	0.58331	583.31	35.79
15	31.00	409.3	0.45476	454.76	27.90
20	34.64	457.3	0.38112	381.12	23.38
30	40.51	534.8	0.29713	297.13	18.23
40	45.27	597.6	0.24902	249.02	15.28
50	49.34	651.4	0.21714	217.14	13.32
60	52.94	698.9	0.19414	194.14	11.91
120	64.05	845.7	0.11745	117.45	7.21
180	71.61	945.4	0.08754	87.54	5.37
360	86.64	1144.0	0.05296	52.96	3.25
720	104.84	1384.2	0.03204	32.04	1.97
1440	126.85	1674.8	0.01938	19.38	1.19

Il calcolo indica valori del coefficiente udometrico post-operam superiori al valore imposto da normativa (20 l/s/ha) solo per piogge molto brevi, inferiori a 20 minuti e intense (Tr 30 anni).

8. CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica, comprensivo di tutte le opere ed infrastrutture necessarie, da realizzare nel comune di Monreale (PA), in località C.da Pietralunga, su incarico della società proponente *Limes 21 s.r.l.*, è stato redatto uno studio idrologico-idraulico a supporto del progetto definitivo. I risultati finali dello studio sono di seguito sinteticamente riepilogati.

- Analisi geologica, morfologica ed idrografica preliminare

L'area di impianto risulta suddivisa in tre areali, identificati come sotto-impianti; l'analisi preliminare indica che dal punto di vista morfologico generale l'area si inquadra in un contesto medio collinare, a quote comprese tra i 300 m e i 600 m s.l.m., con ampie superfici sub-pianeggianti, in corrispondenza dell'area di fondovalle che si raccordano ai modesti alti topografici mediante versanti aventi inclinazione generalmente inferiori ai 10-15° e che solo occasionalmente assumono valori più elevati.

Dal punto di vista litologico l'areale di progetto insiste su terreni per lo più di natura argillosa, per una capacità di infiltrazione del substrato in linea generale bassa o molto bassa.

Dal punto di vista geomorfologico, gli areali dell'impianto agrivoltaico non risultano interessati da aree a Pericolosità Geomorfologica individuate nelle Carte del P.A.I. (Tavv. 04a - 04b e 04c), mentre per quanto riguarda il cavidotto di connessione, lungo i suoi circa 20 km di sviluppo complessivo risulta unicamente interferire, per un tratto di circa 40 metri, con un'area identificata a *Pericolosità Geomorfologica P4* per fenomeni da crollo, in corrispondenza comunque della viabilità esistente rappresentata S.P. 70.

L'analisi idrografica di dettaglio, con riferimento all'areale di impianto, ha evidenziato:

- n. 2 aree di interferenza, in forma di fiancheggiamento, tra l'areale del campo FV-1 ed impluvi segnalati sulle CTR 2012-2013, e n. 2 interferenze "minori" relative ad invasi artificiali.

-n. 3 aree di interferenza, sia dirette che indirette (fiancheggiamenti), tra l'areale del campo FV-3 e il reticolo idrografico superficiale

- nessuna interferenza idrografica con l'areale del campo FV-2

Con riferimento alla viabilità interna all'impianto, l'analisi idrografica ha evidenziato una sola interferenza.

Relativamente ai cavidotti di collegamento, infine, l'analisi idrografica di dettaglio ha evidenziato n. 10 punti di interferenza con elementi del reticolo idrografico, rappresentati sulla cartografia CTR 2012-2013 o comunque non riportati sulle CTR ma rilevabili sulle ortofoto;

- Analisi Idrologiche

Per le aree di interferenza, tra l'areale di impianto ed il reticolo idrografico, sono state valutate le portate di massima piena attraverso modelli matematici, a partire dall'afflusso meteorico previsto per i sottobacini ed alla successiva trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi.

Gli afflussi meteorici sono stati valutati mediante la ricostruzione delle *Curve di Probabilità Pluviometrica* utilizzando la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) messa a punto nell'ambito del progetto VA.PI. Per il processo di trasformazione degli afflussi in deflussi è stato utilizzato il Software dell'US Army Corps of Engineers, HEC-HMS.

I risultati finali, in termini di portate di picco, sono riassunti nella tabella seguente:

Interferenza	Tempo di Ritorno	Portata di Picco (m³/s)	Deflusso Globale (1000*m³)
<i>IMPLUVIO SB_INT01 (Area Nord)</i>	5	0.9	1.5
<i>IMPLUVIO SB_INT02 (Area Nord)</i>	5	0.6	1.2
<i>IMPLUVIO SB_INT01 (Area Sud)</i>	5	3.1	11.1
<i>IMPLUVIO SB_INT01a (Area Sud)</i>	5	0.6	1.4
<i>IMPLUVIO SB_Int.23b (Tombino)</i>	50	8.8	26.1
	100	10.9	32.3
	200	13.0	38.4
	300	14.4	42.2

- Analisi Idrauliche

Relativamente agli impluvi SB_INT01 (Area Nord) e SB_INT01 (Area Sud) è stata effettuata un'analisi idraulica numerica, ai fini della determinazione delle *aree di allagamento* da cui computare la relativa *fascia di pertinenza fluviale*; per le analisi è stato utilizzato il codice di calcolo del software HEC-RAS distribuito dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center nella sua versione 6.1 con modellizzazione bidimensionale.

Relativamente all'interferenza SB_Int.23b (Tombino) per la verifica idraulica del tombino di attraversamento è risultata idonea una modellazione monodimensionale in regime di Moto Permanente.

- Analisi Idrauliche impluvi minori ed altre interferenze

Per le considerazioni di cui al paragrafo 3.3., sugli impluvi minori, ovvero che sottendono sottobacini idrografici del tutto trascurabili, si è ritenuto superfluo procedere con analisi idrauliche di dettaglio ritenendo congrua l'applicazione della fascia di rispetto minima (che andrà comunque predisposta) pari a 11 metri, per lato, per gli impluvi e 10 m per gli invasi artificiali; tali impluvi nella presente Relazione sono stati identificati con le sigle SB_INT02 (Area Nord), SB_INT01a (Area Sud) e SB_INT02 (Area Sud).

- Analisi delle interferenze con il cavidotto

Relativamente alle interferenze con i cavidotti di collegamento, tenuto conto che verranno tutte risolte mediante passaggio in sub-alveo con i pozzetti spingitubo sempre posizionati in corrispondenza di una viabilità esistente, e quindi sempre interrati a livello stradale, non essendo, nei fatti, possibile alcuna interferenza tra le suddette opere ed i normali flussi idraulici di una piena ordinaria, non si è ritenuto significativo procedere con uno studio idrologico-idraulico di dettaglio.

Lo stesso D.S.G. n. 119/2022, qui richiamato, per tutte le opere che per loro stessa natura devono raggiungere il limite del corso d'acqua e attraversarlo, non prevede alcuna fascia di rispetto specifica. In ogni caso i tombini, sebbene interrati, verranno sempre posizionati ad una distanza non inferiore ai 10 metri dall'alveo inciso rilevabile.

- Analisi sull'invarianza idraulica ed idrologica

L'analisi sul rispetto del principio di massima invarianza idraulica ed idrologica è stata affrontata in maniera quantitativa attraverso la determinazione dei volumi di invarianza da laminare; per il calcolo è stato utilizzato il Metodo Semplificato delle Piogge, ai sensi delle linee guida di cui al D.D.G. n. 102/2021 DRU/AdB Sicilia.

Relativamente al sistema di smaltimento delle acque di invarianza, in funzione della natura litologica e morfologica del pendio, non adatta all'infiltrazione nel suolo e potenzialmente concausa di possibili dissesti geomorfologici, è stato valutato lo scarico diretto in corpo idrico superficiale. A tal fine i volumi di invarianza verranno momentaneamente allocati nei bacini artificiali esistenti,

convertiti esclusivamente allo scopo e successivamente svuotati a portata costante negli impluvi, in precedenza oggetto di analisi idrologica.

In funzione dei volumi da smaltire e dell'arco temporale previsto per il ripristino del sistema (48 ore) la portata di scarico necessaria risulta del tutto compatibile con la normale capacità di deflusso degli impluvi (ovvero la piena ordinaria), essendo inferiore di circa due ordini di grandezza rispetto a quest'ultima.

Infine sono stati valutati i Coefficienti Udometrici per le aree soggette a trasformazione in condizione post operam. Il calcolo indica valori del coefficiente udometrico post-operam superiori al valore imposto da normativa (20 l/s/Ha) solo per piogge brevi (inferiori a 40 minuti) e intense.

Palermo, Dicembre 2022

Ing. Daniele Cavallo

**Ordine Ingegneri Provincia di
Brindisi n. 1220**

Dott. Geol. Michele Ognibene

**Ordine Regionale Geologi di Sicilia
n. 3003 – Sez A**

Dott. Geol. Rosario Fria

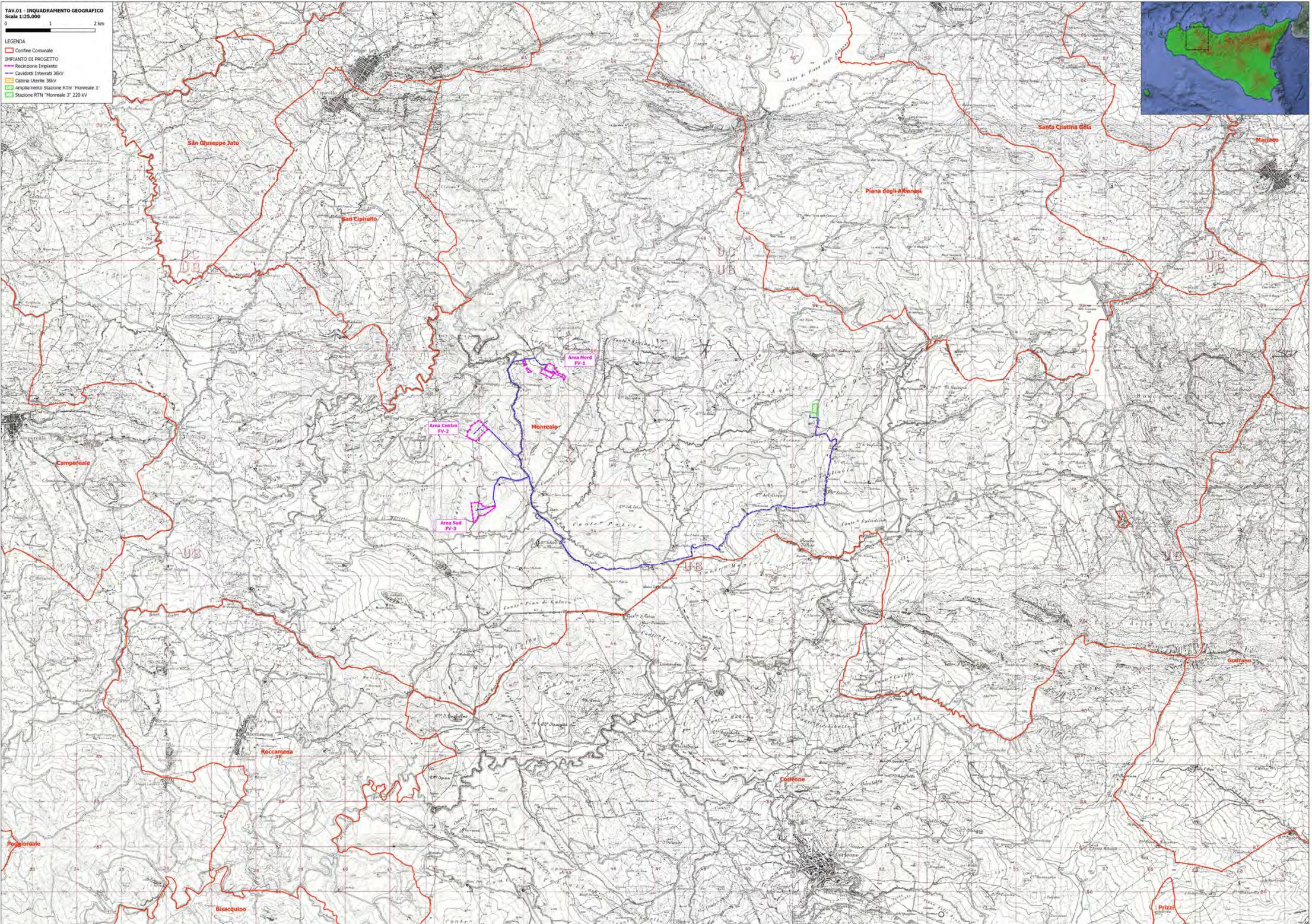
**Ordine Regionale Geologi di Sicilia
n. 1663 – Sez A**

ALLEGATI GRAFICI

0 1 2 km

LEGENDA

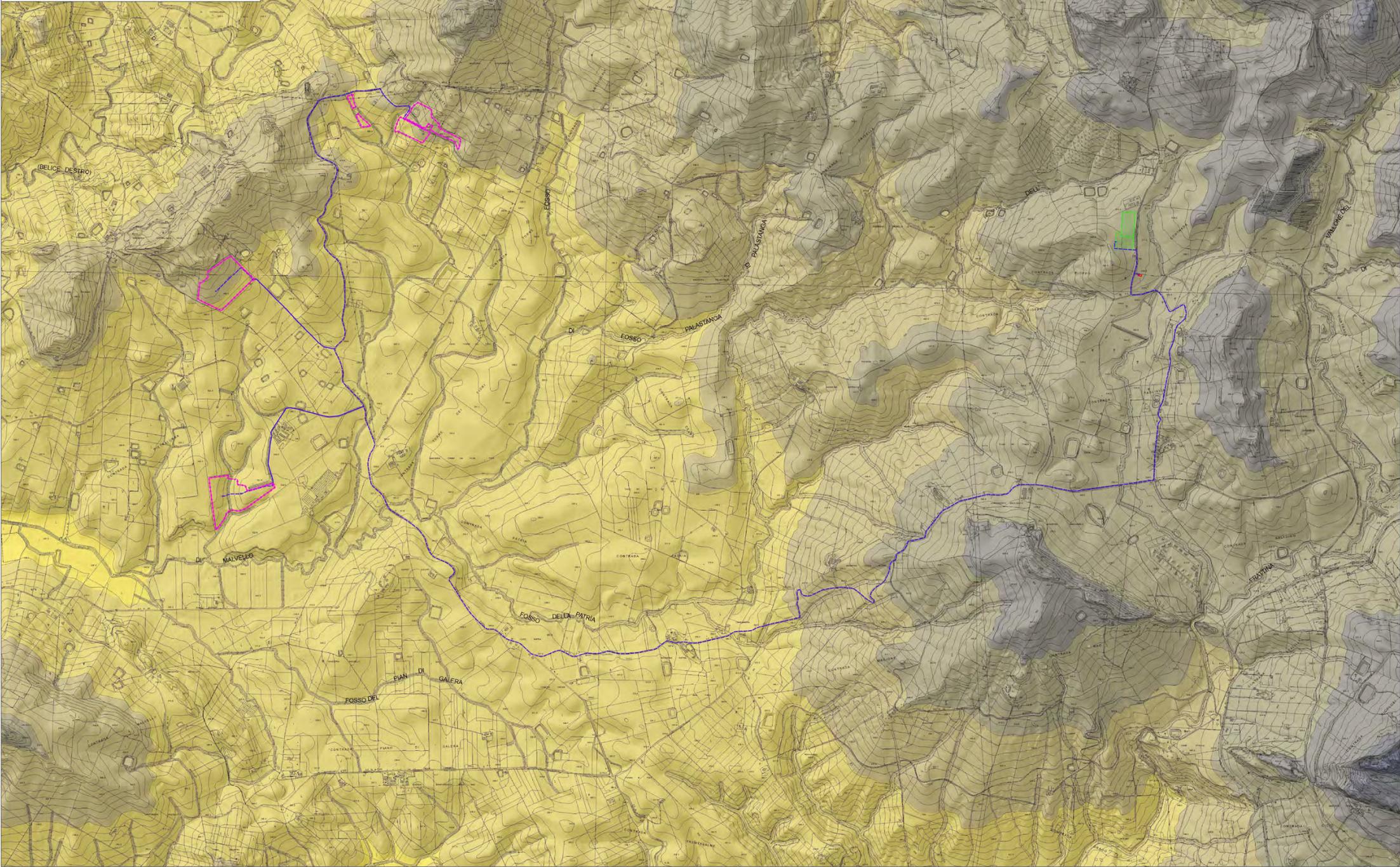
- Confine Comunale
- IMPIANTO DI PROGETTO
- Postazione Impianto
- Cavidotti Interati 36kV
- Cabina Licerati 36kV
- ampliamento stazione KTN "Monsiale 3"
- Stazione KTN "Monsiale 3" 220 kV



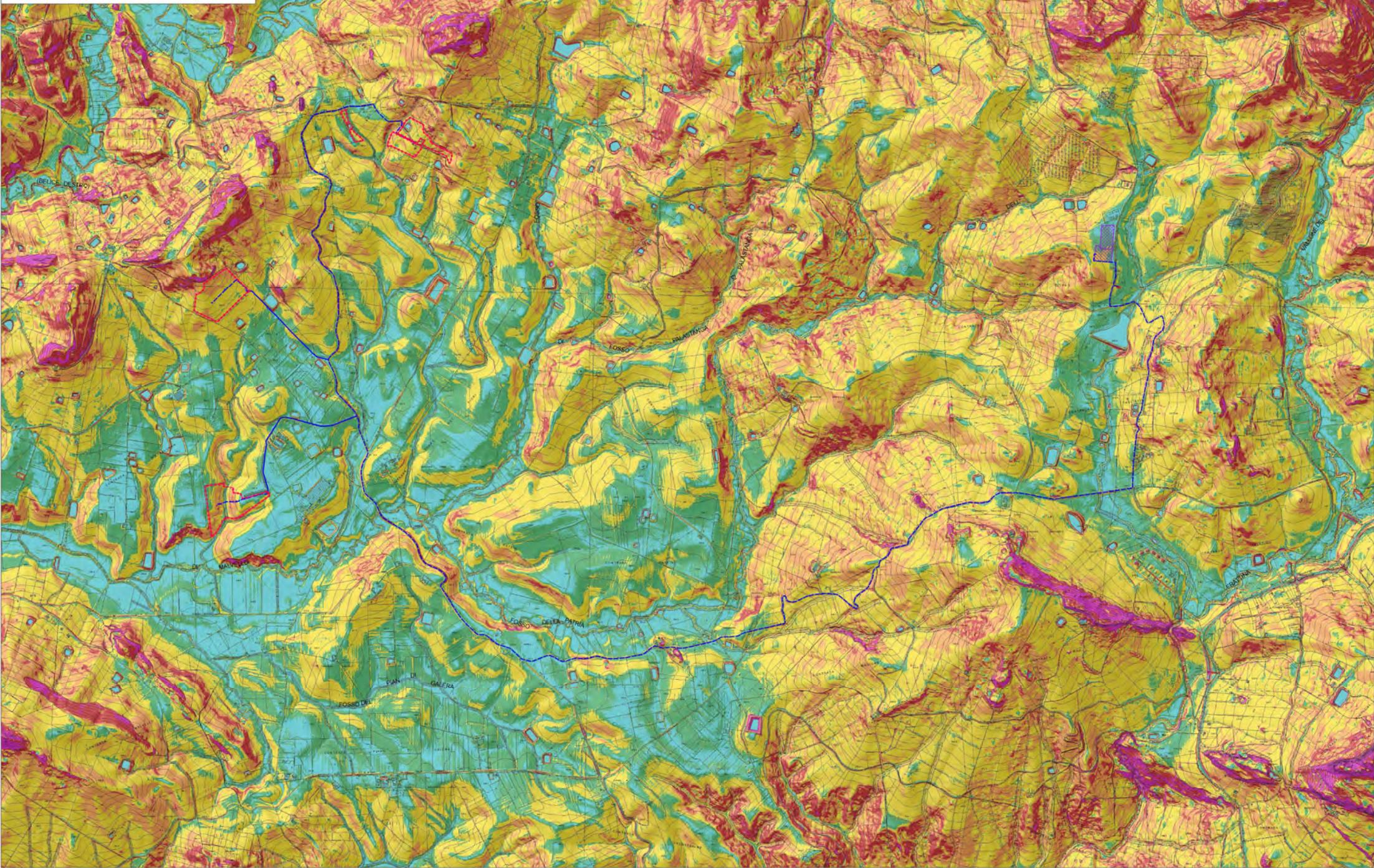


LEGENDA

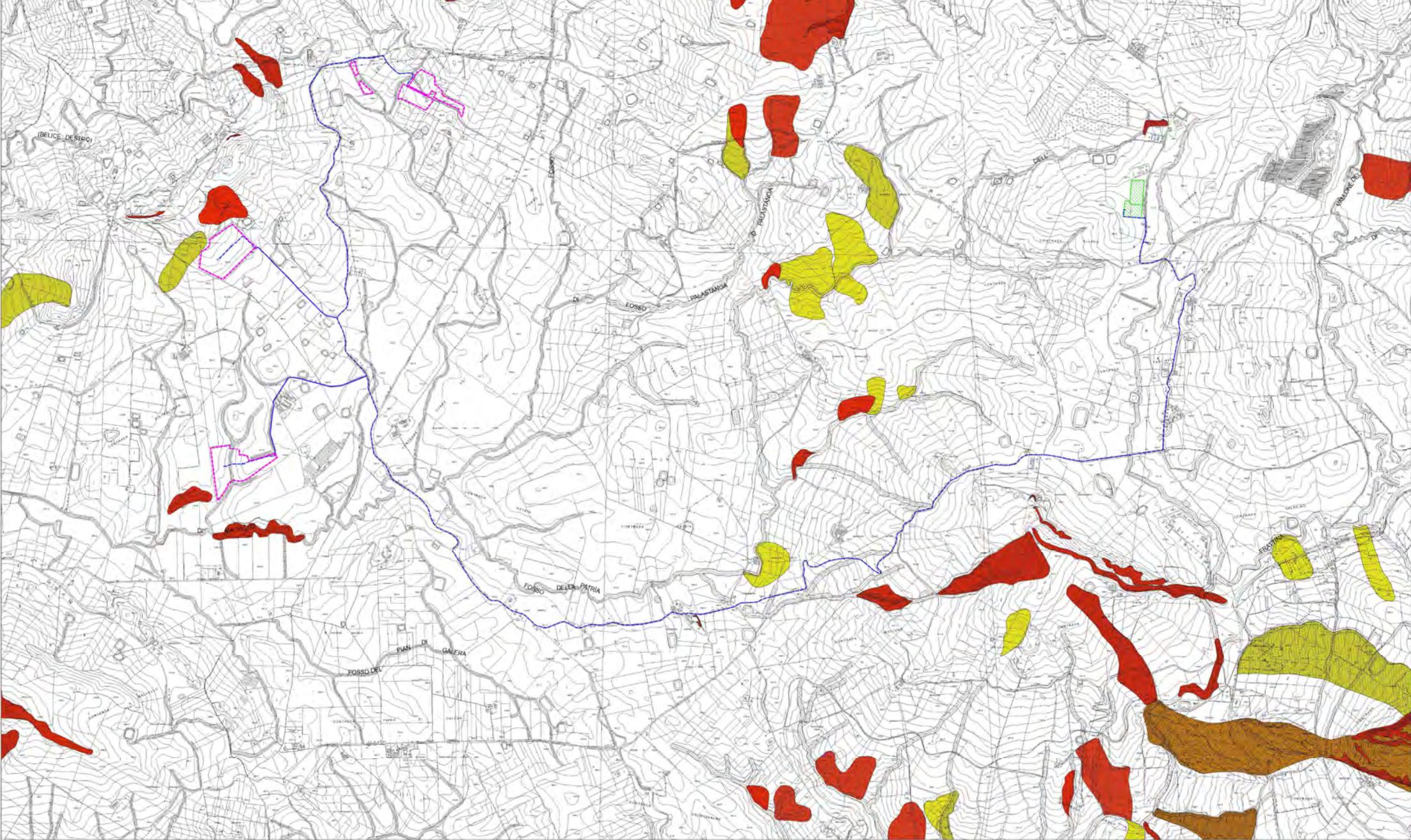
IMPIANTO DI PROGETTO	QUOTE s.l.m. (m)
— Facciatazione Impianto	<= 300
— Cavidotti Interni 38kV	300 - 400
— Cabina Utente 38kV	400 - 500
— Ampliamento Stazione RTN "Monreale 3"	500 - 600
— Stazione RTN "Monreale 3" 220 kV	600 - 700
	700 - 800
	800 - 900
	> 900



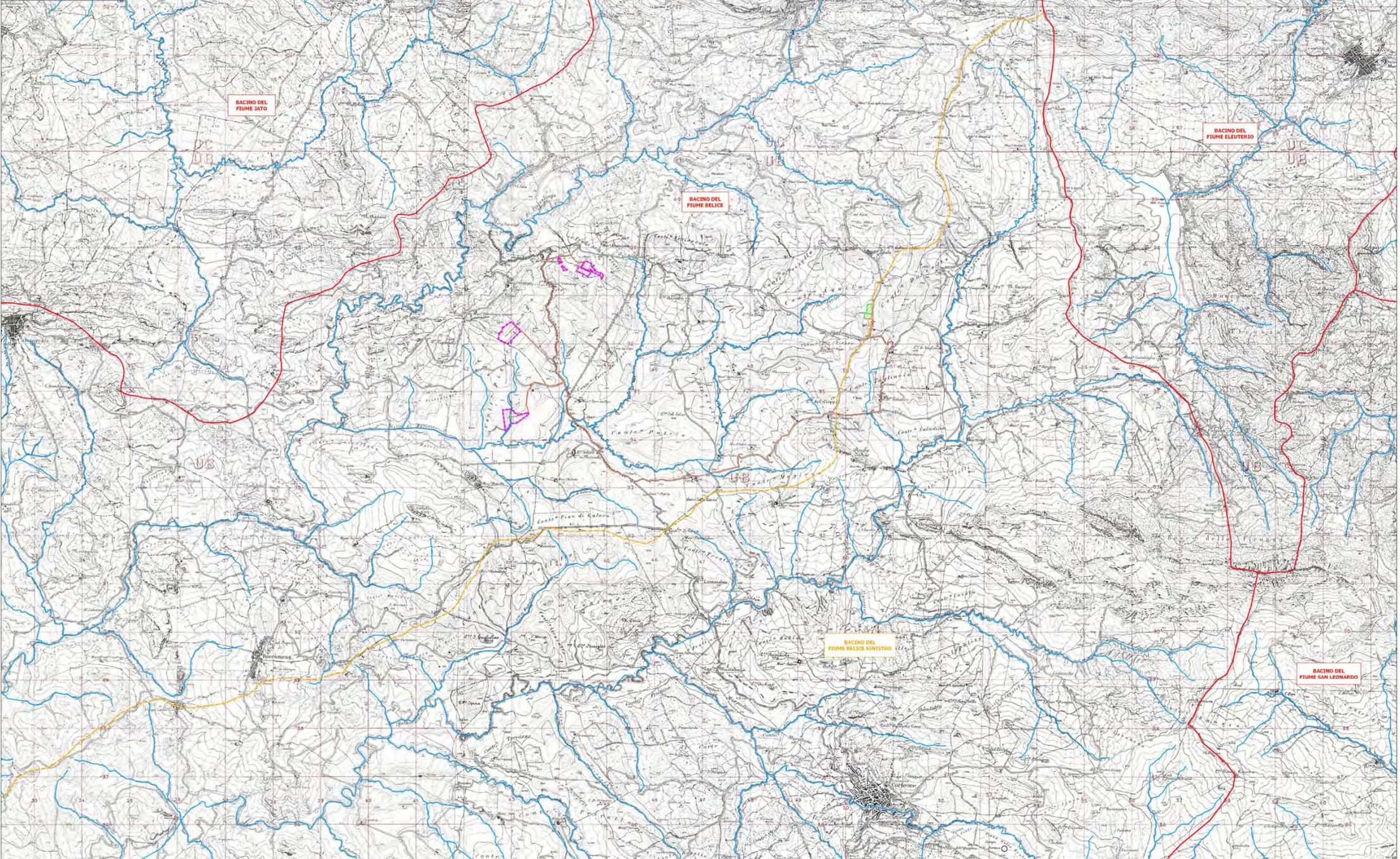
LEGENDA	
Impianto di Progetto	PENDENZE (°)
Stazione Impianto	< 2°
Cavità Interne 36kV	2 - 5°
Cabina Utente 36kV	5 - 10°
Ampliamento Stazione RTN "Morreale 3"	10 - 15°
Stazione RTN "Morreale 3" 220 kV	15 - 25°
	> 25°



LEGENDA	
IMPIANTO DI PROGETTO	DISSESTI PER ATTIVITA' E TIPOLOGIA
Recinzione impianto	Attivo
Cavità Interio 30kV	Inattivo
Cabina Lente 30kV	Quiescente
Impianto Stazione RTN "Moravola 2"	Critici ad inquinamento
Stazione RTN "Moravola 2" 220 kV	Scorrimento
	Fiana complessa
	Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
	Calamento linea
	Area a frangibilità diffusa
	Deformazione superficiale linea
	Dissesti dovuti ad erosione accelerata



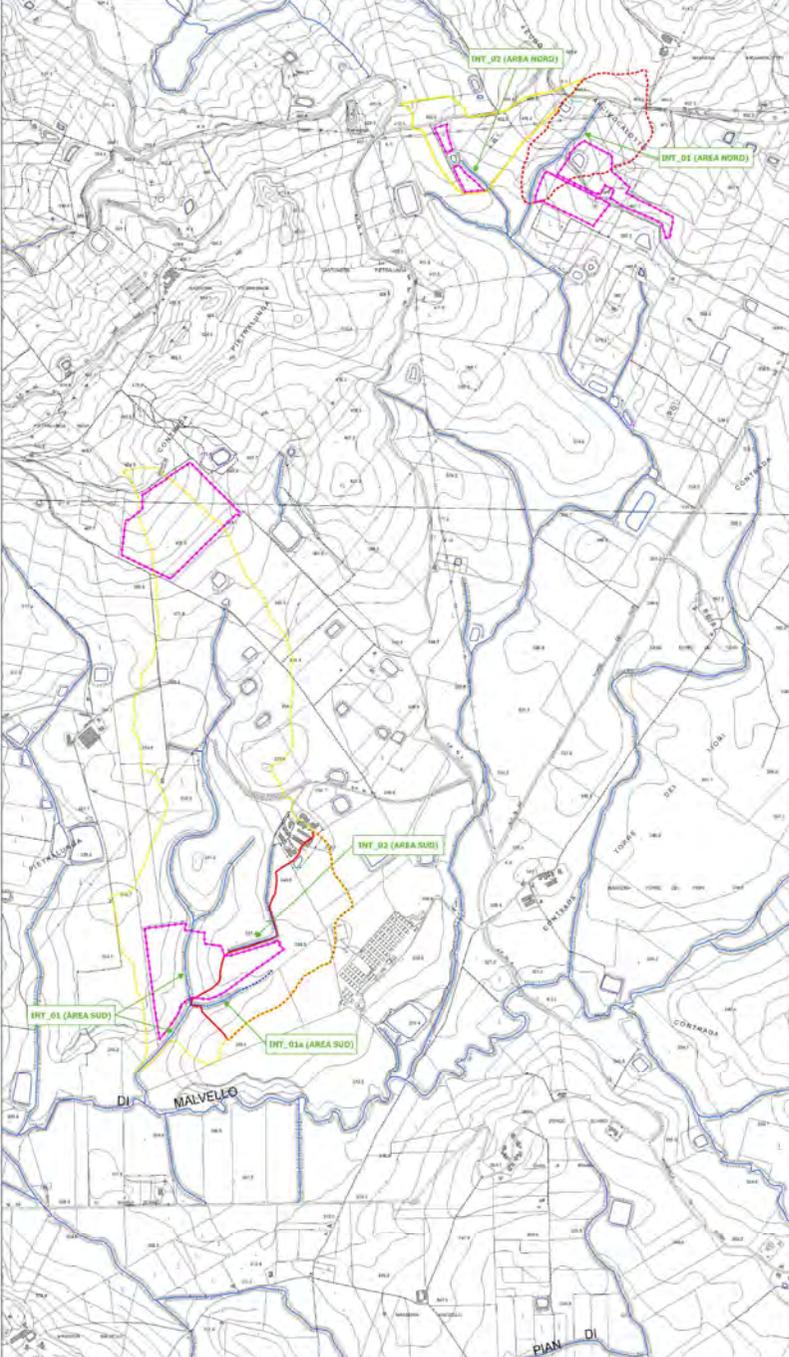
- LEGENDA
- Bacini Idrografici Principali
 - Bacini Idrografici Secondari
 - Reticolo Idrografico
 - IMPIANTO DI PROGETTO
 - Recinzione Impianto
 - Cavazione interna 20kV
 - Cabina 10/20 kV
 - Ampliamento Stazione RTN "Moireale 3"
 - Stazione RTN "Moireale 3" 220 kV



TAV-04(1) - CARTA DELLE INTERFERENZE IDROGRAFICHE (IMPIANTO)

Scala 1:7.500
0 0,25 0,5 km

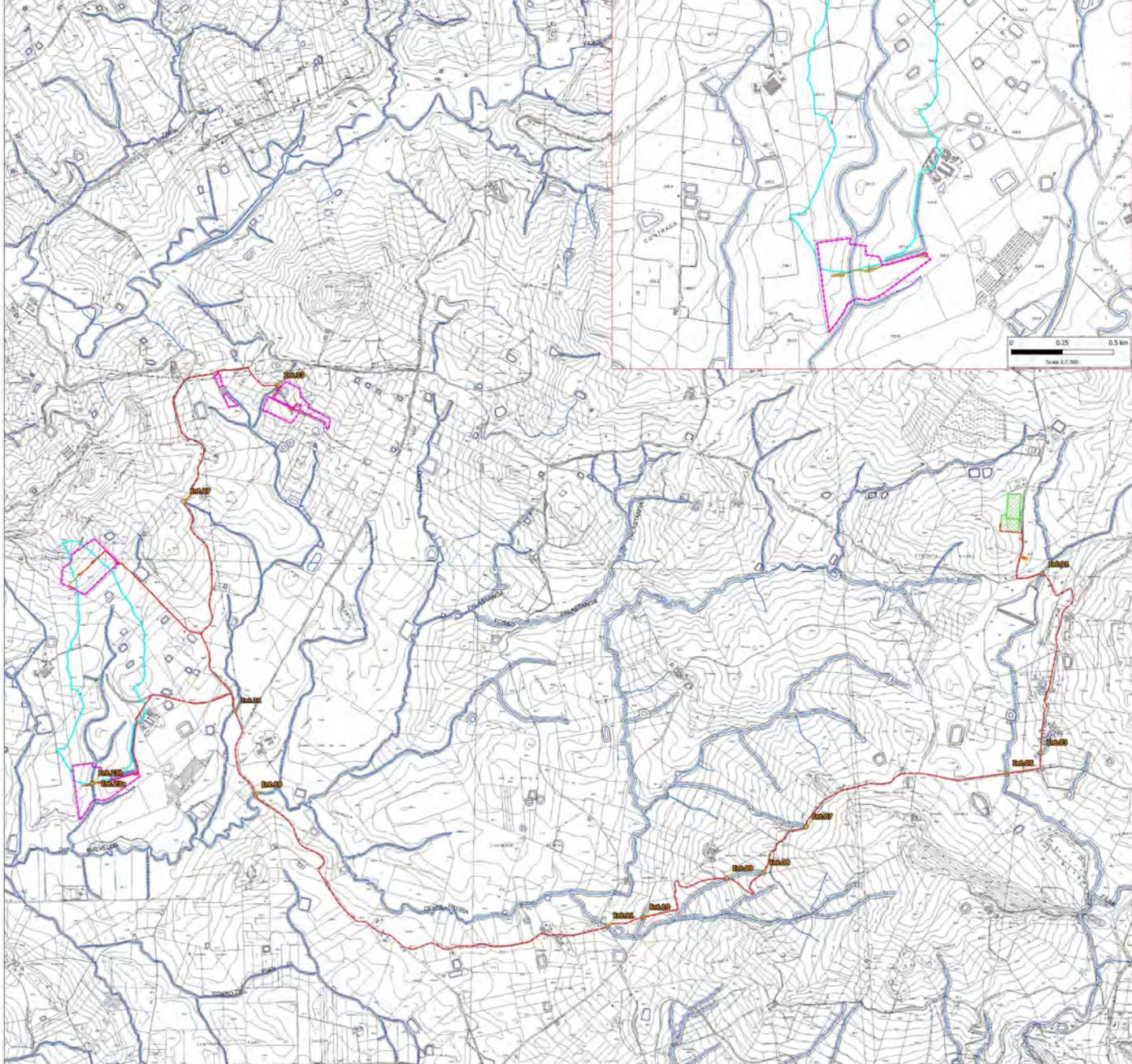
- LEGENDA
- IMPIANTO DI PROGETTO
- Posizione Impianto
- SOTTOSTAZIONE
- SB Impulso INT_01 (Area Nord)
 - SB Impulso INT_02 (Area Nord)
 - SB Impulso INT_03 (Area Sud)
 - SB Impulso INT_04 (Area Sud)
 - SB Impulso INT_05 (Area Sud)
 - Elementi Idrici CTR 2012-2013
 - Elementi Idrici non da CTR



TAV-04(2) - CARTA DELLE INTERFERENZE IDROGRAFICHE (VIABILITA' INTERNA E CAVIDOTTO)

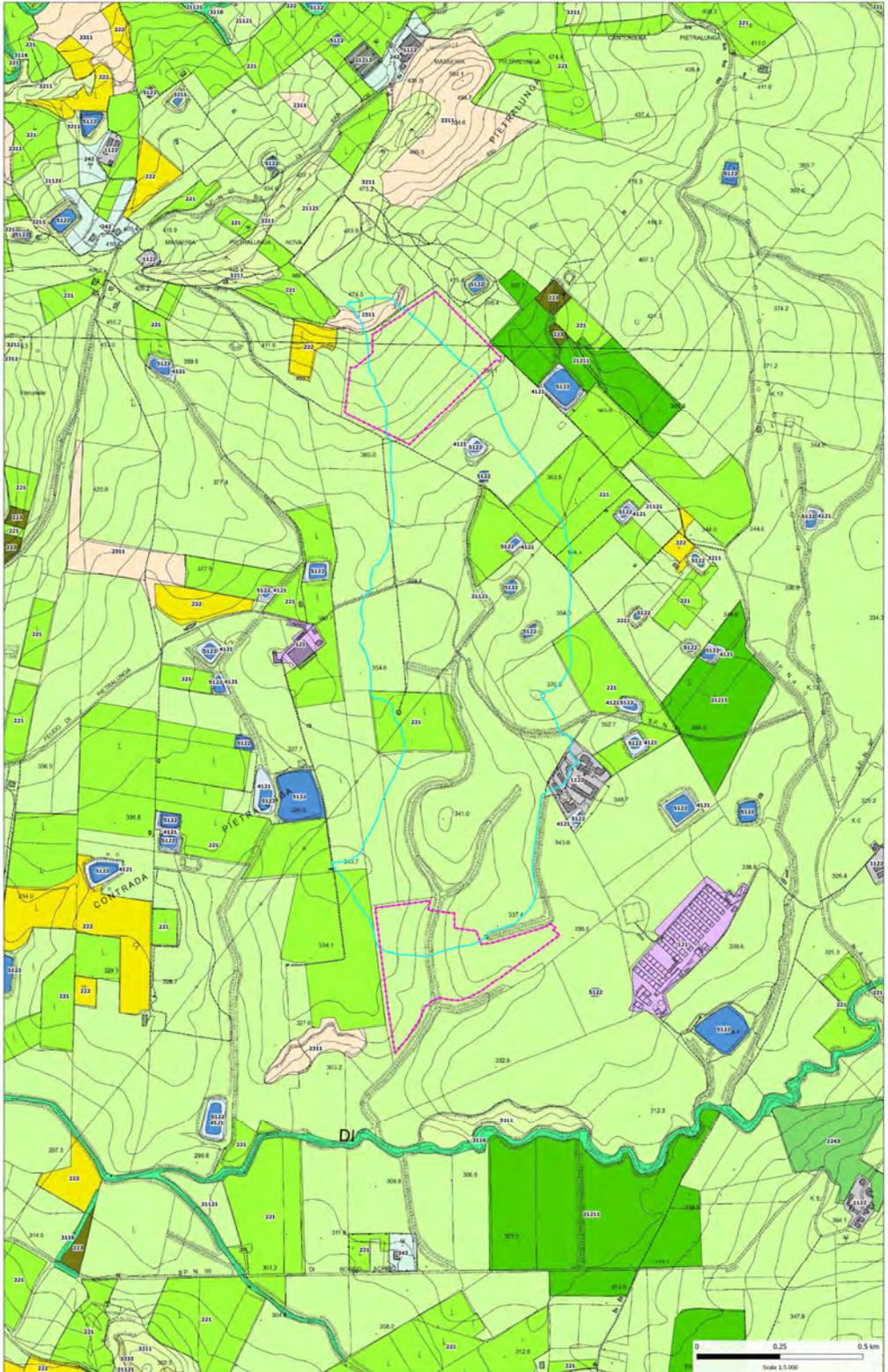
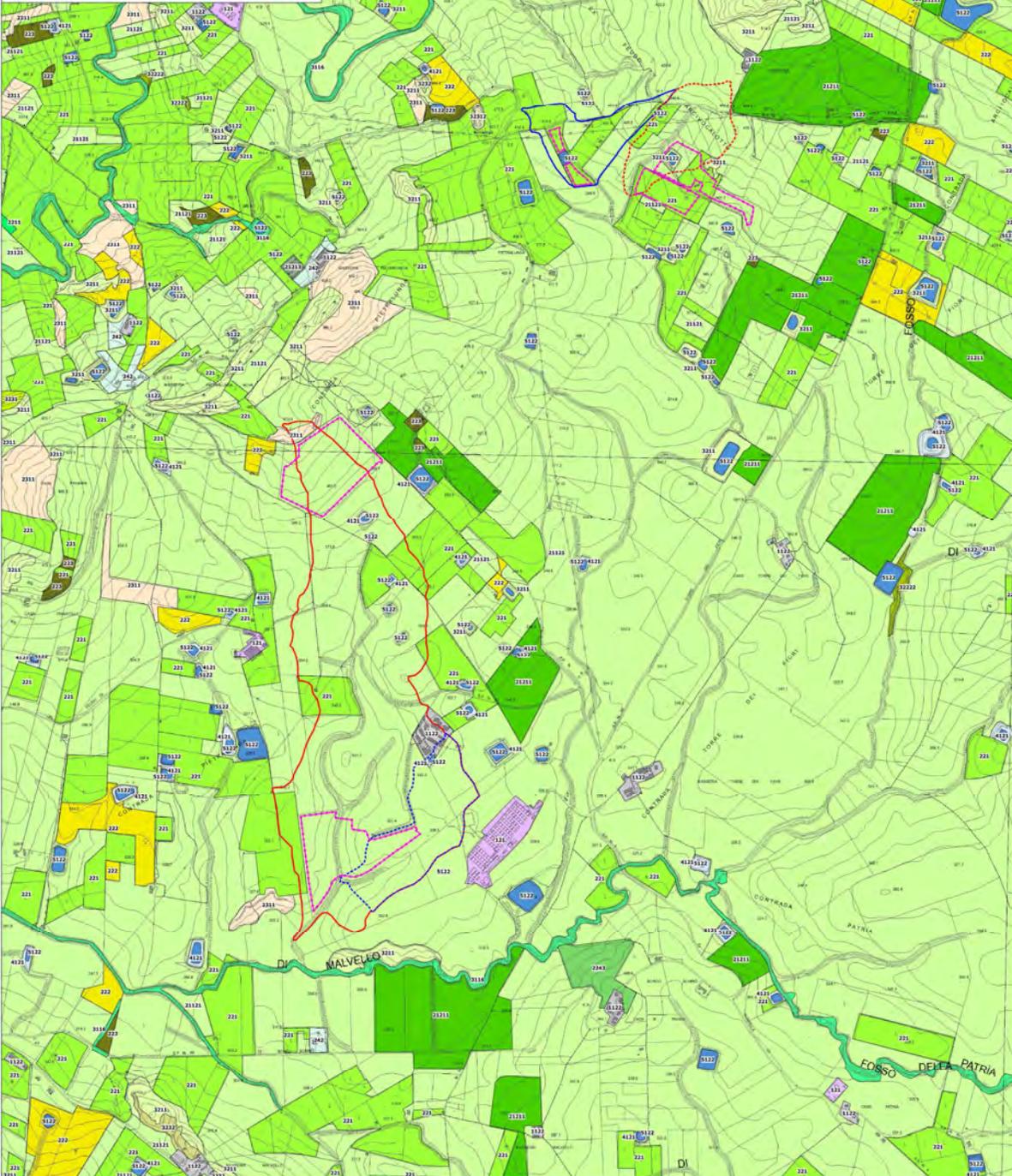
Scala 1:2.500
0 0,75 1,5 km

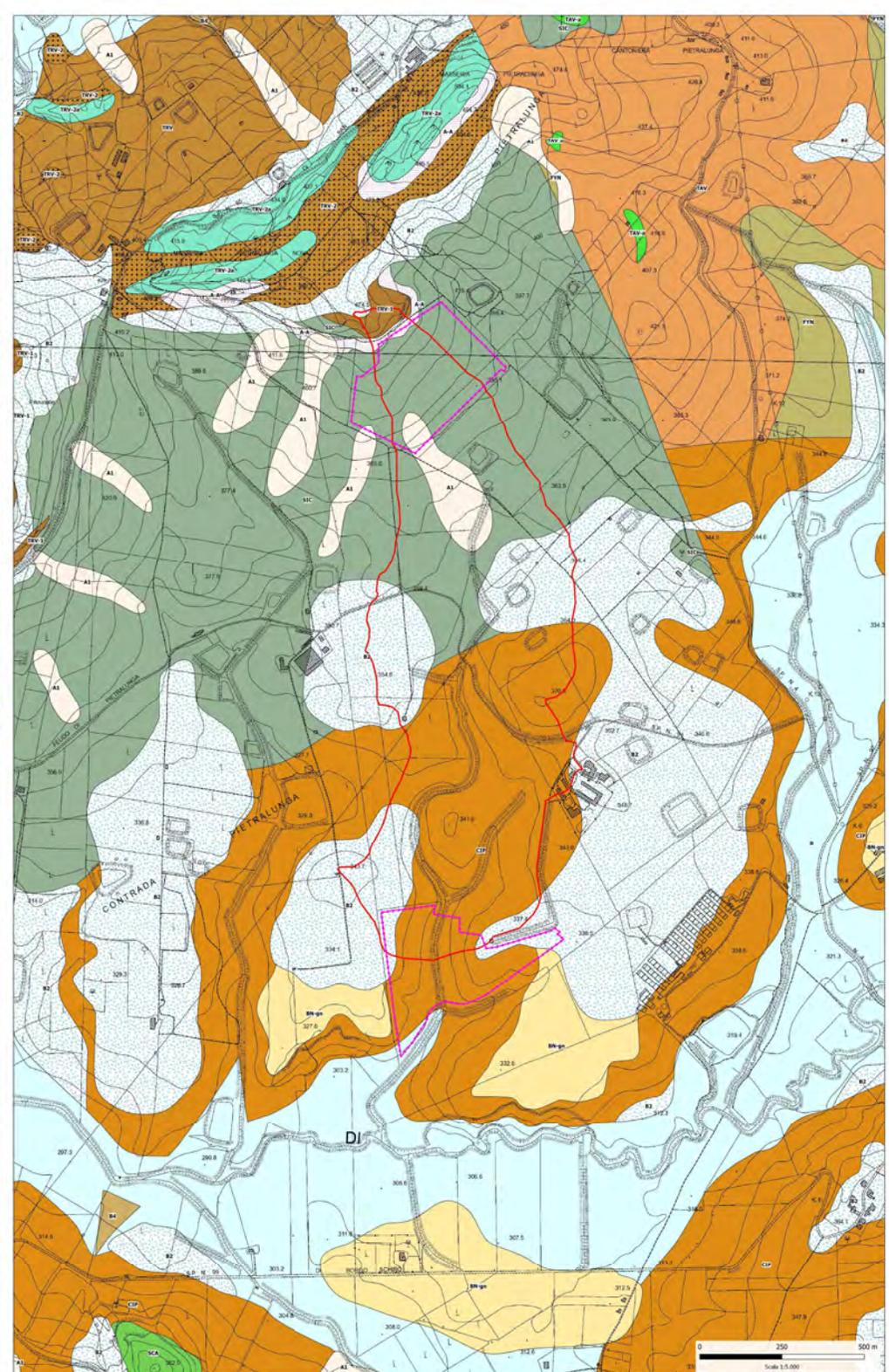
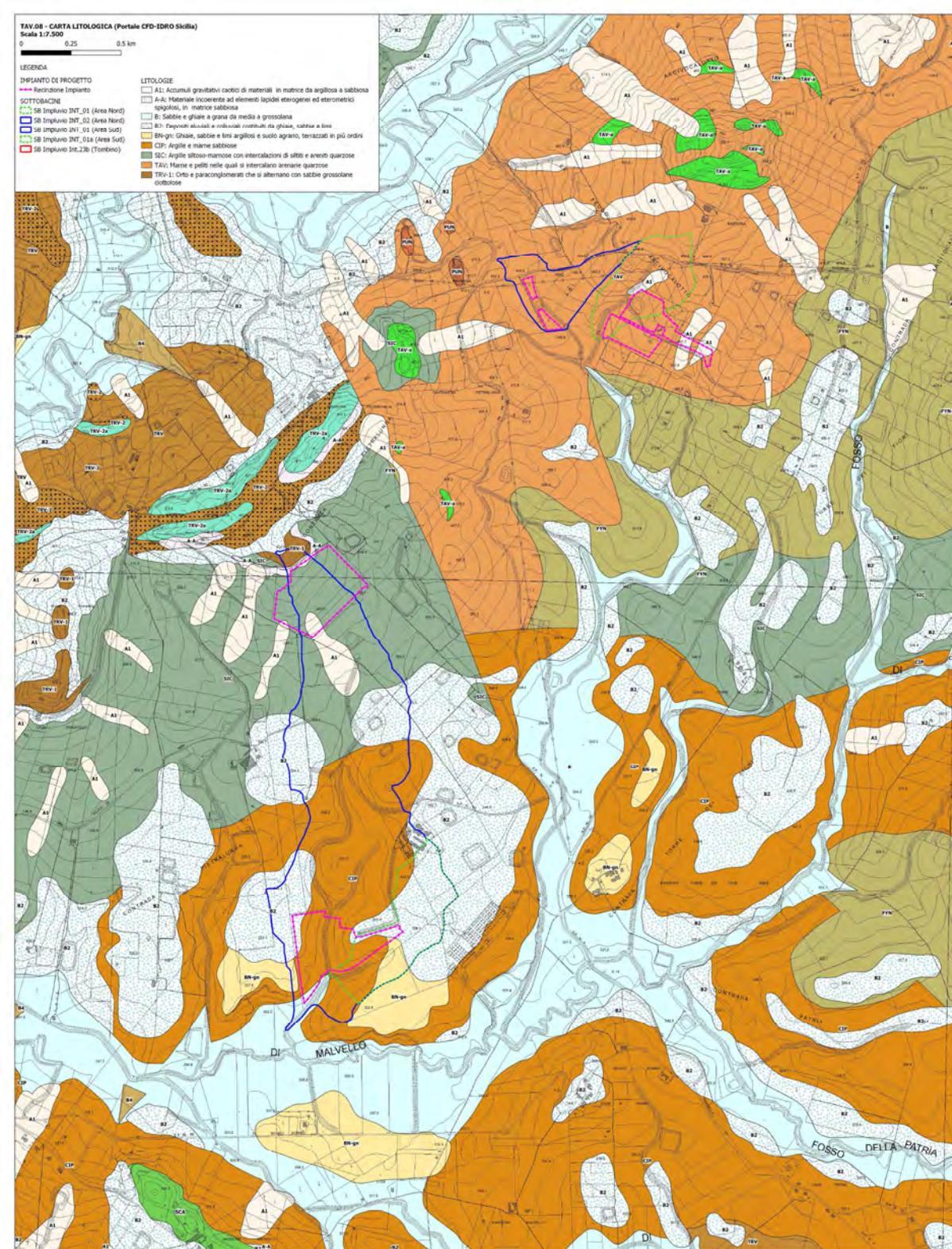
- LEGENDA
- IMPIANTO DI PROGETTO
- Posizione Impianto
 - ▭ Stadio di Impulso
 - Cavidotti Interni 30 kV
 - ▭ Cabina Utente 30 kV
 - ▭ Ampliatore Stadio RTM "Mariano 3"
 - ▭ Stazione RTM "Mariano 3" 220kV
- SOTTOSTAZIONE TOMBINO
- SB Impulso INT_236 (Tombino)
 - Elementi Idrici CTR 2012-2013
 - Elementi Idrici non da CTR
 - ⊙ Interferenze Cavidotto

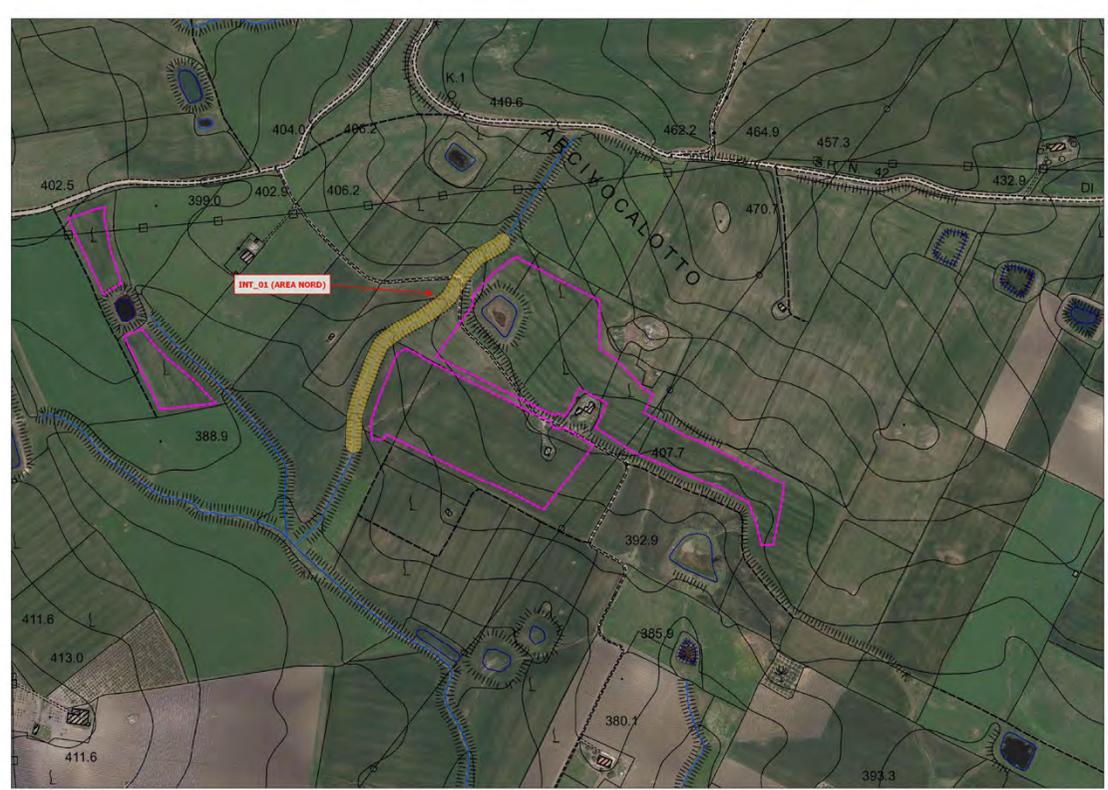
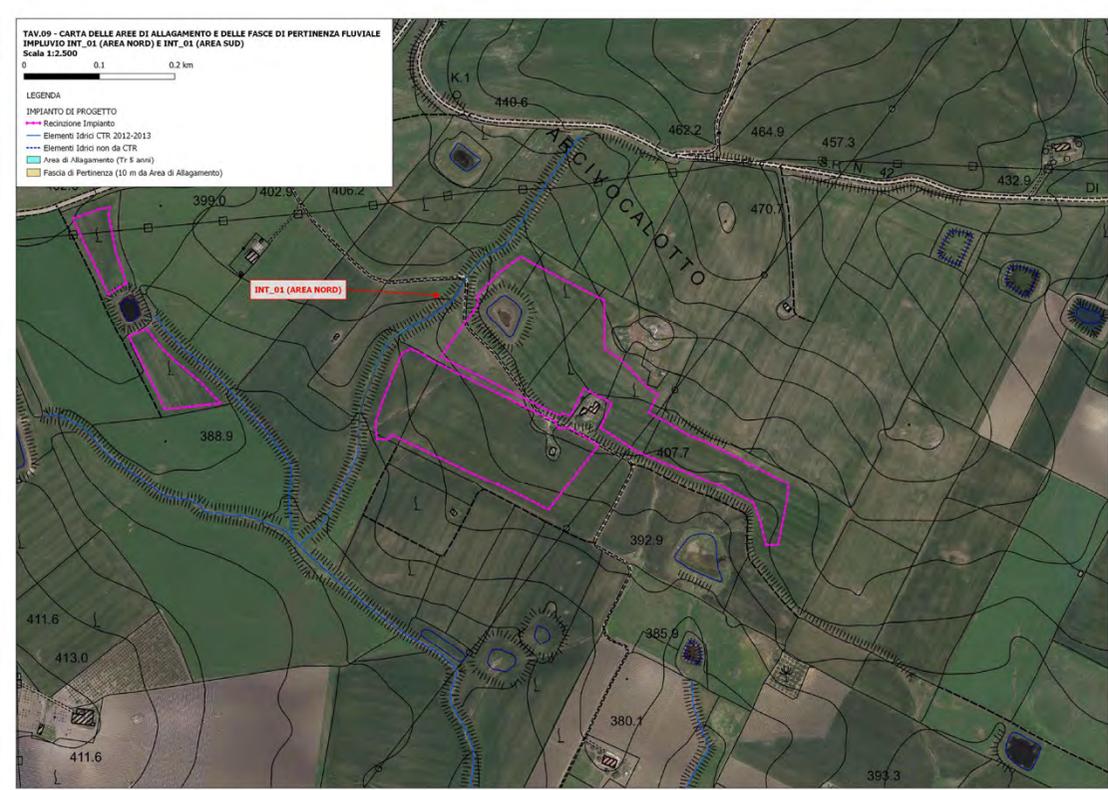


- IMPIANTO DI PROGETTO**
- - - - - Destinazione Impianto
SCOTTOCAGNOLI
SB Impianto INT_01 (Area Nord)
SB Impianto INT_02 (Area Sud)
SB Impianto INT_03 (Area Sud)
SB Impianto INT_04 (Area Sud)
SB Impianto INT_05 (Area Sud)
SB Impianto INT_06 (Area Sud)
SB Impianto INT_07 (Area Sud)
SB Impianto INT_08 (Area Sud)
SB Impianto INT_09 (Area Sud)
SB Impianto INT_10 (Area Sud)
SB Impianto INT_11 (Area Sud)
SB Impianto INT_12 (Area Sud)
SB Impianto INT_13 (Area Sud)
SB Impianto INT_14 (Area Sud)
SB Impianto INT_15 (Area Sud)
SB Impianto INT_16 (Area Sud)
SB Impianto INT_17 (Area Sud)
SB Impianto INT_18 (Area Sud)
SB Impianto INT_19 (Area Sud)
SB Impianto INT_20 (Area Sud)
SB Impianto INT_21 (Area Sud)
SB Impianto INT_22 (Area Sud)
SB Impianto INT_23 (Area Sud)
SB Impianto INT_24 (Area Sud)
SB Impianto INT_25 (Area Sud)
SB Impianto INT_26 (Area Sud)
SB Impianto INT_27 (Area Sud)
SB Impianto INT_28 (Area Sud)
SB Impianto INT_29 (Area Sud)
SB Impianto INT_30 (Area Sud)
SB Impianto INT_31 (Area Sud)
SB Impianto INT_32 (Area Sud)
SB Impianto INT_33 (Area Sud)
SB Impianto INT_34 (Area Sud)
SB Impianto INT_35 (Area Sud)
SB Impianto INT_36 (Area Sud)
SB Impianto INT_37 (Area Sud)
SB Impianto INT_38 (Area Sud)
SB Impianto INT_39 (Area Sud)
SB Impianto INT_40 (Area Sud)
SB Impianto INT_41 (Area Sud)
SB Impianto INT_42 (Area Sud)
SB Impianto INT_43 (Area Sud)
SB Impianto INT_44 (Area Sud)
SB Impianto INT_45 (Area Sud)
SB Impianto INT_46 (Area Sud)
SB Impianto INT_47 (Area Sud)
SB Impianto INT_48 (Area Sud)
SB Impianto INT_49 (Area Sud)
SB Impianto INT_50 (Area Sud)
SB Impianto INT_51 (Area Sud)
SB Impianto INT_52 (Area Sud)
SB Impianto INT_53 (Area Sud)
SB Impianto INT_54 (Area Sud)
SB Impianto INT_55 (Area Sud)
SB Impianto INT_56 (Area Sud)
SB Impianto INT_57 (Area Sud)
SB Impianto INT_58 (Area Sud)
SB Impianto INT_59 (Area Sud)
SB Impianto INT_60 (Area Sud)
SB Impianto INT_61 (Area Sud)
SB Impianto INT_62 (Area Sud)
SB Impianto INT_63 (Area Sud)
SB Impianto INT_64 (Area Sud)
SB Impianto INT_65 (Area Sud)
SB Impianto INT_66 (Area Sud)
SB Impianto INT_67 (Area Sud)
SB Impianto INT_68 (Area Sud)
SB Impianto INT_69 (Area Sud)
SB Impianto INT_70 (Area Sud)
SB Impianto INT_71 (Area Sud)
SB Impianto INT_72 (Area Sud)
SB Impianto INT_73 (Area Sud)
SB Impianto INT_74 (Area Sud)
SB Impianto INT_75 (Area Sud)
SB Impianto INT_76 (Area Sud)
SB Impianto INT_77 (Area Sud)
SB Impianto INT_78 (Area Sud)
SB Impianto INT_79 (Area Sud)
SB Impianto INT_80 (Area Sud)
SB Impianto INT_81 (Area Sud)
SB Impianto INT_82 (Area Sud)
SB Impianto INT_83 (Area Sud)
SB Impianto INT_84 (Area Sud)
SB Impianto INT_85 (Area Sud)
SB Impianto INT_86 (Area Sud)
SB Impianto INT_87 (Area Sud)
SB Impianto INT_88 (Area Sud)
SB Impianto INT_89 (Area Sud)
SB Impianto INT_90 (Area Sud)
SB Impianto INT_91 (Area Sud)
SB Impianto INT_92 (Area Sud)
SB Impianto INT_93 (Area Sud)
SB Impianto INT_94 (Area Sud)
SB Impianto INT_95 (Area Sud)
SB Impianto INT_96 (Area Sud)
SB Impianto INT_97 (Area Sud)
SB Impianto INT_98 (Area Sud)
SB Impianto INT_99 (Area Sud)
SB Impianto INT_100 (Area Sud)

- TIPOLOGIA DI SUOLO**
1122 - Borghi e fabbricati rurali
2122 - Elementi semplici e culture erbacee estensive
221 - Vigneti
2311 - Inculti
3211 - Prati e pascoli
4121 - Vegetazione degli ambienti umidi fluviali e lacustri
5122 - Laghi artificiali





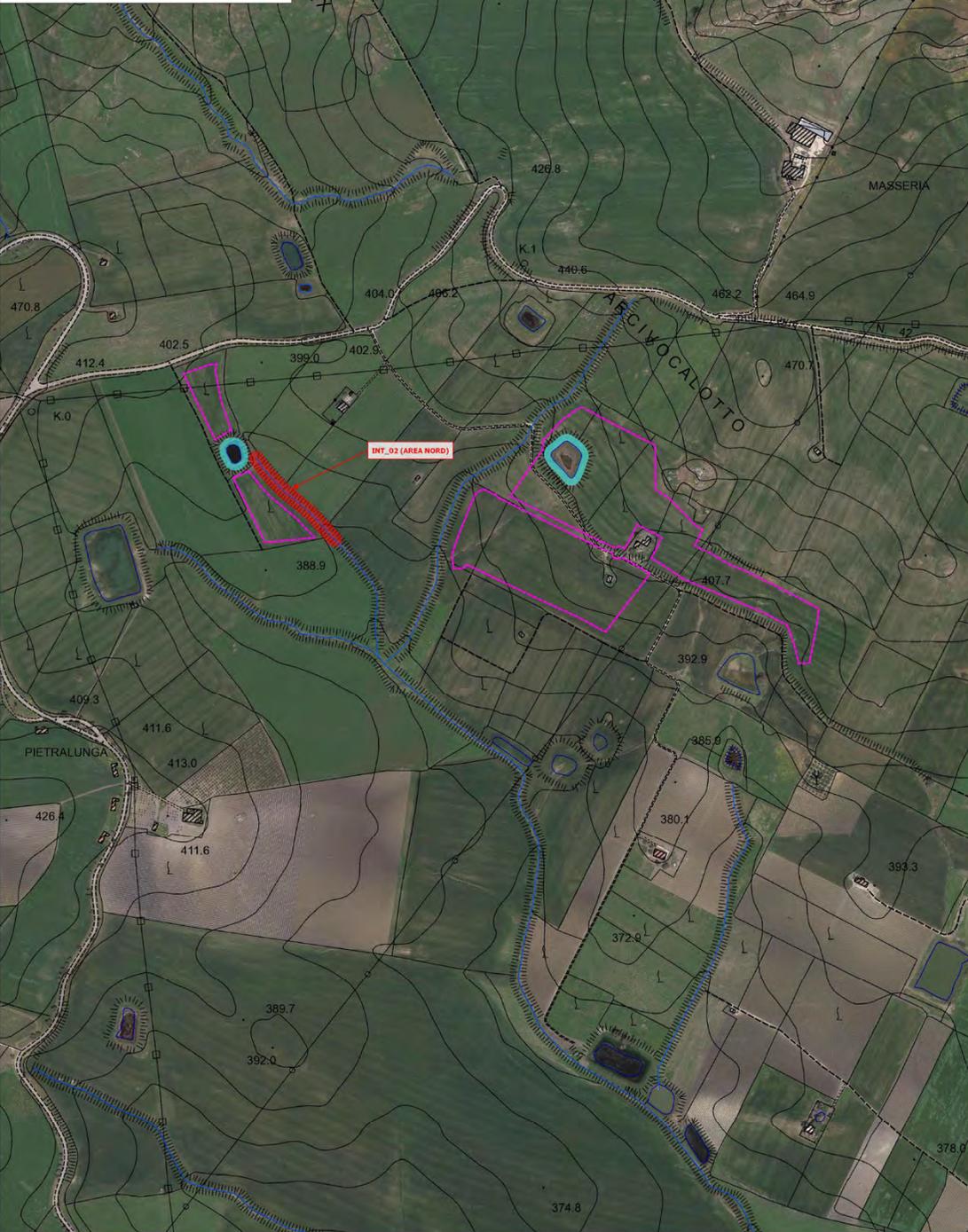


TAV.10 - CARTA DELLE FASCE DI RISPETTO (ELEMENTI MINORI)
IMPIUVIO INT_02 (AREA NORD), INT_01a (AREA SUD) E INT_02 (AREA SUD)
Scale 1:2.500

0 0.1 0.2 km

LEGENDA

- IMPIANTO DI PROGETTO
- Recinzione Impianto
- Elementi Idrici CTR 2012-2013
- Elementi Idrici non da CTR
- Fascia di Rispetto Impianti Minori (1.1 m. dall'alimentazione idrica)
- Fascia di Rispetto Laghetto Artificiale (10 m)



APPENDICE A

Formule calcolo Tempo di Corrivazione

FORMULE UTILIZZATE PER LA VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

I) *Formula di Aronica & Paltrinieri* (Giandotti modificata per Piccoli Bacini)

$$t_c = \frac{1}{Md} \frac{\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_m}} \quad \text{Aronica \& Paltrinieri}$$

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_m}} \quad \text{Giandotti}$$

S = area bacino idrografico sotteso dalla sezione di chiusura in km²

L = lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque, in km

H_m = altitudine media del bacino, riferita alla sezione di chiusura h₀; in metri s.l.m.

M e d = costanti numeriche funzione del tipo di utilizzazione del suolo e della permeabilità

II) *Formula di Kirpick*

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

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

ib [m/m] Pendenza media del bacino idrografico

III) *Formula SCS - CN*

$$t_c = 0.00227 \cdot L^{0.8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} \cdot S^{-0.5} \quad \text{dove}$$

S = pendenza media del bacino in % (ossia compresa tra 0 e 1)

L = lunghezza asta principale in metri

CN = Curve Number del Soil Conservation Service

IV) *Formula di Pezzoli*

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

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

ia[m/m] Pendenza media dell'asta principale

V) *Formula di Ventura*

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

A [Km²] Area del bacino idrografico

ia[m/m] Pendenza media dell'asta principale

VI) *Formula di Pasini*

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

A [Km²] Area del bacino idrografico

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

ia[m/m] Pendenza media dell'asta principale

VII) *Formula di Viparelli*

$$t_c = \frac{L}{3.6 \cdot V}$$

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

V Velocità media di deflusso all'interno dei canali, i valori suggeriti dell'autore sono compresi tra 1,0 e 1.5] m/s

VIII) *Formula di Mockus*

$$t_c = \frac{t_L}{0.6} \quad \text{con} \quad t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

S = pendenza media del bacino in % (ossia compresa tra 0 e 1)

L = lunghezza asta principale in metri

CN = Curve Number del Soil Conservation Service

APPENDICE B

Tabella del Curve Number - Protezione Civile Sicilia

TABELLA DEL CURVE NUMBER*

(*) estratto da "P.O. FESR 2007/2013 - LINEA DI INTERVENTO 2.3.1.6. Piano Regionale per la predisposizione di studi e cartografie di base e tematiche a supporto della Pianificazione comunale e intercomunale di Protezione Civile" – Protezione Civile Sicilia

CODICE CORINE	TIPO DI COPERTURA	CLASSE DI UMIDITA' II			
		CN (A)	CN (B)	CN (C)	CN (D)
111	tessuto urbano continuo	89	92	94	95
112	tessuto urbano discontinuo	77	85	90	92
121	area industriale o commerciale	81	88	91	93
122	rete stradale e ferroviaria e spazi accessori	98	98	98	98
123	area portuale	98	98	98	98
124	aeroporto	98	98	98	98
131	area estrattiva	72	82	87	89
132	discarica	81	88	91	93
133	cantiere	77	86	91	94
141	area verde urbana	39	61	74	80
142	area sportiva e ricreativa	39	61	74	80
211	seminato in area non irrigua	72	81	88	91
221	vigneto	72	81	88	91
222	frutteto e frutti minori	62	71	78	81
223	oliveto	72	81	88	91
231	prato stabile	30	58	71	78
241	cultura annuale associata a cultura permanente	30	58	71	78
242	sistema culturale e particellare complesso	68	79	86	89
243	area occupata da colture agrarie con presenza di spazi naturali	45	66	77	83
244	area agroforestale	45	66	77	83
311	bosco di latifoglie	45	66	77	83
312	bosco di conifere	36	60	73	79
313	bosco misto	25	55	70	77
321	area a pascolo naturale e prateria d'alta quota	68	79	86	89
322	brughiera e cespuglieti	49	69	79	84
323	area a vegetazione sclerofilla	39	61	74	80
324	area a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	36	60	73	79
331	spiaggia, dune, letti sassosi dei corsi d'acqua a regime torrentizio	80	85	90	95
332	roccia nuda, falesia, rupe, affioramento	72	82	87	89
333	area con vegetazione rada	30	58	71	78
334	area percorsa da incendi	30	58	71	78
411	palude interna	100	100	100	100
421	palude salmastra	100	100	100	100
422	salina	100	100	100	100
511	corso d'acqua, canale, idrovia (largh. min. 100 m)	100	100	100	100
512	bacino d'acqua	100	100	100	100
521	laguna	100	100	100	100

APPENDICE C

Risultati Analisi Idrologica (Hec-HMS)

1) Sottobacino SB_INT01 (Area Nord) – Simulazione Tr = 5 anni

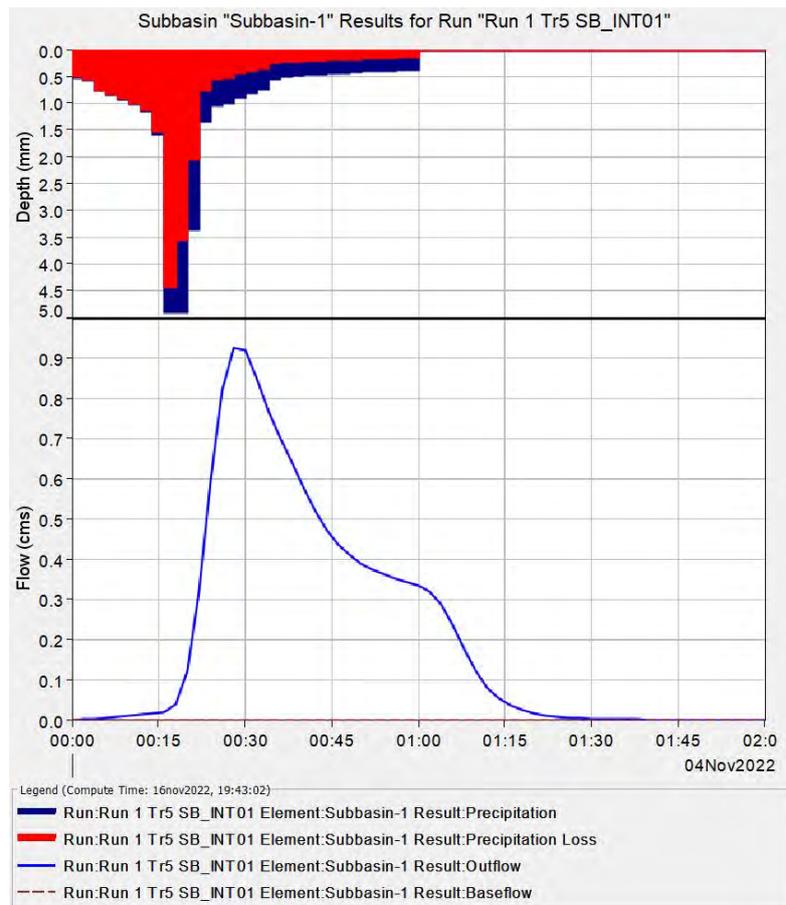


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totalie delle perdite con Tr 5 anni.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
4-Nov-22	0:00				0	0	0
4-Nov-22	0:02	0.52	0.51	0.01	0	0	0
4-Nov-22	0:04	0.56	0.55	0.01	0	0	0
4-Nov-22	0:06	0.77	0.75	0.01	0	0	0
4-Nov-22	0:08	0.84	0.83	0.02	0	0	0
4-Nov-22	0:10	0.94	0.92	0.02	0	0	0
4-Nov-22	0:12	1.01	0.99	0.02	0	0	0
4-Nov-22	0:14	1.15	1.13	0.02	0	0	0
4-Nov-22	0:16	1.57	1.54	0.03	0	0	0
4-Nov-22	0:18	4.91	4.43	0.48	0	0	0
4-Nov-22	0:20	4.91	3.56	1.35	0.1	0	0.1
4-Nov-22	0:22	3.36	2.06	1.31	0.3	0	0.3
4-Nov-22	0:24	1.35	0.75	0.6	0.6	0	0.6
4-Nov-22	0:26	1.03	0.55	0.48	0.8	0	0.8
4-Nov-22	0:28	1	0.52	0.49	0.9	0	0.9
4-Nov-22	0:30	0.89	0.44	0.45	0.9	0	0.9
4-Nov-22	0:32	0.8	0.39	0.42	0.8	0	0.8
4-Nov-22	0:34	0.74	0.35	0.39	0.8	0	0.8
4-Nov-22	0:36	0.54	0.25	0.29	0.7	0	0.7
4-Nov-22	0:38	0.5	0.23	0.28	0.6	0	0.6
4-Nov-22	0:40	0.49	0.22	0.27	0.6	0	0.6
4-Nov-22	0:42	0.47	0.21	0.26	0.5	0	0.5
4-Nov-22	0:44	0.46	0.2	0.26	0.5	0	0.5
4-Nov-22	0:46	0.44	0.19	0.25	0.4	0	0.4
4-Nov-22	0:48	0.43	0.18	0.25	0.4	0	0.4
4-Nov-22	0:50	0.42	0.17	0.25	0.4	0	0.4
4-Nov-22	0:52	0.41	0.17	0.24	0.4	0	0.4
4-Nov-22	0:54	0.4	0.16	0.24	0.4	0	0.4
4-Nov-22	0:56	0.39	0.15	0.23	0.4	0	0.4
4-Nov-22	0:58	0.38	0.15	0.23	0.3	0	0.3
4-Nov-22	1:00	0.37	0.14	0.23	0.3	0	0.3
4-Nov-22	1:02	0	0	0	0.3	0	0.3
4-Nov-22	1:04	0	0	0	0.3	0	0.3
4-Nov-22	1:06	0	0	0	0.2	0	0.2
4-Nov-22	1:08	0	0	0	0.2	0	0.2
4-Nov-22	1:10	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	1:12	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	1:14	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	1:16	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:18	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:20	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:22	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:24	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:26	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:28	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:30	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:32	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:34	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:36	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:38	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:40	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:42	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:44	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:46	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:48	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:50	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:52	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:54	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:56	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:58	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 5 anni

2) Sottobacino SB_INT02 (Area Nord) – Simulazione Tr = 5 anni

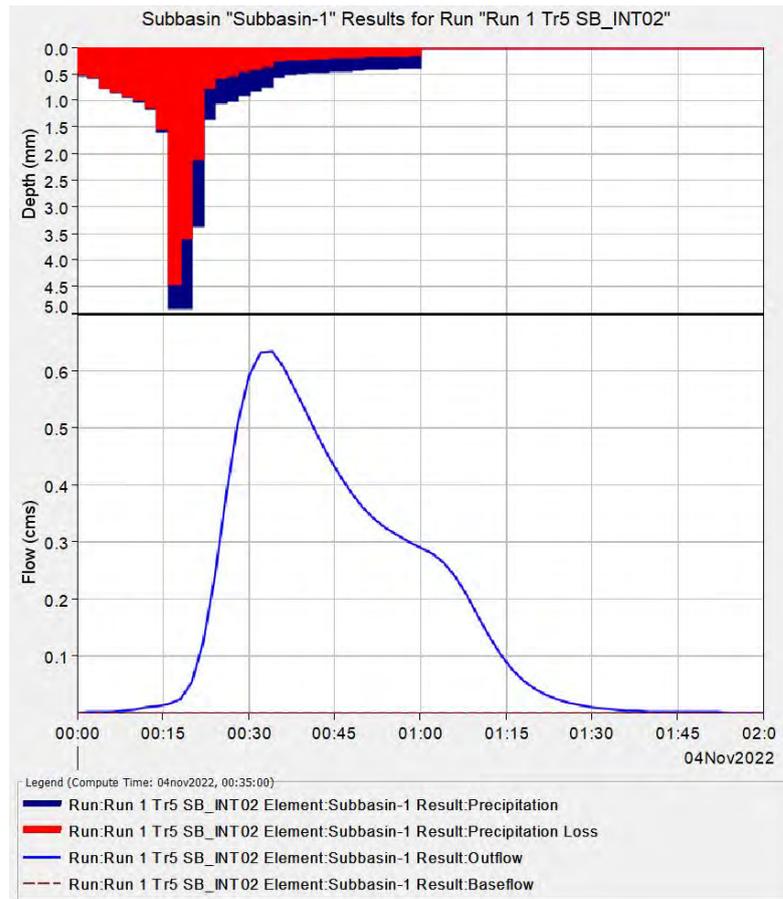


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totalie delle perdite con Tr 5 anni.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
4-Nov-22	0:00				0	0	0
4-Nov-22	0:02	0.52	0.51	0.01	0	0	0
4-Nov-22	0:04	0.56	0.55	0.01	0	0	0
4-Nov-22	0:06	0.77	0.75	0.02	0	0	0
4-Nov-22	0:08	0.84	0.82	0.02	0	0	0
4-Nov-22	0:10	0.94	0.92	0.02	0	0	0
4-Nov-22	0:12	1.01	0.99	0.02	0	0	0
4-Nov-22	0:14	1.15	1.12	0.03	0	0	0
4-Nov-22	0:16	1.57	1.54	0.04	0	0	0
4-Nov-22	0:18	4.91	4.46	0.46	0	0	0
4-Nov-22	0:20	4.91	3.6	1.31	0.1	0	0.1
4-Nov-22	0:22	3.36	2.09	1.28	0.1	0	0.1
4-Nov-22	0:24	1.35	0.76	0.58	0.2	0	0.2
4-Nov-22	0:26	1.03	0.56	0.47	0.4	0	0.4
4-Nov-22	0:28	1	0.52	0.48	0.5	0	0.5
4-Nov-22	0:30	0.89	0.45	0.44	0.6	0	0.6
4-Nov-22	0:32	0.8	0.39	0.41	0.6	0	0.6
4-Nov-22	0:34	0.74	0.35	0.38	0.6	0	0.6
4-Nov-22	0:36	0.54	0.25	0.29	0.6	0	0.6
4-Nov-22	0:38	0.5	0.23	0.27	0.6	0	0.6
4-Nov-22	0:40	0.49	0.22	0.27	0.5	0	0.5
4-Nov-22	0:42	0.47	0.21	0.26	0.5	0	0.5
4-Nov-22	0:44	0.46	0.2	0.26	0.5	0	0.5
4-Nov-22	0:46	0.44	0.19	0.25	0.4	0	0.4
4-Nov-22	0:48	0.43	0.18	0.25	0.4	0	0.4
4-Nov-22	0:50	0.42	0.18	0.24	0.4	0	0.4
4-Nov-22	0:52	0.41	0.17	0.24	0.3	0	0.3
4-Nov-22	0:54	0.4	0.16	0.23	0.3	0	0.3
4-Nov-22	0:56	0.39	0.16	0.23	0.3	0	0.3
4-Nov-22	0:58	0.38	0.15	0.23	0.3	0	0.3
4-Nov-22	1:00	0.37	0.15	0.22	0.3	0	0.3
4-Nov-22	1:02	0	0	0	0.3	0	0.3
4-Nov-22	1:04	0	0	0	0.3	0	0.3
4-Nov-22	1:06	0	0	0	0.2	0	0.2
4-Nov-22	1:08	0	0	0	0.2	0	0.2
4-Nov-22	1:10	0	0	0	0.2	0	0.2
4-Nov-22	1:12	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	1:14	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	1:16	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	1:18	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	1:20	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:22	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:24	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:26	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:28	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:30	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:32	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:34	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:36	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:38	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:40	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:42	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:44	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:46	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:48	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:50	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:52	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:54	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:56	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:58	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 5 anni

3) Sottobacino SB_INT01 (Area Sud) – Simulazione Tr = 5 anni

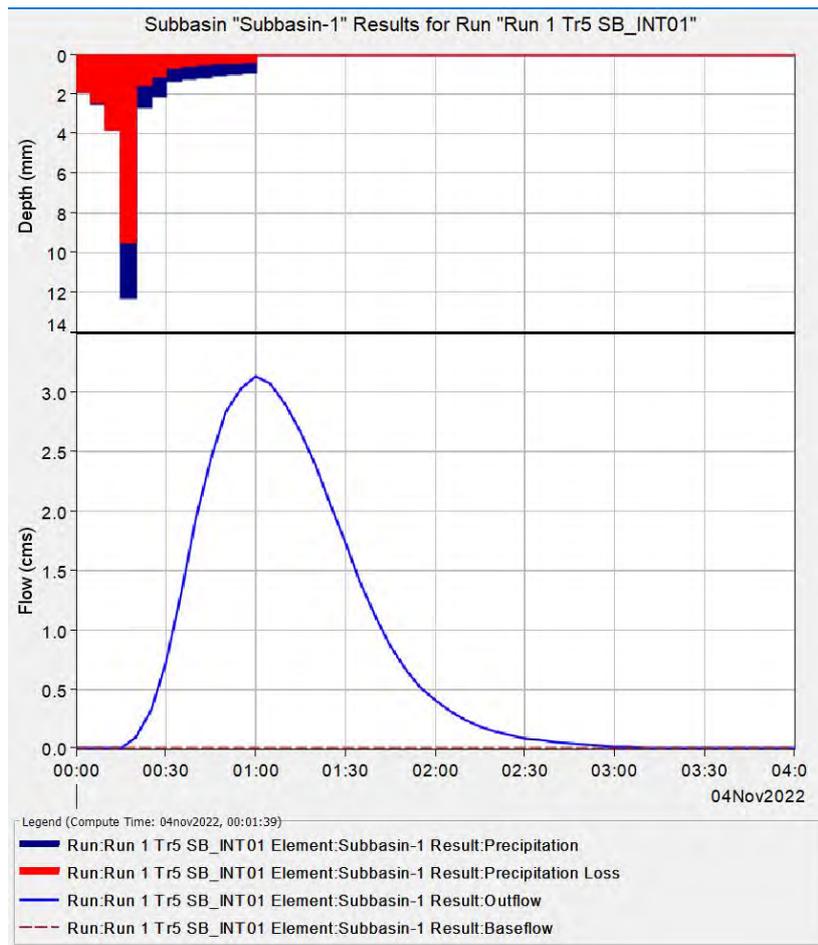


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totalie delle perdite con Tr 5 anni.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
4-Nov-22	0:00				0	0	0
4-Nov-22	0:05	1.9	1.89	0.02	0	0	0
4-Nov-22	0:10	2.47	2.45	0.02	0	0	0
4-Nov-22	0:15	3.83	3.8	0.03	0	0	0
4-Nov-22	0:20	12.28	9.47	2.81	0.1	0	0.1
4-Nov-22	0:25	2.66	1.51	1.15	0.3	0	0.3
4-Nov-22	0:30	2.14	1.11	1.02	0.7	0	0.7
4-Nov-22	0:35	1.37	0.67	0.7	1.3	0	1.3
4-Nov-22	0:40	1.25	0.59	0.66	1.9	0	1.9
4-Nov-22	0:45	1.15	0.52	0.63	2.5	0	2.5
4-Nov-22	0:50	1.07	0.46	0.6	2.8	0	2.8
4-Nov-22	0:55	1	0.42	0.58	3	0	3
4-Nov-22	1:00	0.94	0.38	0.56	3.1	0	3.1
4-Nov-22	1:05	0	0	0	3.1	0	3.1
4-Nov-22	1:10	0	0	0	2.9	0	2.9
4-Nov-22	1:15	0	0	0	2.7	0	2.7
4-Nov-22	1:20	0	0	0	2.4	0	2.4
4-Nov-22	1:25	0	0	0	2.1	0	2.1
4-Nov-22	1:30	0	0	0	1.7	0	1.7
4-Nov-22	1:35	0	0	0	1.4	0	1.4
4-Nov-22	1:40	0	0	0	1.1	0	1.1
4-Nov-22	1:45	0	0	0	0.9	0	0.9
4-Nov-22	1:50	0	0	0	0.7	0	0.7
4-Nov-22	1:55	0	0	0	0.5	0	0.5
4-Nov-22	2:00	0	0	0	0.4	0	0.4
4-Nov-22	2:05	0	0	0	0.3	0	0.3
4-Nov-22	2:10	0	0	0	0.2	0	0.2
4-Nov-22	2:15	0	0	0	0.2	0	0.2
4-Nov-22	2:20	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	2:25	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	2:30	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	2:35	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	2:40	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	2:45	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:50	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:55	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	3:00	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	3:05	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	3:10	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	3:15	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	3:20	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	3:25	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	3:30	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	3:35	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	3:40	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	3:45	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	3:50	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	3:55	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	4:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 5 anni

4) Sottobacino SB_INT01a (Area Sud) – Simulazione Tr = 5 anni

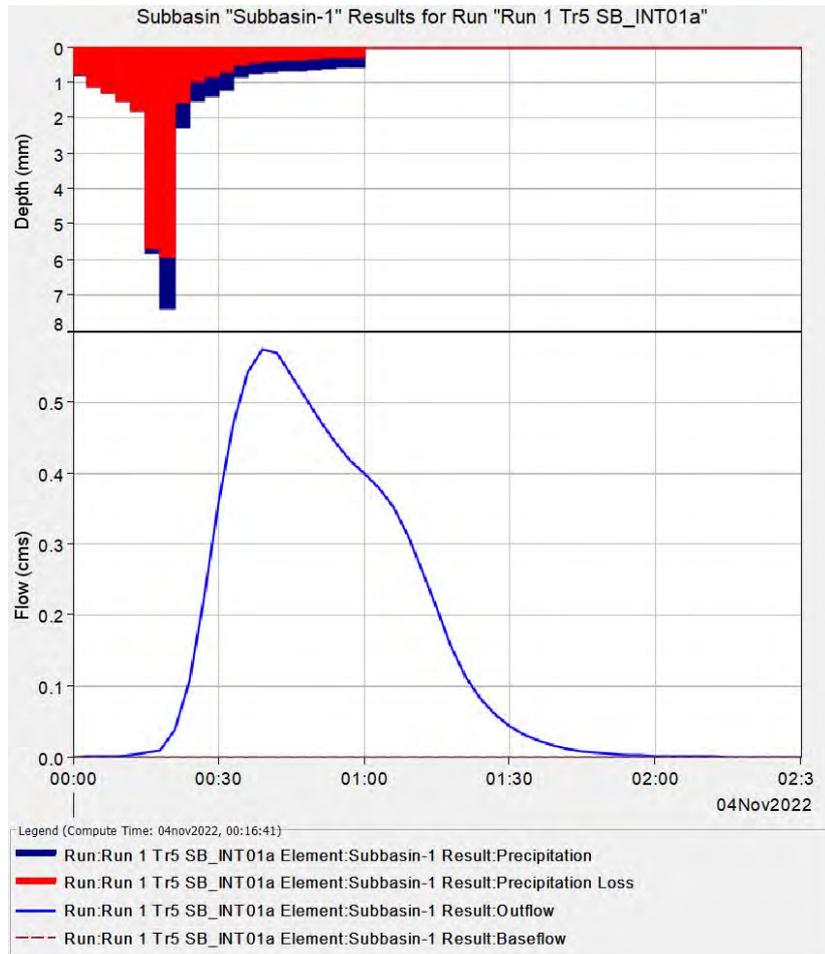


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totalie delle perdite con Tr 5 anni

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
4-Nov-22	0:00				0	0	0
4-Nov-22	0:03	0.79	0.78	0.01	0	0	0
4-Nov-22	0:06	1.12	1.11	0.01	0	0	0
4-Nov-22	0:09	1.28	1.27	0.01	0	0	0
4-Nov-22	0:12	1.53	1.51	0.01	0	0	0
4-Nov-22	0:15	1.8	1.78	0.02	0	0	0
4-Nov-22	0:18	5.82	5.68	0.14	0	0	0
4-Nov-22	0:21	7.37	5.92	1.45	0	0	0
4-Nov-22	0:24	2.27	1.54	0.72	0.1	0	0.1
4-Nov-22	0:27	1.51	0.97	0.54	0.2	0	0.2
4-Nov-22	0:30	1.39	0.85	0.54	0.4	0	0.4
4-Nov-22	0:33	1.19	0.7	0.49	0.5	0	0.5
4-Nov-22	0:36	0.84	0.48	0.36	0.5	0	0.5
4-Nov-22	0:39	0.75	0.42	0.33	0.6	0	0.6
4-Nov-22	0:42	0.71	0.39	0.32	0.6	0	0.6
4-Nov-22	0:45	0.68	0.36	0.31	0.5	0	0.5
4-Nov-22	0:48	0.65	0.34	0.31	0.5	0	0.5
4-Nov-22	0:51	0.62	0.32	0.3	0.5	0	0.5
4-Nov-22	0:54	0.6	0.3	0.3	0.4	0	0.4
4-Nov-22	0:57	0.58	0.29	0.29	0.4	0	0.4
4-Nov-22	1:00	0.56	0.27	0.28	0.4	0	0.4
4-Nov-22	1:03	0	0	0	0.4	0	0.4
4-Nov-22	1:06	0	0	0	0.4	0	0.4
4-Nov-22	1:09	0	0	0	0.3	0	0.3
4-Nov-22	1:12	0	0	0	0.3	0	0.3
4-Nov-22	1:15	0	0	0	0.2	0	0.2
4-Nov-22	1:18	0	0	0	0.2	0	0.2
4-Nov-22	1:21	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	1:24	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	1:27	0	0	0	0.1	0	0.1
4-Nov-22	1:30	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:33	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:36	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:39	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:42	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:45	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:48	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:51	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:54	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	1:57	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:00	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:03	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:06	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:09	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:12	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:15	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:18	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:21	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:24	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:27	0	0	0	0	0	0
4-Nov-22	2:30	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 5 anni

5) Sottobacino SB_Int.23b (Tombino) – Simulazione Tr = 50 anni

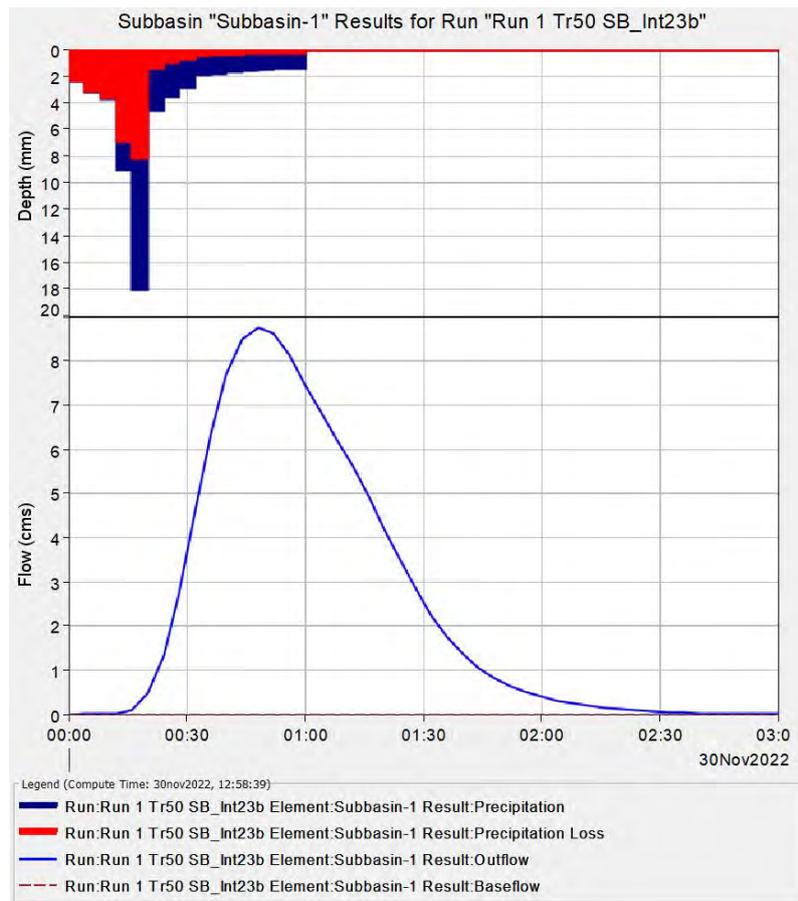


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totalie delle perdite con Tr 50 anni

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
30-Nov-22	0:00				0	0	0
30-Nov-22	0:04	2.39	2.37	0.02	0	0	0
30-Nov-22	0:08	3.18	3.15	0.03	0	0	0
30-Nov-22	0:12	3.75	3.67	0.08	0	0	0
30-Nov-22	0:16	9.07	6.87	2.2	0.1	0	0.1
30-Nov-22	0:20	18.06	8.23	9.82	0.5	0	0.5
30-Nov-22	0:24	4.58	1.44	3.14	1.3	0	1.3
30-Nov-22	0:28	3.57	1	2.57	2.7	0	2.7
30-Nov-22	0:32	2.89	0.74	2.14	4.6	0	4.6
30-Nov-22	0:36	1.95	0.47	1.48	6.4	0	6.4
30-Nov-22	0:40	1.82	0.42	1.4	7.7	0	7.7
30-Nov-22	0:44	1.7	0.38	1.32	8.5	0	8.5
30-Nov-22	0:48	1.6	0.34	1.26	8.8	0	8.8
30-Nov-22	0:52	1.52	0.31	1.2	8.6	0	8.6
30-Nov-22	0:56	1.44	0.29	1.15	8.1	0	8.1
30-Nov-22	1:00	1.38	0.26	1.11	7.4	0	7.4
30-Nov-22	1:04	0	0	0	6.8	0	6.8
30-Nov-22	1:08	0	0	0	6.2	0	6.2
30-Nov-22	1:12	0	0	0	5.6	0	5.6
30-Nov-22	1:16	0	0	0	4.9	0	4.9
30-Nov-22	1:20	0	0	0	4.2	0	4.2
30-Nov-22	1:24	0	0	0	3.5	0	3.5
30-Nov-22	1:28	0	0	0	2.8	0	2.8
30-Nov-22	1:32	0	0	0	2.2	0	2.2
30-Nov-22	1:36	0	0	0	1.7	0	1.7
30-Nov-22	1:40	0	0	0	1.3	0	1.3
30-Nov-22	1:44	0	0	0	1	0	1
30-Nov-22	1:48	0	0	0	0.8	0	0.8
30-Nov-22	1:52	0	0	0	0.6	0	0.6
30-Nov-22	1:56	0	0	0	0.5	0	0.5
30-Nov-22	2:00	0	0	0	0.4	0	0.4
30-Nov-22	2:04	0	0	0	0.3	0	0.3
30-Nov-22	2:08	0	0	0	0.2	0	0.2
30-Nov-22	2:12	0	0	0	0.2	0	0.2
30-Nov-22	2:16	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:20	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:24	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:28	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:32	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:36	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:40	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:44	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:48	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:52	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:56	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	3:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 50 anni

6) Sottobacino SB_Int.23b (Tombino) – Simulazione Tr = 100 anni

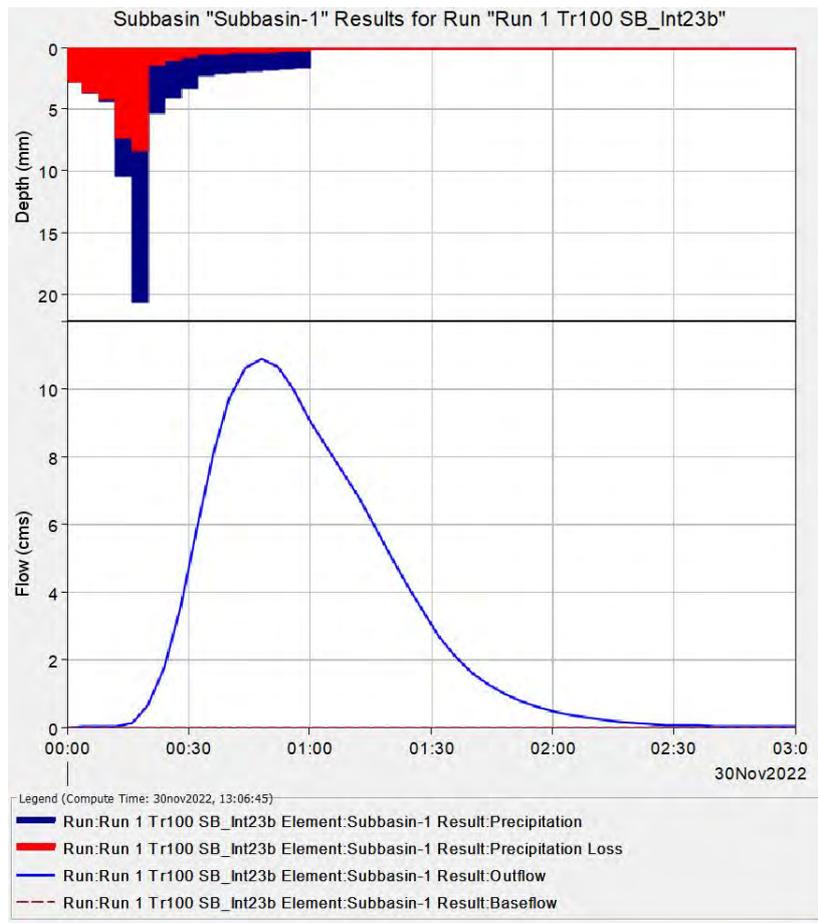


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totalie delle perdite con Tr 100 anni

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
30-Nov-22	0:00				0	0	0
30-Nov-22	0:04	2.72	2.7	0.02	0	0	0
30-Nov-22	0:08	3.61	3.58	0.03	0	0	0
30-Nov-22	0:12	4.27	4.06	0.21	0	0	0
30-Nov-22	0:16	10.32	7.21	3.1	0.1	0	0.1
30-Nov-22	0:20	20.53	8.3	12.23	0.6	0	0.6
30-Nov-22	0:24	5.21	1.42	3.8	1.8	0	1.8
30-Nov-22	0:28	4.06	0.98	3.08	3.5	0	3.5
30-Nov-22	0:32	3.28	0.72	2.56	5.9	0	5.9
30-Nov-22	0:36	2.22	0.46	1.76	8.1	0	8.1
30-Nov-22	0:40	2.07	0.41	1.66	9.7	0	9.7
30-Nov-22	0:44	1.93	0.36	1.57	10.6	0	10.6
30-Nov-22	0:48	1.82	0.33	1.49	10.9	0	10.9
30-Nov-22	0:52	1.72	0.3	1.42	10.6	0	10.6
30-Nov-22	0:56	1.64	0.28	1.36	10	0	10
30-Nov-22	1:00	1.56	0.25	1.31	9.1	0	9.1
30-Nov-22	1:04	0	0	0	8.3	0	8.3
30-Nov-22	1:08	0	0	0	7.5	0	7.5
30-Nov-22	1:12	0	0	0	6.8	0	6.8
30-Nov-22	1:16	0	0	0	5.9	0	5.9
30-Nov-22	1:20	0	0	0	5.1	0	5.1
30-Nov-22	1:24	0	0	0	4.2	0	4.2
30-Nov-22	1:28	0	0	0	3.4	0	3.4
30-Nov-22	1:32	0	0	0	2.7	0	2.7
30-Nov-22	1:36	0	0	0	2.1	0	2.1
30-Nov-22	1:40	0	0	0	1.6	0	1.6
30-Nov-22	1:44	0	0	0	1.3	0	1.3
30-Nov-22	1:48	0	0	0	1	0	1
30-Nov-22	1:52	0	0	0	0.8	0	0.8
30-Nov-22	1:56	0	0	0	0.6	0	0.6
30-Nov-22	2:00	0	0	0	0.5	0	0.5
30-Nov-22	2:04	0	0	0	0.4	0	0.4
30-Nov-22	2:08	0	0	0	0.3	0	0.3
30-Nov-22	2:12	0	0	0	0.2	0	0.2
30-Nov-22	2:16	0	0	0	0.2	0	0.2
30-Nov-22	2:20	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:24	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:28	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:32	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:36	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:40	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:44	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:48	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:52	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:56	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	3:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 100 anni

7) Sottobacino SB_Int.23b (Tombino) – Simulazione Tr = 200 anni

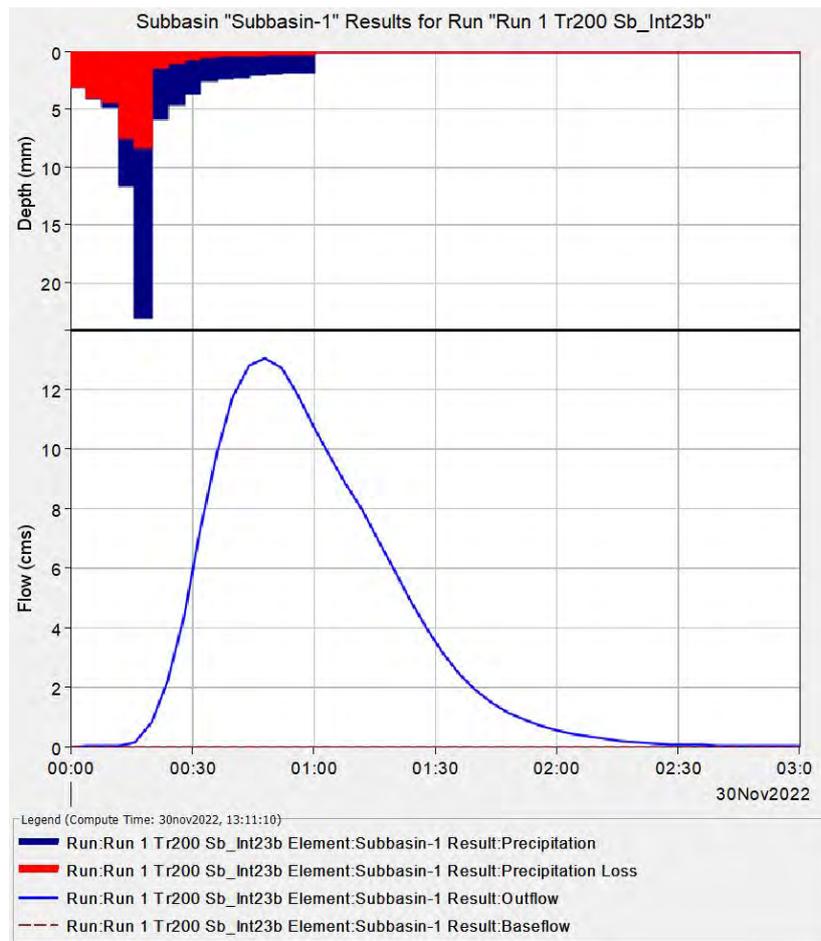


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totalie delle perdite con Tr 200 anni

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
30-Nov-22	0:00				0	0	0
30-Nov-22	0:04	3.05	3.02	0.03	0	0	0
30-Nov-22	0:08	4.05	4.01	0.04	0	0	0
30-Nov-22	0:12	4.78	4.38	0.4	0	0	0
30-Nov-22	0:16	11.56	7.49	4.07	0.2	0	0.2
30-Nov-22	0:20	23.01	8.31	14.7	0.8	0	0.8
30-Nov-22	0:24	5.84	1.38	4.45	2.2	0	2.2
30-Nov-22	0:28	4.54	0.95	3.59	4.4	0	4.4
30-Nov-22	0:32	3.68	0.7	2.98	7.2	0	7.2
30-Nov-22	0:36	2.49	0.44	2.05	9.8	0	9.8
30-Nov-22	0:40	2.31	0.39	1.92	11.7	0	11.7
30-Nov-22	0:44	2.17	0.35	1.82	12.8	0	12.8
30-Nov-22	0:48	2.04	0.32	1.72	13	0	13
30-Nov-22	0:52	1.93	0.29	1.64	12.7	0	12.7
30-Nov-22	0:56	1.84	0.26	1.57	11.9	0	11.9
30-Nov-22	1:00	1.75	0.24	1.51	10.7	0	10.7
30-Nov-22	1:04	0	0	0	9.8	0	9.8
30-Nov-22	1:08	0	0	0	8.9	0	8.9
30-Nov-22	1:12	0	0	0	7.9	0	7.9
30-Nov-22	1:16	0	0	0	7	0	7
30-Nov-22	1:20	0	0	0	5.9	0	5.9
30-Nov-22	1:24	0	0	0	4.9	0	4.9
30-Nov-22	1:28	0	0	0	4	0	4
30-Nov-22	1:32	0	0	0	3.1	0	3.1
30-Nov-22	1:36	0	0	0	2.4	0	2.4
30-Nov-22	1:40	0	0	0	1.9	0	1.9
30-Nov-22	1:44	0	0	0	1.5	0	1.5
30-Nov-22	1:48	0	0	0	1.1	0	1.1
30-Nov-22	1:52	0	0	0	0.9	0	0.9
30-Nov-22	1:56	0	0	0	0.7	0	0.7
30-Nov-22	2:00	0	0	0	0.5	0	0.5
30-Nov-22	2:04	0	0	0	0.4	0	0.4
30-Nov-22	2:08	0	0	0	0.3	0	0.3
30-Nov-22	2:12	0	0	0	0.3	0	0.3
30-Nov-22	2:16	0	0	0	0.2	0	0.2
30-Nov-22	2:20	0	0	0	0.2	0	0.2
30-Nov-22	2:24	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:28	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:32	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:36	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:40	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:44	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:48	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:52	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:56	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	3:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 200 anni

8) Sottobacino SB_Int.23b (Tombino) – Simulazione Tr = 300 anni

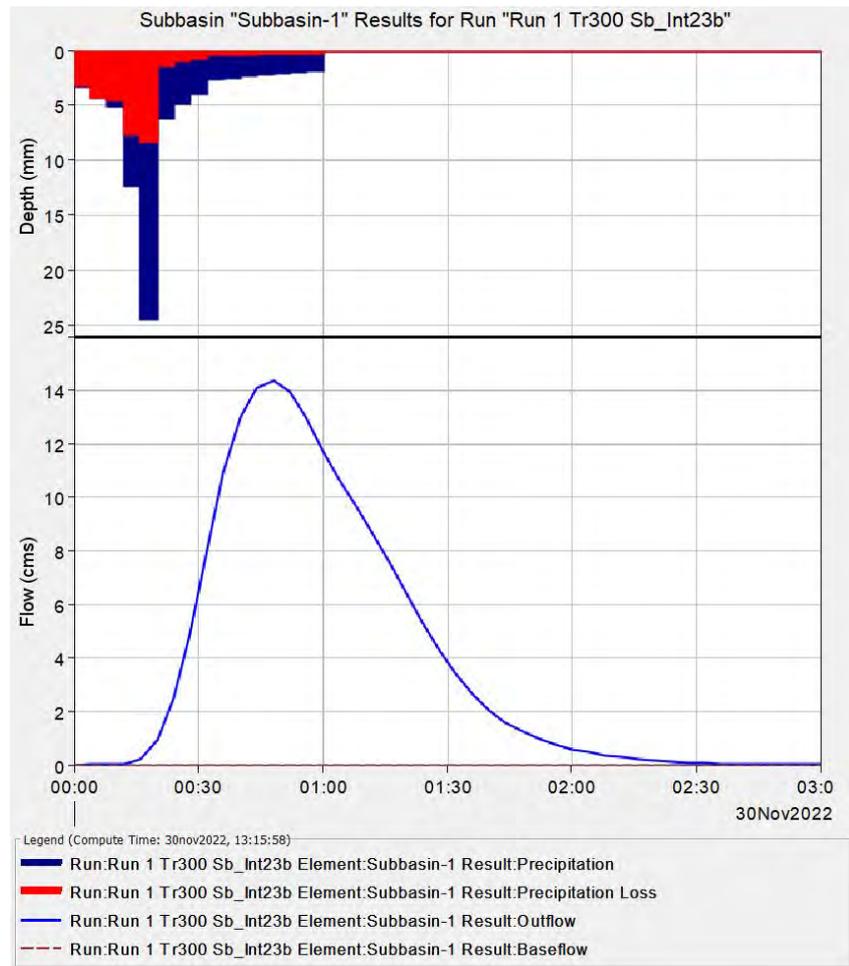


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totalie delle perdite con Tr 300 anni

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
30-Nov-22	0:00				0	0	0
30-Nov-22	0:04	3.24	3.21	0.03	0	0	0
30-Nov-22	0:08	4.31	4.27	0.04	0	0	0
30-Nov-22	0:12	5.08	4.54	0.54	0	0	0
30-Nov-22	0:16	12.29	7.62	4.66	0.2	0	0.2
30-Nov-22	0:20	24.46	8.3	16.16	0.9	0	0.9
30-Nov-22	0:24	6.2	1.36	4.84	2.5	0	2.5
30-Nov-22	0:28	4.83	0.94	3.9	4.9	0	4.9
30-Nov-22	0:32	3.91	0.69	3.22	8.1	0	8.1
30-Nov-22	0:36	2.65	0.44	2.21	10.9	0	10.9
30-Nov-22	0:40	2.46	0.38	2.08	13	0	13
30-Nov-22	0:44	2.3	0.34	1.96	14.1	0	14.1
30-Nov-22	0:48	2.17	0.31	1.86	14.4	0	14.4
30-Nov-22	0:52	2.05	0.28	1.77	14	0	14
30-Nov-22	0:56	1.95	0.26	1.7	13	0	13
30-Nov-22	1:00	1.86	0.24	1.63	11.7	0	11.7
30-Nov-22	1:04	0	0	0	10.7	0	10.7
30-Nov-22	1:08	0	0	0	9.6	0	9.6
30-Nov-22	1:12	0	0	0	8.6	0	8.6
30-Nov-22	1:16	0	0	0	7.6	0	7.6
30-Nov-22	1:20	0	0	0	6.4	0	6.4
30-Nov-22	1:24	0	0	0	5.3	0	5.3
30-Nov-22	1:28	0	0	0	4.3	0	4.3
30-Nov-22	1:32	0	0	0	3.4	0	3.4
30-Nov-22	1:36	0	0	0	2.6	0	2.6
30-Nov-22	1:40	0	0	0	2	0	2
30-Nov-22	1:44	0	0	0	1.6	0	1.6
30-Nov-22	1:48	0	0	0	1.2	0	1.2
30-Nov-22	1:52	0	0	0	1	0	1
30-Nov-22	1:56	0	0	0	0.8	0	0.8
30-Nov-22	2:00	0	0	0	0.6	0	0.6
30-Nov-22	2:04	0	0	0	0.5	0	0.5
30-Nov-22	2:08	0	0	0	0.4	0	0.4
30-Nov-22	2:12	0	0	0	0.3	0	0.3
30-Nov-22	2:16	0	0	0	0.2	0	0.2
30-Nov-22	2:20	0	0	0	0.2	0	0.2
30-Nov-22	2:24	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:28	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:32	0	0	0	0.1	0	0.1
30-Nov-22	2:36	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:40	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:44	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:48	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:52	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	2:56	0	0	0	0	0	0
30-Nov-22	3:00	0	0	0	0	0	0

Dettagli analitici della piena con Tr 300 anni

APPENDICE D

*Criteria per la valutazione del coefficiente di deflusso
di impianti fotovoltaici*

- Criteri per la valutazione del coefficiente di deflusso degli impianti fotovoltaici

Relativamente a quanto e in che modo la posa di un modulo fotovoltaico possa incidere, in maniera diretta, sulla permeabilità di un terreno e di conseguenza sulla variazione del Curve Number (ovvero sul coefficiente di deflusso), non è stata rinvenuta alcuna indicazione specifica nelle linee guida sull'invarianza idraulica riportate nel DDG n.102 DRU/AdB; più in generale non sono state rinvenute linee guida o indicazioni normative specifiche né da parte della Regione Sicilia, né da parte di altri enti regionali o nazionali.

Nel panorama italiano le uniche indicazioni bibliografiche, circa le variazioni apportate da un impianto fotovoltaico a terra sul coefficiente di deflusso sono state reperite negli studi del *Consorzio di Bonifica Veneto Orientale* (Analisi idrologiche-idrauliche per l'applicazione dei criteri dell'invarianza idraulica nel comprensorio del Veneto orientale-2012) il quale sulla base delle esperienze raccolte, in aggiunta alle categorie previste dalla DRG n.2948/2009 della Regione Veneto (di cui alla fig. 1) ha ritenuto opportuno, appunto, inserire una voce specifica relativamente ai campi fotovoltaici.

Lo studio, nel passaggio da una situazione di area agricola ad una situazione di campo fotovoltaico a terra, prevede pertanto un aumento dell'impermeabilizzazione con un coefficiente di deflusso che passa dal valore di 0,0 - 0,10 (per suolo coltivato o incolto) a 0,30.

Va messo in evidenza tuttavia, che tale aumento appare molto cautelativo, poiché lo studio si riferisce chiaramente a impianti fotovoltaici a terra di "tipo fisso" e quindi concettualmente molto differenti da quelli utilizzati nel presente progetto (ad inseguimento monoassiale ovvero mobili). Negli impianti mobili infatti, le superfici perennemente coperte risultano minime, ovvero non si produce il cosiddetto "effetto tetto" e, anche in virtù di un'altezza media dal terreno di circa 2,0 – 2,2 metri in assetto orizzontale, il terreno in linea generale risulta sempre ben arieggiato e con significativi periodi non ombreggiati.

Tipo di suolo	Coefficiente di deflusso (φ) DGR 2948/2009
Superfici occupate da edifici impermeabilizzate	0,90
Pavimentazioni drenanti (ghiaia, stabilizzato, betonelle con sottofondo permeabile)	0,60
Impianti fotovoltaici su terreno senza pavimentazioni ¹	0,30
Aree verdi (giardini, prati)	0,20

Figura 1: Tabella coefficienti di deflusso DRG 2948/2009 Regione Veneto

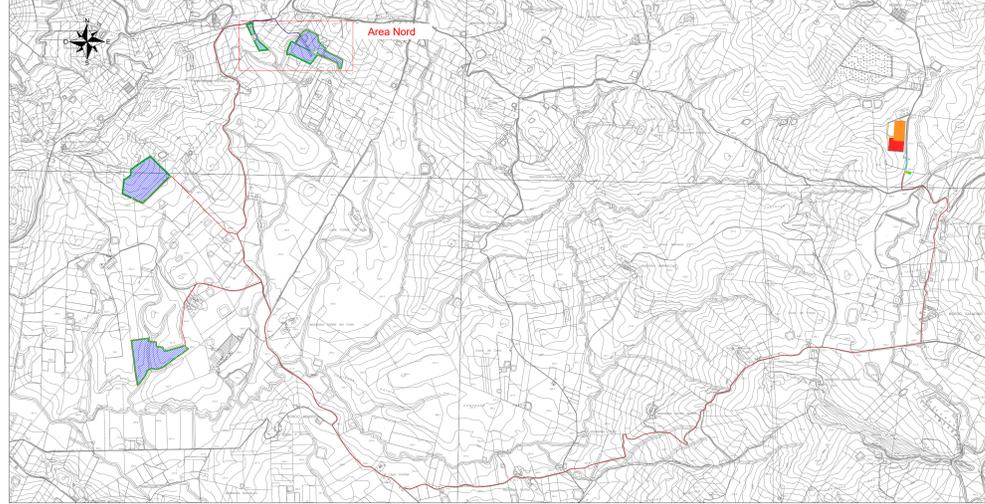
(¹) voce aggiunta dal Consorzio di Bonifica Veneto Orientale

Tale dato, seppur cautelativo, in ogni caso è stato utilizzato ai fini di una valutazione sull'incidenza dei moduli fotovoltaici sulla capacità di deflusso futura del suolo.

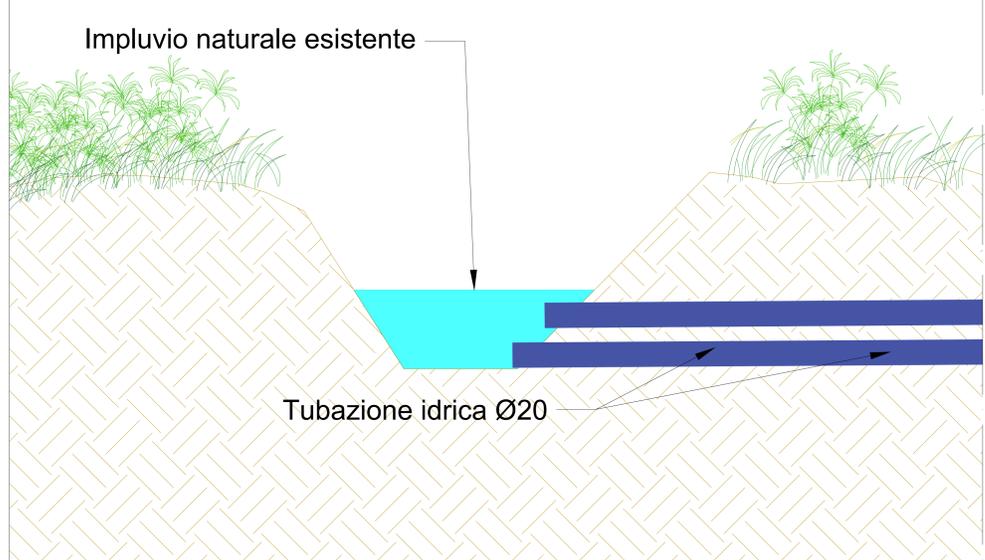
Inquadramento area Nord su ortofoto - Scala 1:2000



Inquadramento generale - Scala 1:25000



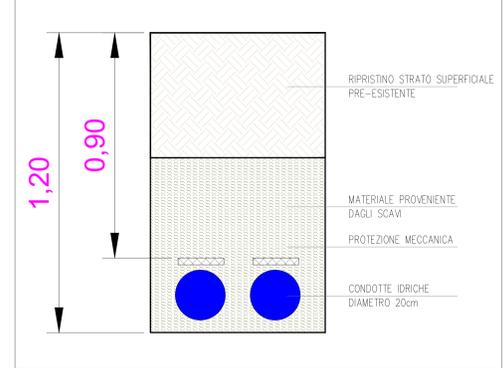
Sezione tipo laghetto dopo risagomatura e impermeabilizzazione



LEGENDA

- Recinzione impianto agrivoltaico
- Fasce arboree perimetrali impianto agrivoltaico
- Fascia tagliafiamma perimetrale impianto agrivoltaico
- Cancelli di accesso impianto agrivoltaico
- Strade e piazzali impianto agrivoltaico
- Strada interpodereale
- Struttura porta moduli fotovoltaici tipo A 30x2
- Struttura porta moduli fotovoltaici tipo B 15x2
- Power Station
- Cabina ausiliaria
- Cabina di raccolta a 36 kV
- Cavi interrati 36 kV - Da impianto agrivoltaico a Cabina Utente
- Laghetti risagomati e impermeabilizzati
- Tubo Ø 20 cm per deflusso acque
- Saracinesca con indicatore deflusso

Tipico posa condotta idrica - scala 1:10



Tipico saracinesca con indicatore deflusso



		REGIONE SICILIA COMUNE DI MONREALE (PA)	
<p>PROGETTO</p> <p>IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI POTENZA DI PICCO PARI A 20,08 MWp DENOMINATO "Limes 21" NEL COMUNE DI MONREALE (PA)</p>			
<p>TITOLO</p> <p>Tav.25 - Layout Sistema Smanagemento Acque di Invezianza</p>			
<p>PROGETTISTA</p> <p>Ing. Daniele Cavallo Stato di progettazione: SCD Engineer, con sede legale in: Via Carlo del Conte, 16 75022 Luzzo (PR) Tel. 051-28172000 PEC: cavallo.daniele@ingep.it</p>	<p>PROPONENTE</p> <p>LIMES 21 S.r.l. Sede legale e Amministrativa: 16100 Genova, Corso 22 56018 - FASCINO (GR) Tel. 0577-200000 PEC: limes21@limes.it</p>	<p>VISTI</p>	
<p>PROGETTAZIONE</p> <p></p> <p>Dist. Ing. Daniele Cavallo n° 1220</p>		<p>FOGLIO</p> <p>1 di 1</p>	
<p>Scala</p> <p>VARIE</p>	<p>Formato Stampa</p> <p>A0</p>	<p>Nome File</p> <p>Rev. a</p>	<p>1 di 1</p>
<p>Rev. a</p> <p>15/11/2022</p> <p>Descrizione</p> <p>Prima Emissione</p>	<p>Elaborato</p> <p>D.Cavallo</p>	<p>Controllato</p> <p>A.Cornadotti</p>	<p>Approvato</p> <p>R.Cavallo</p>