



REGIONE PUGLIA



COMUNE DI POGGIO
IMPERIALE



COMUNE DI LESINA



COMUNE DI SAN PAOLO
CIVITATE



COMUNE DI APRICENA

Nome Progetto / Project Name

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO,
DENOMINATO POGGIO 2
POTENZA INSTALLATA 20,35 MW
CON PANNELLI SU SUPPORTO TRACKER
AD ASSE ORIZZONTALE IN AGRO DI
POGGIO IMPERIALE, LESINA, SAN PAOLO CIVITATE
E OPERE DI CONNESSIONE**

committente GC POGGIO IMP II	Titolo documento / Document title RELAZIONE IDROLOGICA	
	Tavola / Pannel	Codice elaborato / Code processed PG2_REL_IDR_009

00	30/06/2022	PROGETTO DEFINITIVO	Preparato	Vagliato	Approvato
N.	Data Revisione	Descrizione revisione			

Specialista / Specialist Ing. Maria DI MODUGNO Ing. Gabriele IEMMOLO Dr.geol. Baldassarre Franco LA TESSA		Sviluppatore / Developer RENEWABLE CONSULTING
--	---	---

Progettisti / Planner RENEWABLE CONSULTING SRL			
	Nome file	Dimensione cartiglio	Scala
	Relazione idrologica	A4	---

Indice

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	3
3. VERIFICA DEI VINCOLI AI SENSI DEL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) – SEZIONE IDRAULICA	6
3.1. UoM Regionale Puglia ed Interregionale Ofanto	6
3.2. UoM Fortore	10
4. ANALISI IDROLOGICA	13
4.1. UoM Regionale Puglia ed Interregionale Ofanto	13
4.1.1. Analisi morfologica e definizione dei bacini idrografici	13
4.1.2. Analisi pluviometrica.....	15
4.1.3. Applicazione del modello afflussi-deflussi.....	19
4.1.4. Calcolo degli idrogrammi di piena.....	23
4.2. UoM Fortore	26
4.2.1. Analisi morfologica e definizione dei bacini idrografici	26
4.2.2. Stima delle portate al colmo di piena e degli idrogrammi di progetto.....	28

ALLEGATI:

- ALLEGATO 1: Inquadramento corografico;
- ALLEGATO 2A: Interferenze delle opere in progetto con aree vincolate ai sensi del PAI Puglia;
- ALLEGATO 2B: Interferenze delle opere in progetto con aree vincolate ai sensi del PAI Fortore;
- ALLEGATO 3A: Bacini idrografici;
- ALLEGATO 3B: Bacini idrografici;
- ALLEGATO 3C: Bacino idrografico del Fiume Fortore;
- ALLEGATO 3D: Bacini idrografici;

1. PREMESSA

La presente relazione costituisce lo studio del contesto agrario relativo alle aree interessate dalla realizzazione di un sistema agrivoltaico, di potenza installata pari a 20,35 MW, con pannelli su supporto tracker ad asse orizzontale da realizzarsi in agro di Apricena, Poggio Imperiale e San Paolo di Civitate in Regione Puglia e le relative opere di connessione.

Obiettivo di tale relazione è la caratterizzazione dell'area (aspetti climatici e pedologici), finalizzata alla valutazione della produttività dei suoli interessati dall'intervento in oggetto in riferimento alle sue potenzialità ed al valore delle colture ivi presenti.

L'attività di studio del territorio è stata condotta in più fasi che hanno previsto sopralluoghi al fine di osservare e valutare, sotto l'aspetto agronomico, la superficie oggetto di intervento e la consultazione dei dati cartografici disponibili sul S.I.T. della Regione Puglia e degli studi effettuati dagli Organi competenti (regionali/nazionali) per esaminare il territorio.

L'iniziativa è in linea con gli obiettivi del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), Dicembre 2019; con il quale l'Italia intende promuovere il Green New Deal per la decarbonizzazione dell'economia, inteso come un patto verde con le imprese e i cittadini, che consideri l'ambiente come motore economico del Paese.

La presente relazione è relativa allo studio degli impianti di produzione dell'energia elettrica relativa alle aree di produzione, ai cavidotti di connessione tra i campi agrivoltaici e al cavidotto di connessione alla stazione di Smistamento "CS Serracapriola". Le opere di connessione comprese tra la stazione di Smistamento "CS Serracapriola" e la SE di trasformazione di Rotello (CB) saranno trattate nel relativo elaborato specialistico.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'impianto agrivoltaico, la cui potenza è di 20,35 MW che prevede la coltivazione del suolo sottostante, è costituito da moduli montati su inseguitori fotovoltaici monoassiali (tracker). L'impianto è incluso nel progetto denominato "Agripuglia", che prevede la realizzazione di cinque sistemi agrivoltaici, con il coinvolgimento di più partner come Legambiente Puglia, CIA Agricoltori Italiani Capitanata, Università degli Studi di Foggia Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria e la Diocesi di San Severo.

La realizzazione dei cinque sistemi di agrivoltaico prevede le medesime caratteristiche tecniche; sono previste tre tipologie di struttura: ad una stringa (26 moduli), a due stringhe (52 moduli) e a quattro stringhe (78 moduli). Le strutture saranno disposte secondo file parallele, la cui distanza sarà di 5 m, in modo da ottenere una fascia di 3,73 m utile alla coltivazione. Tali moduli verranno installati su più appezzamenti di terreno che saranno contemporaneamente coltivati con differenti tipi di colture in modo da favorire la biodiversità e preservare la fertilità del suolo.

Il modello, infatti, descritto in maniera più dettagliata nelle relazioni specialistiche, si prefigge l'obiettivo di ottimizzare e utilizzare in modo efficiente il territorio, garantendo al contempo produzione agricola e elettrica.

Il progetto prevede, inoltre, la realizzazione di:

- Cabine di conversione e trasformazione dell'energia elettrica;
- Cabine di raccolta e monitoraggio;
- Rete elettrica interna a 1500 V tra i moduli fotovoltaici, e tra questi e le cabine di conversione trasformazione;
- Rete elettrica intera a 30 kV per il collegamento in entra-esce tra le varie cabine di conversione e trasformazione, e con le cabine di raccolta e monitoraggio;
- Rete elettrica interna a bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale (controllo, illuminazione, forza motrice, ecc...);
- Rete elettrica esterna a 30 kV dalle cabine di raccolta e monitoraggio alla Sottostazione Elettrica AT/MT;
- Rete telematica interna di monitoraggio per il controllo dell'impianto fotovoltaico;
- N.1 Stazione Condominio;
- Collegamento tra la stazione di raccolta "SR-Condominio" e la futura stazione di Smistamento "CS Serracapriola".

Nella struttura ad inseguitore solare i moduli fotovoltaici son fissati ad un telaio in acciaio, che ne forma il piano d'appoggio, a sua volta opportunamente incernierato ad un palo, anch'esso in acciaio, da applicare direttamente nel terreno. Questa tipologia di struttura eviterà l'esecuzione

di opere di calcestruzzo e faciliterà enormemente sia la costruzione che la dismissione dell'impianto a fine vita, diminuendo drasticamente il possibile impatto sul suolo agricolo.

I cavi interrati direttamente sotto i pannelli per raggiungere le cabine di trasformazione non rappresentano una problematica per lo svolgimento delle lavorazioni periodiche del terreno. Tali lavorazioni, infatti, non raggiungono mai una profondità superiore a 40 cm, mentre i cavi saranno interrati ad una profondità minima di 80 cm.

Il collegamento tra le varie aree di impianto fino al condominio riguarderà le seguenti particelle:

Foglio	Particella	Comune
8	STRADA P.	Poggio Imperiale
8	513	Poggio Imperiale
8	548	Poggio Imperiale
8	444	Poggio Imperiale
8	443	Poggio Imperiale
8	442	Poggio Imperiale
8	538	Poggio Imperiale
8	406	Poggio Imperiale
14	STRADA P.	Apricena
14	303	Apricena
10	372	Poggio Imperiale
10	312	Poggio Imperiale
10	212	Poggio Imperiale
10	366	Poggio Imperiale
10	380	Poggio Imperiale
10	356	Poggio Imperiale
10	359	Poggio Imperiale
10	81	Poggio Imperiale
10	377	Poggio Imperiale
10	82	Poggio Imperiale

10	375	Poggio Imperiale
9	53	Poggio Imperiale
9	99	Poggio Imperiale
9	100	Poggio Imperiale
9	54	Poggio Imperiale
9	19	Poggio Imperiale
9	226	Poggio Imperiale
9	228	Poggio Imperiale
9	229	Poggio Imperiale
14	303	Apricena
14	STRADA P.	Apricena
9	STRADA P.	Poggio Imperiale
9	152	Poggio Imperiale
5	25	San Paolo di Civitate
5	42	San Paolo di Civitate
5	9	San Paolo di Civitate

L'intervento per la realizzazione di suddetto percorso ricade in area agricola, caratterizzata da una morfologia pianeggiante. Dalla carta d'uso dei suoli, i terreni che saranno interessati dalla costituzione del cavidotto risultano ricadere principalmente nelle aree a seminativi semplici in aree irrigue.

Il percorso interrato del cavidotto comunque interesserà le zone più esterne, limitrofe alla strada, non alterando così, il normale utilizzo del suolo agricolo. La sottostazione di consegna verrà collegata alla SE di smistamento "Serracapriola 2" tramite cavidotto. Tale cavidotto passerà per i comuni di San Paolo di Civitate, Poggio Imperiale, Lesina e Serracapriola. Il percorso di connessione che attraversa i primi tre comuni, fino alla SE di smistamento sarà quasi del tutto realizzato a mezzo di interrimento, ricadendo, in alcuni punti, sulla strada provinciale 31 (SP31) e sulla strada statale 16 ter Adriatica (ss16ter).

Passerà, inoltre, in strade secondarie che separano le diverse aree agricole, senza alterazione dello stato dei luoghi, interessando terreni non coltivati con particolari produzioni di pregio; ed in minima parte un uliveto non comportando, quindi, una sostanziale invasione di terreni ad uso agricolo-paesaggistico. Consultando la carta d'uso dei suoli della regione Puglia, è possibile notare come tale connessione attraverserà una zona principalmente a seminativi semplici in aree non irrigue.

Di seguito, un inquadramento degli interventi previsti:

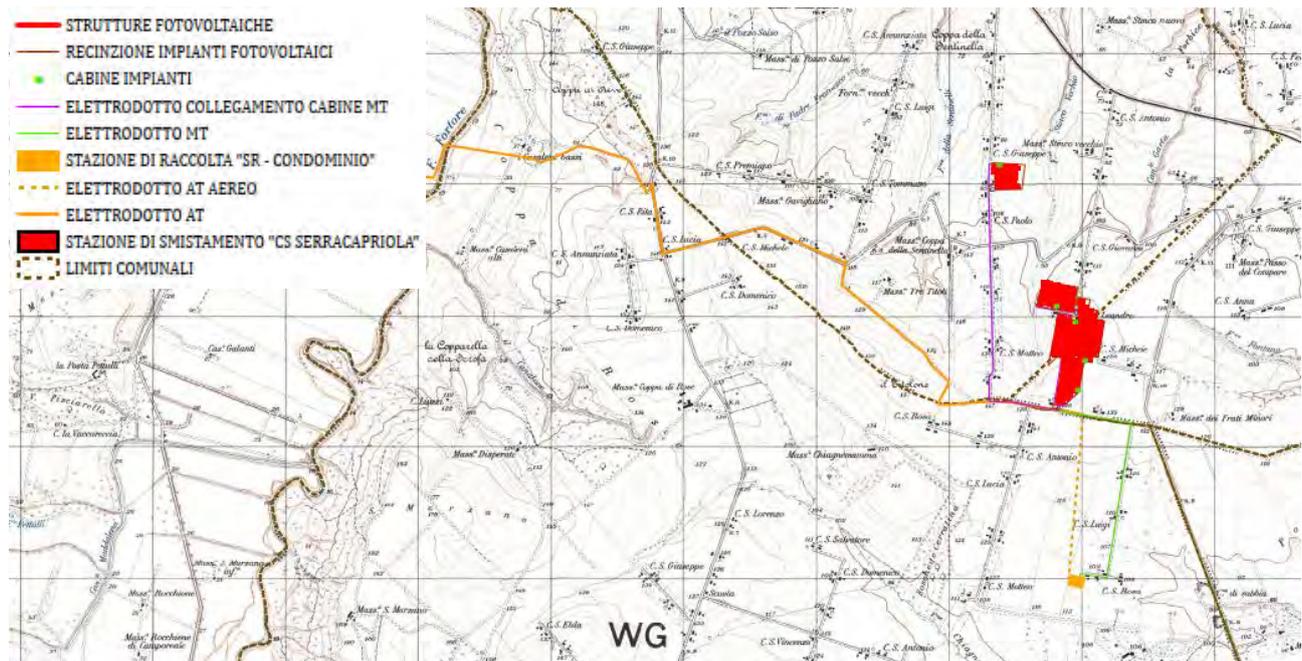


Figura 2.1 – Inquadramento delle opere in progetto

3. VERIFICA DEI VINCOLI AI SENSI DEL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) – SEZIONE IDRAULICA

L'area di intervento è ubicata all'interno del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale tra la Unit of Management (UoM) Regionale Puglia ed Interregionale Ofanto (già Autorità di Bacino della Puglia) e la UoM Fortore (già Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore).

3.1. UoM Regionale Puglia ed Interregionale Ofanto

L'analisi territoriale dei vincoli relativi al PAI Puglia è stata condotta attraverso la consultazione della seguente documentazione cartografica:

- Carta IGM scala 1:25.000;
- Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia;
- Ortofoto 2019;
- Carta Tecnica Regionale scala 1:5.000;
- DEM (Digital Elevation Model) risoluzione 8m, distribuito dal SIT Puglia;
- Rilievo piano altimetrico di dettaglio dei tombini idraulici presenti.

Di seguito si riporta un inquadramento planimetrico dei vincoli individuati (Figura 3.1.1 e cfr. Allegato 2A):

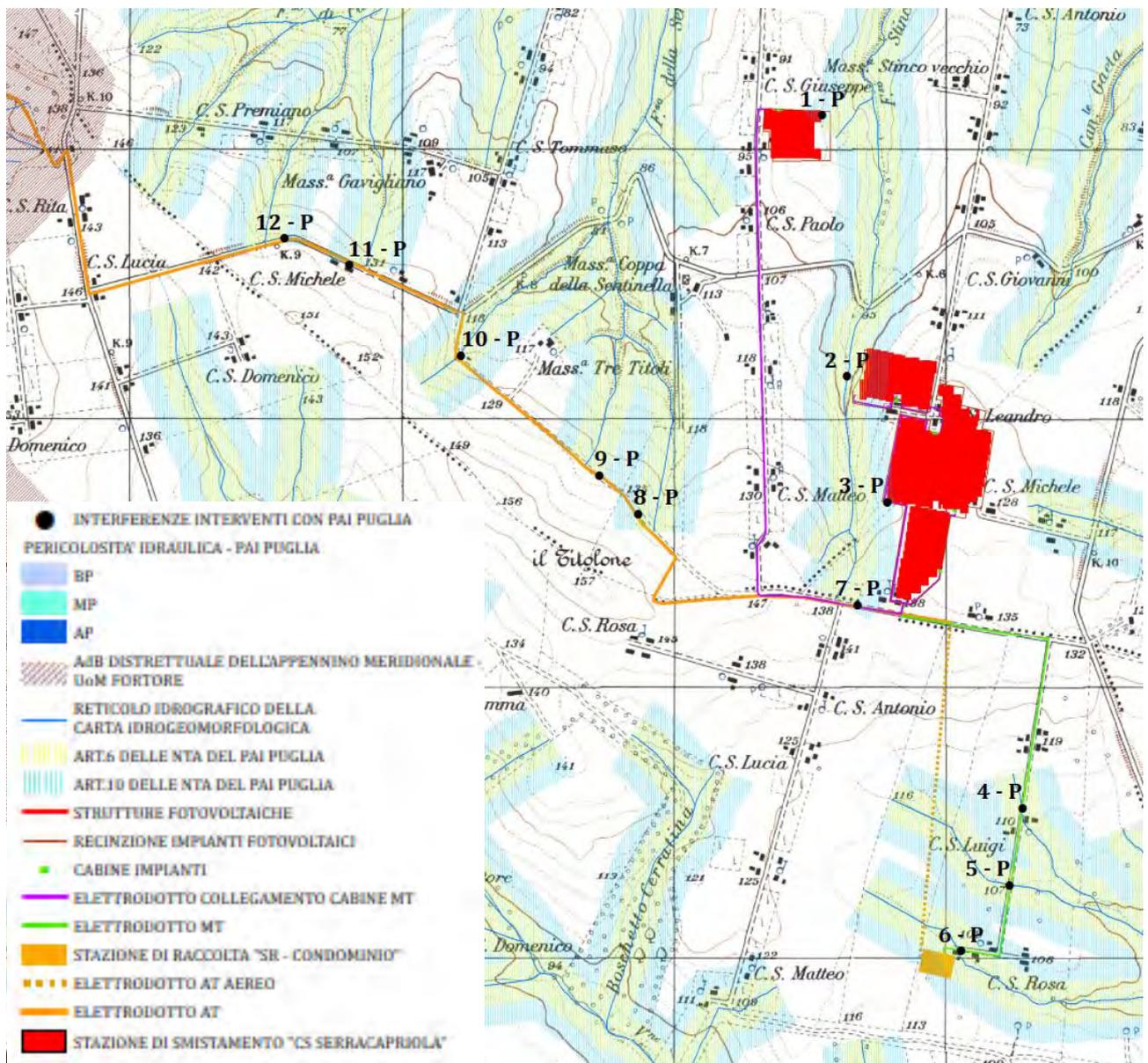


Figura 3.1.1 - Interferenze delle opere in progetto con le aree vincolate ai sensi del PAI Puglia

Dall'analisi delle perimetrazioni di pericolosità idraulica ai sensi delle NTA (Norme tecniche di Attuazione) del PAI (Piano di Assetto idrogeologico) della Regione Puglia in vigore (aggiornate al 19/11/2019), redatte dall'Autorità di Bacino Distrettuale (già Autorità di Bacino della Puglia), si evince come l'area di intervento non risulti interessata da perimetrazioni relative ad aree a pericolosità idraulica (alta, media o bassa) (Figura 3.1.1 e cfr. Allegato 2A).

La valutazione dell'interferenza con il reticolo idrografico è stata sviluppata attraverso la consultazione della carta IGM 1:25.000, cartografia ufficiale del PAI Puglia, e della Carta Idrogeomorfologica della Puglia, la quale costituisce un sostanziale elemento conoscitivo del territorio pugliese.

Ai fini della salvaguardia dei corsi d'acqua e la prevenzione dei presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, il PAI individua l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali e le fasce di pertinenza fluviale, di cui agli Artt. 6 e 10 delle NTA del PAI.

Secondo quanto disciplinato dall'Art. 6, comma 8, *“Quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m”*.

L'art.10, comma 3, dispone che *“Quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermine all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m”*.

Dalla consultazione dell'IGM 1:25.000 è emersa l'individuazione di cigli di versante o piedi esterni dell'argine maestro (le cosiddette "barbette") che, come innanzi detto, definiscono l'alveo fluviale in modellamento attivo. Tuttavia, in via cautelativa, si è stabilito di riferirsi alle massime ampiezze definite dall'Art.6 delle NTA del PAI Puglia, ossia sono state considerate le porzioni di terreno, in destra e sinistra, all'asse del corso d'acqua pari a 75 metri (Figura 3.1.1 – aree in verde).

Ne consegue che le fasce di pertinenza fluviale sono state definite come porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermine all'area golenale di ampiezza pari a 75 m (Figura 3.1.1 – aree in azzurro).

Emerge, quindi, che gli interventi di progetto risultano interferire con le aree di cui all'art. 6 (Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali) e all'art.10 (Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale) delle NTA del PAI Puglia (Figura 3.1.1 e cfr. Allegato 2A).

In particolare, sono state rilevate n. 12 interferenze con aree vincolate ai sensi del PAI Puglia (artt. 6 e 10 delle NTA), di seguito riepilogate:

Interferenza	Elementi vincolato	Vincolo NTA PAI Puglia	Note
1-P	Strutture fotovoltaiche	Artt.6 e 10	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale
2-P	Strutture fotovoltaiche	Artt.6 e 10	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale
3-P	Strutture fotovoltaiche	Art.10	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale
4-P	Elettrodotto MT	Artt.6 e 10	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale
5-P	Elettrodotto MT	Artt.6 e 10	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale
6-P	Elettrodotto MT; Stazione di Raccolta "SR - Condominio"	Artt.6 e 10	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale
7-P	Elettrodotto collegamento cabine MT; Elettrodotto AT interrato	Artt.6 e 10	Vincolo relativo ad un reticolo che si sviluppa a valle delle opere in progetto, pertanto, da considerarsi trascurabile in relazioni agli effetti pratici - vincolo di natura puramente grafica.
8-P	Elettrodotto AT interrato	Artt.6 e 10	Vincolo relativo ad un reticolo che si sviluppa a valle delle opere in progetto, pertanto, da considerarsi trascurabile in relazioni agli effetti pratici - vincolo di natura puramente grafica.
9-P	Elettrodotto AT interrato	Artt.6 e 10	Vincolo relativo ad un reticolo che si sviluppa a valle delle opere in progetto, pertanto, da considerarsi trascurabile in relazioni agli effetti pratici - vincolo di natura puramente grafica.
10-P	Elettrodotto AT interrato	Artt.6 e 10	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale
11-P	Elettrodotto AT interrato	Artt.6 e 10	Vincolo relativo ad un reticolo che si sviluppa a valle delle opere in progetto, pertanto, da considerarsi trascurabile in relazioni agli effetti pratici - vincolo di natura puramente grafica.

12-P	Elettrodotto AT interrato	Artt.6 e 10	Vincolo relativo ad un reticolo che si sviluppa a valle delle opere in progetto, pertanto, da considerarsi trascurabile in relazioni agli effetti pratici - vincolo di natura puramente grafica.
------	---------------------------	-------------	--

3.2. UoM Fortore



Figura 3.2.1 - Interferenze delle opere in progetto con le aree vincolate ai sensi del PAI Fortore

Dall'analisi delle perimetrazioni di pericolosità idraulica ai sensi del PAI (Piano di Assetto idrogeologico) del Bacino interregionale del Fiume Fortore, redatte dall'Autorità di Bacino Distrettuale (già Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore), si evince come l'area di intervento risulti interessata da perimetrazioni relative ad aree a pericolosità idraulica P1 (elevata), P2 (moderata) e P3 (bassa) (Figura 3.2.1 e cfr. Allegato 2 B).

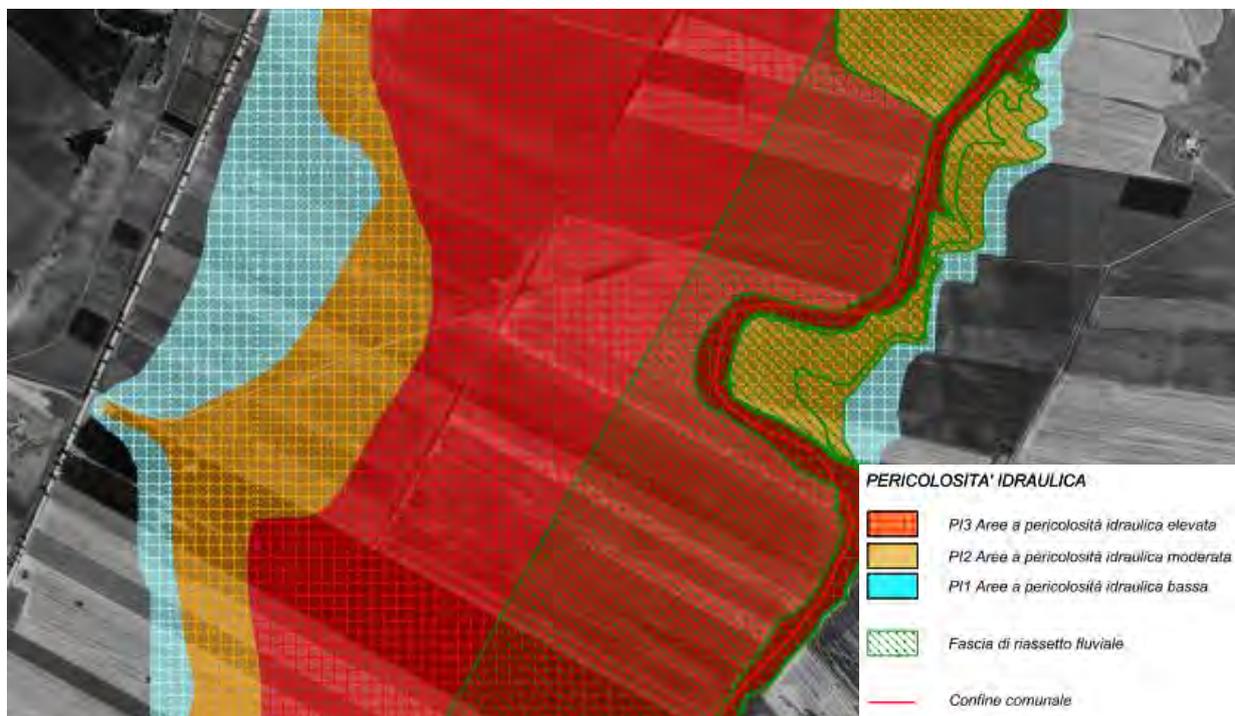


Figura 3.2.2 – Stralcio della tavola T.04-27 “Carta della Pericolosità Idraulica” delle NTA del PAI del Bacino interregionale del fiume Fortore- Fasce di riassetto fluviale

Dette aree risultano disciplinate ai sensi delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI del Bacino interregionale del Fiume Fortore rispettivamente all'art.13 (Aree a pericolosità idraulica alta-PI3), all'art.14 (Aree a pericolosità idraulica moderata- PI2) e all'art.15 (Aree a pericolosità idraulica alta- PI1)

All'art. 12 delle NTA del PAI del Bacino interregionale del Fiume Fortore sono individuate “le fasce di riassetto fluviale”, le quali comprendono “l'alveo, le aree di pertinenza fluviale e quelle necessarie per l'adeguamento del corso d'acqua all'assetto definitivo previsto dallo stesso Piano per l'assetto idraulico”. Al riguardo le suddette norme esplicano come “la disciplina relativa alle fasce di riassetto fluviale prevale, in caso di sovrapposizione, sulla disciplina relativa alle aree a diversa pericolosità.”

Nella carta della pericolosità idraulica, allegata alle NTA del PAI del Bacino interregionale del Fiume Fortore, sono riportate le fasce di riassetto fluviale per il reticolo maggiore, oggetto di studi di dettaglio da parte dell'Autorità Competente.

Dall'analisi della Carta della Pericolosità Idraulica delle NTA del PAI (tavola T.04-27) si evince l'individuazione delle fasce di riassetto fluviale per il Fiume Fortore in corrispondenza dell'area di intervento (Figura 3.2.2).

Il reticolo idrografico minore, ossia non oggetto di studi preliminari di dettaglio da parte dell'Autorità Competente è, invece, disciplinato dall'art.16 (“Tratti fluviali non studiati”) delle NTA del PAI del Bacino interregionale del Fiume Fortore, il quale recita: “Per le aree limitrofe a corsi d'acqua, che non sono state oggetto o di verifiche idrauliche o di perimetrazioni su base geomorfologica e storica, per le quali non sono quindi disponibili la zonazione di pericolosità e la individuazione della fascia di riassetto fluviale, è stabilita una fascia di rispetto, misurata dai limiti dell'alveo attuale come definito all'art. 7 delle presenti norme sulla quale si applica la disciplina dell'Art. 12 pari a:

- a) 40 metri per il reticolo principale costituito dai corsi d'acqua Fortore e Tappino;
- b) 20 metri per il reticolo minore (affluenti del reticolo principale identificabili sulla cartografia IGM scala 1:25000 con propria denominazione);
- c) 10 metri per il reticolo minuto (restanti corsi d'acqua distinguibili sulla cartografia IGM scala 1:25000 ma privi di una propria denominazione).”

Dall'analisi della cartografia disponibile sono state rinvenute n. 9 interferenze tra il reticolo idrografico e l'elettrodotto AT di collegamento alla Smistamento “CS Serracapriola”:

Interferenza	Elementi vincolato	Vincolo NTA PAI Fortore	Note
1-F	Elettrodotto AT interrato	Art.16 lettera c) Reticolo minuto	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale
2-F	Elettrodotto AT interrato	Art.16 lettera c) Reticolo minuto	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale
3-F	Elettrodotto AT interrato	Art.16 lettera c) Reticolo minuto	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale.
4-F	Elettrodotto AT interrato	Art.16 lettera c) Reticolo minuto	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale.
5-F	Elettrodotto AT interrato	Art.16 lettera c) Reticolo minuto	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale.
6-F	Elettrodotto AT interrato	Art.12	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale.
7-F	Elettrodotto AT interrato	Art.16 lettera c) Reticolo minuto	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale.
8-F	Elettrodotto AT interrato	Art.16 lettera c) Reticolo minuto	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale.
9-F	Elettrodotto AT interrato	Art.16 lettera c) Reticolo minuto	Vincolo studiato tramite modellazione idraulica bidimensionale

Infine, si sottolinea che, come riportato all'art. 17 delle NTA del PAI del Bacino interregionale del Fiume Fortore (*“Realizzazione di opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse”*), *“la realizzazione di opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse nella fascia di riassetto fluviale o nelle fasce di pericolosità può essere autorizzata dall’Autorità competente in deroga ai conseguenti vincoli, previa acquisizione del parere favorevole del Comitato Tecnico dell’Autorità di Bacino...”*

Nella presente relazione si approfondiscono gli aspetti idrologici afferenti alle interferenze appena descritte, mentre gli aspetti idrodinamici saranno affrontati nell'elaborato *PG2_REL_IDRG_010 Relazione idraulica*.

4. ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica ha come obiettivo la valutazione delle portate di piena che, per prefissati tempi di ritorno, interessano un bacino idrografico e, di conseguenza, le sue infrastrutture, centri abitati ed elementi vulnerabili.

Nel presente studio si è fatto ricorso alla metodologia di calcolo proposte dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

4.1. UoM Regionale Puglia ed Interregionale Ofanto

In Puglia, le stazioni di misura idrometriche sono in numero assai limitato, se confrontato con quelle di misura pluviometriche, pertanto, il calcolo della portata di piena deve essere realizzato attraverso un modello di trasformazione afflussi-deflussi.

Ai sensi del DPCM 29 settembre 1998, ai fini della perimetrazione e valutazione dei livelli di rischio, *“ove possibile, è consigliabile che gli esecutori traggano i valori di riferimento della portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno...dai rapporti tecnici del progetto VAPI messo a disposizione dal GNDICI-CNR”*.

Nel caso del bacino idrografico oggetto di studio, si è fatto quindi ricorso ai risultati del progetto VAPI (VALutazione PIene in Italia), per la determinazione delle altezze di precipitazione, delle curve di possibilità pluviometrica e delle portate al colmo di piena.

Detto ciò, in questo studio l'analisi idrologica ha il fine stimare la portata al colmo di piena per un tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni.

L'analisi idrologica viene affrontata effettuando le seguenti valutazioni:

1. analisi morfologica e definizione dei bacini idrografici
2. analisi pluviometrica
3. applicazione del modello afflussi-deflussi

4.1.1. *Analisi morfologica e definizione dei bacini idrografici*

L'individuazione dei bacini idrografici, che costituisce un passaggio fondamentale al fine di determinare le portate al colmo di piena per i tempi di ritorno considerati, è stata eseguita mediante estrapolazione delle curve di livello e punti quotati dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1: 5.000. Questa, consente di individuare i principali parametri morfologici, geologici e climatici, utili alla caratterizzazione delle variabili idrologiche utilizzate nei modelli di calcolo per la stima dei deflussi attesi.

La definizione dei bacini idrografici di competenza del reticolo individuato è stata condotta a partire dal reticolo idrografico delineato dalla Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia.

I bacini idrografici individuati (Figura 4.1.1.1 e cfr. Allegato 3A) si riferiscono a sezioni di chiusura differenti.

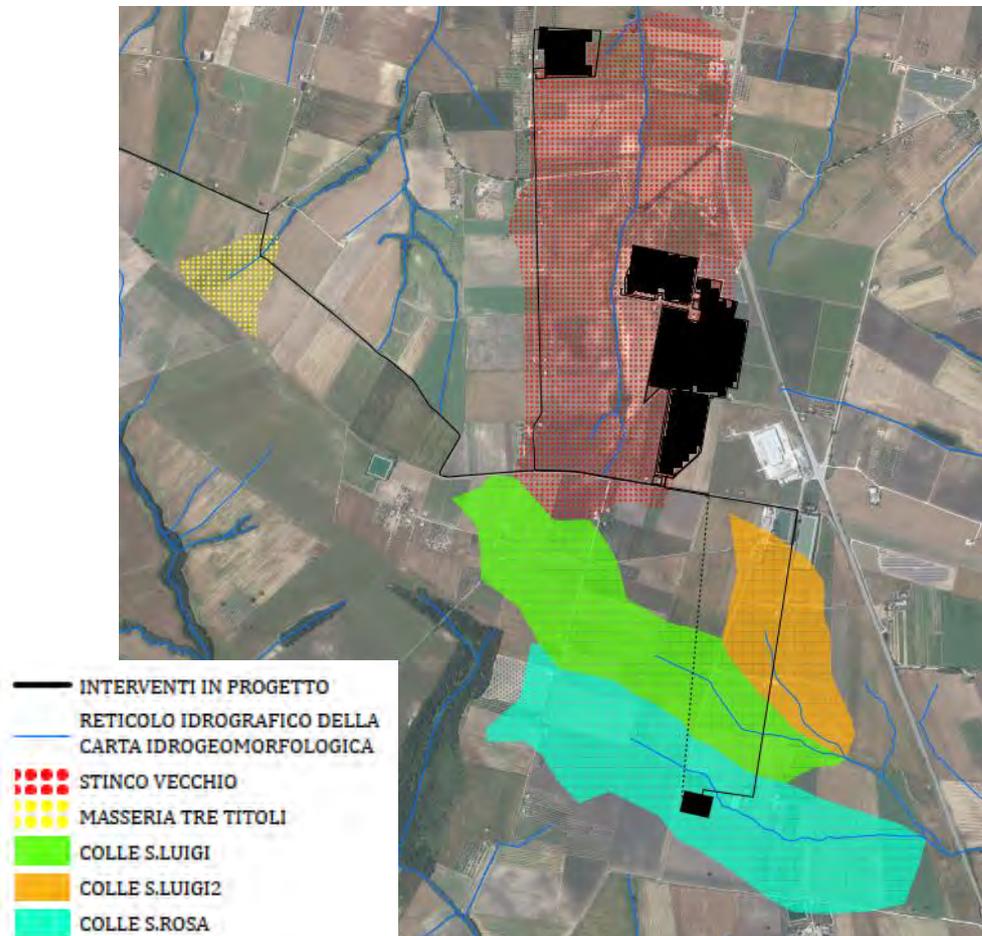


Figura 4.1.1.1-Bacini idrografici

Nella seguente tabella si riassumono alcune grandezze caratteristiche dei bacini idrografici oggetto di studio.

Nome Bacino	Area [km ²]	Flow Length [km]	Quota Minima [m slm]	Quota Massima [m slm]	Quota Media [m slm]	Pendenza [%]
Colle S.Matteo 1	0.076	0.535	121	147	139	5.150
Masseria Stinco Vecchio	0.125	0.82	70	106	92	5.16
Stinco Vecchio	1.538	2.177	69	147	111	4.170
Colle S.Luigi	0.738	2.043	90	128	111	3.326
Colle S.Luigi 2	0.610	1.941	97	149	123	3.760
Colle S.Rosa	0.297	1.109	97	138	117	4.637
Masseria Tre Titoli	0.097	0.446	113	149	136	8.568

Tabella 4.1.1.1 - Caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici

4.1.2. *Analisi pluviometrica*

Nelle applicazioni idrologiche, come detto, si presenta spesso la necessità di stimare valori di una determinata grandezza, per esempio la precipitazione, in siti privi di stazioni di misura, oppure con dati misurati che si giudicano insufficienti per numero e qualità.

A ciò rispondono le procedure regionali, sia quelle classiche, sia quelle proposte con i più recenti studi inerenti all'elaborazione statistica di dati spaziali.

Questi ultimi tendono a definire modelli matematici finalizzati ad una interpretazione delle modalità con cui variano nello spazio le diverse grandezze idrologiche.

L'analisi regionale degli estremi idrologici massimi, nel progetto VAPI, è condotta suddividendo l'area di studio in zone geografiche omogenee nei confronti dei parametri statistici che si è deciso di adottare.

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987). In questa distribuzione i parametri fondamentali sono: $\Theta_1, \Lambda_1, \Theta_2, \Lambda_2$, che rappresentano il parametro di scala ed il numero medio annuo di eventi della variabile casuale X , provenienti rispettivamente dalla componente ordinaria e dalla componente straordinaria del processo di base. Sussistono le seguenti relazioni:

$$\Theta^* = \Theta_2 / \Theta_1 \qquad \Lambda^* = \Lambda_2 / \Lambda_1^{1/\Theta^*}$$

La procedura di regionalizzazione comporta che al primo livello si definiscano zone pluviometriche omogenee, entro le quali si possano considerare costanti i valori dei parametri Θ^* e Λ^* . Tali parametri devono essere stimati da un elevato numero di dati; questo comporta l'assunzione di una regione omogenea molto ampia. Le sottozone omogenee, caratterizzate oltre che dalla conoscenza di Θ^* e Λ^* anche dalla conoscenza di Λ_1 , sono individuate nel secondo livello di regionalizzazione.

Nell'elaborazione finalizzata alla definizione delle zone omogenee, si considerano solo le serie storiche più numerose, in quanto la stima dei parametri suddetti è condizionata dalla presenza di dati di pioggia straordinari che hanno probabilità molto bassa di verificarsi in un periodo molto breve.

L'analisi regionale dei dati di precipitazione massima annuale di diversa durata al primo e al secondo livello di regionalizzazione fornisce le curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV, è utile rappresentare la legge $F(X_t)$ della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione X_t di assegnata durata t , come prodotto tra il suo valore medio $\mu(X_t)$ ed una quantità $K_{t,T}$, detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T e della durata t , definito dal rapporto:

$$K_{t,T} = X_{t,T} / \mu(X_t).$$

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto precedente corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri Θ^* , Λ^* e Λ_I della *TCEV*.

La dipendenza del fattore di crescita con la durata si può ritenere trascurabile, infatti, calcolando sulle stazioni disponibili le medie pesate dei coefficienti di asimmetria, C_a , e dei coefficienti di variazione, C_v , alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria. L'indipendenza dalla durata di $K_{t,T}$ (nel seguito indicato con K_T), autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

Per la Puglia, al primo livello di regionalizzazione è stata evidenziata la presenza di un'unica zona pluviometricamente omogenea, mentre al secondo livello di due zone: Puglia Settentrionale e Puglia Centro-Meridionale. L'analisi di terzo livello condotta operando una regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota z , ha portato all'individuazione di 6 zone pluviometriche omogenee.

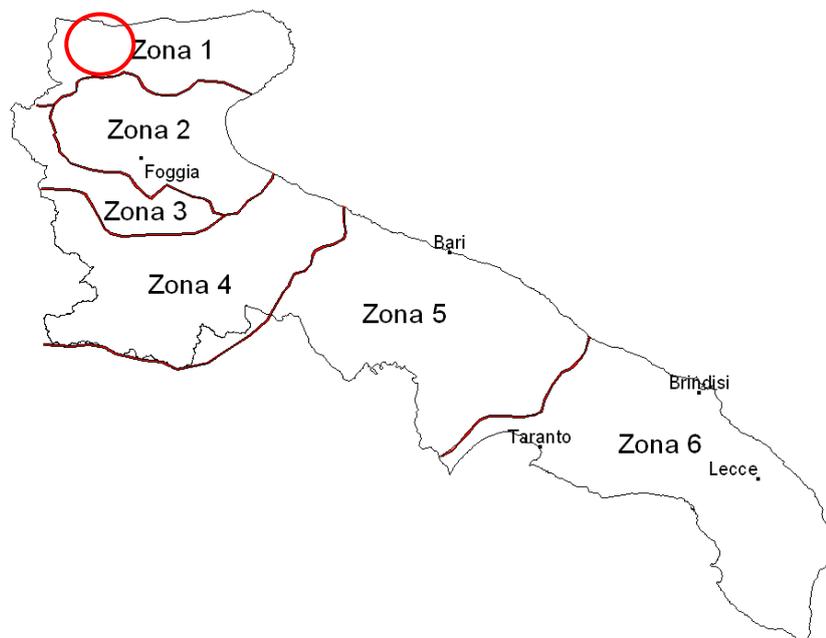


Figura 4.1.2.1 - Zone pluviometriche omogenee della regione Puglia

A ciascuna zona è associata una curva di possibilità pluviometrica (funzione, nella maggior parte dei casi, del solo parametro della quota assoluta sul livello del mare) per mezzo della quale viene valutata l'altezza di pioggia critica per i differenti intervalli di precipitazione e per i vari tempi di ritorno prescelti:

$$\text{Zona 1} \rightarrow x(t,z) = 28.66 t^{[(0.720+0.000503 z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 2} \rightarrow x(t) = 22.23 t^{0.247}$$

$$\text{Zona 3} \rightarrow x(t,z) = 25.325 t^{[(0.0696+0.000531 z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 4} \rightarrow x(t) = 24.70 t^{0.256}$$

$$\text{Zona 5} \rightarrow x(t,z) = 28.2 t^{[(0.628+0.0002 z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 6} \rightarrow x(t,z) = 33.7 t^{[(0.488+0.0022 z)/3.178]}$$

Alla luce di quanto detto, l'area di interesse del presente studio si inquadra, nell'ambito delle aree pluviometriche omogenee del territorio regionale, **in zona 1**; pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

$$x(t,z) = 28.66 t^{[(0.720+0.000503 z)/3.178]}$$

Ai valori così ottenuti vanno applicati i coefficienti moltiplicativi relativamente al fattore di crescita K_T (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), ed al fattore di riduzione areale K_A (funzione della superficie del bacino espressa in Km^2 , e della durata dell'evento di progetto, espressa in ore).

Le dimensioni areali dei bacini in studio comportano che il relativo fattore di riduzione tenda all'unità; pertanto, a vantaggio di sicurezza, tale parametro non viene preso in considerazione nella valutazione della Curva di Possibilità Pluviometrica.

Il valore di K_T può essere calcolato, invece, in funzione del tempo di ritorno T attraverso un'approssimazione asintotica della curva di crescita (Rossi e Villani, 1995):

$$K_T = a + b \ln T$$

per la Puglia Centro-Meridionale i valori di a e b da adottare sono rispettivamente 0,1599 e 0,5166, mentre per la Puglia Settentrionale 0,5648 e 0,415.

Valutate le altezze di pioggia per diverse durate (1, 2, 3, ... 24) è stato possibile costruire le curve di possibilità pluviometrica (CPP) per i Tempi di ritorno T di 30, 200 e 500 anni, i cui parametri sono riportati nella tabella seguente. La discrepanza dei valori dell'esponente n tra i due bacini è dovuta all'equazione della curva in zona 1, funzione della quota media del bacino idrografico.

Nome Bacino	T= 30 ANNI		T= 200 ANNI		T= 500 ANNI	
	a	n	a	n	a	n
Colle S.Matteo 1	56.641	0.249	79.205	0.249	90.103	0.249
Masseria Stinco Vecchio	56.641	0.241	79.205	0.241	90.103	0.241
Stinco Vecchio	56.641	0.244	79.205	0.244	90.103	0.244
Colle S.Luigi	56.641	0.246	79.205	0.246	90.103	0.246
Colle S.Luigi 2	56.641	0.245	79.205	0.245	90.103	0.245
Colle S.Rosa	56.641	0.244	79.205	0.244	90.103	0.244
Masseria Tre Titoli	56.641	0.248	79.205	0.248	90.103	0.248

Tabella 4.1.2.1 - Parametri curve di possibilità pluviometrica

Nel caso di bacini idrografici caratterizzati da tempo di corrivazione di durata inferiore all'ora, il quale definisce la durata critica dell'evento meteorico, in accordo con quanto riportato nella letteratura in materia, alla legge di pioggia è stata applicata la correzione della Curva di Probabilità Pluviometrica prevista dalla cosiddetta "Metodologia di Bell" (*Bell, C. Generalized rainfall duration frequency relationships. J. Hydraul. Div. ASCE 1969, 95, 311–327*).

Studi condotti sul territorio degli Stati Uniti ed in Australia e studi paralleli in Unione Sovietica, hanno evidenziato come il rapporto r_δ tra le altezze di durata δ molto breve e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località.

A partire dalla massima pioggia di durata oraria, si ottengono le corrispondenti altezze di precipitazione di durata pari a frazioni di ora mediante l'utilizzo di un opportuno coefficiente riduttivo (r_δ). Tale coefficiente può essere assunto sulla base delle indicazioni disponibili in letteratura tecnica, supportate da ricerche svolte su alcune stazioni di misura italiane appartenenti ad aree pluviometriche con diverse caratteristiche, in particolare il pluviografo di Roma Macao (*Calenda et al. 1993*). Si riporta di seguito la tabella contenente i valori di letteratura suddetti.

δ (minuti)	5	10	15	20	25	30
$r_\delta = h_\delta / h_{1ora}$	0.278	0.435	0.537	0.632	0.709	0.758

Tabella 4.1.2.2 - Coefficienti di riduzione

Utilizzando questi rapporti, nota la pioggia oraria per assegnato tempo di ritorno, si sono determinate le altezze di pioggia per le durate di 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minuti.

Riportati questi campioni di dati, su di un piano logaritmico, ed interpolati, si sono determinati i parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica per tempi di corrivazione di durata inferiore all'ora:

Nome Bacino	T= 30 ANNI		T= 200 ANNI		T= 500 ANNI	
	a	n	a	n	a	n
Colle S.Matteo 1	60.836	0.518	85.071	0.518	96.776	0.518
Masseria Stinco Vecchio	60.836	0.518	85.071	0.518	96.776	0.518
Stinco Vecchio	60.836	0.518	85.071	0.518	96.776	0.518
Colle S.Luigi	60.836	0.518	85.071	0.518	96.776	0.518
Colle S.Luigi 2	60.836	0.518	85.071	0.518	96.776	0.518
Masseria Tre Titoli	60.836	0.518	85.071	0.518	96.776	0.518

Tabella 4.1.2.3 - Parametri curve di possibilità pluviometrica per tempi di corrivazione di durata inferiore all'ora

Si sottolinea che la metodologia di Bell non è stata applicata ai bacini idrografici aventi tempo di corrivazione superiore all'ora.

4.1.3. Applicazione del modello afflussi-deflussi

La portata al colmo di piena corrisponde alla massima portata generata da una precipitazione di durata *critica* tale da mettere in crisi la rete idrografica e dipende fortemente dall'estensione del bacino.

Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida che cade in un punto del bacino deve seguire un suo percorso per giungere alla sezione di chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare.

La valutazione della portata idrologica (portata al colmo di piena) è stata condotta applicando il Metodo *SCS-CN*.

Il metodo usualmente denominato “*curve number*” ed elaborato dal *Soil Conservation Service*, è un metodo empirico basato su una semplice equazione secondo la quale il volume specifico (altezza) di pioggia netta, dall'inizio dell'evento meteorico fino all'istante generico t , risulta legato al volume specifico di pioggia lorda caduta nel medesimo intervallo temporale.

Il volume di deflusso superficiale, Q , è quindi dato dalla seguente espressione:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{(P-I)}$$

in cui:

- F = volume specifico infiltrato;
- S = volume specifico di saturazione di un terreno;
- P = precipitazione;
- I = assorbimento iniziale (valore limite che il terreno può trattenere senza che si abbia formazione di deflusso); poiché le perdite iniziali possono essere correlate all'invaso massimo del suolo I è assunto pari a $0.2S$;

tenendo conto dell'equazione di continuità:

$$F = P - I - Q$$

dalla precedente, si ottiene:

$$Q = \frac{(P-I)^2}{(P-I+S)}$$

Il volume specifico di saturazione S dipende dalla natura del terreno e dall'uso del suolo, teoricamente può assumere tutti i valori positivi compresi tra zero (superfici perfettamente impermeabili) e infinito (nessuna formazione di deflusso superficiale).

La valutazione di S viene condotta attraverso la seguente relazione:

$$S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

in cui:

- S_0 è un fattore di scala, pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm;
- CN è il parametro di cui sopra, che può assumere un valore compreso fra 0 e 100; esso rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a produrre deflusso. Tale parametro è funzione della permeabilità, delle condizioni di umidità antecedenti l'evento meteorico in esame e dell'uso del suolo.

Per quanto concerne la natura del suolo, l'*SCS* ha individuato quattro classi di permeabilità ottenute dal confronto delle formazioni geologiche presenti nel bacino con tabelle di conversione estratte da studi precedenti:

- GRUPPO A: capacità di infiltrazione molto elevata, scarsa potenzialità di deflusso; molto permeabile;
- GRUPPO B: elevata capacità di infiltrazione, moderata potenzialità di deflusso; poco permeabile;
- GRUPPO C: scarsa capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso moderatamente alta; quasi impermeabile;
- GRUPPO D: scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso elevata; impermeabile.

Per quanto riguarda le condizioni di umidità antecedenti la precipitazione, sempre l'*SCS* ha definito tre classi *AMC* (*Antecedent Moisture Condition*), funzione della precipitazione nei cinque giorni precedenti:

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti (mm)
I Terreno secco	$0 < P < 50$
II Umidità media	$50 < P < 110$
III Terreno da mediamente umido a saturo	$P > 110$

Tenendo conto della stagione in cui ricade l'evento in esame, rispetto al periodo di crescita delle piante, si hanno le seguenti espressioni per la valutazione del CN :

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

Il CN (II) è definito dalla tabella a doppio ingresso uso del suolo-permeabilità, reperibile in letteratura.

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tabella 4.1.3.1 - Valori di CN(II) in funzione dell'uso del suolo e della litologia dell'area

Per lo studio in oggetto, attraverso l'utilizzo di tecniche GIS, considerata la permeabilità del suolo e l'uso dello stesso, per i bacini idrografici sono stati calcolati i valori relativi alle diverse condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento (AMC I, II e III).

Nome Bacino	CN (I)	CN (II)	CN (III)
Colle S.Matteo 1	57.82	76.55	88.25
Masseria Stinco Vecchio	58.38	76.96	88.48
Stinco Vecchio	58.38	76.96	88.48
Colle S.Luigi	57.93	76.63	88.29
Colle S.Luigi 2	58.75	77.26	88.64
Colle S.Rosa	57.93	76.63	88.29
Masseria Tre Titoli	57.08	76.00	87.93

Tabella 4.1.3.2 - Valori del Curve Number per i bacini in esame

Per il calcolo della portata al colmo Q_p si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare (*Figura 3.3.1*) con una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) ed una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento) e il cui volume V (m^3) ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2}(t_a + t_e) = \frac{Q_p \cdot t_b}{2}$$

con t_b durata dell'evento di piena.

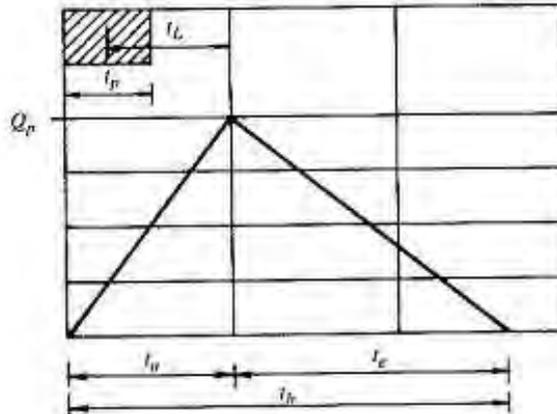


Figura 4.1.3.1 - Idrogramma triangolare utilizzato per il calcolo della portata al colmo con il metodo SCS

A seguito di analisi sperimentali dell'SCS è stato stabilito che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37,5% del volume totale V di deflusso; ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena t_b e pertanto:

$$t_b = 2.67 \cdot t_a$$

Di conseguenza è possibile esprimere la portata al colmo secondo la relazione qui di seguito riportata:

$$Q_p = 0.208 \cdot \frac{V \cdot A}{t_a}$$

in cui:

- V = volume di deflusso espresso in mm ;
- A = area del bacino espressa in Km^2 ;
- t_a = tempo di accumulo espresso in ore.

La determinazione di t_a , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante, di durata t_p e indicando con t_L il tempo di ritardo (distanza tra il baricentro dello idrogramma ed il picco dell'idrogramma triangolare), si effettua con la semplice relazione:

$$t_a = 0.5 \cdot t_p + t_L$$

Per la determinazione del tempo di ritardo, espresso in ore, si utilizza la formula di Mockus:

$$t_L = 0.342 \cdot \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui s è la pendenza del bacino espressa in percentuale, L è la lunghezza dell'asta principale, prolungata fino alla displuviale espressa in Km.

Sulla base di determinazioni empiriche effettuate dall'SCS, è possibile affermare che il rapporto t_L/t_c è pari a 0,6, con t_c tempo di corrivazione del bacino coincidente con il tempo di pioggia caratteristico.

Le piogge critiche per i tempi di ritorno T di 30, 200 e 500 anni si definiscono attraverso le curve di possibilità climatica precedentemente ricostruite. Si ricavano, quindi, i valori delle portate al colmo di piena attraverso l'applicazione del metodo *Curve Number-SCS* già descritto.

Il valore del *Curve Number* impiegato nello studio è relativo a condizioni cautelative di umidità del bacino antecedenti l'evento, ovvero quelle relative al *CN (III)*.

Nome Bacino	t_c [ore]	$Q_{30 \text{ anni}}$ [m ³ /s]	$Q_{200 \text{ anni}}$ [m ³ /s]	$Q_{500 \text{ anni}}$ [m ³ /s]
Colle S.Matteo 1	0.28	0.53	1.00	1.25
Masseria Stinco Vecchio	0.38	0.90	1.61	1.97
Stinco Vecchio	0.93	9.93	16.36	19.58
Colle S.Luigi	0.90	3.92	6.49	7.79
Colle S.Luigi 2	0.51	2.12	3.66	4.45
Colle S.Rosa	1.00	4.16	6.91	8.29
Masseria Tre Titoli	0.19	0.63	1.27	1.62

Figura 4.1.3.3 - Portata al colmo di piena CN (III)

4.1.4. Calcolo degli idrogrammi di piena

Determinati i valori delle portate al colmo di piena da assumere a base delle successive elaborazioni è necessario definire la forma dell'idrogramma di piena, la quale permette di valutare il volume di piena e la durata complessiva del fenomeno, indispensabili per pervenire alle mappe di esondazione. Nella definizione della forma dell'idrogramma di piena risulta determinante la relazione che intercorre tra i picchi di piena e i rispettivi volumi di defluiti, al variare della durata. Dette relazioni sono di solito espresse ricorrendo alle cosiddette curve di riduzione dei colmi di piena che esprimono il rapporto tra la portata indice su durate variabili e la portata al picco:

$$\varepsilon_{t,T} = \frac{Q_{t,T}}{Q_T}$$

ove:

- $\varepsilon_{t,T}$ rappresenta il coefficiente di riduzione del colmo di piena;

- $Q_{t,T}$ è la massima portata media per il fissato tempo di ritorno e transitante nella finestra temporale t ;
- Q_T è la portata al colmo.

Nel caso in questione si è fatto riferimento alla formulazione della curva di riduzione proposta da Fiorentino (1985¹) e ottenuta in base all'ipotesi di invaso lineare per la trasformazione afflussi – deflussi:

$$\varepsilon_t = \left(\frac{k}{t}\right) \left(1 - e^{-\frac{t}{k}}\right)$$

ove:

- t è la durata dell'evento di piena espressa in ore;
- k è un parametro, espresso in ore, legato all'esponente n della curva di possibilità climatica pluviometrica ed al tempo di ritardo t_L tramite la seguente espressione:

$$k = 1.027 t_L e^{2.277 n}$$

A sua volta il tempo di ritardo t_L è legato al tempo di corrivazione t_c dalla relazione

$$\frac{t_L}{t_c} = 0.6$$

La valutazione del volume di piena è poi possibile tramite la seguente espressione:

$$V_{t,T} = Q_{t,T} t$$

Sostituendo l'espressione di $\varepsilon_{t,T}$ nella relazione precedente, per la valutazione del volume risulta la seguente:

$$V_{t,T} = \varepsilon_{t,T} Q_T t$$

Applicando la formula suddetta al variare della durata dell'evento t , il volume di piena tende ad aumentare sino a raggiungere un asintoto il quale rappresenterà il volume transitante durante il passaggio della piena.

Determinati i volumi corrispondenti agli eventi di piena si è scelto, a vantaggio di sicurezza, una forma dell'idrogramma di piena che fornisce un valore del volume di piena maggiore di quello valutato con la formulazione sopra riportata.

¹ La Valutazione dei volumi di piena nelle reti di drenaggio urbano. Idrotecnica, n.3, 141-152, 1985 – M.Fiorentino

In particolare, si è assunto un idrogramma di piena triangolare con portata al colmo in corrispondenza del tempo di corrivazione t_c e durata totale tale da garantire un volume complessivo dell'idrogramma di progetto maggiore rispetto al valore di calcolo.

Si riportano nelle tabelle a seguire un riassunto degli idrogrammi di piena di progetto ed un confronto tra i volumi di piena degli idrogramma di progetto con gli omologhi di calcolo derivanti dall'utilizzo del metodo Fiorentino.

Nome Bacino	t	Q30 anni	Q200 anni	Q500 anni
	[ore]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
Colle S.Matteo 1	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.28	0.53	1.00	1.25
	1.11	0.00	0.00	0.00
Masseria Stinco Vecchio	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.38	0.90	1.61	1.97
	1.54	0.00	0.00	0.00
Stinco Vecchio	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.93	9.93	16.36	19.58
	3.74	0.00	0.00	0.00
Colle S.Luigi	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.90	3.92	6.49	7.79
	3.62	0.00	0.00	0.00
Colle S.Luigi 2	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.51	2.12	3.66	4.45
	2.06	0.00	0.00	0.00
Colle S.Rosa	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.00	4.16	6.91	8.29
	2.15	0.00	0.00	0.00
Masseria Tre Titoli	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.19	0.63	1.27	1.62
	0.75	0.00	0.00	0.00

Figura 4.1.4.1 - Idrogrammi di piena di progetto

Nome Bacino		Volumi [m ³]		
		T = 30 anni	T = 200 anni	T = 500 anni
Colle S.Matteo 1	Calcolo	1062	1993	2484
	Progetto	1068	2004	2497
	Δ (prog-calcolo)	6	11	14
Masseria Stinco Vecchio	Calcolo	2487	4450	5466
	Progetto	2491	4456	5474
	Δ (prog-calcolo)	3	6	8
Stinco Vecchio	Calcolo	66784	110009	131697
	Progetto	66854	110125	131835
	Δ (prog-calcolo)	70	115	138
Colle S.Luigi	Calcolo	25519	42257	50671

	Progetto	25548	42304	50728
	Δ (prog-calcolo)	29	48	57
Colle S.Luigi 2	Calcolo	7817	13523	16440
	Progetto	7846	13573	16501
	Δ (prog-calcolo)	29	50	61
Colle S.Rosa	Calcolo	16073	26690	32023
	Progetto	16097	26729	32080
	Δ (prog-calcolo)	24	40	49
Masseria Tre Titoli	Calcolo	852	1716	2184
	Progetto	853	1718	2187
	Δ (prog-calcolo)	1	2	3

Figura 4.1.4.2 - Volumi degli idrogrammi di piena di progetto e di calcolo (Metodo Fiorentino)

4.2. UoM Fortore

4.2.1. Analisi morfologica e definizione dei bacini idrografici

L'individuazione dei bacini idrografici, che costituisce un passaggio fondamentale al fine di determinare le portate al colmo di piena per i tempi di ritorno considerati, è stata eseguita mediante estrapolazione delle curve di livello e punti quotati dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1: 5.000. Questa, consente di individuare i principali parametri morfologici, geologici e climatici, utili alla caratterizzazione delle variabili idrologiche utilizzate nei modelli di calcolo per la stima dei deflussi attesi.

La definizione dei bacini idrografici di competenza del reticolo individuato è stata condotta a partire dal reticolo idrografico delineato dalla Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia.

I bacini idrografici individuati (Figura 4.2.1.1, Figura 4.2.1.2 e Figura 4.2.1.3 - cfr. Allegato 3B, Allegato 3C e Allegato 3D) si riferiscono a sezioni di chiusura differenti.

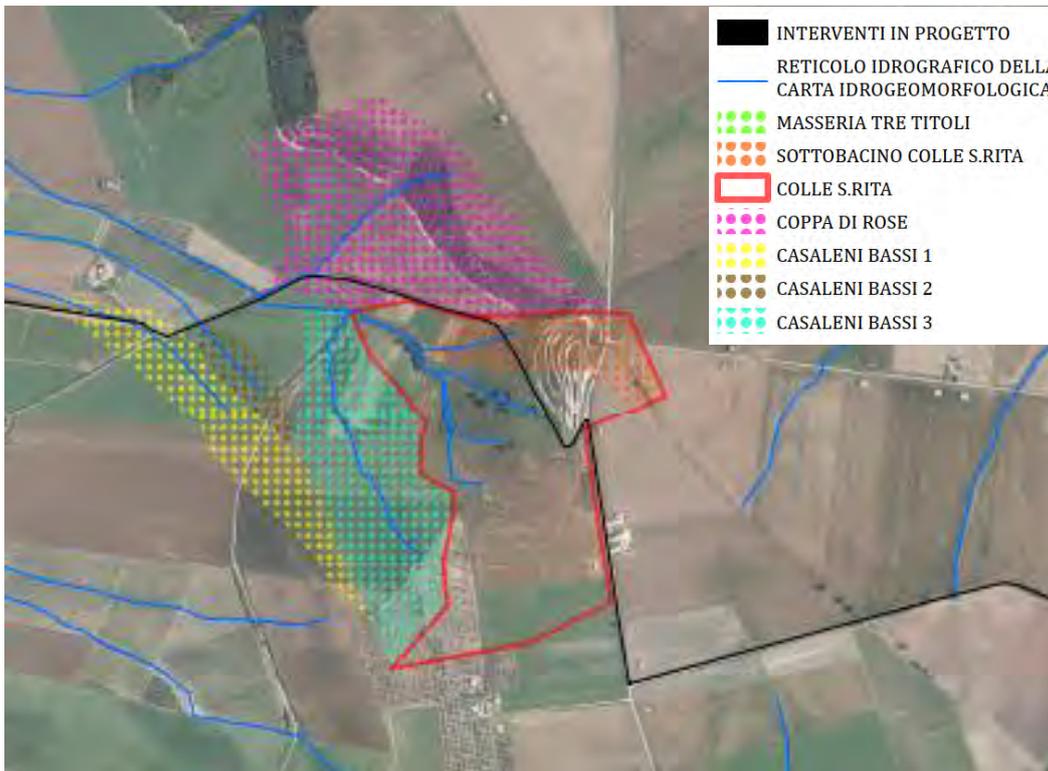


Figura 4.2.1.1-Bacini idrografici



Figura 4.2.1.2-Bacino idrografico Fiume Fortore

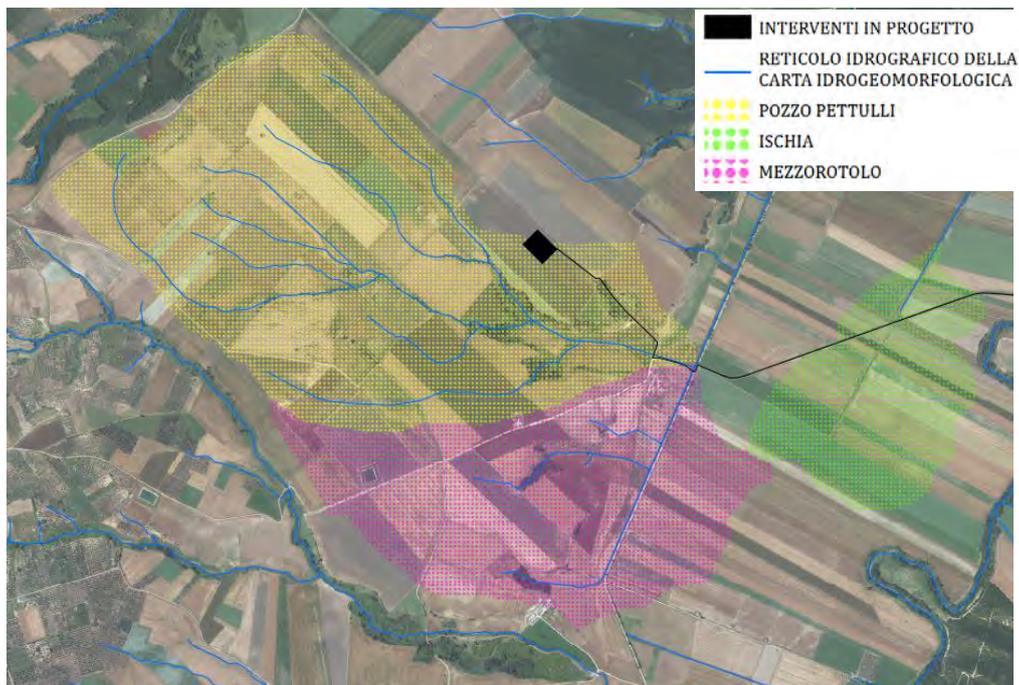


Figura 4.2.1.3- Bacini idrografici

Nella seguente tabella si riassumono alcune grandezze caratteristiche dei bacini idrografici oggetto di studio.

Nome Bacino	Area [km ²]	Flow Length [km]	Quota Minima [m slm]	Quota Massima [m slm]	Quota Media [m slm]	Pendenza [%]
Colle S.Rita	0.256	0.533	62	162	123	13.319
Sottobacino Colle S.Rita	0.048	0.523	76	144	120	14.729
Coppa di Rose	0.186	0.877	48	144	111	24.652
Casaleni Bassi 1	0.078	0.982	31	158	76	15.226
Casaleni Bassi 2	0.018	0.313	48	91	64	14.026
Casaleni Bassi 3	0.130	0.83	61	162	112	16.449
Ischia	0.882	1.448	16	23	19	1.349
Mezzorotolo	1.822	2.476	19	108	50	5.651
Pozzo Pettulli	3.265	3.527	20	211	101	9.306
Fortore	1575.250	88.498	15	930	483	14.398

Tabella 4.2.1.1 - Caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici - UoM Fortore

4.2.2. Stima delle portate al colmo di piena e degli idrogrammi di progetto

All'Allegato 1- Indirizzi tecnici per la redazione di studi e verifiche idrauliche delle NTA del PAI del Bacino interregionale del Fiume Fortore si indicano le curve di inviluppo per il calcolo delle portate di piena con tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni, come da figura di seguito, dove Q rappresenta la portata in m³/s e A l'area del bacino sotteso in km²:

Tempo di ritorno	Curva inviluppo
30	$Q = 10 A^{0.75}$
100	$Q = 13 A^{0.75}$
200	$Q = 16 A^{0.75}$
500	$Q = 19 A^{0.75}$

Figura 4.2.2.1- Curve inviluppo – figura stralciata dalle NTA del PAI del bacino Interregionale del fiume Fortore

Il tempo critico di precipitazione, ovvero la durata in grado di massimizzare il valore di portata al colmo dell'idrogramma di piena, è stato imposto pari al tempo di corrivazione del bacino.

La stima del tempo di corrivazione è stata effettuata a partire dalla Formula di Kirpich, particolarmente utilizzata in letteratura per bacini idrografici di modesta estensione, come nel caso in esame:

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

dove:

- t_c = tempo di corrivazione espresso in ore;
- L = flow lenght [m];
- I = pendenza media del bacino [m/m]

Nome Bacino	t_c	$Q_{30 \text{ anni}}$	$Q_{100 \text{ anni}}$	$Q_{200 \text{ anni}}$	$Q_{500 \text{ anni}}$
	[ore]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
Colle S.Rita	0.09	3.60	4.68	5.76	6.84
Sottobacino Colle S.Rita	0.08	1.03	1.33	1.64	1.95
Coppa di Rose	0.10	2.83	3.68	4.53	5.38
Casaleni Bassi 1	0.14	1.48	1.92	2.37	2.81
Casaleni Bassi 2	0.06	0.49	0.63	0.78	0.92
Casaleni Bassi 3	0.12	2.16	2.81	3.46	4.11
Ischia	0.46	9.10	11.83	14.56	17.29
Mezzorotolo	0.40	15.68	20.39	25.09	29.80
Pozzo Pettulli	0.40	15.68	20.39	25.09	29.80

Tabella 4.2.2.1 – Portate al colmo di piena e tempo di corrivazione

Per quanto concerne la definizione dell'idrogramma di piena, a scopo cautelativo, si è scelto di utilizzare un idrogramma triangolare con colmo di piena in corrispondenza del tempo di corrivazione (ossia, pari alla durata del ramo di accumulo) e ramo di esaurimento pari a due volte il tempo di corrivazione.

Si riportano nelle tabelle a seguire un riassunto degli idrogrammi di piena di progetto:

Nome Bacino	t_c	$Q_{30 \text{ anni}}$	$Q_{100 \text{ anni}}$	$Q_{200 \text{ anni}}$	$Q_{500 \text{ anni}}$
	[ore]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
Colle S.Rita	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.09	3.60	4.68	5.76	6.84
	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
Sottobacino Colle S.Rita	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.08	1.03	1.33	1.64	1.95
	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Coppa di Rose	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.10	2.83	3.68	4.53	5.38
	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Casaleni Bassi 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.14	1.48	1.92	2.37	2.81
	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00
Casaleni Bassi 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.06	0.49	0.63	0.78	0.92
	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Casaleni Bassi 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.12	2.16	2.81	3.46	4.11
	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00
Ischia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.46	9.10	11.83	14.56	17.29
	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00
Mezzorotolo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.40	15.68	20.39	25.09	29.80
	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00
Pozzo Pettulli	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.44	24.29	31.58	38.86	46.15
	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 4.2.2.2 - Idrogrammi di piena di progetto

Per quanto concerne il Fiume Fortore le portate di progetto al colmo di piena sono state desunte dal “Piano di laminazione preventivo dell’invaso di Occhito sul Fiume Fortore”, redatto ai sensi del DPCM del 24 Febbraio 2004 e adottato dalla Deliberazione della Giunta Regionale della Regione Puglia n.256 del 30 dicembre 2013.

Nella stessa sono state considerate le seguenti portate a valle della diga di Occhito, ossia “... le portate laminate dalla diga ...a partire da eventi di piena caratterizzati da tempi di ritorno pari a 30, 200, 500 anni”:

- T =30 anni: Q = 782 m³/s;
- T =200 anni: Q = 1479 m³/s;
- T =500 anni: Q = 1973 m³/s;

Per la stima del tempo di corrivazione, data l'estensione considerevole del bacino idrografico si è fatto riferimento alla formula di Giandotti, ampiamente nota in letteratura:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}}$$

Dove:

- t_c = tempo di corrivazione espresso in ore;
- A = superficie del bacino idrografico [km²];
- L = lunghezza dell'asta principale [km];
- H_m = quota media del bacino idrografico [m slm];
- H_0 = quota minima del bacino idrografico [m slm];

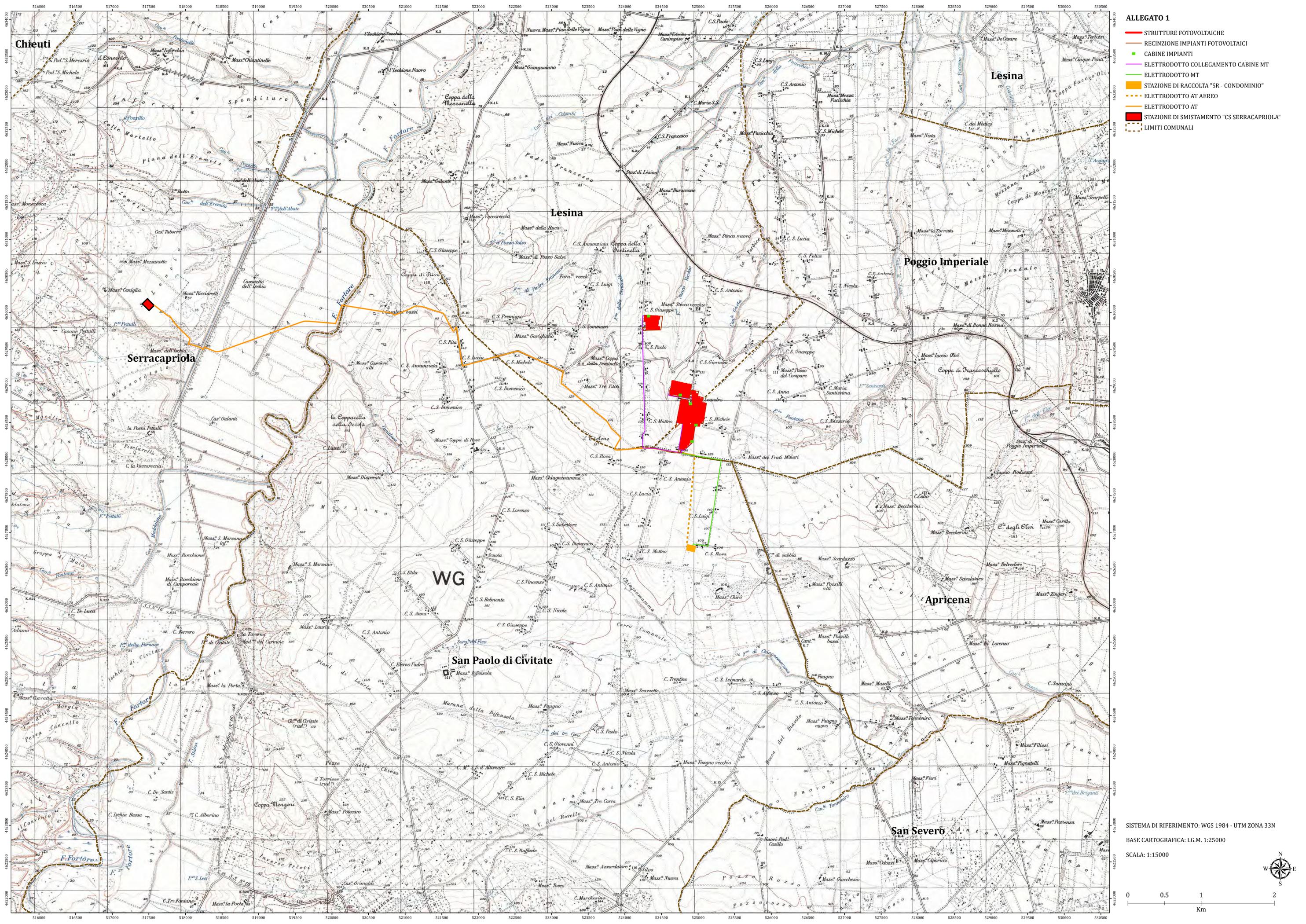
Pertanto, la stima del tempo di corrivazione è stata pari a 16.79 ore.

In analogia con quanto convenuto per il reticolo idrografico minore, afferente all'UoM Fortore, si è scelto di utilizzare un idrogramma triangolare con colmo di piena in corrispondenza del tempo di corrivazione (ossia, pari alla durata del ramo di accumulo) e ramo di esaurimento pari a due volte il tempo di corrivazione.

Si riporta di seguito un riassunto tabellare dell'idrogramma di piena di progetto utilizzato:

Nome Bacino	t_c	$Q_{30 \text{ anni}}$	$Q_{200 \text{ anni}}$	$Q_{500 \text{ anni}}$
	[ore]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
	0.00	0.00	0.00	0.00
Fiume Fortore	16.79	789	1479	1973
	50.37	0.00	0.00	0.00

Tabella 4.2.2.3 - Idrogramma di piena di progetto del Fiume Fortore



- ALLEGATO 1**
- STRUTTURE FOTOVOLTAICHE
 - RECINZIONE IMPIANTI FOTOVOLTAICI
 - CABINE IMPIANTI
 - ELETTRODOTTO COLLEGAMENTO CABINE MT
 - ELETTRODOTTO MT
 - STAZIONE DI RACCOLTA "SR - CONDOMINIO"
 - ELETTRODOTTO AD AEREO
 - ELETTRODOTTO AT
 - STAZIONE DI SMISTAMENTO "CS SERRACAPRIOLA"
 - LIMITI COMUNALI

SISTEMA DI RIFERIMENTO: WGS 1984 - UTM ZONA 33N
 BASE CARTOGRAFICA: I.G.M. 1:25000
 SCALA: 1:15000

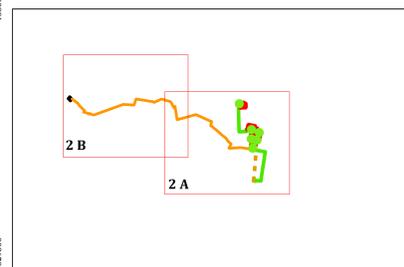
N

 S

0 0.5 1 2
 Km

ALLEGATO 2B

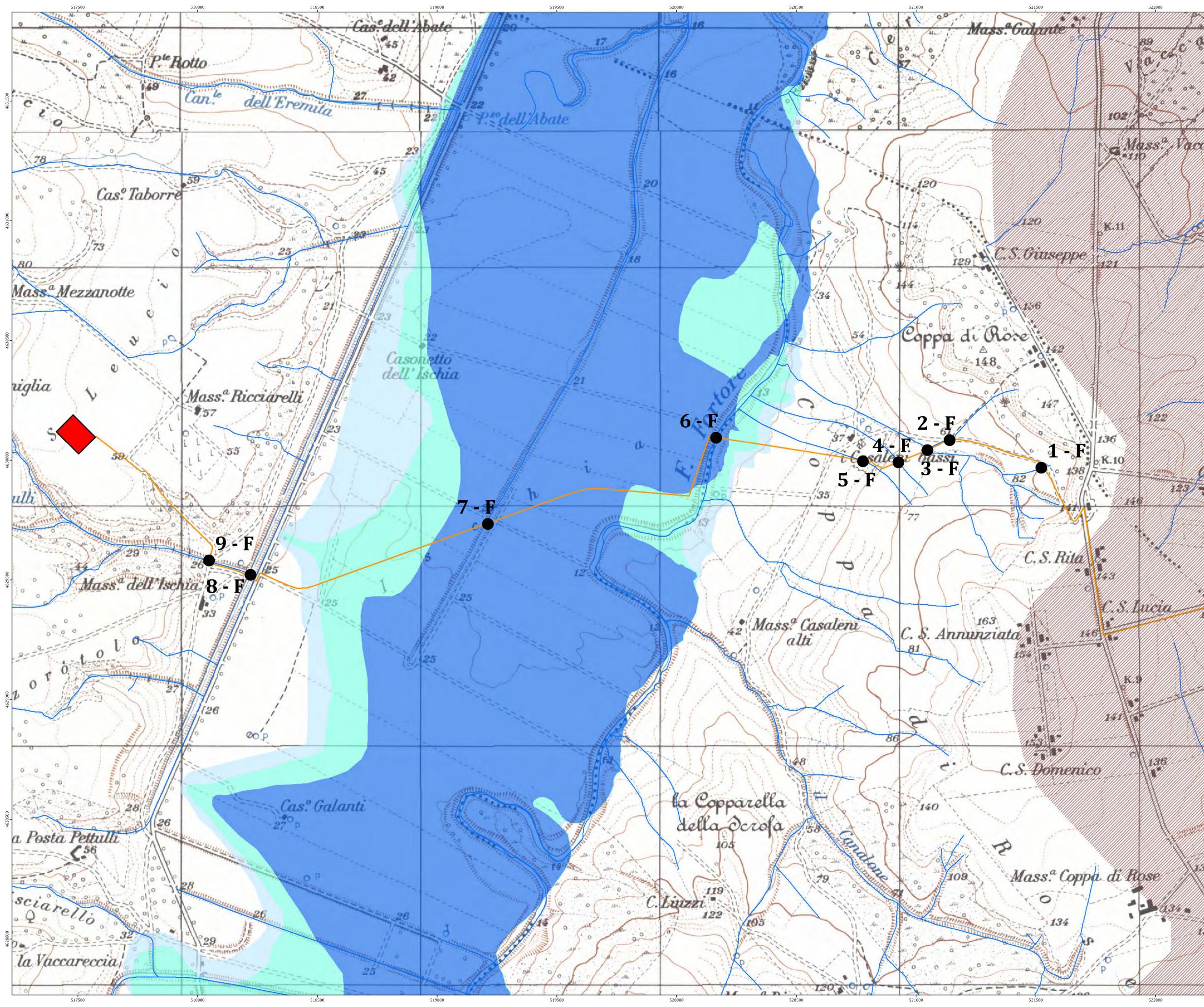
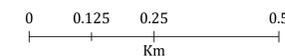
- INTERFERENZE INTERVENTI CON PAI FORTORE
- AdB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO MERIDIONALE - UOM PUGLIA
- RETILO IDROGRAFICO DELLA CARTA IDROGEOLOGICA
- STRUTTURE FOTOVOLTAICHE
- RECINZIONE IMPIANTI FOTOVOLTAICI
- CABINE IMPIANTI
- ELETTRODOTTO COLLEGAMENTO CABINE MT
- ELETTRODOTTO MT
- STAZIONE DI RACCOLTA "SR - CONDOMINIO"
- ELETTRODOTTO AT AEREO
- ELETTRODOTTO AT
- STAZIONE DI SMISTAMENTO "CS SERRACAPRIOLA"
- PERICOLOSITA' IDRAULICA - PAI FORTORE
- P11
- P12
- P13



SISTEMA DI RIFERIMENTO: WGS 1984 - UTM ZONA 33N

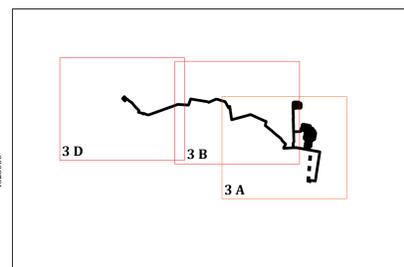
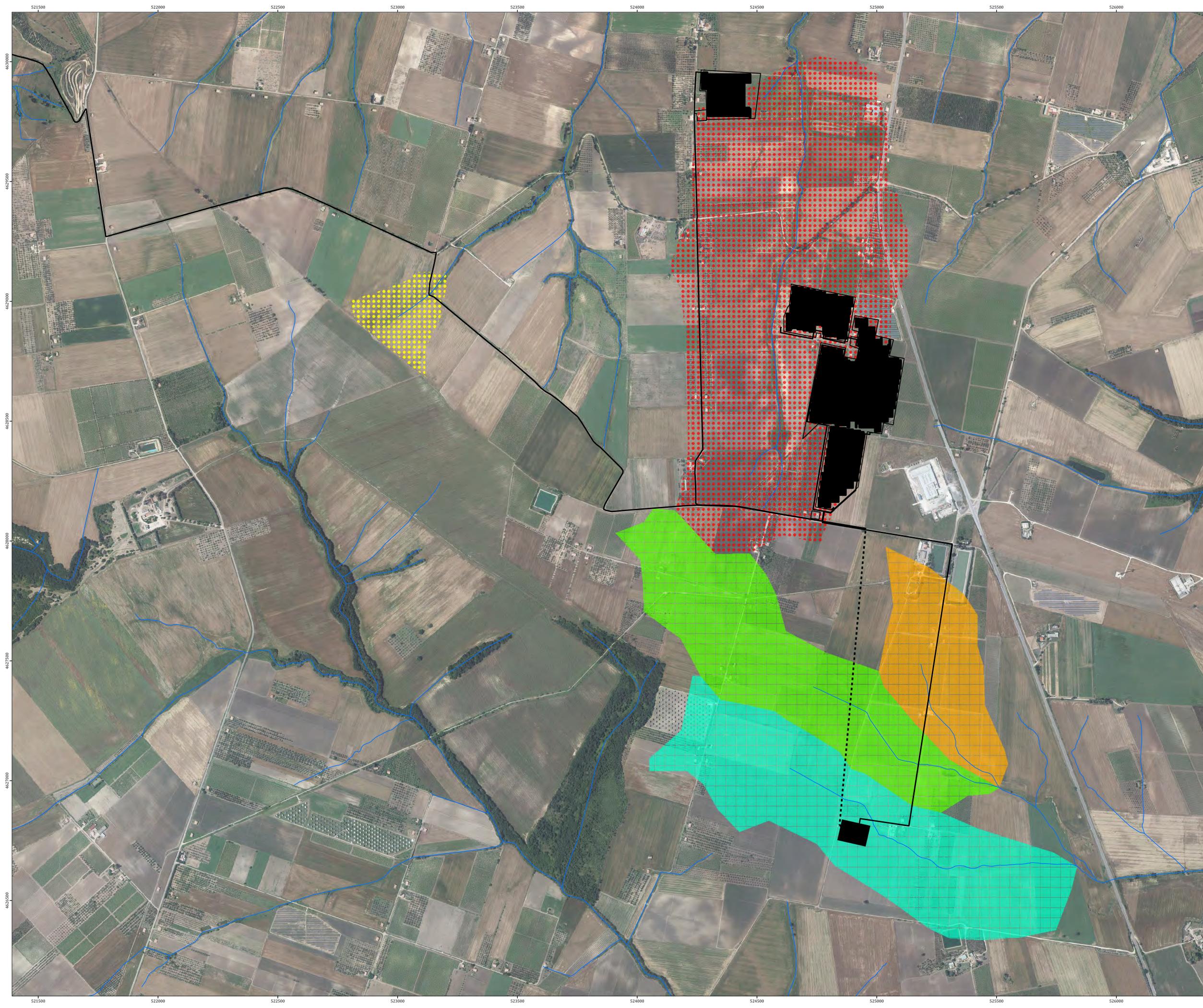
BASE CARTOGRAFICA: I.G.M. 1:25000

SCALA: 1:5000

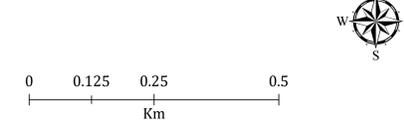


ALLEGATO 3A

- INTERVENTI IN PROGETTO
- RETICOLO IDROGRAFICO DELLA CARTA IDROGEOGRAFICA
- STINCO VECCHIO
- MASSERIA TRE TITOLI
- COLLE S.LUIGI
- COLLE S.LUIGI2
- COLLE S.ROSA

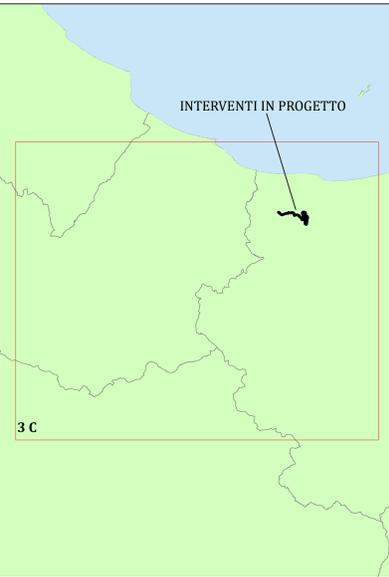
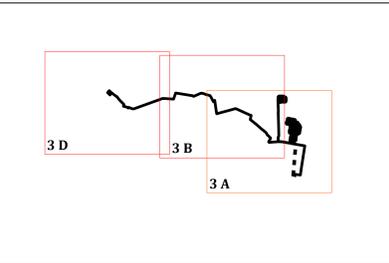


SISTEMA DI RIFERIMENTO: WGS 1984 - UTM ZONA 33N
BASE CARTOGRAFICA: ORTOFOTO 2019 AGEA DA SIT PUGLIA
SCALA: 1:5000

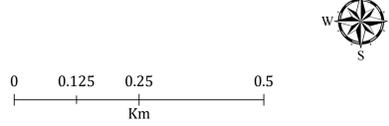


ALLEGATO 3B

- INTERVENTI IN PROGETTO
- RETICOLO IDROGRAFICO DELLA CARTA IDROGEOGRAFICA
- MASSERIA TRE TITOLI
- SOTTOBACINO COLLE S.RITA
- COLLE S.RITA
- COPPA DI ROSE
- CASALENI BASSI 1
- CASALENI BASSI 2
- CASALENI BASSI 3

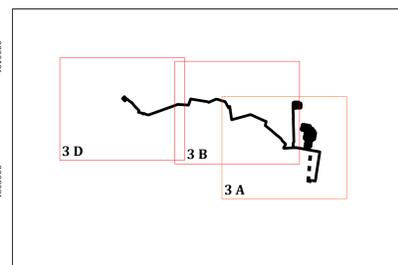
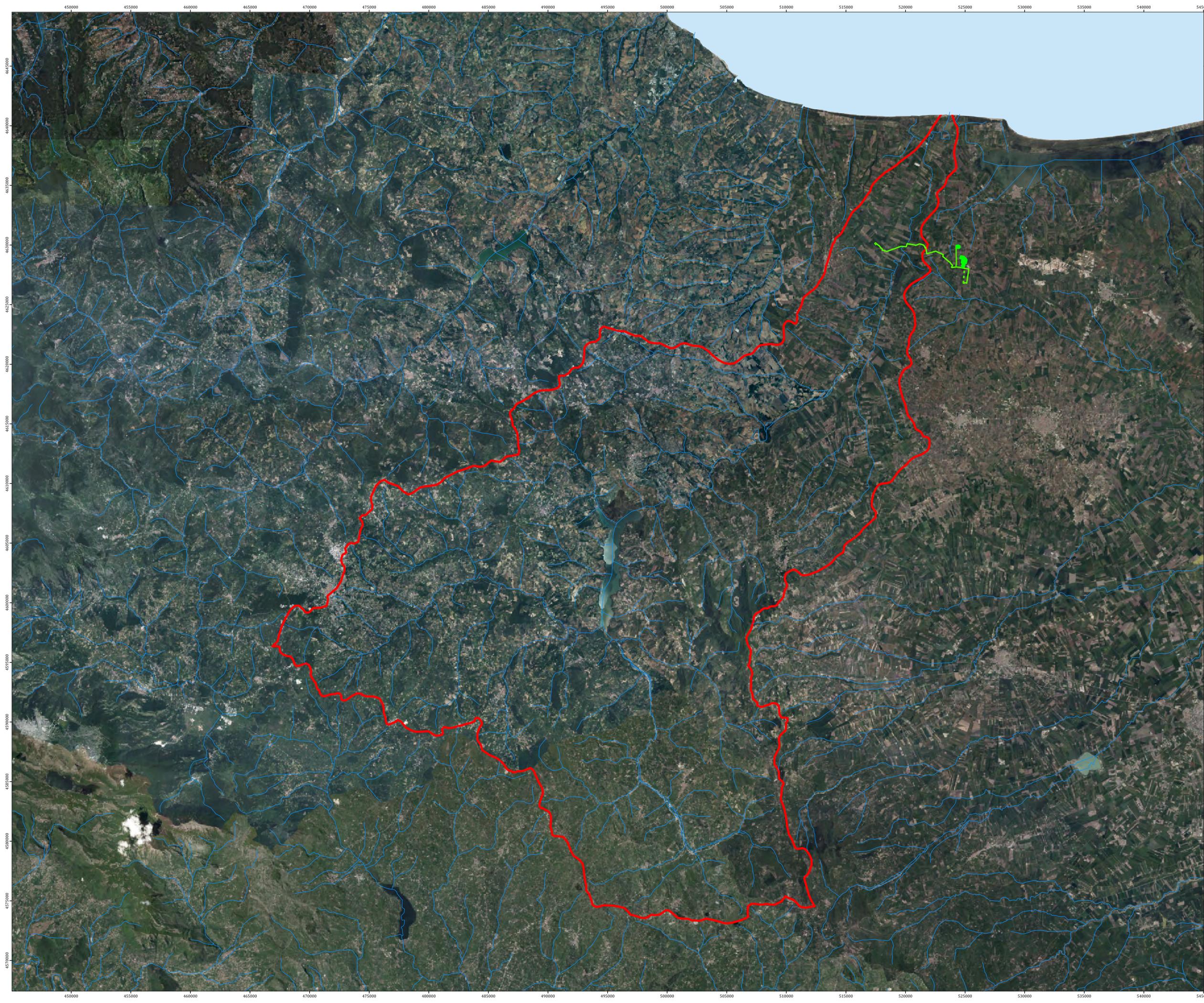


SISTEMA DI RIFERIMENTO: WGS 1984 - UTM ZONA 33N
BASE CARTOGRAFICA: ORTOFOTO 2019 AGEA DA SIT PUGLIA
SCALA: 1:5000

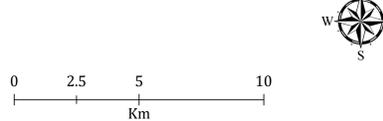


ALLEGATO 3C

- INTERVENTI IN PROGETTO
- RETICOLO IDROGRAFICO ISPRA SINANET
- FIUME FORTORE

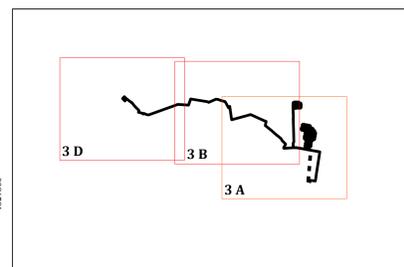
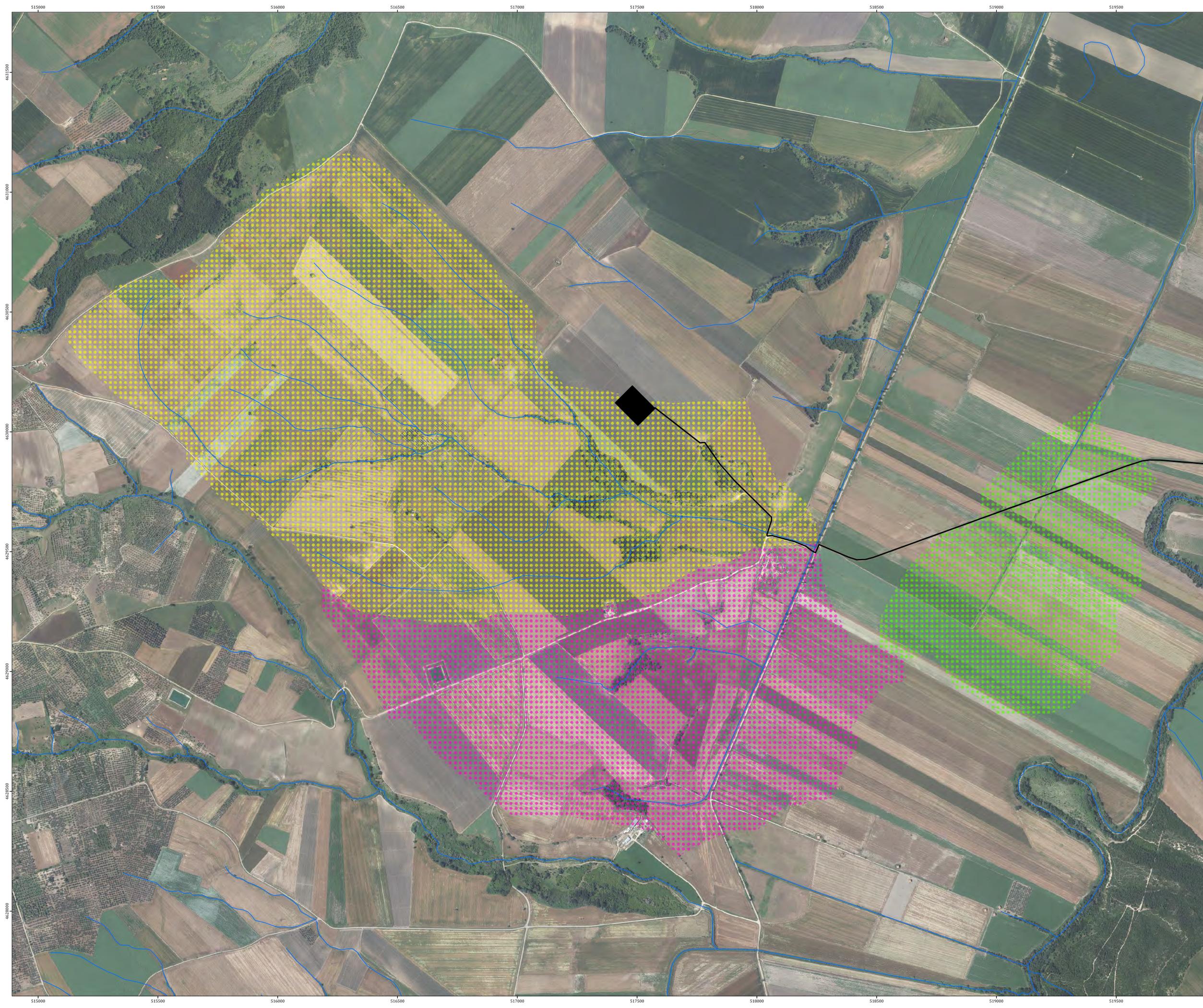


SISTEMA DI RIFERIMENTO: WGS 1984 - UTM ZONA 33N
BASE CARTOGRAFICA: ORTOFOTO 2012 AGEA
SCALA: 1:100000



ALLEGATO 3D

- INTERVENTI IN PROGETTO
- RETICOLO IDROGRAFICO DELLA CARTA IDROGEOLOGICA
- POZZO PETTULLI
- ISCHIA
- MEZZOROTOLO



SISTEMA DI RIFERIMENTO: WGS 1984 - UTM ZONA 33N
BASE CARTOGRAFICA: ORTOFOTO 2019 AGEA DA SIT PUGLIA
SCALA: 1:5000

