



REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA BARLETTA-ANDRIA-TRANI  
COMUNE DI SPINAZZOLA



# PROGETTO DEFINITIVO

Descrizione

Impianto agro-fotovoltaico denominato "*SANTA LUCIA*"  
ubicato nel comune di Spinazzola (BAT), con potenza di picco  
pari a 33,13 MWp

Titolo elaborato

## STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO

Codifica interna elaborato

SNLU-SOL-FV-PE-MEM-0007\_00

Codice elaborato

---

n° Tavola

01

Formato

A4

Scala

----

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione

Proponente



**Solaria Promozione e  
Sviluppo Fotovoltaico srl**

Via Sardegna 38  
00187 Roma (RM)  
solariapromozionesviluppofotovoltaico@legalmail.com

Progettazione

I Progettisti ambientali:

**Ing. Pietro Vella**

Via Garibaldi 42  
91020 Poggioreale (TP)  
ingpietro.vella@pec.it

**Ing. Erasmo Vella**

Via Lucrezio 5/A  
92100 Agrigento (AG)  
erasmo.vella@ordineingegneritrapani.it

Data	n° revisione	Motivo della revisione	Redatto	Controllato	Approvato
01/24	00	PRIMA EMISSIONE	ING. E. VELLA	ING. P. VELLA	ING. P. VELLA

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>5</b>
<b>3. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO .....</b>	<b>9</b>
<b>4. IDROLOGIA DELL'AREA .....</b>	<b>14</b>
<b>5. COMPATIBILITÀ DEL PROGETTO CON VARI LIVELLI DI PIANIFICAZIONE.....</b>	<b>20</b>
<b>5.1 COMPATIBILITA' CON IL PIANO PAESAGGISTICO TERRITORIALE REGIONALE (PPTR) .....</b>	<b>20</b>
<b>5.2 COMPATIBILITA' CON IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE.....</b>	<b>24</b>
<b>6. PROGETTO DELLE OPERE DI REGIMENTAZIONE IDRAULICA.....</b>	<b>26</b>
<b>6.1 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO .....</b>	<b>26</b>
<b>6.2 OPERE IDRAULICHE .....</b>	<b>28</b>
<b>7. INFORMAZIONE IDROLOGICA .....</b>	<b>34</b>
<b>7.1 STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI .....</b>	<b>35</b>
<b>7.2 ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN BASILICATA .....</b>	<b>36</b>
<b>7.3 CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA .....</b>	<b>45</b>
<b>7.4 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO .....</b>	<b>49</b>
<b>8. MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI .....</b>	<b>50</b>
<b>9. VERIFICA DELLE PORTATE DI PROGETTO .....</b>	<b>55</b>
<b>10. CONCLUSIONI.....</b>	<b>58</b>

## 1. PREMESSA

La società **Solaria Promozione e Sviluppo Fotovoltaico S.r.l.** propone di realizzare nel territorio comunale di Spinazzola nella Provincia di Barletta-Andria-Trani (BAT) in Puglia, un impianto agro - fotovoltaico combinato con l'attività di coltivazione agricola, denominato "**Santa Lucia**", avente potenza installata complessiva di 33,13 MWp e potenza in immissione di 27,00 MWac e le necessarie opere di connessione alla RTN, ricadenti anch'esse nello stesso comune.

Le opere progettuali da realizzare possono essere sintetizzate nel modo seguente:

Impianto agro-voltaico: con strutture a inseguimento monoassiale tipo 1V, con una potenza installata di 33,13 MWp, ossia 27,00 MWac in immissione come da STMG, ubicato in un terreno agricolo nel comune di Spinazzola (BAT);

Stazione di trasformazione utenza 150/30 kV, di proprietà della Società, situata all'interno del campo fotovoltaico, da realizzarsi nel Comune di Spinazzola (BAT);

Dorsale di collegamento, in alta tensione a 150 kV, di estensione di circa 0,4 km, per la consegna dell'energia elettrica prodotta dall'impianto, con percorso dalla SE utenza da 150 KV interna al campo fotovoltaico collegata in antenna a 150 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea 380 kV "Genzano – Melfi".

La futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN 380/150 kV verrà inserita in entra-esce alla linea 380 kV "Genzano – Melfi" e fa parte del piano di sviluppo di TERNA.

Le opere indicate al punto 1. e al punto 2. costituiscono il Progetto dell'impianto agrovoltaico.

Le opere presenti al punto 3. e 4. costituiscono il Progetto dell'impianto di Utenza per la connessione.

Il progetto prevede che l'impianto venga realizzato su una superficie complessiva, ossia l'area di progetto, è di circa 54,7 ha, invece l'area utilizzata per l'impianto è di circa 49,94 ha compresa la fascia di mitigazione.

La società al fine di riqualificare e ottimizzare le aree da un punto di vista agricolo e per esigenze di installazione data la morfologia del sito, ha scelto di adottare la soluzione con strutture a

inseguimento mono-assiali tipo 1V (un solo modulo in orizzontale o ‘portrait’) con un pitch tra le strutture di 4,5 m e una distanza inter-fila tra le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici di circa 2,2 m, consentendo la coltivazione tra le strutture e al di sotto delle stesse.

La soluzione impiantistica che si vuole realizzare rispetta a pieno i limiti imposti dalle “Linee Guida in materia di Impianti Agrovoltaiico”, difatti:

- la superficie effettivamente occupata dall’impianto (Area utilizzata) è pari a circa 16,37 ha (meno del 30% della superficie di progetto), andando quindi a rispettare il limite di rapporto  $Sagr/Stot \geq 70\%$ . Di quest’area d’impianto 15,90 ha sono occupati dai moduli (considerando la proiezione al suolo con i moduli in posizione orizzontale) e 0,48 ha sono occupati dalle opere di progetto (strade interne all’impianto, power station, cabina di consegna, etc...);
- lungo il perimetro dell’impianto si è realizzata una fascia di mitigazione di circa 10 metri, pari a circa 3,50 ha;
- la superficie agricola coltivabile corrispondente a circa 49,46 ha, utilizzando parte del terreno al di sotto dei moduli, sarà seminata rispettando le indicazioni riportate nella relazione agronomica;
- il rapporto tra la superficie dei moduli e quella agricola rispetta il limite imposto del 40% ( $LAOR \leq 40\%$ ).

La dorsale in cavo interrato a 150 kV di collegamento tra l’impianto agrovoltaiico e la stazione elettrica di trasformazione 150/30 kV, sarà posta su un terreno privato.

La presente relazione descrive gli **interventi per la raccolta e gestione delle acque meteoriche** delle superfici interne all’impianto fotovoltaico e mostra sia i criteri utilizzati che le risultanze dei dimensionamenti delle principali opere previste in questa fase di progetto definitivo. Il sistema di fossi di guardia ed attraversamenti previsti in progetto e degli opportuni sistemi di recapito rispetta l’equilibrio idrogeologico preesistente. Le scelte progettuali sono state condotte in modo tale da avere opere ad “impatto zero” sull’esistente reticolo idrografico, recapitando le acque superficiali convogliate dai fossi di guardia presso gli impluvi ed i solchi di erosione naturali.

L'obiettivo che si vuole raggiungere è quello di intercettare e allontanare tempestivamente le acque di scorrimento superficiale all'interno del parco fotovoltaico, al fine di garantire la vita utile delle opere civili, riducendo le operazioni di manutenzione al minimo indispensabile.

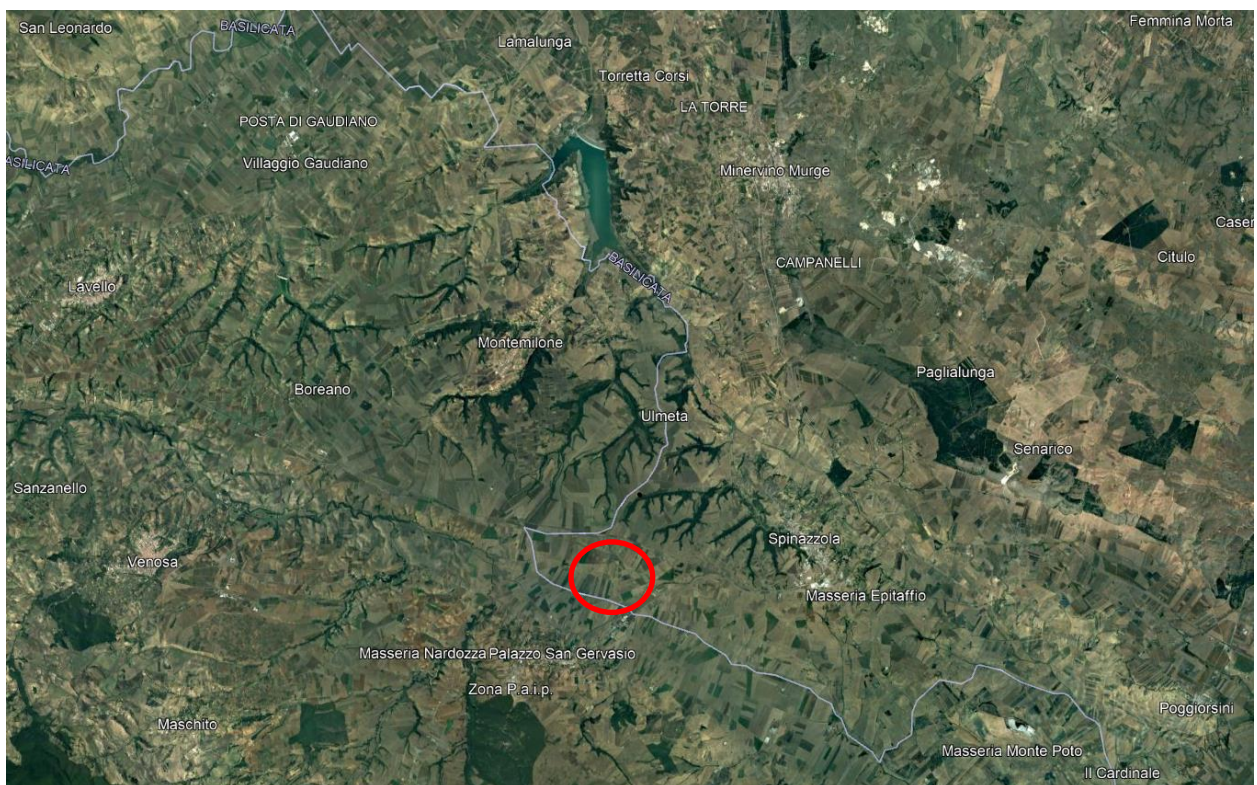
## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in cui si propone di realizzare l'impianto agrolvoltaico è ubicata all'interno del Comune di Spinazzola (provincia di Barletta-Andria-Trani), raggiungibile dal centro cittadino percorrendo le SS655, SP168, SP21 e SP25 e successivamente prendendo le strade interne di campo.

Le coordinate sono le seguenti:

- Latitudine: 40°57'25.08"N
- Longitudine: 16°0'34.61"E;
- Altitudine: 423 m.

Il terreno interessato è visibile sull'ortofoto della regione Puglia nel Comune di Spinazzola, come si evince dalla figura sottostante.



*Figura 2.1: Inquadramento territoriale*



*Figura 2.2: Stato di fatto dell'area di progetto*

In riferimento al Catasto Terreni del Comune di Spinazzola (BAT), la superficie agricole oggetto di progetto ricadono all'interno dei fogli n. 87, 88 e 89 del comune di Spinazzola.

PROVINCIA	COMUNE	DATI CATASTALI	
		FOGLIO	PARTICELLA
BARI	Spinazzola	87	4
			20
			21
			22
			23

			24
			25
			29
			30
			31
			32
			33
			34
			35
			17
			33
			36
			37
		88	38
			64
			78
			79
			80
			81
			39
			151
			153
			161
		89	162
			163
			164
			165
			166
			167



Ogni particella sarà interessata dall'idea progettuale solo parzialmente.

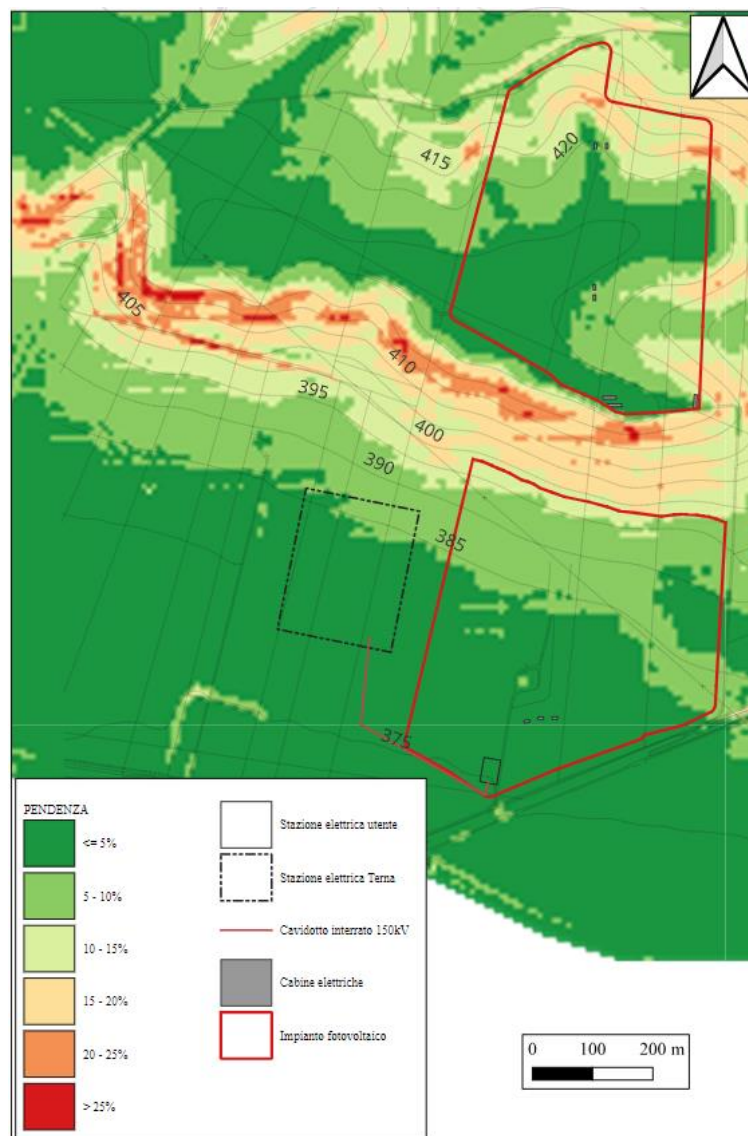
Dal punto di vista urbanistico, secondo il PRG vigente il sito di progetto ricade all'interno di aree a destinazione agricola.

I terreni, che occupano una superficie complessiva di circa 54,70 ha, attualmente sono del tipo seminativo. Le caratteristiche e le essenze che fanno parte del progetto e del piano agronomico sono descritte nella Relazione Agronomica.

### 3. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO

La configurazione morfologica dell'area in studio appare condizionata dalle caratteristiche litologiche, dall'assetto stratigrafico dei terreni affioranti e dall'azione modellatrice delle acque. Nell'insieme il paesaggio è di tipo collinare.

Le componenti fisico-morfologiche tipiche di questo settore, infatti, è rappresentata da colline con forma sommitale spianata, solo lievemente ondulate, da dove dipartono "fianchi" con modesto gradiente di pendio; infatti le pendenze sono inferiori al 5% nelle zone sub-pianeggianti e al massimo lungo la zona di pendio sono del 20%.



In particolare l'area del progetto si sviluppa interamente su morfologia sub-pianeggiante o poco inclinata costituita da spianate di sedimentazione marina in cui affiorano terreni granulari appartenenti ai depositi conglomeratici e da cui dipartono nei quadranti meridionali forme subpianeggianti date da sedimenti di ambiente continentale alluvionale.

Qui la morfologia risulta maggiormente condizionata dalla natura litologica dei terreni affioranti, passando da forme più acclivi, in corrispondenza degli affioramenti conglomeratici e sabbiosi, a forme più dolci in corrispondenza del fondovalle.



**MORFOLOGIA SUBPIANEGGIANTE DELL'AREA SUD DEL PARCO**



**MORFOLOGIA SUBPIANEGGIANTE DELL'AREA NORD DEL PARCO**

Come elementi geomorfologici si distinguono la porzione sommitale tabulare incisa da corsi d'acqua a carattere effimero con deflusso verso est e verso nord-ovest.

Le aree di progetto, dal punto di vista morfologico, costituiscono una superficie suborizzontale, terrazzata che si sviluppa tra le quote di 375 m e 425 m s.l.m.

Nei siti di progetto non sono stati riconosciuti movimenti di versante in atto o in preparazione tali da ostacolare la fattibilità degli interventi in progetto; si ha un andamento morfologico regolare.

Tale valutazione è in accordo agli strumenti normativi del Piano Stralcio per la Difesa del Rischio Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale – sede Puglia, infatti non sono presenti aree classificate a pericolosità geomorfologica e a rischio da frana, né sono interessate da fenomeni di alluvionamento.

Dall'analisi delle foto aeree e dal rilevamento geomorfologico condotto in sito è stato possibile verificare che le porzioni in pendio si presentano morfologicamente stabili.

Non sono stati rilevati quei fattori predisponenti al dissesto, le pendenze sono poco accentuate e le caratteristiche litotecniche sono più che soddisfacenti.

L'andamento morfologico, come già riportato nelle pagine precedenti è subpianeggiante nella parte più alta del pendio, diventando appena pendente nel settore medio del versante per tornare nuovamente sub-pianeggiante nel settore più meridionale.

Strettamente alle aree di sedime si ritiene che la costruzione degli impianti fotovoltaici e delle opere connesse non potrà che andare a migliorare le condizioni di stabilità dei pendii, in quanto: non ci saranno appesantimenti poiché le tensioni in gioco rimarranno pressoché invariate; si avrà un consolidamento circoscritto delle aree ad opera delle fondazioni che avranno un effetto chiodante;

si procederà ad una sistemazione superficiale del terreno con regimentazione delle acque di corrivazione sul pendio per tutta l'area interessata dal progetto.

Le acque di corrivazione superficiale sono già intercettate dai fossi di guardia realizzati dagli agricoltori e finalizzati ad evitare quei fenomeni di erosione areale dovuta al divagamento “selvaggio” delle acque non incanalate.

Al fine di non incrementare la corrivazione delle acque sui settori di versanti interessati dal progetto, è comunque necessario regimentare le acque delle piazzole o piazzali in modo da convogliarle e scaricarle in appositi canali di scolo.

Il settore del territorio indagato è caratterizzato da un reticolo idrografico scarsamente ramificato, ciò è legato essenzialmente al clima, caratterizzato da una bassa piovosità media ed alla presenza di litologie affioranti dotate di una buona permeabilità, la quale favorisce l'infiltrazione nel sottosuolo delle acque meteoriche rispetto allo scorrimento superficiale.

L'elemento idrico principale è rappresentato dal Torrente Basentello che scorre a sud del sito di stretto interesse progettuale a distanza maggiore di 150 metri e rappresenta il confine tra la regione Basilicata e la Regione Puglia.

Il reticolo idrografico interferente con l'area di progetto è rappresentato da incisioni effimere che drenano le acque verso valle fino ad immettersi nel Torrente Basentello che tramite una serie di confluenze con altri corsi d'acqua minori sfociano le acque nel Fiume Bradano.

I terreni affioranti nelle aree di intervento sono dotati di caratteristiche idrogeologiche differenziate in funzione dei litotipi presenti ed in rapporto alla loro composizione granulometrica, porosità, grado di addensamento/consistenza dei terreni, nonché alla fratturazione/fessurazione dei livelli lapidei e/o pseudo-lapidei.

Le proprietà idrogeologiche dei terreni affioranti sono, infatti, strettamente connesse con la litologia e di conseguenza è stato possibile raggruppare i depositi nei seguenti complessi idrogeologici.

I complessi idrogeologici scaturiti dalle formazioni presenti possono essere così raggruppati e caratterizzati:

#### Terreni permeabili

Depositi alluvionali: tali depositi risultano costituiti da materiale prevalentemente argilloso-limoso che fa da matrice ad uno scarso scheletro ghiaioso. Il tutto si presenta rimaneggiato, caotico, privo di struttura e, quindi, eterogeneo ed anisotropo, sia da un punto di vista litologico che fisico-meccanico. I materiali di che trattasi, molto spesso si presentano sotto forme lentiformi con la prevalenza o della frazione limo-argillosa o di quella ghiaiosa. Di conseguenza da un punto di vista idrogeologico si tratta di terreni caratterizzati da buona permeabilità pari a  $K=10^{-2} \div 10^{-3}$  m/s.

Depositi conglomeratici e sabbiosi: tali depositi risultano costituiti da terreni ghiaiosi e sabbiosi con valori elevati di permeabilità.

Le acque di precipitazione che raggiungono il suolo sono ripartite in scorrimento superficiale e infiltrazione nel sottosuolo, secondo il grado di permeabilità dei terreni affioranti.

Nel caso specifico le caratteristiche granulometriche e litologiche degli strati superficiali permettono l'infiltrazione di acqua di precipitazione meteorica favorendo una debole circolazione di acqua nel sottosuolo e consentendo l'accumulo di falde modeste e circoscritte ai soli depositi maggiormente permeabili.

Per quanto riguarda la presenza di acqua nel sottosuolo da un censimento di pozzi presenti nelle aree limitrofe si ricava una profondità della falda acquifera non inferiore ai 25 m dal piano campagna.

#### 4. IDROLOGIA DELL'AREA

Il campo fotovoltaico di progetto è ubicato a sud-ovest del territorio comunale di Spinazzola in prossimità del confine con la Basilicata e su un'altura a circa 400 m s.l.m.m.. Il confine meridionale del campo lambisce il Torrente Basentello, affluente del Fiume Bradano mentre nella restante parte del campo si sono presenti solo aste del I ordine di Horton.

Il bacino del Fiume Bradano ha una superficie di 2.735 km<sup>2</sup> ed è il più a Nord di tutti quelli lucani. È separato da quello del Basento dalle pendici meridionali dei monti Li Foi, Grande e Capolicchio, che, seguendosi l'un l'altro da Ovest verso Est, formano una catena continua, e dalla Puglia dal tavolato delle Murge. Il vertice del bacino si trova sull'altura detta "Mandria Piano del Conte" a quota 828 m. s.l.m. e da qui, sulla destra, lo spartiacque con direzione Nord – Sud, passando dal poggio Limitorio (788 m) raggiunge la "Toppa La Taverna" (1212 m), vetta comune con i bacini del Basento, del Sele e dell'Ofanto. Detto spartiacque acquista quindi un andamento verso Sud – Est e raggiunge subito la vetta di Monte S. Angelo (1126 m); percorre in seguito una lunga schiera di monti man mano degradanti. Declina quindi verso la pianura e va a sfociare nello Ionio. Sulla sponda sinistra, dal predetto vertice del bacino, lo spartiacque si inoltra a Nord passando per le Serre Carriere (1047 m) ed i monti Mezzomo (870 m), fino al colle Renara (794 m), dirigendosi poi a Sud – Est sul colle del paese di Forenza (762 m). Con un ampio arco ritorna verso Nord e prosegue sugli altopiani di S. Leonardo (500 m), raggiungendo il colle a ponente di Palazzo San Gervasio (483 m); da questo scende al basso crinale che separa il Basentello, affluente del Bradano, dalla fiumara Matinella, affluente dell'Ofanto. Da qui ascende le alture delle Murge, fino a quota 680 m del M.te Caccia, per poi degradare man mano verso la pianura alluvionale e fiancheggiare l'alveo del fiume stesso, terminando in mare.

Lungo il versante destro e a monte l'area sottesa dal bacino si presenta montuosa e di aspetto piuttosto aspro, poi, meno tormentata, regolare e con colli tondeggianti, quindi quasi piana avvicinandosi alla foce. Sul versante sinistro, invece, dominano fin dal principio le zone pianeggianti, anche a quota piuttosto elevata, ma con il caratteristico andamento delle Murge di declinare quasi di un tratto, costituendo sponde abbastanza ripide che in qualche punto sembrano tagliate artificialmente a gradini regolari.

L'asta fluviale del Bradano ha una lunghezza di 116 km e sottende uno dei bacini maggiori della Basilicata. Il suo deflusso avviene quasi del tutto in territorio lucano, tranne un piccolo segmento, verso la foce, che attraversa la Puglia a Sud di Ginosa.

Tra i suoi principali affluenti vi è il torrente Basentello che scorre a sud dell'area in studio. Il Basentello è un corso d'acqua che insieme alla Fiumara di Venosa solcano e percorrono, in direzione opposta, la depressione valliva nota come bacino fluvio-lacustre di Venosa e del T. Basentello. Tale bacino dalla complessa storia morfotettonica, si sviluppa da NO a SE su una lunghezza di circa 60 Km, ai confini della Puglia con la Basilicata. I limiti morfologici sono ben definiti: il tratto nord-occidentale, attualmente aperto a N nella valle del F. Ofanto, è limitato dalle pendici orientali del M. Vulture; i bordi sud-occidentali e nord-orientali corrispondono agli allineamenti collinari di Venosa, Palazzo S. Gervasio ed Irsina da un lato e di Lavello, Spinazzola, Poggiorsini e Gravina in Puglia dall'altro; il tratto sud-orientale è aperto nella valle del F. Bradano.

Il Basentello è un corso d'acqua a carattere torrentizio: nei periodi di piena assume portate rilevanti con intumescenze a rapidissimo decorso che danno luogo a frequenti esondazioni; nei periodi estivi rimane pressoché asciutto con portate molto basse dell'ordine di pochi litri al secondo. Numerosi fossi minori senza denominazione, confluiscono sia in sinistra sia in destra orografica dello Basentello.

Nell'area destinata al campo fotovoltaico:

- non ricade il vincolo previsto dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia;
- non ricadono le aree inondabili per le piene con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni perimetrate nel PAI – Basilicata e nel PAI - Puglia;
- ricade parzialmente nelle aree a potenziale rischio alluvione (APFSR).



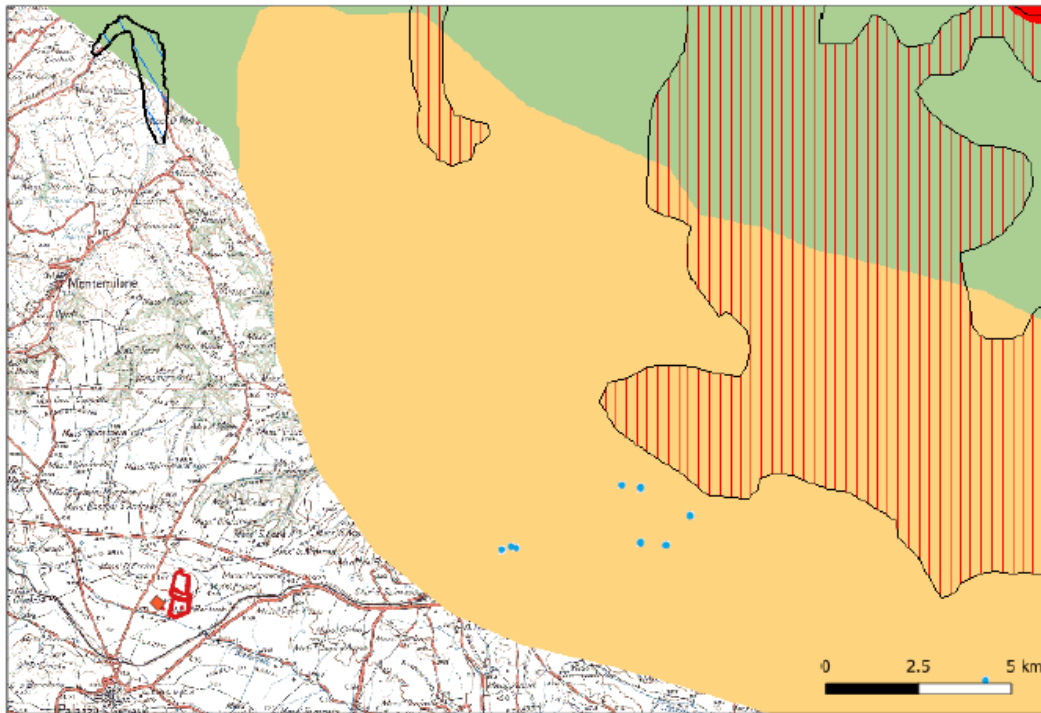


Figura 4.1: Vincolo previsto dal PTA della Puglia (in rosso è indicato il campo di progetto)

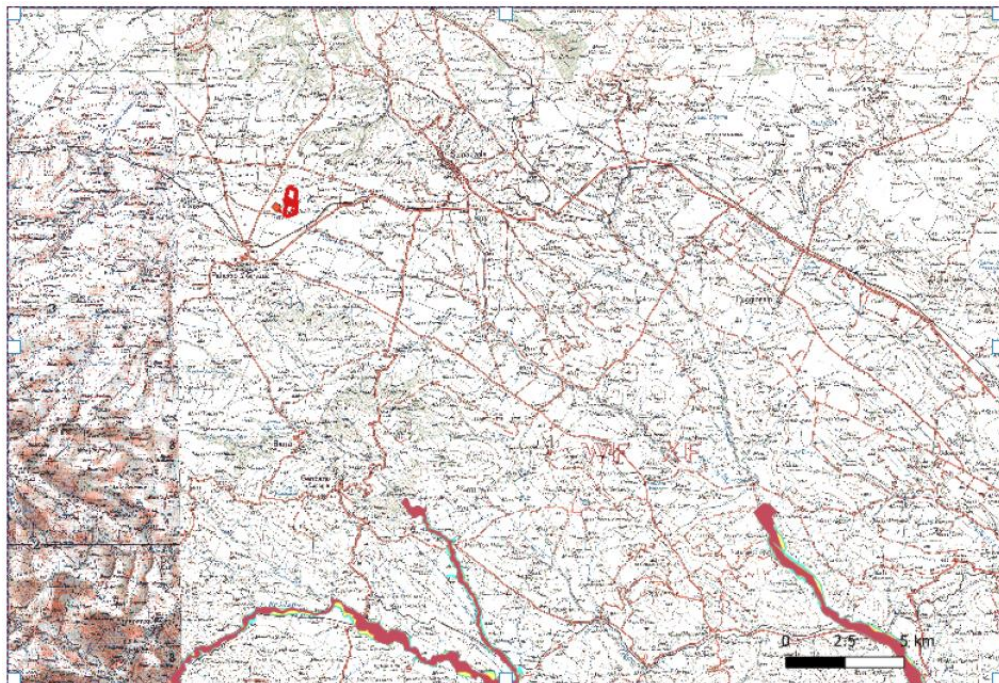


Figura 4.2: Perimetrazione delle aree inondabili del PAI Basilicata (in rosso è indicato il campo fotovoltaico)



*Figura 4.3: PePPTR Regione Puglia (in rosso è indicato il campo fotovoltaico e in arancione la stazione Terna)*

Per quanto riguarda la caratterizzazione del contesto meteorologico si è fatto riferimento ai dati raccolti presso le centraline meteo ARPA Puglia principali posizionate in prossimità dell'area di Progetto.

Sulla base delle informazioni contenute nel nell'Archivio ARPA puglia sezione Meteo (<http://www.webgis.arpa.puglia.it/lizmap/index.php/view/map/?repository=1&project=meteo>) la stazione meteo più vicina al sito di studio è:

– Stazione Meteo Andria Via Vaccina

### **Precipitazioni**

Il regime pluviometrico è di tipo mediterraneo, in quanto si riscontra una piovosità massima nel periodo autunno-invernale, in cui si verificano quasi il 70% delle precipitazioni medie

complessive. La media delle precipitazioni meteoriche nel periodo 1921 – 2013 è pari a 640,40 mm.

### Temperature

La temperatura massima assoluta del periodo esaminato è stata di +42,60 °C ed è stata registrata il 23 agosto 2000, mentre la temperatura minima assoluta è stata di -8,5 °C e risale al 16 febbraio 1940.

I dati relativi alle temperature e medie del periodo 1935-2013. Dalla lettura degli annali si evince che i mesi più freddi sono due: gennaio e febbraio, con temperatura media rispettivamente di 6,0 °C e 6,7 °C; analogamente i mesi più caldi risultano essere luglio ed agosto, con temperatura media rispettivamente di 25,1 °C e 24,8 °C.

### Ambiente Idrico

Dal punto di vista idrologico, l'area è stata cartografata dalle Autorità di Bacino della Puglia e della Basilicata.

Quest'ultima, infatti, ne detiene la competenza in quanto ricadente, come buona parte del territorio comunale di Spinazzola, nell'ambito del bacino idrografico del fiume Bradano.



Tutto il bacino del Bradano fa parte quindi della regione di competenza dell'Autorità di Bacino della Basilicata, ente il quale, nello studio del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) ha perimetrato le fasce di pertinenza fluviale, arrivando a definire le fasce a rischio di inondazione a seguito di piena con tempo di ritorno 30, 200 e 500 anni.

La delimitazione attuale del territorio di competenza dell'Adb della Basilicata è il risultato ottenuto, a partire dalle perimetrazioni dei bacini idrografici approvate dai Comitati Istituzionali delle preesistenti Autorità di Bacino, a seguito di accordi intercorsi tra l'AdB della Basilicata ed alcune di quelle contermini (AdB Interregionale fiume Sele e Adb Calabria). Complessivamente il territorio di competenza interessa 118 comuni, ricadenti in 3 Regioni e 6 Province:

Regione	Provincia	Numero
Basilicata	Potenza	72
Basilicata	Matera	31
Puglia	Bari	5
Puglia	Taranto	2
Puglia	BAT	2
Calabria	Cosenza	6
<b>Totale</b>		<b>118</b>

L'idrografia superficiale è di tipo essenzialmente episodico, con corsi d'acqua privi di deflussi se non in occasione di eventi meteorici molto intensi. La morfologia di questi corsi d'acqua (le lame ne sono un caratteristico esempio) è quella tipica dei solchi erosivi fluvio-carsici, ora più approfonditi nel substrato calcareo, ora più dolcemente raccordati alle aree di interfluvio, che si connotano di versanti con roccia affiorante e fondo piatto, spesso coperto da detriti fini alluvionali (terre rosse). Nel territorio considerato sono presenti piccoli corsi d'acqua canalizzati che raccolgono acque meteoriche di ruscellamento superficiale su substrati a scarsa permeabilità. Tali superfici si allagano durante i periodi di maggiore piovosità e si prosciugano completamente durante la stagione estiva con l'aumento dell'evaporazione. La durata dell'idroperiodo varia in funzione delle precipitazioni e delle temperature ed in genere è di pochi mesi. Pertanto, la breve durata del ristagno idrico e l'utilizzo estivo delle aree a scopo agricolo impedisce il formarsi di una peculiare vegetazione igrofila.

## 5. COMPATIBILITÀ DEL PROGETTO CON VARI LIVELLI DI PIANIFICAZIONE

### 5.1 COMPATIBILITÀ CON IL PIANO PAESAGGISTICO TERRITORIALE REGIONALE (PPTR)

Con delibera n. 1792 del 2017 La Giunta Regionale della Puglia ha dato incarico all'Autorità di Bacino della Puglia di redigere la Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese quale elaborato cartografico alla base del Piano Paesaggistico Regionale (PPTR) della Puglia ai sensi del D. Lgs. 42/2004.

Lo scopo di tale elaborato è quello di fornire un quadro esauriente dei diversi elementi geomorfologici ed idrografici presenti sul territorio pugliese.

Dalla consultazione della tavola 6.1.1 relativa alle componenti geomorfologiche si evince che il sito è al di fuori di zone vincolate ad eccezione di una ristretta zona classificata come Unità di contesto paesaggistica UCP di versante la quale ai sensi dell'art. 50 e 53 delle Norme di Attuazione del PPTR Consistono in parti di territorio a forte acclività, aventi pendenza superiore al 20%, come individuate nelle tavole della sezione 6.1.1.

Nei territori interessati dalla presenza di versanti, come definiti all'art. 50, punto 1), si applicano le misure di salvaguardia e di utilizzazione di cui ai successivi commi 2) e 3).

In sede di accertamento di compatibilità paesaggistica di cui all'art. 91, ai fini della salvaguardia e della corretta utilizzazione dei siti di cui al presente articolo, si considerano non ammissibili tutti i piani, progetti e interventi in contrasto con gli obiettivi di qualità e le normative d'uso di cui all'art. 37 e in particolare, fatta eccezione per quelli di cui al comma 3, quelli che comportano:

- a1) alterazioni degli equilibri idrogeologici o dell'assetto morfologico generale del versante;
- a2) ogni trasformazione di aree boschive ad altri usi, con esclusione degli interventi colturali eseguiti secondo criteri di silvicoltura naturalistica atti ad assicurare la conservazione e integrazione dei complessi vegetazionali naturali esistenti e delle cure previste dalle prescrizioni di polizia forestale;
- a3) nuove attività estrattive e ampliamenti;

a4) realizzazione di nuclei insediativi che compromettano le caratteristiche morfologiche e la qualità paesaggistica dei luoghi;

a5) realizzazione e ampliamento di impianti per la produzione di energia, fatta eccezione per gli interventi indicati nella parte seconda dell'elaborato del PPTR 4.4.1 - Linee guida sulla progettazione e localizzazione di impianti di energia rinnovabile;

Tutti i piani, progetti e interventi ammissibili perché non indicati al comma 2, compresi quelli finalizzati ad incrementare la sicurezza idrogeologica, devono essere realizzati nel rispetto dell'assetto paesaggistico, non compromettendo gli elementi storico-culturali e di naturalità esistenti, garantendo elevati livelli di piantumazione e di permeabilità dei suoli, assicurando la salvaguardia delle visuali e dell'accessibilità pubblica ai luoghi dai quali è possibile godere di tali visuali, e prevedendo per la divisione dei fondi:

- muretti a secco realizzati con materiali locali e nel rispetto dei caratteri costruttivi e delle qualità paesaggistiche dei luoghi;
- siepi vegetali realizzate con specie arbustive e arboree autoctone, ed eventualmente anche recinzioni a rete coperte da vegetazione arbustiva e rampicante autoctona;
- in ogni caso con un congruo numero di varchi per permettere il passaggio della fauna selvatica;

Nel rispetto delle norme per l'accertamento di compatibilità paesaggistica, si auspicano piani, progetti e interventi:

c1) di manutenzione e ripristino dei muretti a secco esistenti limitati alle parti in cattivo stato di conservazione, senza smantellamento totale del manufatto;

c2) per la realizzazione di percorsi per la "mobilità dolce" su viabilità esistente, senza opere di impermeabilizzazione dei suoli e correttamente inserite nel paesaggio.

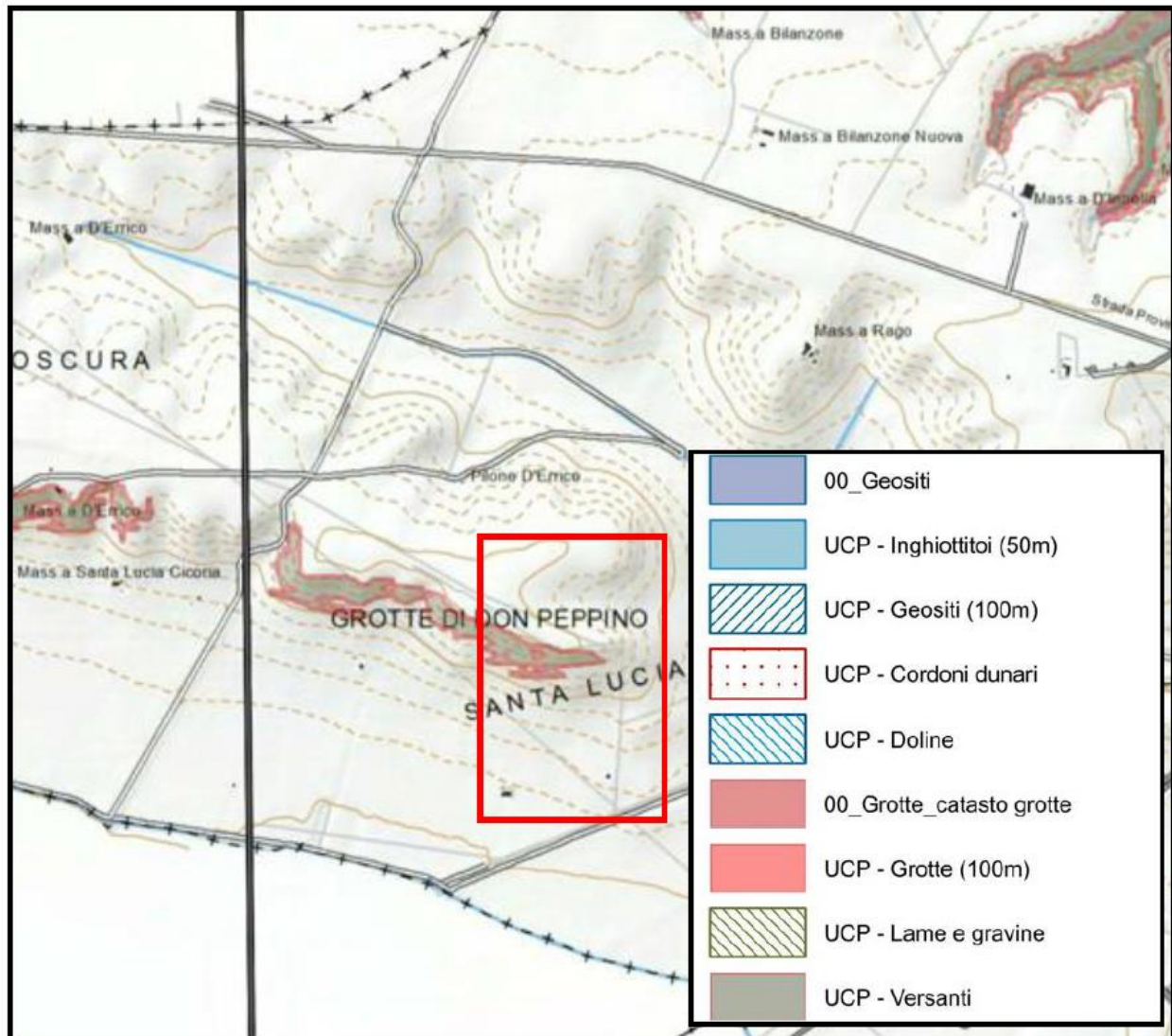


Figura 5.1: Stralcio della sezione 6.1.1 relativa alle componenti geomorfologiche del PPTR.

Mentre per quanto riguarda la sezione 6.1.2 relativa alle componenti idrologiche il sito di intervento è posizionato al di fuori del buffer dei 150 m dal Torrente Basentello iscritto nel Registro delle Acque Pubbliche; in quanto rientra nei fiumi e torrenti, nonché negli altri corsi d'acqua iscritti negli elenchi delle acque pubbliche approvati ai sensi del R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775 e nelle relative sponde o piedi degli argini, ove riconoscibili, per una fascia di 150 metri da ciascun lato, come delimitati nelle tavole della sezione 6.1.2.

Ove le sponde o argini non siano riconoscibili si è definita la fascia di 150 metri a partire dalla linea di compluvio identificata nel reticolo idrografico della carta Geomorfoidrologica regionale, come delimitata nelle tavole della sezione 6.1.2.

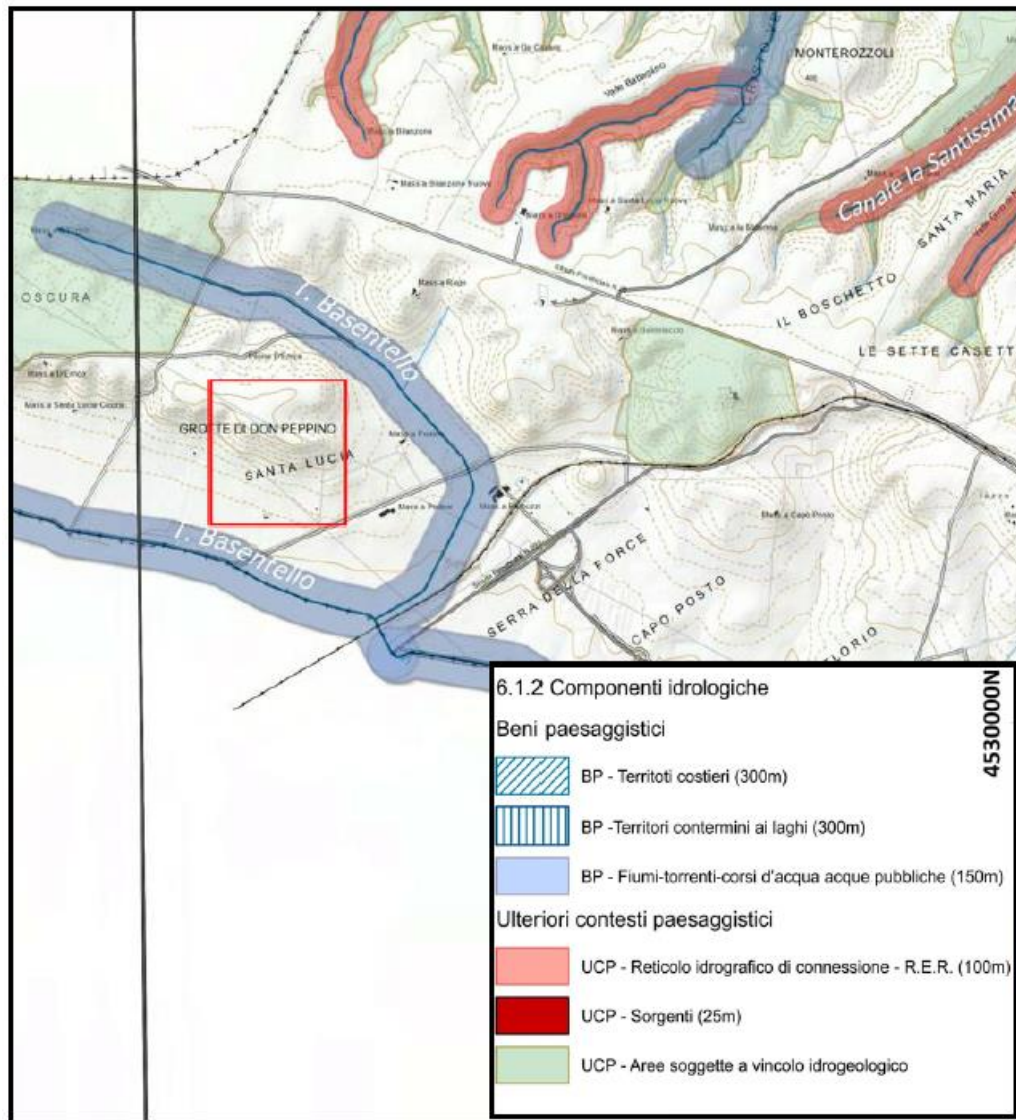


Figura 5.2: Stralcio della sezione 6.1.2 relativa alle componenti idrogeologiche del PPTR.

Inoltre nell'area non sono presenti sorgenti ed aree ree soggette a vincolo idrogeologico (art. 143, comma 1, lett. e, del Codice).



## 5.2 COMPATIBILITA' CON IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE

Con DGR 19/06/2007 n.883 la Regione Puglia ha provveduto ad adottare il Progetto di Piano di Tutela delle Acque (PTA), strumento tecnico e programmatico attraverso cui realizzare gli obiettivi di tutela quali-quantitativa del sistema idrico così come previsto dall'art. 121 del D.Lgs. 152/06.

Il Piano di Tutela delle Acque si configura come uno strumento di base per la tutela e la corretta gestione della risorsa idrica. Dato lo stato di sovrasfruttamento dei corpi idrici sotterranei (ad uso dei comparti potabile, irriguo ed industriale) il piano ha previsto una serie di misure atte ad arrestare il degrado quali-quantitativo della falda, in particolare nelle aree di alta valenza idrogeologica ed in quelle sottoposte a stress per eccesso di prelievo.

Con l'adozione del Progetto di Piano entravano in vigore le "prime misure di salvaguardia" relative ad aspetti per i quali appariva urgente e indispensabile anticipare l'applicazione delle misure di tutela che lo stesso strumento definitivo di pianificazione e programmazione regionale contiene. Esse hanno assunto carattere immediatamente vincolante per le amministrazioni, per gli Enti, nonché per i soggetti privati. Tale determinazione si era resa necessaria in quanto le risultanze delle attività conoscitive messe in campo avevano fatto emergere la sussistenza di una serie di criticità sul territorio regionale, soprattutto con riferimento alle risorse idriche sotterranee, soggette a fenomeni di depauperamento, a salinizzazione, a pressione antropica in senso lato.

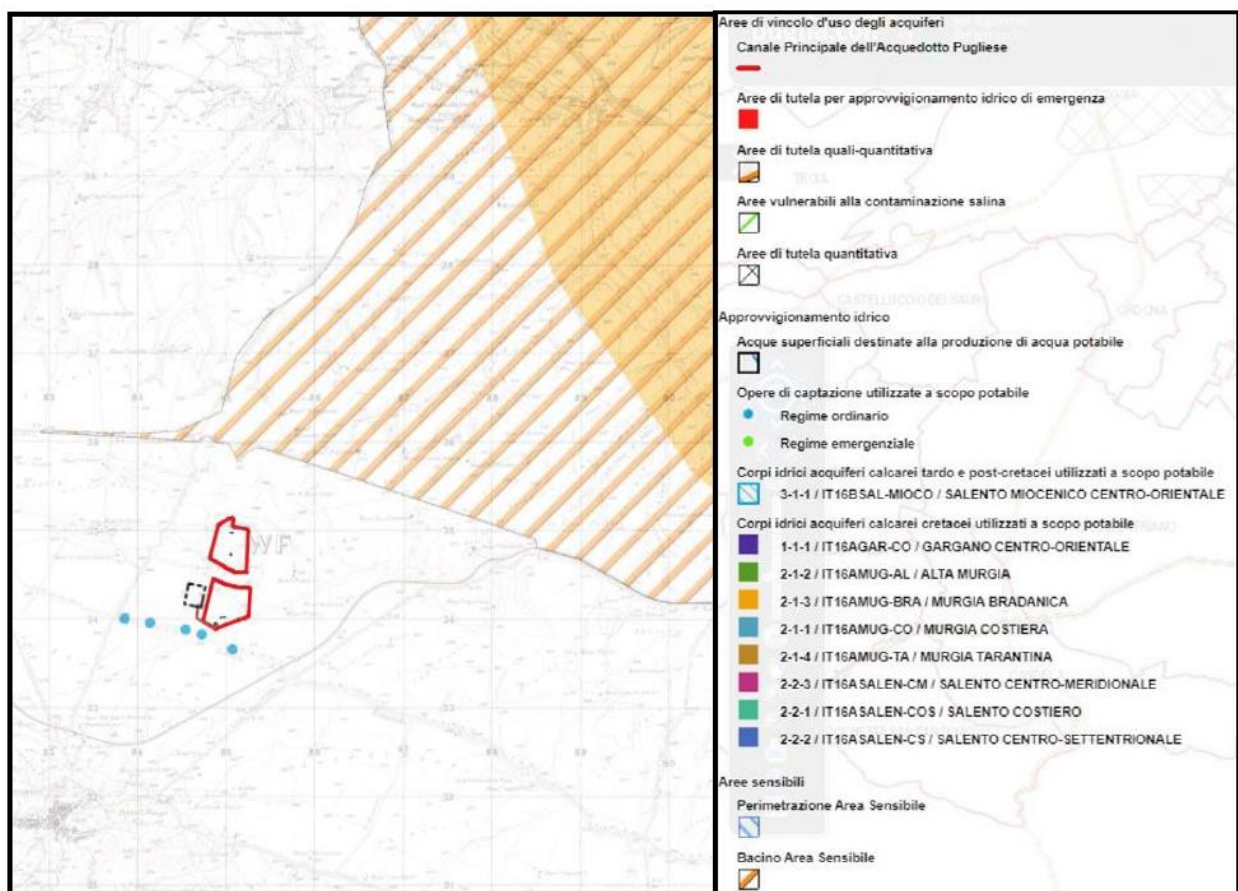
Il piano prevede misure che comprendono da un lato azioni di vincolistica diretta su specifiche zone del territorio, dall'altro interventi sia di tipo strutturale (per il sistema idrico, fognario e depurativo), sia di tipo indiretto (quali ad esempio l'incentivazione di tecniche di gestione agricola, la sensibilizzazione al risparmio idrico, riduzione delle perdite nel settore potabile, irriguo ed industriale ecc).

Dall'analisi degli stralci cartografici inerente i vincoli del PTA le aree oggetto di intervento non risultano interferenti con "Aree di tutela quali-quantitativa", né tantomeno "Aree interessate da contaminazione salina". (Allegato 1), per le quali il PTA prevede disciplina restrittiva per il rilascio di concessioni per il prelievo di acque dolci di falda per l'utilizzo ai fini irrigui e/o industriali.

Le opere in progetto, non risultano interferenti con zone di Protezione Speciale Idrogeologica, così come definite dal Piano di Tutela delle Acque, come aree destinate all'approvvigionamento idrico di emergenza, per le quali vigono specifiche misure di controllo sull'uso del suolo.

Nelle aree di progetto è presente solo l'acquifero profondo poroso alluvionale della Valle del Basentello, non sottoposto ad alcun vincolo e non interferente con le opere in progetto.

Pertanto, considerato che trattasi di opere il cui esercizio non prevede emungimenti e/o prelievi ai fini irrigui o industriali, l'intervento risulta compatibile e coerente con le misure previste dal PTA.



## 6. PROGETTO DELLE OPERE DI REGIMENTAZIONE IDRAULICA

### 6.1 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

La produzione di energia elettrica dell'impianto in oggetto avviene tramite fonte rinnovabile in accordo alla Strategia Energetica Nazione (SEN) che pone i seguenti obiettivi:

- **Competitività:** Migliorare la competitività del Paese, continuando a ridurre il gap di prezzo e di costo dell'energia rispetto all'Europa, in un contesto di prezzi internazionali crescenti;
- **Ambiente:** Raggiungere e superare in modo sostenibile gli obiettivi ambientali e di decarbonizzazione al 2030 definiti a livello Europeo, in linea con i futuri traguardi stabiliti nella COP21;
- **Sicurezza:** Continuare a migliorare la sicurezza di approvvigionamento e la flessibilità dei sistemi e delle infrastrutture energetiche.

Il progetto rientra nell'obiettivo di decarbonizzazione previsto da PNIEC1 con riduzione delle emissioni di gas a effetto serra al 2030 di almeno il 40% a livello europeo; in particolare il parco di generazione elettrica persegue l'obiettivo di phase out di generazione da carbone e promozione del ricorso a fonti energetiche rinnovabili: "Il maggiore contributo alla crescita delle rinnovabili deriverà proprio dal settore elettrico, che al 2030 raggiunge i 16 Mtep di generazione da FER, pari a 187 TWh. La forte penetrazione di tecnologie di produzione elettrica rinnovabile, principalmente fotovoltaico ed eolico, permetterà al settore di coprire il 55,0% dei consumi finali elettrici lordi con energia rinnovabile, contro il 34,1% del 2017. Difatti, il significativo potenziale incrementale tecnicamente ed economicamente sfruttabile, grazie anche alla riduzione dei costi degli impianti fotovoltaici ed eolici, prospettano un importante sviluppo di queste tecnologie, la cui produzione dovrebbe rispettivamente triplicare e più che raddoppiare entro il 2030".

Il progetto che Solaria Promozione e Sviluppo Fotovoltaico S.r.l. propone di realizzare è di considerarlo come impianto agrovoltaiico in grado di massimizzare le sinergie produttive tra il sottosistema culturale e fotovoltaico, migliorando le qualità ecosistemiche dei siti. Il sistema agrovoltaiico ha l'obiettivo di sfruttare lo spazio libero tra e sotto i moduli fotovoltaici, montati in assetti e strutture che assecondino la produzione agricola, di coniugare la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile con l'attività di coltivazione agricola, perseguendo due obiettivi

prioritari fissati dalla SEN, ovvero il contenimento del consumo di suolo e la tutela del paesaggio.

Il progetto in particolare segue le “Linee guida in materia di impianti agrivoltaici”, Ministero della Transizione Ecologica - Dipartimento per l’energia. In riferimento a quanto previsto dalle Linee Guida in materia di impianti agrivoltaici pubblicate dal MITE il 27 Giugno 2022, il presente progetto è definito come impianto agrivoltaico in quanto rispondente ai seguenti requisiti:

**REQUISITO A:** Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l’integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.

Nello specifico risultano soddisfatti i seguenti parametri:

A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione;

A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola;

**REQUISITO B:** Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell’attività agricola e pastorale.

Nello specifico risultano soddisfatti i seguenti parametri:

B.1) la continuità dell’attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell’intervento;

B.2) la producibilità elettrica dell’impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa.

La soluzione progettuale che si è sviluppata è in linea sia con gli obiettivi sopra richiamati sia con le Linee Guida previste per la realizzazione degli impianti agrovoltaici, attraverso:

- l’installazione di tracker monoassiali rialzati dal terreno in cui è possibile coltivare parzialmente le zone sotto i moduli;
- la limitazione dell’occupazione del suolo utilizzando moduli ad alta potenza (550 Wp) così da ottenere la potenza in immissione richiesta senza andare a ricoprire una quantità di area non necessaria;

- la realizzazione di una fascia di mitigazione perimetrale, costituita da piante disposte in file parallele con arbusti ed essenze arboree autoctoni tipiche dell'ambiente mediterraneo (tutto ciò verrà descritto nell'elaborato SNLU-SOL-FV-MA-MEM-0004\_00 "Relazione agronomica"), di circa 10 m;
- la riqualificazione delle aree in cui insisterà l'impianto (ad oggi parte delle aree sono improduttive), sia perché le lavorazioni agricole che saranno attuate permetteranno ai terreni di riacquisire le piene capacità produttive, sia perché saranno effettuati miglioramenti fondiari importanti (recinzioni, drenaggi, viabilità interna al fondo, sistemazioni idraulico-agrarie).

## 6.2 OPERE IDRAULICHE

La durabilità dell'area di impianto e dell'impianto stesso dal punto di vista strutturale è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

Gli interventi da realizzarsi nell'area in esame sono stati sviluppati secondo due differenti linee di obiettivi:

1. mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrogeologico" preesistenti (ante realizzazione del parco fotovoltaico);
2. regimazione e controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità del parco fotovoltaico, attraverso la realizzazione di una adeguata rete drenante, volta a proteggere le opere civili presenti nell'area.

Il tracciato delle opere di regimazione è stato definito a partire dal layout dell'impianto fotovoltaico e dal modello tridimensionale del suolo, individuando le vie preferenziali di deflusso, gli impluvi (ed i solchi di erosione) interferenti con le opere in progetto nonché le caratteristiche plano-altimetriche delle aree di impianto.

Le acque defluenti dall'area di impianto verranno raccolte ed allontanate dalle opere idrauliche in progetto, descritte nel paragrafo successivo, che consistono principalmente in fossi di guardia ed altre opere accessorie di natura idraulica.

Le opere idrauliche applicabili in progetto sono le seguenti:

**Fosso di guardia in terra “Tipo 1”** avente le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>Sezione trapezia</i>	
Larghezza base [m]	0,25
Larghezza in superficie [m]	0,30
Altezza [m]	0.20

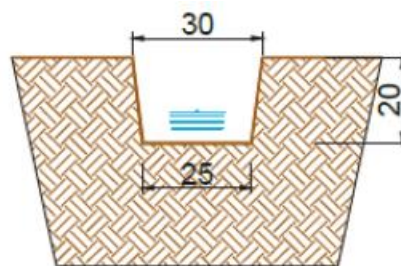


Figura 6.1: Fosso di guardia di tipo 1

In alcuni tratti – con pendenze superiori al 10% - tali fossi di guardia possono presentare il fondo rivestito con pietrame di media pezzatura ( $d=5-10$  cm), per uno spessore di 15 cm, al fine di ridurre l'azione erosiva della corrente idrica.

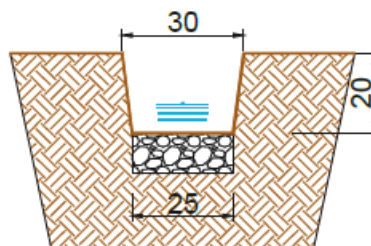
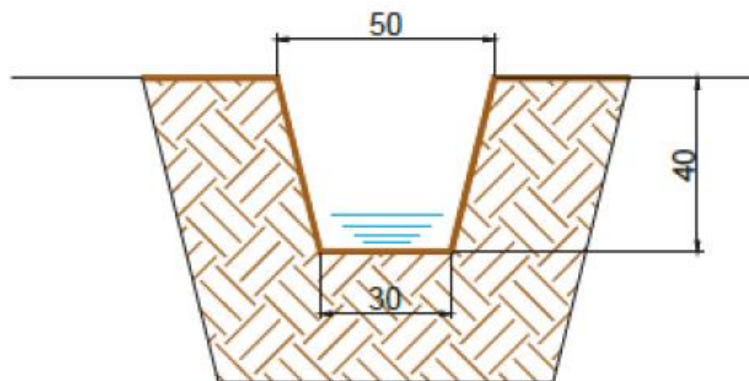


Figura 6.2: Fosso di guardia di tipo 1 con fondo in pietrame

**Fosso di guardia in terra “Tipo 2”** avente le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>Sezione trapezia</i>	
Larghezza base [m]	0,30
Larghezza in superficie [m]	0,50
Altezza [m]	0,40



*Figura 6.3: Fosso di guardia di tipo 2*

Anche il fosso di guardia “tipo 2”, nei tratti con pendenze superiori al 10%, può presentare il fondo rivestito con pietrame di media pezzatura ( $d=5-10$  cm), per uno spessore di 15 cm.

**Fosso di guardia in terra “Tipo 3”** avente le seguenti caratteristiche geometriche:

<b>Sezione trapezia</b>	
<b>Larghezza base (m)</b>	1,20
<b>Larghezza in superficie (m)</b>	1,60
<b>Altezza (m)</b>	1,40

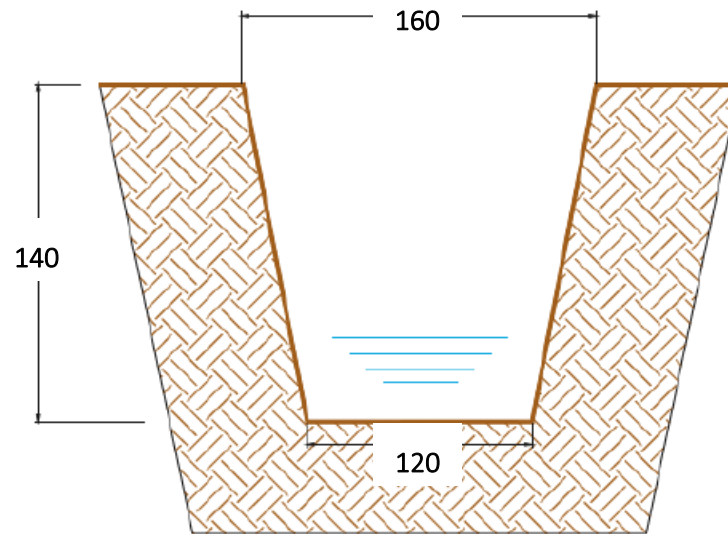


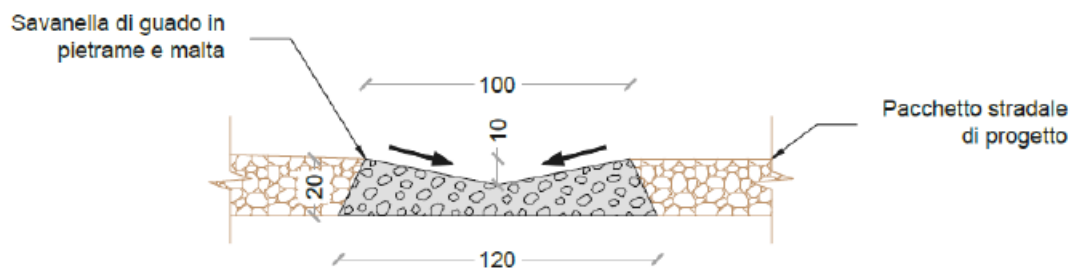
Figura 6.4: Fosso di guardia di tipo 3

Ciascuna delle 3 tipologie di fossi di guardia elencate in precedenza, potrà essere realizzata per brevi tratti in contropendenza: in questi casi, verranno realizzati fossi di guardia ad altezza variabile (l'altezza sarà crescente a partire da un valore inferiore ad  $H_{fdg}$  - fino al termine del tratto in contropendenza).

Inoltre, in alcuni tratti – denominati “di scarico” (con pendenze naturali superiori al 20%) - i fossi di guardia (tipo 1 e tipo 2) potranno essere rivestiti mediante geotessuto antierosione per incrementare considerevolmente la durabilità.

**In fase esecutiva, qualora ritenute necessarie, potranno realizzarsi opere di protezione stradale del tipo sotto elencato:**

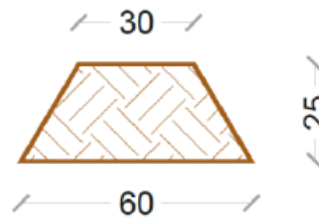
- Savanelle di guado in pietrame e malta per un attraversamento “a raso” della viabilità di progetto.





- Arginelli in terra aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

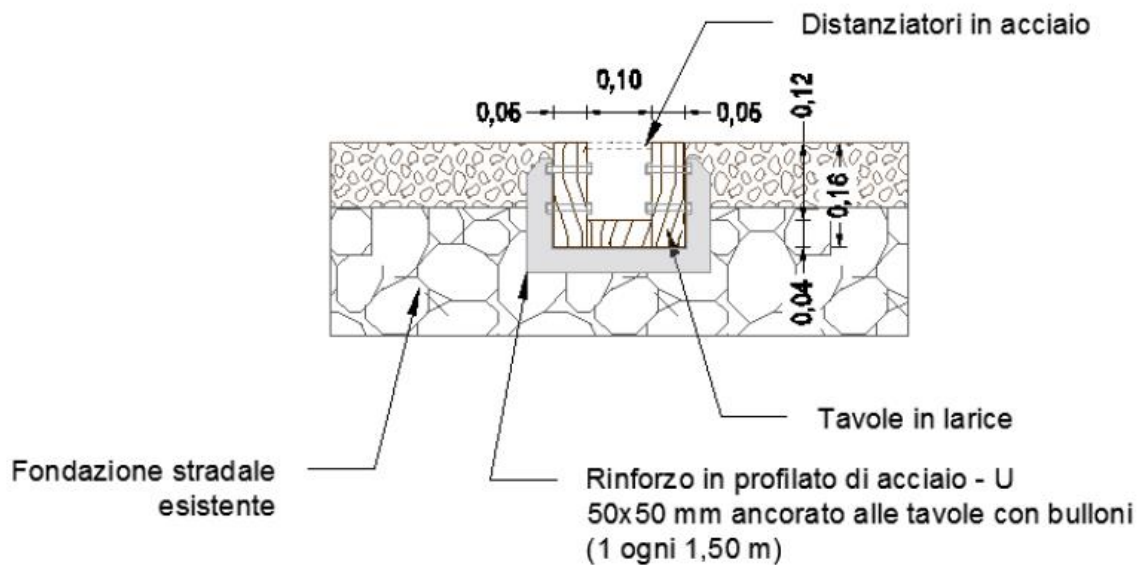
<i>Larghezza base [m]</i>	<i>0,60</i>
<i>Larghezza in superficie [m]</i>	<i>0,30</i>
<i>Altezza [m]</i>	<i>0,25</i>



- Canalette in legname per tagli trasversali alla viabilità, aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>Sezione rettangolare</i>	
<i>Larghezza base [m]</i>	<i>0,10</i>
<i>Spessore [m]</i>	<i>0,05</i>
<i>Altezza [m]</i>	<i>0,12</i>

Tali opere trasversali a cielo aperto – utilizzate, in linea di principio, per pendenze superiori al 10% - assolvono essenzialmente la funzione di limitare la lunghezza del percorso dell'acqua sul piano stradale convogliandola presso i fossi di guardia in progetto.



Esse, interrompendo lo scorrimento dell'acqua, ne riducono il potere erosivo, limitando la formazione di solchi e l'approfondimento delle tracce lasciate dalle ruote dei veicoli.

La distanza tra le canalette è sicuramente l'elemento di maggior interesse progettuale. In generale, essa deve garantire lo smaltimento del deflusso superficiale prodotto sulla sede stradale e di quello sottosuperficiale intercettato, limitare l'erosione del fondo stesso ed evitare le formazioni di solchi, ma al contempo garantire una qualità di transito ragionevole. La pendenza trasversale delle canalette deve infatti garantire lo smaltimento del deflusso prodotto dal tratto di strada sotteso ed evitare la deposizione almeno del materiale più fine. A tale scopo la pendenza non dovrà essere inferiore al 3-4%.

Si prevede, per tutte le opere idrauliche in progetto, una manutenzione programmata con cadenza semestrale, al fine di garantire l'efficienza nel tempo delle opere ed evitare fenomeni di interrimento e/o di malfunzionamento.

Le attività di manutenzione saranno costituite da:

- lo sfalcio e il decespugliamento della vegetazione dei fossi e pulizia da rifiuti;
- la manutenzione periodica della vegetazione arborea sulle sponde o di fogliame con effetti potenziali di ostruzione a valle dei fossi;
- la conservazione e la ricarica delle opere di difesa idraulica;

## 7. INFORMAZIONE IDROLOGICA

La pioggia è all'origine del processo di formazione delle portate di piena nei bacini idrografici relativi all'area in esame. I fenomeni meteorologici che generano le precipitazioni sono talmente complessi da non potere essere trattati come un processo deterministico a partire da condizioni iniziali e al contorno note.

Pertanto, sotto il profilo pratico, lo studio delle piogge si limita ad utilizzare metodologie statistiche basate sulle osservazioni pluviometriche.

Nel caso in esame, la risposta idrologica dei bacini è condizionata da brevi tempi di corrivazione e, pertanto, le precipitazioni rilevanti sono quelle d'intensità elevata e breve durata.

La maggior parte dei metodi che l'idrologia propone per ricostruire eventi di piena sono metodi indiretti, ossia metodi che stimano l'idrogramma di piena utilizzando un modello di trasformazione piogge-portate che prevede, come input, la definizione di un particolare evento di pioggia.

Nel caso in esame, infatti, non sono disponibili dati di registrazione delle portate; né, tantomeno, potrebbero essere utilizzati, dal momento che l'obiettivo dell'analisi non è studiare il comportamento idrologico/idraulico dei corsi d'acqua presenti nel territorio, ma approfondire le tematiche idrologiche per il dimensionamento di tutte le opere idrauliche del parco fotovoltaico.

In particolare, volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima 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).

## 7.1 STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI

Lo studio idrologico dell'area in esame è stato condotto determinando le curve di possibilità climatica applicando il metodo VAPI Basilicata.

In particolare, la valutazione di dette curve al variare del tempo di ritorno è stata condotta rifacendosi alle procedure individuate dal Gruppo Nazionale Difesa della Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per l'Analisi regionale delle piogge brevi in Basilicata (a cura di Claps e Straziuso Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente dell'Università degli Studi della Basilicata, 1996) e del Rapporto di Valutazione delle Piene in Basilicata (1999), nel seguito denominato VAPI Basilicata.

Oltre a tale approccio, è stata utilizzata anche la procedura tradizionale mediante la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica mediante il metodo di Gumbel.

La procedura adoperata e i risultati dei calcoli effettuati sono ampiamente descritti nei paragrafi successivi. Si è omessa la descrizione dell'applicazione ai dati di precipitazione massima oraria delle analisi statistiche convenzionali (adattabilità delle serie campionarie a distribuzioni di probabilità), in quanto procedura ormai consolidata e nota nella pratica tecnica.

Per quanto concerne, invece, la valutazione dei deflussi naturali nelle sezioni di interesse si è fatto ricorso alla formula razionale e alle procedure di valutazione del valore della piena indice  $E(Q)$  e dell'espressione asintotica del fattore di crescita delle portate  $KT(Q)$ , in ottemperanza a quanto richiesto dall'Autorità di Bacino della Basilicata (PAI 2010).

Va, infine, evidenziato che i valori dei tempi di ritorno (TR) utilizzati per la definizione delle curve di possibilità climatica e, di conseguenza, per la stima degli eventi di piena sono quelli che il PAI Basilicata definisce per la valutazione delle aree ad alta, media e bassa probabilità di inondazione.

In particolare, essi sono per le aree a:

- 1. Alta Probabilità di Inondazione (AP) TR = 30 anni.**
- 2. Media Probabilità di Inondazione (MP) TR = 200 anni.**
- 3. Bassa Probabilità di Inondazione (BP) TR = 500 anni.**

## 7.2 ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN BASILICATA

L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di procedure atte a trasferire l'informazione idrologica e nota come "analisi regionale".

Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica. La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati alle risorse dedicabili allo studio, alla qualità dell'informazione disponibile e alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura.

Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri che sono noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson,1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace,1982; Rossi et al. 1984).

Quest'ultima sigla deriva dall'espressione inglese Two Component Extreme Value, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro. Ciò implica che, se in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, questo non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, che utilizza tre differenti livelli di scala spaziale per la stima dei parametri del modello probabilistico utilizzato, in modo da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero di stazioni della rete di misura.

In seguito, dopo una breve indicazione circa i dati disponibili per lo studio, si procede a fornire i risultati delle varie fasi della procedura di regionalizzazione dei bacini dell'arco ionico della Basilicata, territorio nel quale ricade il bacino oggetto di studio.



Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato adottato un modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson. Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria ed ordinaria, appartengano a popolazioni diverse, anche se è ammessa la loro interferenza attraverso un processo poissoniano.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria, quindi risultano costanti i due parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro  $\Lambda_1$  che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

La preventiva suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di informazioni. La procedura prevede che si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali possano ritenersi costanti i valori dei parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$ . Questi parametri non possono essere stimati da un numero ristretto di serie di dati, per cui l'analisi parte dalla possibilità di considerare le 55 stazioni come appartenenti ad un'unica zona al primo livello. I risultati ottenuti sono stati ricavati con riferimento ad un'ipotesi di invarianza dei parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$ , osservando come si abbia, al primo livello di regionalizzazione, la presenza di un'unica zona omogenea comprensiva di tutte le stazioni della regione, mentre al secondo livello si definiscono due sottozone omogenee nord (A) e sud-ovest (B) nelle quali risulta costante anche il valore del parametro  $\Lambda_1$ .

Nella tabella a seguire si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio (cfr Tabella 3), mentre di seguito si riporta la rappresentazione territoriale delle due aree di interesse.

	$\theta^*$	$\Lambda^*$	$\Lambda_1$	$\eta$
<b>Basilicata_ zona A</b>	2.632	0.104	20.64	3.841
<b>Basilicata_ zona B</b>	2.632	0.104	55.23	4.825

Figura 7.2: Parametri del primo livello di regionalizzazione



Figura 7.3: Suddivisione in zone omogenee al II livello di regionalizzazione (VAPI, 1999).

La distribuzione regionale della probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata  $X_{d,T}$  viene espressa in funzione di una quantità  $KT$ , detta fattore probabilistico



di crescita, funzione del periodo di ritorno  $T$  e indipendente dalla durata. Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno  $T$  ed è definito dal rapporto seguente:

$$K_T = \frac{X_{d,T}}{\mu(X_{d,T})}$$

avendo indicato con  $X_{d,T}$  il massimo annuale di precipitazione per assegnata durata e tempo di ritorno. La curva di distribuzione di probabilità del rapporto riportato in precedenza ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della distribuzione di probabilità della  $X_{d,T}$ . Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea previamente identificata, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno  $T$  ed il fattore di crescita  $K_T$ , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata.

L'espressione di seguito riportata, è quella indicata nel VAPI Basilicata. In realtà non viene fornita l'espressione diretta di  $K_T$  in funzione di  $T$ , ma l'espressione inversa, nella forma:

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k_T} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k_T / \theta_*})}$$

dove  $\theta_*$ ,  $\Lambda_*$  e  $\Lambda_1$  sono i parametri di forma e di scala della TCEV che assieme al valore del parametro  $\eta$ , assumono i valori riassunti nella tabella riportata in precedenza.

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della relazione precedente in cui, fissato un tempo di ritorno  $T$ , si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita  $K_T$ . Tale risultato tuttavia non è ricavabile immediatamente con la TCEV, per cui si può ricorrere ad espressioni approssimate che hanno la seguente forma:

$$K_T = \left( \frac{\theta_* \ln \Lambda_*}{\eta} + \frac{\ln \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \ln T$$

Nel seguito si riportano i valori di  $K_T$  ottenuti numericamente dalle equazioni precedenti per le due zone omogenee denominate rispettivamente A e B.

TR (anni)	5	10	25	30	50	100	200	500
K(T) Zona A	1.25	1.49	1.83	1.89	2.14	2.49	2.91	3.50
K(T) Zona B	1.10	1.20	1.34	1.36	1.46	1.61	1.78	2.02

Figura 7.4: Valori del fattore probabilistico di crescita (KT).

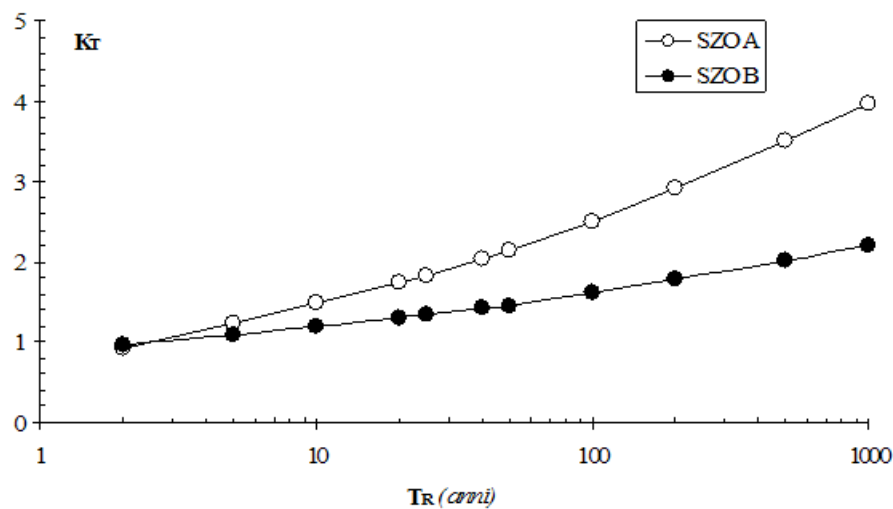


Figura 7.5: Andamento del fattore probabilistico di crescita (VAPI, 1999).

Obiettivo del terzo livello di regionalizzazione dei massimi annuali delle piogge brevi è la definizione di relazioni utili alla valutazione di un parametro di posizione della distribuzione di probabilità (generalmente la media) in un generico sito o come valore caratteristico di un'area.

Nel caso specifico, l'analisi delle medie delle piogge brevi è stata valutata nell'identificazione delle isoiete alle diverse durate, utilizzando un metodo geostatistico, il kriging, in analogia a quanto proposto da altri autori (Franchini e Galeati, 1994 e Gabriele e Iritano, 1994). Tale metodo, a differenza di altri, consente di interpolare i dati tenendo conto della relazione fra la varianza campionaria e la varianza spaziale, secondo un approccio di tipo stocastico.

Attraverso l'analisi geostatistica dei dati osservati, è quindi possibile la stima delle grandezze utili alla valutazione delle curve di possibilità climatica, nella formulazione a due parametri,

$$\mu(X_d) = a \cdot D^n$$

che descrivono l'andamento con la durata delle altezze di precipitazione delle medie degli eventi massimi annuali.

I parametri ottenuti dalla procedura di interpolazione geostatistica su descritta, e in particolare la media delle precipitazioni massime di durata oraria  $a$  e l'esponente  $n$ , sono stati definiti sull'intero territorio lucano attraverso una rappresentazione ad isolinee, che è riportata graficamente nelle successive figure.



Figura 7.6: Isolinee del coefficiente  $a$  (da Claps e Straziuso, 1996).



Figura 7.7: Isolinie dell'esponente  $n$  (da Claps e Straziuso, 1996).

Una valutazione più precisa dei due parametri delle curve di possibilità climatica riferite ai valori medi areali delle precipitazioni massime osservate è disponibile nel rapporto VAPI Basilicata. In tale rapporto (Claps e Straziuso, 1996, VAPI Basilicata, 1999), attraverso una rappresentazione grafica a celle quadrate di lato pari a 10 Km, sono tabellati i valori medi del  $\log(a)$  e di  $n$ . La suddivisione per celle utilizzata nel territorio lucano è riportata nella successiva Figura.

Usando i valori medi di  $\log(a)$  e di  $n$  relativi alle celle, si può ottenere l'espressione della legge di pioggia riferita ad un'area attraverso una media pesata dei suddetti valori tra le celle che ricoprono l'area stessa.

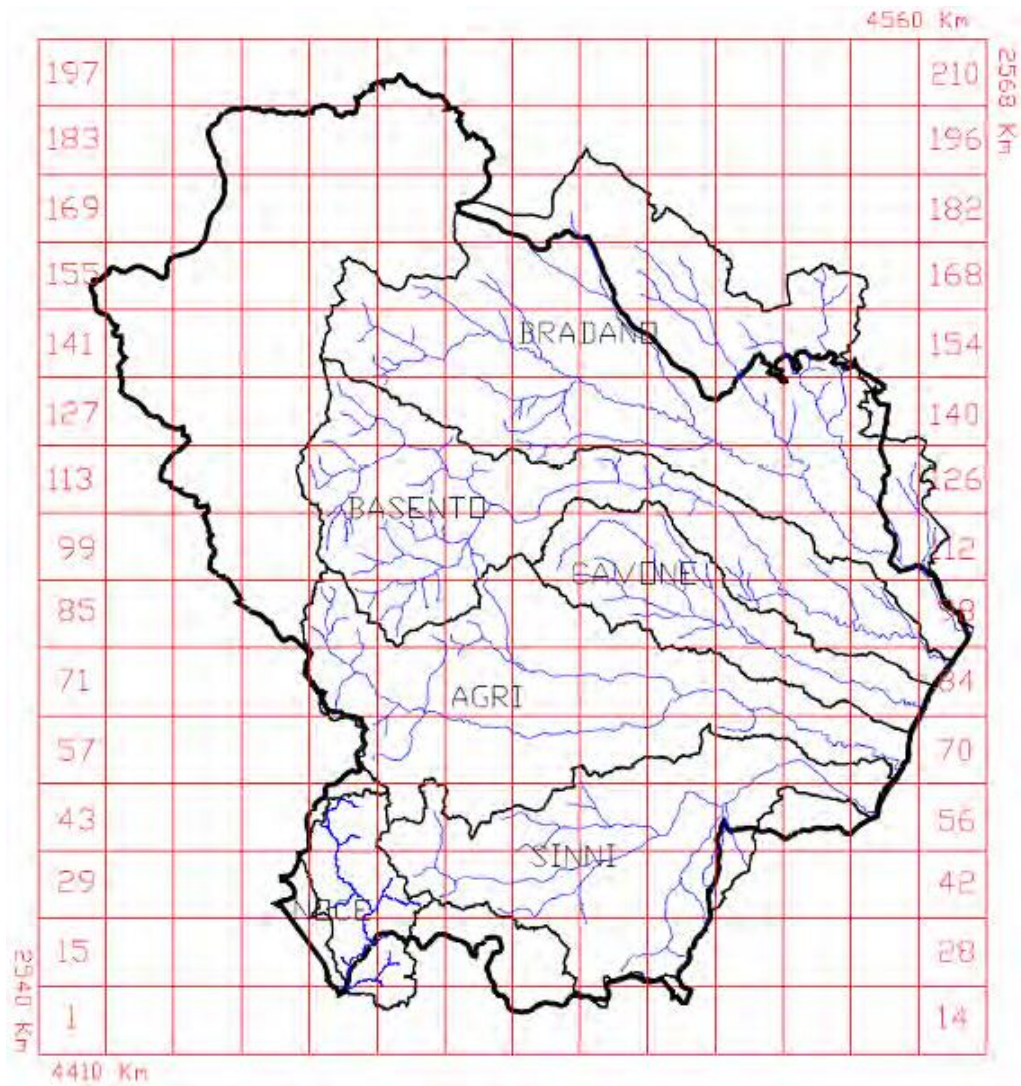


Figura 7.8: Suddivisione della regione in celle di lato di 10 km (da Claps e Straziuso, 1996).

### 7.3 CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA

Lo studio idrologico condotto ha, quindi, consentito la determinazione delle curve di possibilità climatiche a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni) in corrispondenza dell'area di progetto del presente studio.

Le curve di possibilità climatica sono state definite utilizzando sia il VAPI Basilicata, attraverso le stime puntuali dei parametri  $a$  ed  $n$  riferiti alle stazioni pluviometriche, sia utilizzando il metodo statistico di Gumbel.

Stazione	$a$	$n$	Stazione	$a$	$n$
Acerenza	19.96	0.31	Monticchio Bagni	23.77	0.32
Altamura	27.25	0.22	Muro Lucano	22.91	0.32
Anzi	19.20	0.29	Nova Siri Scalo	32.40	0.31
Atella	24.06	0.24	Oriolo	29.14	0.38
Calitri	24.48	0.25	Palazzo San Gervasio	20.88	0.29
Castel Lagopesole	23.70	0.29	Pescopagano	24.59	0.35
Castelsaraceno	22.06	0.44	Picerno	20.97	0.26
Cogliandrino	24.68	0.42	Policoro	24.69	0.33
Diga Rendina	22.49	0.23	Potenza	22.51	0.28
Ferrandina	22.62	0.30	Recoleta	20.87	0.35
Forenza	26.29	0.23	Ripacandida	26.30	0.22
Ginosa	30.27	0.26	Rocchetta S. Antonio	26.13	0.22
Gravina in Puglia	34.16	0.19	Rocchetta S. A. scalo	25.58	0.22
Irsina	23.06	0.27	S. Arcangelo	20.50	0.33
Isca di Tramutola	18.99	0.36	S. Chirico Raparo	16.52	0.43
Lacedonia	26.23	0.26	S. Fele	22.42	0.30
Lagonegro	29.35	0.45	S. Mauro Forte	21.35	0.41
Lauria inferiore	32.43	0.41	S. Nicola di Avigliano	18.76	0.29
Lavello	24.68	0.24	S. Severino Lucano	20.15	0.45
Maratea	31.51	0.31	Santeramo in Colle	29.02	0.24
Marsico Nuovo	20.09	0.37	Senise	22.22	0.36
Matera	28.35	0.21	Spinazzola	24.62	0.25
Melfi	23.17	0.34	Terranova del Pollino	22.80	0.47
Metaponto	28.20	0.27	Tolve	19.62	0.32
Minervino	30.66	0.23	Tricarico	19.66	0.35
Moliterno	23.48	0.33	Valsinni	25.26	0.44
Montemilone	25.03	0.24	Venosa	21.49	0.30
Montescaglioso	26.77	0.29			

Figura 7.9: Valore dei parametri puntuali della curva di possibilità climatica.

Quindi, dalla valutazione della tabella precedente, per ottenere i parametri  $a$  ed  $n$  per la costruzione delle curve di possibilità climatica, è stata utilizzata la stazione di Spinazzola, in quanto più

prossima all'intervento in oggetto. La curva di possibilità climatica ottenuta attraverso il VAPI Basilicata è la seguente:

$$x(h,t) = 24,62 * t^{0,25}$$

La curva su definita qualora moltiplicata per il valore del coefficiente probabilistico di crescita riferito alla zona A consente, quindi, la definizione delle curve di possibilità climatica riferite all'area di intervento al variare del tempo di ritorno dell'evento considerato.

Le curve di possibilità climatiche sono state anche determinate applicando il metodo statistico di Gumbel ai massimi annuali di precipitazione oraria disponibili dalla stazione pluviografica di Spinazzola (1951-2014) per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Stazione di:	Spinazzola				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1936	26.0	28.0	28.2	29.4	35.8
1937	12.4	19.4	26.8	33.2	36.0
1938	12.0	13.2	18.2	25.2	35.0
1942	27.6	35.4	35.4	35.4	48.4
1951	25.4	29.8	29.8	39.2	60.8
1952	18.6	21.0	27.8	46.6	64.6
1953	17.2	29.2	35.8	52.0	57.4
1954	15.4	29.2	43.0	58.4	84.8
1955	40.0	42.4	42.4	58.2	85.4
1956	17.6	28.2	30.6	44.0	60.0
1957	18.2	29.2	47.4	58.0	94.8
1958	24.4	35.2	42.8	48.2	53.2
1962	25.0	37.6	38.8	42.8	44.0
1963	37.4	37.4	51.2	51.2	51.2
1964	33.8	36.2	37.4	37.6	50.0
1966	23.0	39.8	39.8	41.2	61.4
1967	30.0	35.6	35.8	35.8	46.2
1968	27.8	28.4	36.4	41.2	43.4
1969	29.0	31.8	31.8	34.4	36.0
1970	19.8	42.8	54.0	71.4	102.6
1972	42.8	59.0	63.0	69.0	108.6
1973	29.2	64.8	72.0	75.8	78.0
1974	33.6	34.0	34.0	47.0	48.8
1975	25.8	25.8	33.8	35.6	45.8
1976	24.0	42.8	54.0	75.2	110.2
1977	20.2	20.8	22.8	26.6	33.0
1978	19.8	22.6	24.2	30.2	32.6
1979	16.6	21.8	34.0	36.8	47.2
1980	15.8	16.8	26.8	37.8	46.0
1981	22.6	25.6	39.0	39.0	40.0
1982	38.6	46.6	49.6	49.6	49.6
1984	26.0	31.4	40.2	40.6	43.2

1985	15.6	19.8	24.6	32.4	42.4
1986	25.8	28.8	31.6	32.0	53.8
1988	23.4	30.6	40.8	45.0	56.2
1989	26.4	31.8	35.8	36.0	36.0
1990	19.6	24.2	36.4	65.0	79.2
1991	>>	>>	>>	>>	>>
1992	>>	>>	>>	>>	>>
1993	32.6	36.4	38.6	38.8	38.8
1994	67.4	73.8	74.4	74.4	74.4
1995	>>	>>	>>	>>	>>
1996	23.2	24.4	35.4	47.6	54.6
1998	19.0	22.4	25.4	30.8	53.4
1999	33.8	36.0	36.2	36.2	36.2
2000	13.8	20.6	36.0	22.6	30.8
2001	25.4	30.6	31.0	31.0	35.4
2002	27.4	29.0	29.0	31.8	41.2
2003	23.6	31.8	36.0	41.6	70.8
2004	51.8	53.2	53.2	60.4	64.8
2005	18.6	26.4	26.4	33.4	33.4
2006	11.0	14.0	18.2	30.0	53.8
2007	21.6	26.6	29.8	37.8	43.6
2008	>>	>>	>>	>>	>>
2009	26.8	27.8	30.8	35.4	41.2
2010	36.2	36.2	59.8	89.8	114.2
2011	23.0	28.6	48.6	66.2	78.2
2012	19.0	22.4	28.0	38.0	48.2

Figura 7.10: Massimi annuali di precipitazione della stazione pluviografica di Spinazzola.

L'elaborazione dei dati pluviometrici, ha condotto alla determinazione delle curve di possibilità climatiche per i differenti tempi di ritorno; si riportano di seguito i dati caratterizzanti tali curve:

- Con un tempo di ritorno  $Tr = 30$  anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando la distribuzione di Gumbel) è la seguente:

$$h = 45.078 * t^{0.234}$$

- Con un tempo di ritorno  $Tr = 30$  anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando il metodo VAPI) è la seguente:

$$h = 46.532 * t^{0.25}$$

- Con un tempo di ritorno  $Tr = 200$  anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando la distribuzione di Gumbel) è la seguente:

$$h = 58.828 * t^{0.232}$$



- Con un tempo di ritorno  $Tr = 200$  anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando il metodo VAPI) è la seguente:

$$h = 71.644 * t^{0.25}$$

- Con un tempo di ritorno  $Tr = 500$  anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando la distribuzione di Gumbel) è la seguente:

$$h = 65.428 * t^{0.231}$$

- Con un tempo di ritorno  $Tr = 500$  anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando il metodo VAPI) è la seguente:

$$h = 86.170 * t^{0.25}$$

Si riportano di seguito delle tabelle riassuntive relative alle altezze di pioggia ricavate utilizzando la metodologia VAPI Basilicata e quella della distribuzione probabilistica di Gumbel:

<b>GUMBEL</b>	<b>h (mm) t = 1 ora</b>	<b>h (mm) t = 3 ore</b>	<b>h (mm) t = 6 ore</b>	<b>h (mm) t = 12 ore</b>	<b>h (mm) t = 24 ore</b>
Tr = 30 anni	47.490	57.191	63.995	77.287	102.690
Tr = 200 anni	62.417	74.480	81.937	99.614	134.600
Tr = 500 anni	69.584	82.781	90.552	110.334	149.921

<b>VAPI</b>	<b>h (mm) t = 1 ora</b>	<b>h (mm) t = 3 ore</b>	<b>h (mm) t = 6 ore</b>	<b>h (mm) t = 12 ore</b>	<b>h (mm) t = 24 ore</b>
Tr = 30 anni	46.532	61.239	72.826	86.605	102.992
Tr = 200 anni	71.644	94.289	112.129	133.345	158.575
Tr = 500 anni	86.170	113.406	134.863	160.380	190.726

Il confronto tra le due metodologie adottate, ha evidenziato come le altezze di pioggia derivate utilizzando la **metodologia VAPI Basilicata** siano risultate, per tutti i tempi di ritorno, **maggiori di quelle derivate dall'utilizzo della distribuzione probabilistica di Gumbel soprattutto al crescere della durata di pioggia.**

#### 7.4 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

L'evento di pioggia di progetto alla base dei calcoli idrologici e della simulazione/dimensionamento idraulico è scelto in base al concetto di tempo di ritorno.

Il periodo di ritorno di un evento, definito anche come “tempo di ritorno”, è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

Oltre al concetto di tempo di ritorno vi è poi la probabilità che un evento con tempo di ritorno  $T$  si realizzi in  $N$  anni:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Il grafico riportato di seguito esprime il rischio di superare l'evento con tempo di ritorno  $T$  durante  $N$  anni.

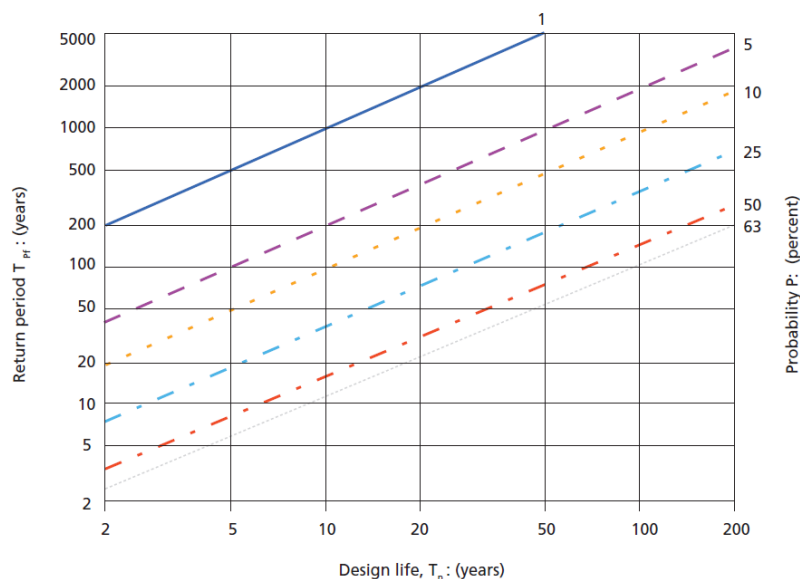


Figura 7.11: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in  $N$  anni.

**La durata della vita utile dell'impianto fotovoltaico in oggetto è assunta pari a 30 anni, per cui il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto per il dimensionamento del sistema di drenaggio delle acque meteoriche è stato assunto pari a 30 anni.**

## 8. MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI

Le portate di progetto sono state calcolate attraverso *metodi indiretti*, che consentono la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che si abbattano sui diversi bacini. Nello specifico, si è valutata la portata di piena con la *formula razionale*.

La *formula razionale* consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno T mediante la seguente relazione:

$$Q_T = \frac{\varphi \cdot i_T \cdot S}{3,6}$$

ove:

- $Q_T$  è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T ed è espressa in  $\text{m}^3/\text{s}$ ;
- $\varphi$  è il coefficiente di afflusso, adimensionale;
- $i_T$  è l'intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno (corrispondente al tempo di corrivazione) in  $\text{mm}/\text{h}$ ;
- $S$  è la superficie del bacino espressa in  $\text{km}^2$ ;
- 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

La modellazione matematica dei fenomeni idrologico-idraulici, innescati dalle precipitazioni sull'area di progetto, segue il processo descritto nei paragrafi seguenti.

### Individuazione della pioggia critica

Dopo avere ricostruito le relazioni intensità-durata-frequenza (IDF, espresse dalla c.p.p.) è necessario individuare la *l'intensità critica* della precipitazione, cioè l'intensità costante di quella pioggia, supposta anche uniformemente distribuita sul bacino, che determina la portata massima nell'idrogramma di piena di tempo di ritorno T.

**La pioggia critica è quella di intensità pari al tempo di corrivazione o di concentrazione  $\tau_c$ , definito come segue:**

- il tempo di corrivazione di un bacino è quello necessario alla goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino;
- il tempo di corrivazione è quel tempo che, una volta eguagliato dalla durata della precipitazione (precipitazione critica, ovvero che mette in crisi la rete idrografica), determina il raggiungimento del valore più elevato di portata nella sezione di chiusura del bacino.

Esso può essere calcolato tramite diverse formule; nel caso in esame, e cioè per piccoli bacini (aventi estensione inferiore a 10 km<sup>2</sup>), il tempo di corrivazione è calcolato attraverso la formula di Kirpich:

$$t_c = 0.01947 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

dove  $t_c$  è espresso in minuti,  $L$  (lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque) è espressa in metri ed  $i$  è la pendenza media del percorso (m/m).

**Il tempo di corrivazione è stato calcolato considerando l'asta drenante più lunga (circa 1.078 m) e risulta pari a 13,4 minuti.**

**La pioggia critica corrispondente al tempo di corrivazione per un tempo di ritorno di 30 anni risulta pari a 47,49 mm.**

### Il coefficiente di afflusso

L'infiltrazione costituisce il fenomeno di maggiore rilevanza per la determinazione del bilancio tra pioggia sul bacino e pioggia efficace ai fini del deflusso nei bacini scolanti. Nell'applicare un modello afflussi-deflussi risulta pertanto necessario quantificare le perdite per infiltrazione allo scopo di potere valutare la pioggia netta, ovvero quella che dà effettivamente luogo al deflusso.

Nel presente studio, all'interno della formula razionale, è stato utilizzato il *metodo del coefficiente di afflusso*  $\Phi$ . Tale coefficiente rappresenta il rapporto tra il volume totale di deflusso e il volume totale di pioggia caduto sull'area sottesa ad una data sezione, e il suo uso comporta considerare le perdite proporzionali all'intensità media di pioggia.

La stima del valore di  $\phi$ , relativamente a ciascuna superficie omogenea (tipo di suolo, tessitura, caratteristiche locali di permeabilità) è stata condotta facendo riferimento ai valori tabellati da Benini (*Sistemazioni idraulico-forestali*, 1990) in fig.8.1. Nello specifico, si sono utilizzati i seguenti valori del coefficiente di afflusso  $\phi$ :

- $\phi=0.40$  per l'intera area drenante appartenente allo strato superficiale sabbioso. Ai fini del calcolo della portata di progetto, il coefficiente di afflusso è stato calcolato secondo la formula seguente:

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i \cdot A_i}{A_{tot}}$$

ove  $\phi_i$  è il coefficiente di afflusso dell'area elementare  $A_i$  ed  $A_{tot}$  è la superficie complessiva del bacino. In questa maniera, il valore del coefficiente di afflusso per i bacini analizzati è dato dalla media pesata dei coefficienti di ciascuna area elementare in cui il bacino è divisibile.

Copertura del bacino	Tipo di suolo			
	Pendenza dei versanti	Terreni Leggeri	Terreni di medio impasto	Terreni compatti
Boschi	> 10%	0.13	0.18	0.25
	< 10%	0.16	0.21	0.36
Pascoli	> 10%	0.16	0.36	0.56
	< 10%	0.22	0.42	0.62
Colture agrarie	> 10%	0.40	0.60	0.70
	< 10%	0.52	0.72	0.82

Figura 8.1: Valori del coefficiente  $\phi$  del metodo razionale per diversi tipi di superficie, in funzione della tipologia di suolo e della copertura del bacino (Benini, 1990 e Ferro, 2006).

### Il calcolo delle portate

Per ciascun bacino (sono stati analizzati i due bacini più estesi per un predimensionamento dei fdg tipo 1 e tipo 2), i valori delle portate  $Q$  per il tempo di ritorno di interesse ( $T=30$  anni), insieme agli altri parametri posti alla base del calcolo, sono riassunti nelle tabelle sottostanti. Nello specifico, le grandezze caratteristiche poste a base dei calcoli, insieme alle rispettive U.M. sono:

- ID Bacino delle varie aree dell'impianto fotovoltaico;

- Superficie del bacino drenante  $S$  (sia in  $m^2$  che in  $km^2$ );
- Lunghezza dell'asta principale  $L$  (in m);
- Quota massima dell'asta principale,  $H_{max}$  (m);
- Quota minima dell'asta principale,  $H_{min}$  (m);
- Dislivello geodetico tra gli estremi dell'asta,  $\Delta h$  (m);
- Pendenza media del percorso  $i$  (%);
- Durata dell'evento pluviometrico critico, pari al tempo di corrivazione  $t_c$  (in minuti);
- Coefficiente di afflusso  $\varphi$ ;
- Valore dell'intensità critica  $i_T$  (mm/h);
- Portata al colmo della piena,  $Q$ , (in  $m^3/s$ );

Le tabelle che seguono sono pertanto relative al calcolo della portata di progetto (relativa a ciascun bacino) causata da un evento pluviometrico critico di fissato tempo di ritorno  $T$ .

Si riporta la planimetria con individuazione del bacino scolante oggetto di calcolo e la tabella con le caratteristiche idrauliche del bacino.

Superficie $S$		Lunghezza asta principale $L$	$H_{max}$	$H_{min}$	$\Delta h$	Pendenza media del percorso $i$	Coefficiente di afflusso $\varphi$	Tempo di corrivazione $t_c$	Intensità critica (h<1 ora)	Portata critica $Q_T$
$[m^2]$	$[km^2]$	$[m]$	$[m]$	$[m]$	$[m]$	$[\%]$	$[-]$	$[min]$	$[mm/h]$	$[m^3/s]$
40129	0,040129	361,00	425	392	33	9,14	0,4	4,6	625,31	2,79
56011	0,056011	404,00	426	397	29	7,18	0,4	5,5	522,44	3,25
40833	0,040833	380,00	427	403	24	6,32	0,4	5,5	521,34	2,37
117533	0,117533	819,00	427	374	53	6,47	0,4	9,8	291,33	3,80
125686	0,125686	638,00	427	394	33	5,17	0,4	8,8	323,93	4,52
278357	0,278357	1078,00	426	373	53	4,92	0,4	13,4	212,11	6,56

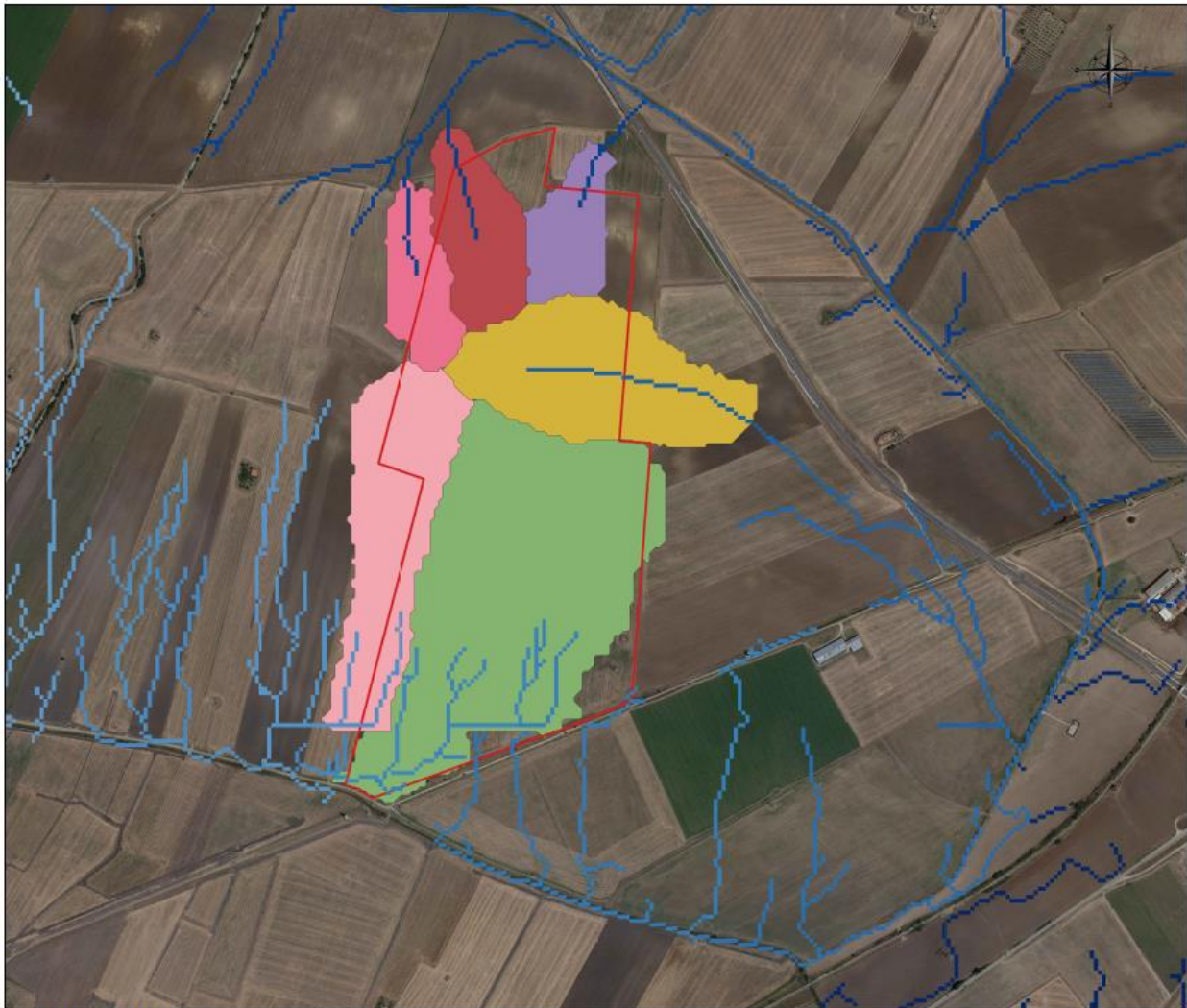


Figura 8.2: Planimetria dei principali bacini scolanti individuati all'interno dell'area di progetto.

## 9. VERIFICA DELLE PORTATE DI PROGETTO

Il dimensionamento delle opere idrauliche è stato condotto in due differenti fasi:

- una prima fase di pre-dimensionamento nella quale è stata assegnata, a ciascuna tipologia di opera idraulica una sezione “tipo”, in funzione dell’orografia, della pendenza, delle necessità tecniche e della estensione delle superfici scolanti sottese alla sezione di scarico;
- una seconda fase di verifica della capacità idraulica dei canali, prevedendo un franco minimo di 5 cm per ragioni di sicurezza.

La verifica della capacità idraulica delle opere è stata effettuata in condizioni di moto uniforme, utilizzando la formula di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

- $Q$  è la portata che defluisce nel fosso di guardia ( $\text{m}^3/\text{s}$ );
- $\chi$  è il coefficiente di scabrezza;
- $A$  è l’area della sezione bagnata (in  $\text{m}^2$ );
- $R$  è il raggio idraulico (in m), dato dal rapporto tra la sezione idrica e il perimetro bagnato  $P$ ;
- $i$  è la pendenza del canale.

Per il valore del coefficiente  $\chi$ , si è scelto di usare la formula di Gauckler-Strickler:

$$\chi = k_s \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

in cui  $k_s$  è l’indice di scabrezza di Gauckler-Strickler, (in  $\text{m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$ ); in questo caso l’espressione della scala delle portate di moto uniforme si semplifica, risultando particolarmente adeguata ai problemi di progetto:

$$Q = k_s \cdot A \cdot i^{\frac{1}{2}} \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

La scelta della formula per il calcolo del coefficiente  $\chi$  ha un’importanza marginale rispetto alla possibilità di scegliere un valore adeguato dell’indice di scabrezza che vi figura; i valori sono stati desunti da Chow W.T. (Applied hydrology, 1988).



Per i fossi di guardia in terra è stato scelto un indice di scabrezza  $k_s$  pari a  $37 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$  (corrispondente a canali in terra poco inerbiti). Di seguito, per ciascun bacino, si riporta una tabella di riepilogo con i seguenti elementi:

- Tipologia del fosso di guardia adottato;
- Bacino scolante;
- Tirante idrico  $h$  (m), sezione idrica  $A$  ( $\text{m}^2$ ), contorno bagnato  $P$  (m), raggio idraulico  $R$  (m) con riferimento alla portata di progetto;
- Pendenza  $i$  dell'opera idraulica (%);
- Portata di progetto per ciascuna opera  $Q_{\max,T}$  in  $\text{m}^3/\text{s}$ ;
- Velocità con cui defluisce la portata di progetto (m/s);
- Grado di riempimento del fosso di guardia, dato dal rapporto tra il tirante idrico di progetto e l'altezza della sezione;
- Franco (espresso in m) dato dalla differenza tra l'altezza della sezione ed il tirante corrispondente alla portata di progetto.

La scelta delle tipologie di opere, sia in termini di geometria che di materiali, non è legata ad un mero dimensionamento di tipo idraulico. Sono state tenute in considerazione infatti, anche se non direttamente esplicitate nei calcoli, caratteristiche come (i) l'interrimento fisiologico delle opere idrauliche (benché mantenute con regolarità), (ii) il carattere delle precipitazioni in accordo al *climate changing* (precipitazioni di notevole intensità e breve durata con tempi di ritorno elevati) e (iii) le dimensioni "minime" legate alle effettive funzioni alle quali le opere devono assolvere (indipendentemente, quindi, dal tirante idrico di moto uniforme derivante dal calcolo).

Pertanto, le tipologie di opere idrauliche individuate in fase di pre-dimensionamento sono risultate aderenti alle necessità di controllo e di smaltimento delle acque meteoriche verso gli impluvi naturali del sito in esame.

Le verifiche sono risultate positive, rispettando gli opportuni franchi di sicurezza.

Nel caso in esame è stato verificato il fosso di guardi di tipo 3 che dovrà essere in grado di smaltire la portata massima raccolta nell'intera area di progetto.

<b>Caratteristiche del canale</b>		
Tipologia sezione		F3
Bacino scolante		1
Pendenza del canale, i	[%]	5,00
Portata di progetto, Q <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	6,56
<b>Verifica/Progetto</b>		
Tirante idrico, h	[m]	1,2
Area, A	[m <sup>2</sup> ]	1,64
Perimetro bagnato, P	[m]	3,62
Raggio idraulico, R	[m]	0,45
Portata in condizione di moto uniforme, Q <sub>max</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	8,04
<b>Parametri di verifica</b>		
Velocità	[m/s]	4,89
Grado di riempimento, h/H	[-]	0,86
Franco	[m]	0,20

## 10. CONCLUSIONI

L'intervento in ogni caso non comporterà modifiche alla morfologia: saranno mantenute le attuali pendenze del sito. Saranno svolte inoltre delle operazioni di manutenzione periodica in modo da garantire all'intero sistema la corretta funzionalità ed evitare fenomeni di interrimento nel tempo.

Si prevede, per tutte le opere idrauliche in progetto, una manutenzione programmata con cadenza trimestrale, al fine di garantire l'efficienza nel tempo delle opere ed evitare fenomeni di interrimento e/o di malfunzionamento.

Le attività di manutenzione saranno costituite da:

- lo sfalcio e il decespugliamento della vegetazione dei fossi e pulizia da rifiuti;
- la manutenzione periodica della vegetazione arborea sulle sponde o di fogliame con effetti potenziali di ostruzione a valle dei fossi;

Tali operazioni di manutenzione periodica sono finalizzate a garantire la corretta funzionalità delle opere in progetto evitando fenomeni di interrimento nel tempo.

Alla luce dei risultati dello studio idrologico e idraulico e della modellazione idraulica è possibile concludere che:

- Le opere in progetto, secondo le Norme del PAI, rientrano fra quelle consentite, data la valutazione di rischio nullo ad esse associato e dall'analisi degli effetti indotti sulle aree limitrofe;
- L'impatto delle opere da realizzare sull'attuale assetto idraulico nelle zone limitrofe a monte e a valle non determina una variazione delle attuali nulle condizioni del rischio d'inondazione;
- La presenza di pannelli, non costituisce una reale "impermeabilizzazione" della stessa, date anche le posizioni mutue dei pannelli e la loro altezza rispetto al suolo;
- Non sono stati previsti argini perimetrali, che risulterebbero una variazione del livello di suolo.
- Si prevede, infine, per tutte le opere idrauliche in progetto, una manutenzione programmata con cadenza trimestrale, al fine di garantire l'efficienza nel tempo delle opere ed evitare fenomeni di interrimento e/o di malfunzionamento.