



**REGIONE CAMPANIA**  
**PROVINCIA DI CASERTA**  
**COMUNI DI CASTEL VOLTURNO E CANCELLO ED ARNONE**



**ATON 22 s.r.l**

Committente:

Via Julius Durst, 6  
39042 Bressanone (BZ)  
03072680212  
PEC: aton.22@pec.it

**IMPIANTO FV C\_025027**

Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di **11.959 KW** e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone

**RELAZIONE IDROGEOLOGICA, IDROLOGICA ED IDRAULICA**

Progettazione:



Il Progettista:


Ing. Samuele Viara



	Ing. <b>R.A. Rossi</b>						
	Ing. <b>V. Villano</b>						
	Pian. Ter. <b>L. Lanni</b>						
	Pian. Ter. <b>G. Delogu</b>	Ing. <b>R. Mai</b>	Ing. <b>S. Viara</b>	Emissione	10/2021		
PROTOCOLLO	REDATTO	CONTROLLATO	AUTORIZZATO	CAUSALE	DATA	REVISIONE	


DOC <b>C_025027_DEF_RS_02</b>	Formato <b>A4</b>	Scala -
----------------------------------	----------------------	------------

Il presente documento è di proprietà esclusiva della Aton 22 s.r.l., non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La Aton 22 s.r.l. si riserva il diritto di ogni modifica.

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

## Sommario

1. UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO .....	3
2. CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....	7
3. CARATTERI LITOLOGICI DEL TERRITORIO DI CASTEL VOLTURNO .....	11
4. IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA DELLA ZONA.....	14
4.1. IDROMETRIA.....	17
5. PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDROGEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME.....	22
5.1. PIANO STRALCIO DIFESA ALLUVIONI BASSO VOLTURNO.....	22
5.2. CARTA DELLA ZONIZZAZIONE ED INDIVIDUAZIONE DEGLI SQUILIBRI E NORME DI ATTUAZIONE	23
5.3. VERIFICA E CONDIZIONI SICUREZZA IDRAULICA DELLE OPERE.....	29
6. COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA.....	32
6.1. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA .....	37
7. ANALISI IDROLOGICA.....	38
7.1. METODO VAPI .....	39
7.1.1. Generalità .....	39
7.1.2. Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il periodo di ritorno .....	40
7.1.3. Stima del valore medio .....	42
8. CALCOLO DELLA PORTATA .....	49
9. VERIFICA DELLA PORTATA DI PROGETTO .....	55

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

## PREMESSA

La presente relazione riporta la valutazione di compatibilità geomorfologica, idrologica ed idraulica redatto al fine di valutare gli effetti previsti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata, relativa al progetto per la realizzazione di un nuovo un impianto agro - fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KWp e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, suddiviso in campo fotovoltaico A ricadente in località Bortolotto nel comune di Castel Volturno (CE) e campo fotovoltaico B ricadente in località Auzone nel comune di Canello ed Arnone (CE).

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.

### Località di realizzazione dell'intervento - CAMPO FV A

Indirizzo:	Castel Volturno (CE) - Località Bortolotto
Destinazione d'uso dell'immobile:	Agricolo
Potenza contrattuale:	5,966 MWp
Identificazione connessione Gestore di Rete	ID TICA 256159506
Numero POD assegnato dal Gestore di Rete	IT001E847123435
Intestatario utenza:	ATON 22 s.r.l.
Tipologia fornitura:	Trifase

### Località di realizzazione dell'intervento - CAMPO FV B

Indirizzo:	Canello ed Arnone (CE) - Località Auzone
Destinazione d'uso dell'immobile:	Agricolo
Potenza contrattuale:	5,993 MWp
Identificazione connessione Gestore di Rete	ID TICA 256160982
Numero POD assegnato dal Gestore di Rete	IT001E847123427
Intestatario utenza:	ATON 22 s.r.l.
Tipologia fornitura:	Trifase

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

## 1. UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

Come anticipato nella premessa, il progetto proposto ha come finalità la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a 11.959 KWp, suddiviso in campo fotovoltaico A ricadente in località Bortolotto nel comune di Castel Volturno (CE) e campo fotovoltaico B ricadente in località Auzone nel comune di Canello ed Arnone (CE).

### **CAMPO FV A – CASTEL VOLTURNO**

Il lotto ha un'estensione di 8,08 ettari ed è individuato al Catasto Terreni al Foglio 5 particelle n. 53 e 80 le cui coordinate sono: 41°04'20.1"N -13°57'12.7"E.

La potenza elettrica del generatore fotovoltaico in immissione, pari a 5.966 KWp sarà erogata in media tensione per mezzo della cabina di consegna, da cui partirà un cavidotto interrato in MT a 20 kV e si collegherà in antenna da cabina primaria AT/MT sita nel comune di Castel Volturno, coordinate 41° 5'20.72"N 13°58'9.43"E.


L'elettrodotto di connessione in MT si localizza interamente su strada comunale.

Attualmente i terreni sono adibiti a seminativo, si presentano totalmente pianeggianti e non vi sono ombreggiamenti di alcun tipo. Il sito confina con la strada comunale "Via Carluccia" ed è raggiungibile dalla strada provinciale denominata "Brezza" che dista circa 540 metri.

Topograficamente la zona in esame si sviluppa ad una quota di circa 0,10 m s.l.m. su un'area pianeggiante posta nel settore nord-est del territorio comunale, in destra orografica del Fiume Volturno, a sud del canale Regia Agnena.



Immagine 1 - Inquadramento su ortofoto – Campo FV A

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

### **CAMPO FV B – CANCELLO ED ARNONE**

Il lotto ha un'estensione di 8,6 ettari ed è individuato al Catasto Terreni al Foglio 16 particelle n. 60/a – 87, 87, 5018/a, 5036, 5037/a, le cui coordinate sono: 41°05'44.3"N - 14°01'42.2"E.

Il sito è ubicato a Nord del centro abitato e dista dallo stesso circa 2 Km in linea d'aria. Attualmente i terreni sono adibiti a seminativo, si presentano totalmente pianeggianti e non vi sono ombreggiamenti di alcun tipo. Il sito confina ad Est con la strada comunale "Via Colonne" ed è raggiungibile dalla strada provinciale denominata "SP158" con cui confina a Nord.

La potenza elettrica del generatore fotovoltaico in immissione, pari a 5.993 KWp sarà erogata in media tensione per mezzo della cabina di consegna, da cui partirà un cavo interrato in MT a 20 kV e si collegherà in antenna da cabina primaria AT/MT sita nel comune di Castel Volturno, coordinate 41° 5'20.72"N 13°58'9.43"E.

L'elettrodotto di connessione in MT si localizza per un tratto su strada su strada Provinciale 150 e per un altro tratto su strada Provinciale 21.

Topograficamente la zona in esame si sviluppa ad una quota di circa 6,00 m s.l.m. su un'area pianeggiante posta nel settore nord-est del territorio comunale, in destra orografica del Fiume Volturno, a sud del canale Regia Agnena.





*Immagine 2 - Inquadramento su ortofoto – Campo FV B*


Il suolo, classificato dal PRG comunale vigente come Zona E (agricola) risulta privo di vincoli sia di natura urbanistica che ambientale.

Nei siti di interesse non ricadono aree sottoposte a tutela paesaggistica, né particolari elementi di pregio ambientale, di interesse storico, architettonico e archeologico.

Dall'analisi della perimetrazione delle zone SIC, e ZPS risulta che le aree non ricade in nessuno di tali ambiti.

La classificazione agricola (zona agricola semplice E1 b) consente, così come previsto dal decreto legislativo n. 387/2003, realizzare impianti fotovoltaici (art. 12, comma 7) senza dover procedere a varianti del PRG.

L'impianto risulta essere compatibile con gli strumenti urbanistici e di tutela paesaggistica e ambientale.

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

## 2. CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto FV e le opere accessorie che si intendono realizzare sono sintetizzabili nei seguenti elementi:

- Moduli fotovoltaici, tracker e strutture di sostegno ancorate al terreno
- Cavi elettrici e apparecchiature elettriche per la trasformazione della corrente AC/DC
- Recinzione esterna e impianto di videosorveglianza
- Cavidotto di connessione con la rete in MT

### **CAMPO FV A – CASTEL VOLTURNO**

L'impianto FV A sarà costituito da un totale di 8.880 moduli (P=5'966 KWp) distribuiti elettricamente su stringhe connesse a inverter di potenza 1,5 MW cadauno, installati all'interno di cabine di trasformazione. La tecnologia scelta per i moduli è di tipo monocristallino, con potenza di picco pari a 670 W che saranno posizionati su tracker orientati all'asse nord-sud, in grado di ruotare lungo detto asse, così da massimizzare la produzione.

L'installazione dei pannelli fotovoltaici sarà realizzata su tracker ad asse singolo (Y) ancorati direttamente al suolo tramite pali infissi nel terreno senza utilizzo di alcun tipo di fondazione in cemento. Il campo fotovoltaico sarà esposto, con un orientamento azimutale a +/- 90° EST e avrà un'inclinazione variabile rispetto all'orizzontale di +/- 35°. Tale utilizzazione è la più idonea al fine di massimizzare la resa dell'impianto incrementando il rendimento di c.ca il 18%.

Il posizionamento dei pannelli sarà eseguito in modo da mantenere il fattore di riduzione delle ombre pari a 0,95, garantendo così che le perdite di energia derivanti da fenomeni di ombreggiamento non siano superiori al 5% su base annua. La centrale fotovoltaica sarà suddivisa in 4 isole di potenza pari a 1487,00 kWp c.ca, costituite da 148 stringhe ognuna e ciascuna stringa sarà composta da 15 moduli da 670 W, cabine di campo e spazi di manovra per una superficie dell'intera centrale pari a 80.800 m<sup>2</sup>.




Il numero di convertitori statici utilizzati sarà pari a 4.

Ogni isola avrà un unico convertitore statico dimensionato in base alla potenza di ingresso.

Gli inverter saranno con potenza nominale d'ingresso di 1.500 Kw.



Immagine 2 - Planimetria dell'impianto – CAMPO FV A

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

### **CAMPO FV B – CANCELLO ED ARNONE**

L'impianto FV B sarà costituito da un totale di 8.940 moduli (P=5'993 kWp) distribuiti elettricamente su stringhe connesse a inverter di potenza 1,1 MW cadauno, installati all'interno di cabine di trasformazione. La tecnologia scelta per i moduli è di tipo monocristallino, con potenza di picco pari a 670 W che saranno posizionati su tracker orientati all'asse nord-sud, in grado di ruotare lungo detto asse, così da massimizzare la produzione.

L'installazione dei pannelli fotovoltaici sarà realizzata su tracker ad asse singolo (Y) ancorati direttamente al suolo tramite pali infissi nel terreno senza utilizzo di alcun tipo di fondazione in cemento. Il campo fotovoltaico sarà esposto, con un orientamento azimutale a +/- 90° EST e avrà un'inclinazione variabile rispetto all'orizzontale di +/- 35°. Tale utilizzazione è la più idonea al fine di massimizzare la resa dell'impianto incrementando il rendimento di c.ca il 18%.

Il posizionamento dei pannelli sarà eseguito in modo da mantenere il fattore di riduzione delle ombre pari a 0,95, garantendo così che le perdite di energia derivanti da fenomeni di ombreggiamento non siano superiori al 5% su base annua.

La centrale fotovoltaica sarà suddivisa in 4 isole di potenza pari a 1005,00 kWp c.ca e 2 isole da 985 kWp, costituite rispettivamente da 100 e 98 stringhe ognuna e ciascuna stringa sarà composta da 15 moduli da 670 W, cabine di campo e spazi di manovra per una superficie dell'intera centrale pari a 80.600 m<sup>2</sup>.

Il numero di convertitori statici utilizzati sarà pari a 6.


Ogni isola avrà un unico convertitore statico dimensionato in base alla potenza di ingresso. Gli inverter saranno con potenza nominale d'ingresso di 1.100 Kw.



Immagine 3 - Planimetria dell'impianto – CAMPO FV B

Dai quadri di campo partiranno cavi interrati opportunamente dimensionati e connessi agli inverter. Gli stessi afferiranno, per ogni isola, ad un quadro di parallelo per gruppi di 2. L'uscita in CA dai convertitori farà capo ad un quadro BT dal quale usciranno cavi che saranno connessi al primario di un trasformatore BT/MT di potenza 3.150 KVA per il campo FV A e di 2.500 KVA per il campo FV B.

Ogni coppia di inverter sarà collegata ad un trasformatore BT/MT (tramite linea trifase opportunamente sezionata e protetta).

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

### 3. CARATTERI LITOLOGICI DEL TERRITORIO DI CASTEL VOLTURNO

#### **CAMPO FV A – CASTEL VOLTURNO**

Il territorio comunale di Castel Volturno è caratterizzato da una distribuzione spaziale, dei litotipi affioranti, abbastanza varia; essenzialmente sono sette le unità presenti.


Nella zona litorale, con un'estensione di 2,22 Km<sup>2</sup> circa, pari al 2,97% dell'area, sono presenti le spiagge attuali (SA\_ATT) costituite da sabbie fini sciolte equigranulari grigie e giallastre di vario spessore.

Spostandosi dalla zona litorale parallelamente alla costa e per tutto l'allineamento spostandosi verso la parte orientale del territorio comunale si passa a terreni che obbediscono, in maniera rigorosa, ai meccanismi e le modalità deposizionali delle dune litorali. Tale membro (SA\_DUN) risulta costituito da sabbie fini e sabbie argillose, da sciolte a poco addensate con abbondanti resti di molluschi. Tali terreni, che racchiudono il 26,45% della superficie comunale, pari a 19,82 Km<sup>2</sup>, e si rinvengono in superficie ad una quota tra i 0 e i 9 m s.l.m.

Procedendo ancora verso est dalla zona litorale parallelamente alla costa e solo in sinistra foce Volturno si individuano delle sabbie grigie e giallastre da poco addensate a mediamente addensate di retroduna (SA\_RETRODUN) che rappresentano il 9,73% della superficie comunale, pari a 7,29 Km<sup>2</sup>.

Considerando ora il corso del Volturno, la prima evidenza è rappresentata dalle alluvioni in gola del fiume costituite da sabbie grigie sciolte ed argille grigio-azzurrognole poco consistenti (ALL\_A\_GOL-V). Tali terreni si rinvengono in una fascia posta a cavallo del fiume per circa 9,11 Km<sup>2</sup> in destra e sinistra orografica per circa costituendo circa il 12,16% del territorio comunale.

Si passa ad un'ulteriore fascia esterna rispetto a questa ora descritta e sempre, grossomodo, allineata all'asse del corso del Volturno costituita da alluvioni recenti del Volturno costituite da argille marroni e grigio-bluestre, da poco a mediamente consistenti con abbondanti resti vegetali lignei e

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

molluschi, e sabbie grigie poco addensate con inclusi elementi pomicei e scoriacei. Torbe (ALL\_R\_V). Costituiscono una gran parte del territorio di Castel Volturno rappresentandone il 14,50% per un'estensione di circa 10,87 Km<sup>2</sup>.

Spostandosi ulteriormente ad una fascia ancora più esterna rispetto al corso del Volturno ma sempre, grossomodo, allineata all'asse del corso del fiume si segnalano depositi di transizione costituiti da argille grigie da poco a mediamente consistenti e sabbie grigie poco addensate (AG\_SA\_TR). Tali depositi di transizione raffigurano il 15,76% per un'estensione di circa 11,81Km<sup>2</sup> del territorio comunale.


Il rimanente 18,42% del territorio, pari a 13,80 Km<sup>2</sup>, che comprende anche l'area di specifico interesse oggetto della realizzazione dell'impianto fotovoltaico in località Bortolotto, è caratterizzato da argille sabbiose grigio azzurrognole marroni da poco a mediamente consistenti con resti di molluschi, argille torbose poco consistenti. Torbe. (AG\_SAAG\_T\_P\_L).

Questi ultimi litotipi affiorano nelle aree più depresse del territorio comunale caratterizzate da facies deposizionali di tipo lagunare palustre ossia quelle oggetto di bonifica.

### **CAMPO FV A – CANCELLO ED ARNONE**

Il territorio comunale di Canello ed Arnone, ricade nel contesto della vasta Pianura Campana, nell'area di bonifica del Fiume Volturno - Regi Lagni. Le facies geologiche che caratterizzano l'area in esame, pertanto, sono caratterizzate da litotipi associati alle facies sedimentarie ed alle vulcaniti collegate ai distretti vulcanici del Roccamonfina, dei Campi Flegrei e del Vesuvio. Essi riempiono una paleofossa individuata strutturalmente da un graben (Piana Campana), delimitatosi durante il Pliocene superiore e successivamente ribassato.

In particolare la zona è delimitata a Nord Ovest dall'apparato vulcanico di Roccamonfina e dal Monte Massico, a Sud Est dai Campi Flegrei e dal Somma Vesuvio, a Nord Est dai Massicci carbonatici di Pignataro Maggiore e di Monte Tifata e a Sud Ovest dal Mar Tirreno. Come detto, la

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021


Piana Campana, da un punto di vista strutturale, rappresenta un graben delimitatosi durante il Pliocene superiore e successivamente ribassato. Tale graben è stato colmato per circa 3.000 metri, da depositi alluvionali con frequenti episodi marini e palustri e da depositi quaternari prevalentemente piroclastici, come accertato da sondaggi profondi eseguiti per ricerche di idrocarburi. I sedimenti alluvionali si presentano in successioni di livelli di diversa natura litologica e granulometrica con alternanze di limi sabbiosi e argille limose in prevalenza e con andamento spesso lenticolare.

L'area dell'intero territorio comunale è localizzata nel settore nord-occidentale dell'unità morfologica della Piana Campana, in una zona completamente pianeggiante e priva di qualsivoglia segno di disequilibrio passato in atto o potenziale, riferibile a processi morfoevolutivi a rapido decorso. La morfologia univocamente rinvenibile su scala comunale ma anche molto oltre di essa, si rifà ad un tipo sub-pianeggiante secondo un piano lievemente immergente a Sud, in direzione dell'alveo dei Regi Lagni.

Dall'esame della cartografia esistente e dallo studio del rilievo aerofotogrammetrico, la morfologia dell'area comunale si presenta all'incirca pianeggiante con quote altimetriche variabili da 12/13 metri a Sud (Masseria Cirio e Stazione Ferroviaria), a 2 metri sul livello medio del mare in corrispondenza del canale dei Regi Lagni e nelle prossimità del Canale Agnena verso Nord. Modestissimi, quindi, sono i valori di pendenza che non superano mai il 2-3 %, sicchè, per fatti puramente morfologici si contragga del territorio l'idea della stabilità evidenziata dall'assenza di segni morfologici particolari dai quali derivare cause per processi a rapida evoluzione.

Il modello morfotettonico nel quale si ritrova l'area indicata è quello della struttura della Conca Campana, lobo Casertano. Faglie di tipo diretto e con rigetti potentissimi hanno determinato la subsidenza geologica della vasta pianura aperta fra il Monte Massico (Fiume Garigliano) ed i Campi Flegrei. Dette faglie approfondendo i pezzi di piattaforma carbonatica preesistente, hanno determinato un "graben" a rapido approfondimento, che è stato compensato da una sedimentazione



	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021


marina, pure di tipo carbonatico, interrotta, a fase parossistica conclusa, da altro tipo di sedimentazione avvenuta a carico dei distretti vulcanici ANTONIO VIGGIANO – GEOLOGO  
Identificazione: RGS 025/20 Elaborato R18 - Relazione Geologica di Compatibilità Sismica Pag. 11 di zona (Vesuvio – Campi Flegrei – Roccamonfina). Lo specchio d'acqua, via via meno profondo, consentì l'instaurarsi di un dominio più terrigeno marcato da una sedimentazione di tipo fluviolacustre e, quindi, palustre, oggi resa evidente dalla presenza del basso tratto del Fiume Volturno, oltre che dei numerosissimi collettori secondari, naturali ed artificiali, di cui tutta la Piana è ricca.

I terreni superficiali affioranti nel comprensorio comunale comprendono essenzialmente i termini stratigrafici della serie fluvio-palustre olocenica, caratterizzata da argille, limi e sabbie, distribuiti spesso in rapide successioni ed in discontinuità laterali, con sabbie talvolta in lenti.

*In tale contesto litostratigrafico, non si segnalano nelle aree in esame, al momento, fenomeni di instabilità geomorfologica connessi a eventuali movimenti di massa dei terreni e non sono state individuate cavità sotterranee.*

#### 4. IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA DELLA ZONA

Data la posizione altimetrica del sito e la particolare conformazione stratigrafica del sottosuolo, l'acquifero di zona può essere definito come un acquifero alluvionale, caratterizzato dalla giustapposizione disordinata di termini litologici di varia granulometria, aggregati in lenti allungate parallelamente alla direzione della corrente che le ha depositate. I sedimenti di origine sedimentaria e piroclastica presenti con notevoli spessori nella Piana Campana, sono costituiti da alternanze di livelli di diversa natura litologica e granulometrica, con andamento spesso lenticolare. Tale configurazione ha favorito l'instaurarsi di una circolazione idrica per falde sovrapposte, con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa (livelli più sabbiosi).

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

Localmente, le formazioni che presentano prevalenza di materiali limo-argilloso conferiscono bassa permeabilità ovvero impermeabilità assoluta, mentre nella frazione granulometrica fortemente argillosa e/o argilloso-limosa si riscontrano permeabilità nulle.


La falda più superficiale, alimentata dalle acque meteoriche, risulta poco consistente per la presenza in affioramento di materiali limosi e argillosi. La falda più profonda risulta al contrario più produttiva, a volte in pressione e caratterizzata da una salinità generalmente alta.

Dall'osservazione delle curve isopiezometriche, risulta che la falda profonda riceve alimentazione dai rilievi del gruppo vulcanico di Roccamonfina e dai rilievi del gruppo carbonatico di Pignataro Maggiore e di Francolise - Sparanise. In generale nell'area della Piana Regi Lagni - Volturmo, le falde, contenute principalmente negli strati sabbiosi, presentano una direzione di flusso Est-Ovest con valori di massima escursione della superficie piezometrica nei mesi di marzo e aprile e valori di minima nei mesi di ottobre e novembre.

In direzione orientale invece tali falde ammettono ricariche sempre più continentali d'acqua dolce e vanno a costituire un acquifero, pure alluvionale, assai caratteristico dell'intera piana del basso Volturmo. Mentre le falde episuperficiali hanno prevalente deflusso in direzione OvestSud-Ovest (Tirreno), i deflussi delle acque superficiali rimettono gran parte dei propri carichi liquidi in collettori diversamente orientati a seconda che i singoli appezzamenti di terreno siano conformati verso uno o più segmenti della rete fittissima dei canali di bonifica che interessano la zona del vicino Fiume Volturmo, fino ai Regi Lagni.

Il recapito delle falde superficiali contenute nell'acquifero è rappresentato in questo caso da una superficie di acqua libera (Fiume Volturmo). Le falde rinvenibili (anche a poca profondità dal p.c.) possono ospitate in corpi recettori lenticolari, non in pressione e sono intercomunicanti in modo che il recapito idrico, complessivamente aumenti in portata con la profondità.

In particolare è stata accertata, nelle zone prossime ai massicci carbonatici che si snodano con continuità dal "casertano" al "sarnese", la presenza, al di sotto di uno spessore di materiale

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

piroclastico (prima) e limo-sabbioso-ghiaioso (poi), di un substrato prevalentemente calcareo che tende ad approfondirsi abbastanza rapidamente dai -100/150 m dal p.c. (nelle zone pedemontane o nelle valli interne) ai -300/400 m dal p.c. (nelle zone distanti 2-3 Km dal piede dei rilievi).


Man mano che ci si sposta verso Ovest, esso sprofonda a varie migliaia di metri, tanto vero che non è stato raggiunto dalle perforazioni eseguite in passato per ricerche di idrocarburi nel basso Volturno.

*Quindi, dal punto di vista idrogeologico la Piana Campana, in cui sono inserite le zone esaminate, è un'unità idrogeologica costituita da una spessa coltre di depositi vulcanici, alluvionali e marini, con caratteristiche litologiche ed idrogeologiche molto diverse tra loro.*

Questa configurazione lito-stratigrafica connessa alla presenza delle strutture vulcaniche dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio, porta all'instaurarsi di flussi sotterranei complessi con presenza di più falde sovrapposte e molte volte intercomunicanti.

I corsi d'acqua principali che si riscontrano nell'area d'indagine sono:

- Il fiume Volturno che ha una lunghezza di circa 180 km con un bacino esteso per complessivi 5.615 kmq ed è il corso d'acqua più importante del dell'Italia Meridionale. Considerando il tratto dal ponte Annibale (18 m.s.l.m) alla foce, il fiume si dipana per circa 50 km, con una pendenza media dello 0,36%. In questo tratto gli spartiacque naturali del bacino del F. Volturno corrono paralleli e delimitano una fascia larga 2-4 km entro cui l'alveo è caratterizzato da numerosi meandri, con un tratto rettilineo fra i centri abitati di Grazzanise e Canello Arnone. Attualmente l'alveo del corso d'acqua scorre, da Capua al mare, fra argini costruiti dal Consorzio di Bonifica del F. Volturno.
- Il canale Regia Agnena, raccoglie le acque sorgentizie (prevalenti) e superficiali della dorsale di M. Maggiore fino a Ponte Annibale. Questo canale, lungo circa 30 km con una pendenza media inferiore allo 0,1%, ha un bacino di circa 300 kmq e drena le aree depresse (quote anche di -1

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

m÷ -2 m s.l.m.), comprese fra il F. Savone ed il F. Volturno, con l'ausilio delle idrovore di Mazzasette e Mazzafarro, rispettivamente in sponda destra e sinistra del canale.

Durante l'esecuzione dei sondaggi è stata riscontrata la presenza di falda acquifera.

Durante la perforazione nel campo FV A – Castel volturno, sono stati prelevati n°2 campioni di terreno indisturbato alle profondità di 2,70 m e 5,30 m. *La falda è stata rinvenuta alla profondità di 1,50 m dal p.c.*


Invece, durante la perforazione nel campo FV B – Canello ed Arnone, sono stati prelevati n°2 campioni di terreno indisturbato alle profondità di 3,00 m e 12,00 m, nonché sono state eseguite n°3 prove S.PT. alla profondità di 3,50 m, 12,50 m e 28,0 m. *La falda è stata rinvenuta alla profondità di 1,20 m dal p.c.*

#### 4.1. IDROMETRIA

Per fornire considerazioni riguardo le caratteristiche idrologiche che di seguito si riportano si è fatto riferimento alla bibliografia scientifica e tecnica esistente.

Considerando, per ovi motivi, il solo F. Volturno si deve valutare come il regime dei deflussi del Fiume sia direttamente collegato all'assetto climatico, e classificabile come regime pluviale. Gli innevamenti sono infatti limitati a piccole zone, la cui superficie è percentualmente irrilevante rispetto a quella dell'intero bacino. Anche l'apporto sorgentizio riveste nell'insieme un ruolo secondario perchè le copiose sorgenti perenni sono quasi integralmente captate. L'andamento dei deflussi si presenta quindi parallelo a quello delle precipitazioni con un minimo in agosto ed un massimo in febbraio.

Il F. Volturno riceve, a monte di Ponte Annibale, gli importanti afflussi sorgentizi di Triflisco, Fontana Pila e S. Sofia, con portate di magra complessive di circa 3 mc/s. Presso Ponte Annibale (17,5 m s.l.m.) il fiume presenta una portata "naturale" media, ricavata per il periodo 1924- 1942, di circa

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021


100 mc/s, pari a 17,5 l/s.kmq, per un bacino di circa 5550 kmq con piovosità media annua di circa 1200 mm, il coefficiente di deflusso è di 0,46. I valori dei deflussi "naturali" misurati a Canello Arnone (2,6 m s.l.m), 18 km a monte della foce, per il periodo (1931-1942 e 1950-1970), sono lievemente superiori (103 mc/s di portata media, con un coefficiente di deflusso di 0,50) a seguito della azione drenante del F. Volturno rispetto alla piana omonima. Valori nettamente più bassi (83 mc/s di portata media con coefficiente di deflusso di 0,40) si rilevano per le portate effettivamente defluite nel periodo 1954-1970, a causa delle numerose concessioni ad uso idropotabile, irriguo ed idroelettrico a monte di Canello Arnone.

Attraverso le caratteristiche litologiche dei terreni è possibile dedurre il grado di permeabilità di ciascuno di essi: si è trattata di una distinzione schematica confortata dall'elaborazione e correlazione di numerosi dati ed osservazioni disponibili per l'area di studio.

*Dall'analisi idrogeologica generale delle aree si ricava la presenza di diversi litotipi che possono, in base alla loro permeabilità, essere suddivisi in differenti complessi idrogeologici di seguito descritti.*

### **Complesso sabbioso (CSA)**

Affiora in corrispondenza della zona costiera su una fascia che è larga circa tre chilometri e risulta costituita da sabbie fini sciolte equigranulari grigie e giallastre di vario spessore; da sabbie fini e sabbie argillose, da sciolte a poco addensate con abbondanti resti di molluschi; sabbie grigie e giallastre da poco addensate a mediamente addensate di retroduna. Dai dati stratigrafici si possono riconoscere intervalli prevalentemente sabbiosi e a luoghi da quelli sabbiosi-limosi. Si riconosce una potenza di circa 16 m nella porzione nord-occidentale del territorio comunale (precisamente a Nord della foce del Volturno). Nella porzione posta a meridione dei Regi Lagni, lo spessore è almeno di 30 m, allontanandosi dalla linea di costa gli spessori vanno calando e a luoghi si segnalano interdigitazioni con terreni di transizione o francamente alluvionali. La permeabilità è medio-alta per porosità al crescere delle dimensioni dei granuli ed in presenza di scarso.

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021


### **Complesso alluvionale (C ALL)**

Con tale sigla sono indicati i depositi alluvionali presenti a tetto dell'Ignimbrite Campana e legati agli espandimenti fluviali del Volturno, a fasi palustri (zone della bonifica del basso Volturno), nonché ad episodi marini con terreni francamente sabbiosi. La ricostruzione dei rapporti spaziali delle componenti a diversa granulometria non è nè semplice nè immediata, comunque dal punto di vista areale detto complesso rappresenta una parte preponderante nell'ambito del territorio comunale. La parte del complesso presente a ridosso del F. Volturno comprende un'alternanza irregolare di materiali di varia granulometria (argille, sabbie e talora lenti di ghiaie spesse fino a qualche metro) legati a deposizione fluviale (durante le ultime migliaia di anni, il Volturno, costretto a divagare dalla quasi raggiunta stabilità del livello di base, ha costruito un tracciato tipicamente pensile ed un piccolo delta a cuspidale).

Gli spessori di questa porzione di complesso sono vari e partendo dal Volturno e procedendo verso sud, questi depositi si osservano in affioramento fino a distanza massima di 1.5 – 2 chilometri dove passano per eteropia ai materiali descritti di seguito. Questa porzione nell'insieme ha una permeabilità piuttosto bassa che tende ad innalzarsi in corrispondenza degli orizzonti più grossolani.

Sempre nello stesso complesso si riconoscono terreni riconducibili ad antichi espandimenti alluvionali dei canali dei Regi Lagni a ridosso dei quali in effetti si localizza. Nei sondaggi che lo hanno attraversato si denota: il complesso appare sempre rappresentato da argille e limi, assai spesso associati a livelli torbosi; gli spessori sono fino ad alcune decine di metri; si evidenziano anche i rapporti eteropici tra questo complesso e le alluvioni del Volturno. Per la granulometria in prevalenza fine dei materiali costituenti, il questa porzione risulta dotata di permeabilità molto ridotta. C'è da aggiungere che i sondaggi hanno rivelato, a diverse altezze stratigrafiche, livelli di materiale torboso, a luoghi caratterizzati da continuità areale e con potenze di circa 2,0 - 2,5 metri. IL passaggio con i termini precedentemente descritti, a luoghi si segnalano con interdigitazioni.



	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

La struttura del complesso è pertanto articolata: i depositi che lo costituiscono presentano, infatti, variazioni granulometriche in senso areale e lungo le verticali. È pertanto difficile che siano presenti livelli continui di scarsa permeabilità sufficienti a frazionare il complesso in più strati distinti. In questo complesso le acque sotterranee tendono pertanto a digitarsi in più livelli, corrispondenti alla variazione dei materiali presenti e variamente interconnessi, ma conservando sempre carattere di corpo idrico unitario. Quindi complessivamente la permeabilità è in genere medio-bassa, anche se ovviamente tende a crescere con il prevalere locale di granulometrie più grossolane e poco assortite.


### **Complesso piroclastico (C P)**

È da premettere che il complesso in questione non è mai affiorante ma che si riconosce nei sondaggi in profondità. Esso è costituito da piroclastiti, di granulometria da media a fine (piccole pomice, ceneri, lapilli etc.), quasi sempre sciolte o debolmente cementate. I diversi materiali

sono spesso fra loro frammisti, anche se talora possono individuarsi livelli prevalentemente cineritici o pomice. Nel caso in specie si tratta granulometricamente di sabbie o sabbie-ghiaiose con subordinata frazione limosa. I sondaggi che hanno attraversato il complesso (anche al di

fuori delle aree di pertinenza, indicano infatti una notevole variabilità granulometrica sia in senso areale che lungo le verticali investigate. Il complesso è estesamente affiorante soprattutto nella Piana Campana dove è presente con spessori assai significativi.

In termini di area vasta gli acquiferi che si evidenziano costituiscono a grande scala una falda unica (sovente pozzi attestati nei differenti acquiferi hanno fatto registrare le stesse quote piezometriche) con una circolazione idrica talora a pelo libero, talora in pressione laddove la porzione a granulometria più fine dei terreni limo-sabbiosi fluvio-palustri oppure dei livelli continui di tufo lapideo non fratturato tamponano superiormente la falda (De Riso, 1990).

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021


Sempre su area vasta, prove di emungimento effettuate nell'area (De Riso, 1990) e dati di letteratura (Corniello et Alii, 1990) assegnano valori di trasmissività che variano fra  $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  (pozzi attestati nei depositi prevalentemente sabbiosi) ed  $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  (pozzi attestati nelle piroclastiti superficiali).

Vi è da puntualizzare, sempre per gli ambiti di macroarea, che nei settori al piede dei rilievi, dove la piezometrica del corpo idrico si colloca in corrispondenza di forti spessori tufacei poco permeabili, la falda ha carattere nettamente confinato; man mano che dai rilievi si procede verso il Volturno, il complesso tufaceo si fa discontinuo, assai meno potente e diagenizzato ed a volte manca del tutto. In questi casi si determina una qualche continuità idraulica tra i materiali piroclastico/alluvionali dell'acquifero ed i sovrastanti terreni alluvionali più recenti. In ragione delle caratteristiche granulometriche di questi ultimi, la falda assume carattere semiconfinato o libero.

A grande scala, le curve piezometriche:

- individuano una netta area di drenaggio della falda in corrispondenza della zona centrale della piana; infatti a) le direzioni di flusso della falda convergono verso tale zona e b) qui si registra una notevole spazatura delle curve piezometriche a significare un locale incremento della trasmissività dell'acquifero per aumento della sezione di flusso e/o della permeabilità del mezzo;
- indicano che il recapito definitivo della falda è rappresentato dal mare; la falda affiora anche in corrispondenza del lago di Carinola (qui infatti le portate dell'emissario superano quelle affluenti Comune di Falciano del M., 1996) ed in diffuse venute d'acqua nella depressione della Regia Agnena;

È da notare la stretta somiglianza che accomuna, a ridosso del Volturno, curve piezometriche ed isoipse. Una somiglianza che si deve ad una causa comune: l'azione del fiume. Il Volturno ha infatti condizionato la morfologia della zona originando, nel corso dei millenni, il lungo conoide sul cui colmo ha impostato il suo corso; da questa posizione, lungo l'alveo, il fiume contribuisce ad

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021


alimentare (per assenza impermeabili interposti) la falda sottostante e ne determina l'innalzamento piezometrico in corrispondenza del suo tracciato.

## 5. PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDROGEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME

### 5.1. PIANO STRALCIO DIFESA ALLUVIONI BASSO VOLTURNO

Il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico Rischio di Frana (PSAI-Rf) e Rischio Idraulico (PSAI-Ri) per il bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso del territorio relative all'assetto idrogeologico del bacino idrografico di riferimento. Con DPCM del 21/11/01, pubblicato sulla G.U. n.42 del 19/02/02, è stato approvato il Piano Stralcio di difesa dalle Alluvioni per le aste principali del bacino Volturno denominato comunemente PSDA. Successivamente è stata redatta una proposta di progetto di variante a tale Piano (PSDAbav) che interessa l'asta terminale del fiume Volturno ed in particolare il tratto arginato da Capua a mare. Le motivazioni che hanno condotto alla predisposizione di tale variante sono derivate dai contenuti degli studi effettuati ed hanno portato a predisporre una nuova disciplina delle aree retroarginali. Tali attività hanno permesso la produzione degli elaborati del PSDAbav ed in particolare sono state predisposte:

- nuova carta di Zonizzazione ed individuazione degli squilibri per il basso Volturno (tavola 4.43-bav sostitutiva della tavola 4.43 del PSDA);
- linee guida per la predisposizione di un Piano intercomunale di Protezione Civile per i comuni di Capua, S. Maria La Fossa, Grazzanise, Canello ed Arnone e Castel Volturno: tale piano viene considerato uno strumento necessario ed attuativo del PSDA.bav.
- norme di attuazione specifiche per il basso Volturno differenziate da quelle vigenti per il restante ambito del PSDA. Tali norme contengono anche una serie di disposizioni per la

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

fascia costiera individuata che vengono adottate come misure di salvaguardia ai sensi del comma 6 ter dell'art. 17 della legge 183/89;

- individuazione degli interventi strutturali sul corso d'acqua ritenuti prioritari per la messa in sicurezza.

## **5.2. CARTA DELLA ZONIZZAZIONE ED INDIVIDUAZIONE DEGLI SQUILIBRI E NORME DI ATTUAZIONE**


La carta di zonizzazione ed individuazione degli squilibri è redatta in scala 1:25.000, ed è indicata come 4.43-bav. Tale tavola sostituisce la precedente 4.43. L'ambito individuato è suddiviso nelle seguenti tre parti:

a) Fascia A, compresa tra gli argini maestri e del tutto coincidente con quella individuata dal PSDA limitatamente al tratto arginato. Su tale fascia, che conserva il concetto di pericolosità, vengono riportate le condizioni di squilibrio già individuate nel PSDA;

b) Area R (retroarginale) costituita dall'area di criticità, coincidente con le ex sottofasce B1, B2 e B3 ed in piccolissima parte con la fascia A costiera del PSDA. Per tali aree, individuate come critiche, non è stato possibile allo stato attuale differenziare i differenti livelli di pericolosità, e pertanto le stesse sono state assoggettate a un'unica disciplina specifica riportata nelle norme di attuazione.

c) Zona costiera coincidente con la ex fascia A costiera ad esclusione della piccola area indicata al punto b. Sulla stessa viene imposta soltanto una norma di salvaguardia, in attesa che venga redatto il Piano stralcio di erosione costiera.

Come già detto il PSDA-bav definisce una norma specifica di regolamentazione ed uso del territorio in funzione dei tre elementi territoriali individuati.

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

Per la fascia A vengono in generale ricalcati i contenuti delle vigenti norme di attuazione del PSDA, pur utilizzando una impostazione formale differente; infatti l'esperienza acquisita con l'applicazione del PSDA, ha evidenziato in alcuni casi dubbi interpretativi.

In particolare, le citate norme indicano attività vietate ed attività consentite nelle fasce fluviali, ingenerando dubbi sulla liceità di ulteriori attività che di fatto non sono né vietate e né consentite dalle norme. Si prevede pertanto, adeguandosi a quanto già fatto nel PSAI-Ri, di indicare le sole attività esclusivamente consentite.

Discorso differente riguarda invece le aree retroarginali (aree R), per le quali la norma è stata riscritta, tenendo conto della situazione urbanistico-territoriale attentamente studiata, e con una impostazione meno vincolistica, ma più "programmatoria", e coordinata con gli interventi strutturali e con la Pianificazione d'emergenza, quindi con gli altri elementi di attuazione del PSDA-bav. In particolare è stato riconsiderato il divieto di edificazione sulla scorta di conoscenze specifiche e gli studi di dettaglio effettuati valutando la sostenibilità territoriale e quindi la effettiva necessità di *realizzazione di specifici insediamenti*.

*Relativamente a quanto previsto dalle Norme di attuazione relative alla Variante al P.S.D.A. Basso Volturno da Capua alla foce, le aree interessate dalla realizzazione dell'impianto fotovoltaico, in località Bortolotto nel comune di Castel Volturno (Campo FV A) e in località Auzone nel comune di Canello ed Arnone (Campo FV B), e l'elettrodotto interrato rientrano:*

- *in zona perimetrata "Area retroarginale" nella Carta del Rischio idrogeologico (immagine 3 – 4) e relativa legenda (immagine 5);*
- *In nessun'area con pericolosità nella Carta della Pericolosità idrogeologica (immagine 6 – 7).*

### PAI - CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

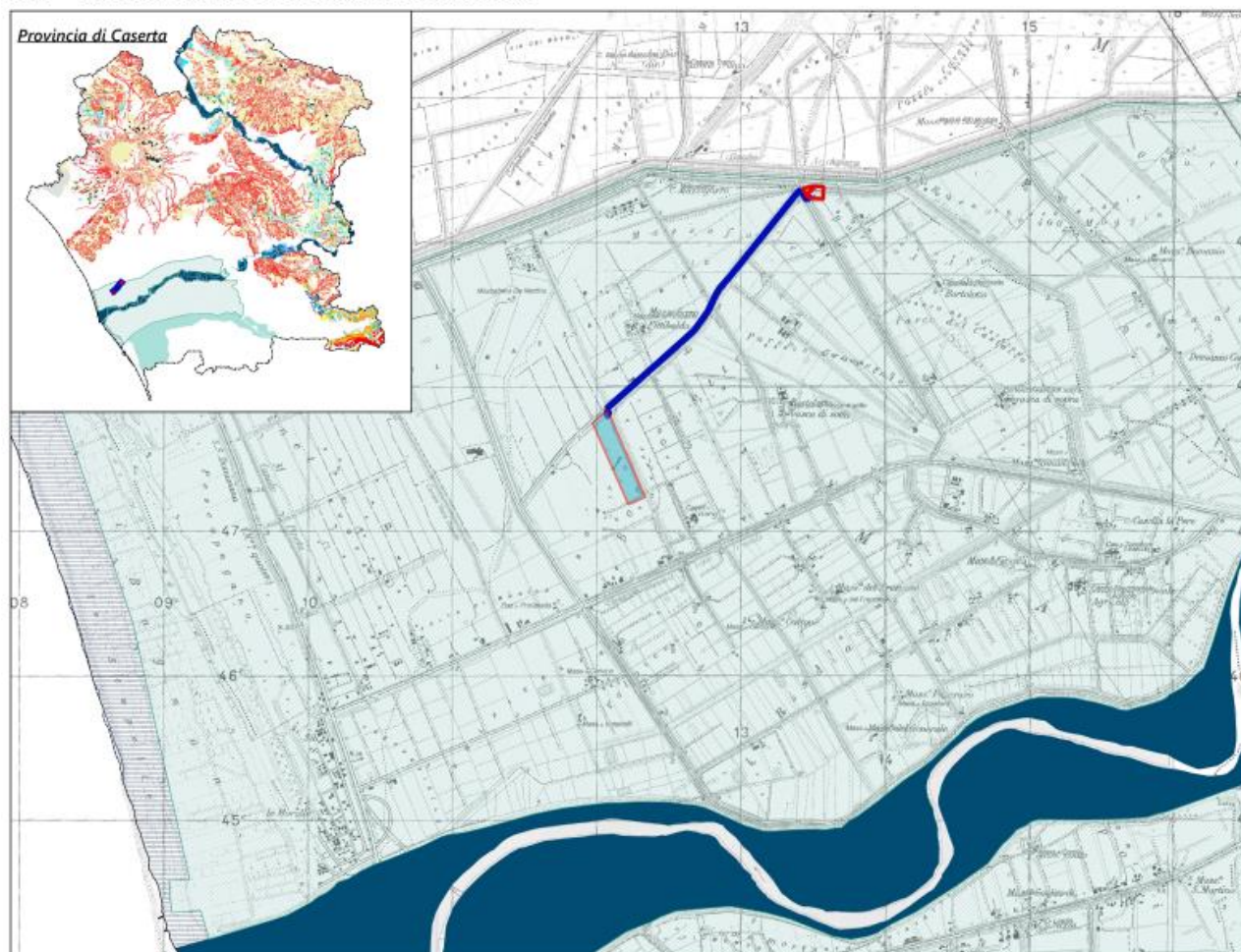


Immagine 3 – PAI – Carta del rischio idrogeologico – Campo FV A



### PAI - CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

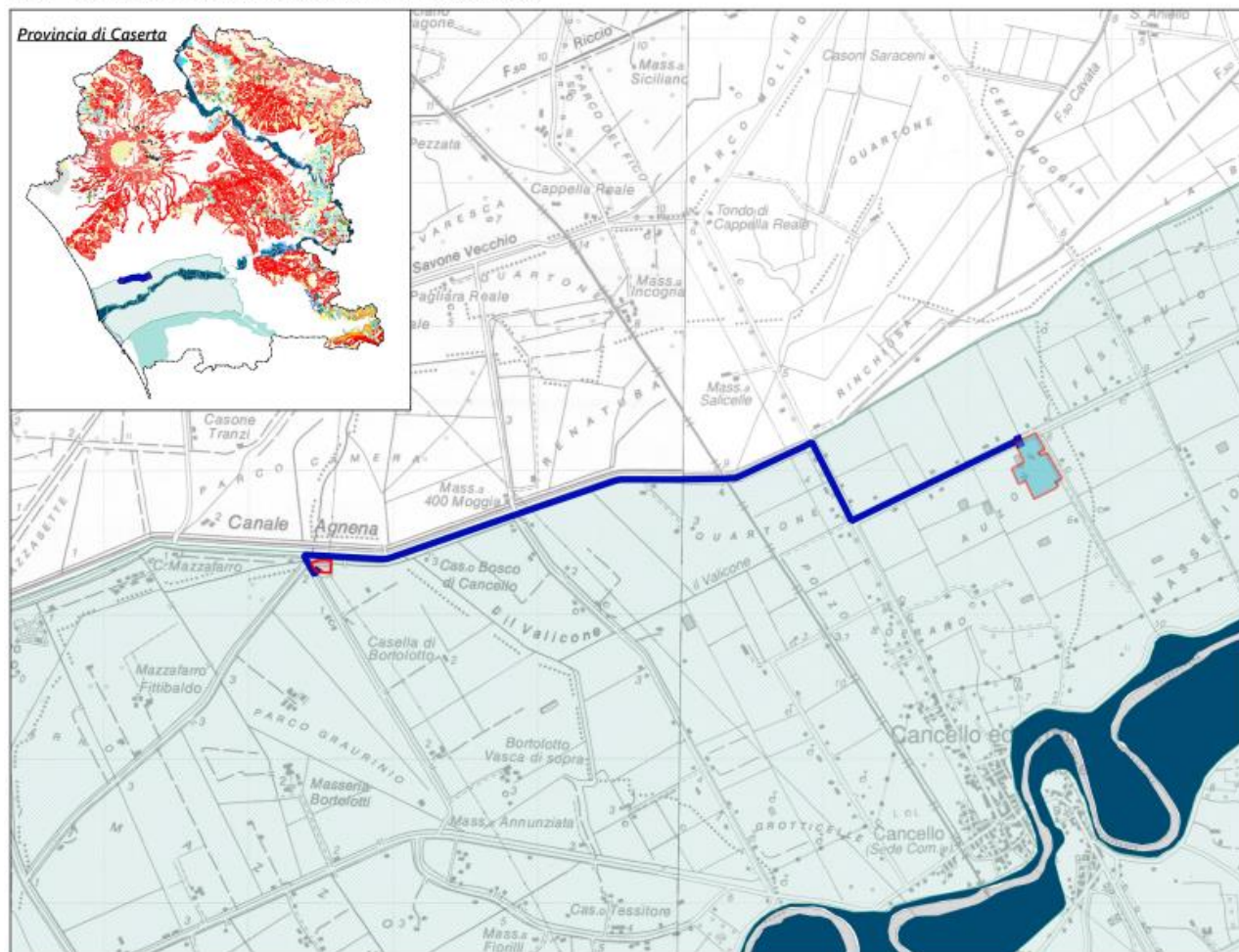


Immagine 4 – PAI – Carta del rischio idrogeologico – Campo FV B

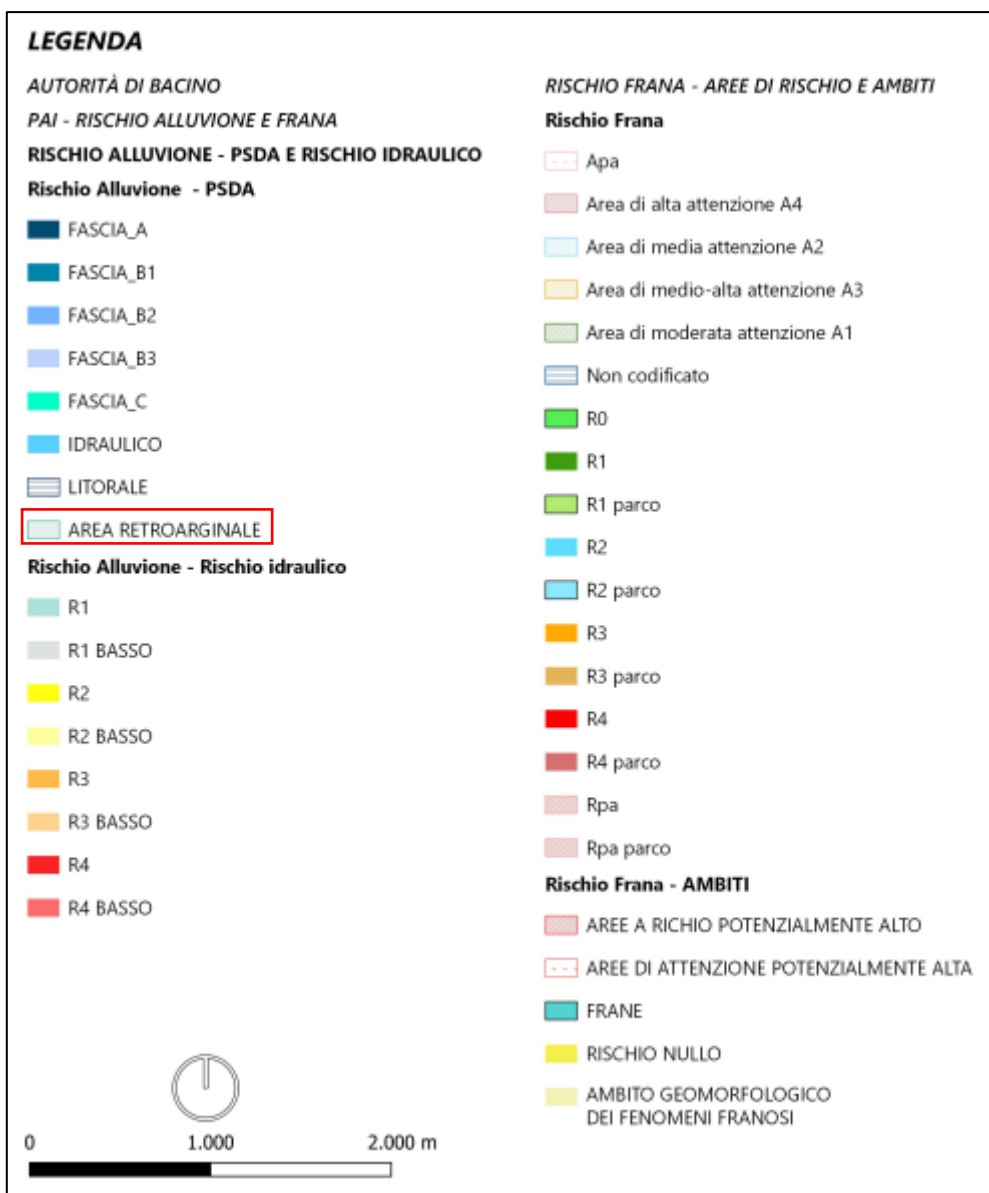


Immagine 5 – PAI – Legenda Carta del rischio idrogeologico – Campi FV A – FV B

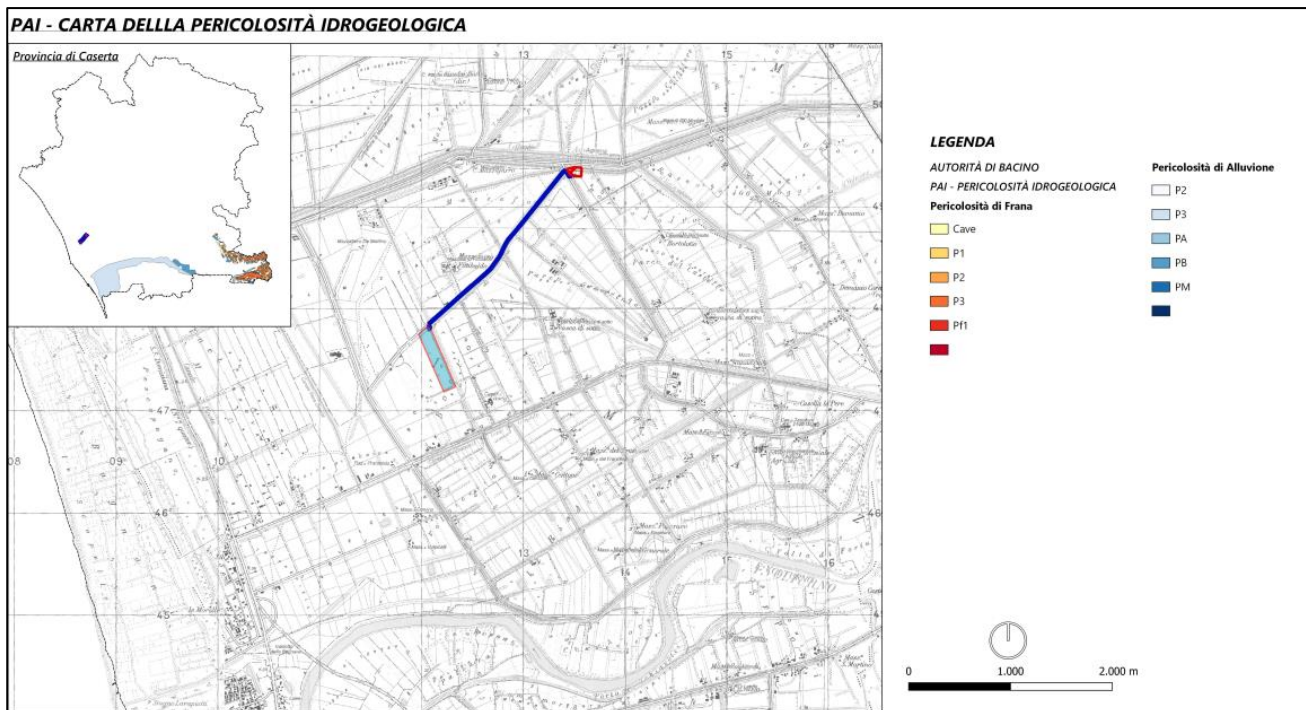


Immagine 6 – PAI – Carta della pericolosità idrogeologica – Campo FV A

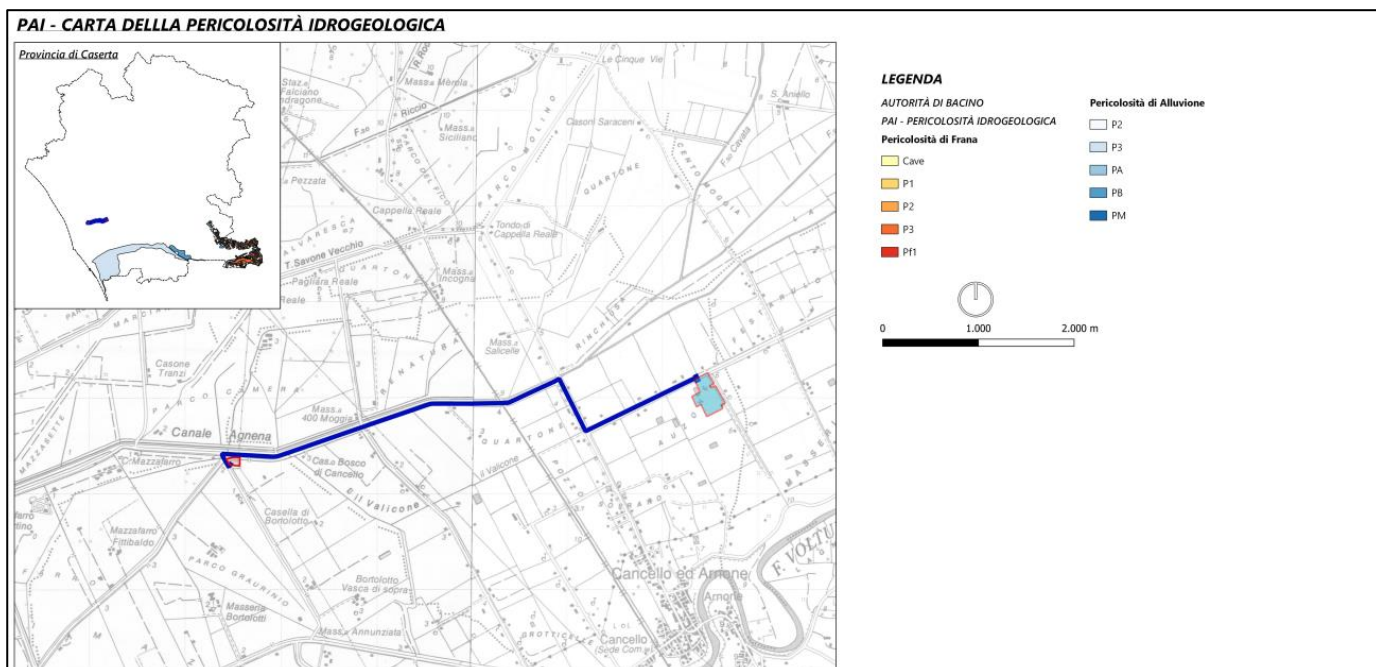



Immagine 7 – PAI – Carta della pericolosità idrogeologica – Campo FV B

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

### 5.3. VERIFICA E CONDIZIONI SICUREZZA IDRAULICA DELLE OPERE

Dall'analisi della cartografia al Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno (immagine 3 a 7) e dalla cartografia IGM (immagine 8 - 9), si riscontra che:

- l'impianto fotovoltaico e il cavidotto MT ricadono in area retroarginale e non rientrano tra le aree perimetrate a pericolosità idraulica;
- non interferiscono con corsi d'acqua.

*Dunque per l'impianto fotovoltaico, ricadente nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone, sussistono le condizioni di sicurezza idraulica previste dalla normativa vigente.*



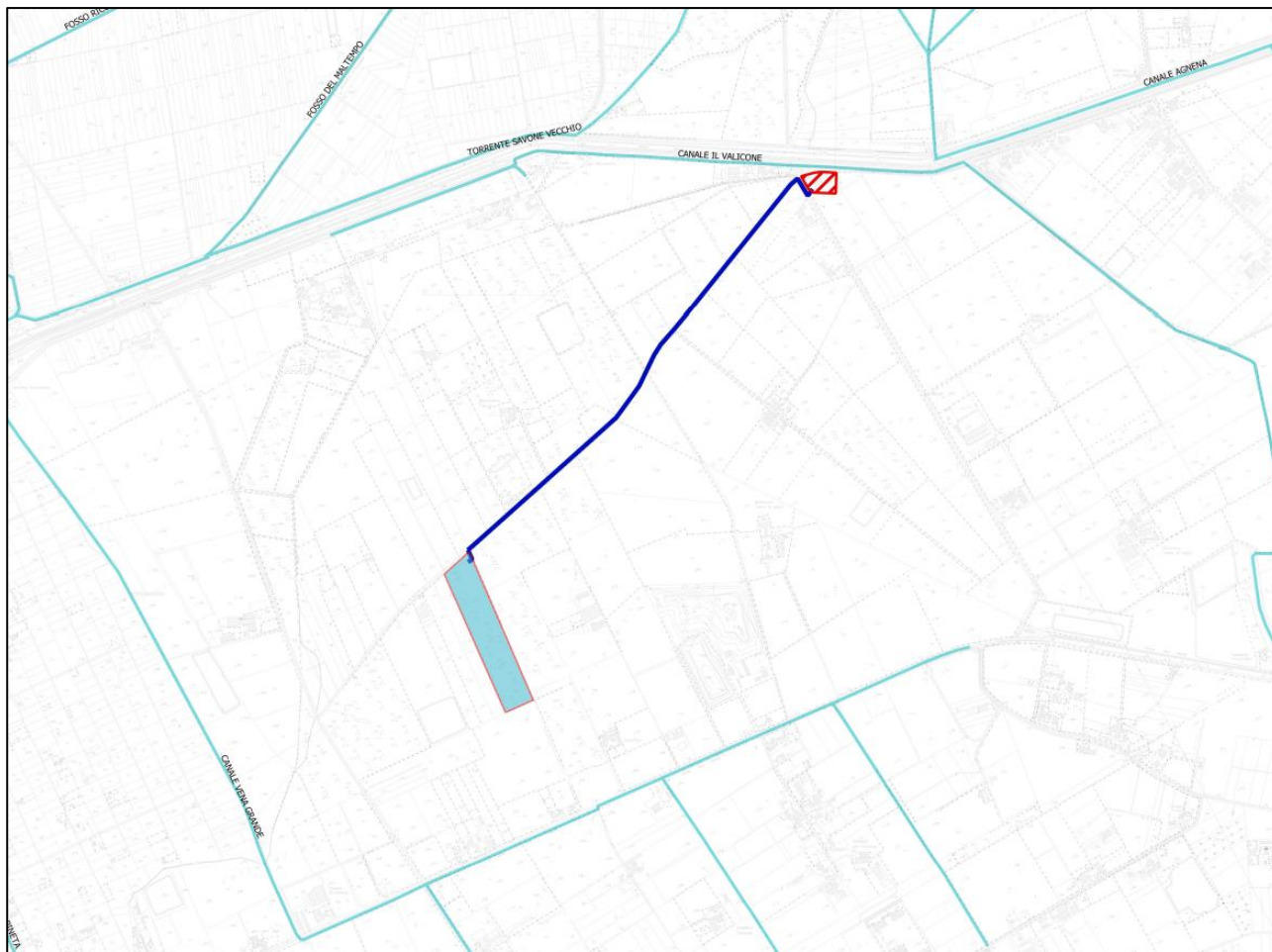






Immagine 8 – IGM – Reticolo idrografico Campo FV A

**LEGENDA**

-  Area di intervento
-  CP e-distribuzione
-  Percorso elettrodotto interrato
-  Reticolo Idrografico

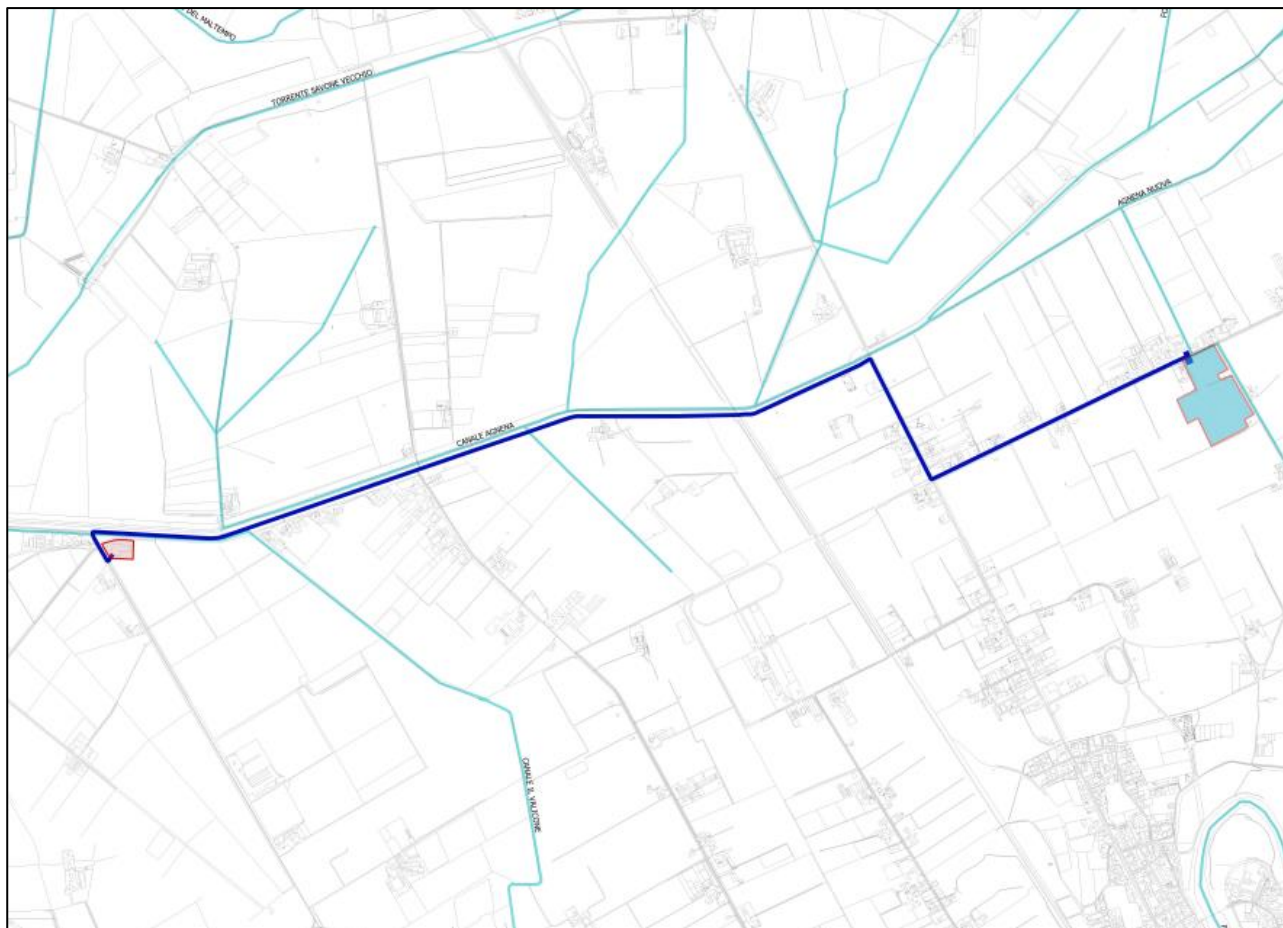







Immagine 9 – IGM – Reticolo idrografico Campo FV B

### LEGENDA

-  Area di intervento
-  CP e-distribuzione
-  Percorso elettrodotto interrato
-  Reticolo Idrografico



	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

## 6. COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA


Con riferimento al Piano Stralcio "Difesa Alluvioni" il Progetto rientra nell'Area Retroarginale, denominata Area R.

Le norme di Attuazione del Piano Stralcio di Difesa dalla Alluvioni, ai sensi dell'art. 10, nell'area suddetta consentono la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico di trasporto o di servizi di competenza degli organi statali, regionali o degli altri enti territoriali a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali che possono aver luogo nelle fasce, costituendo ostacolo al deflusso, e non limitino la capacità di invaso.

Si ricorda che ai sensi dell'art. 12 co. 1 del D. Lgs 387/2003 "le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, autorizzate ai sensi del comma 3, sono di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti". Vale inoltre la pena sottolineare che l'opera in esame è temporanea (la durata di un impianto fotovoltaico si aggira intorno ai 25-30 anni), non prevede la concentrazione o la presenza continuata di persone ed essendo un'opera puntuale non costituisce un ostacolo né al deflusso né alla capacità di invaso del Fiume Volturno.

Le informazioni necessarie allo studio di compatibilità geomorfologica dell'area su cui sorgerà l'impianto fotovoltaico sono state desunte dalle relazioni e dagli elaborati grafici forniti dall'Autorità di Bacino Nazionale dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno.

È stata definita la sezione di chiusura del bacino idrografico del fiume Volturno ed è stata individuata la portata di piena, che attraversa tale sezione, associata a un periodo di ritorno  $T = 300$  anni. È stato inoltre individuato il tirante idrico massimo, valutato rispetto al livello del mare e rispetto al fondo dell'alveo, raggiunto dal fiume Volturno in corrispondenza di tale sezione, con riferimento all'evento straordinario di piena con periodo di ritorno  $T = 300$  anni. Si è proceduto infine a verificare che il tirante idrico, misurato rispetto al piano campagna in corrispondenza dell'area su cui sorgerà

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

l'impianto fotovoltaico, sia inferiore a 1,5 m (distanza minima da terra dei moduli fotovoltaici), di modo che l'impianto non costituisca un ostacolo al deflusso e non limiti la capacità di invaso (effetto di laminazione).

Il calcolo di tale tirante idrico è avvenuto ipotizzando una decrescita lineare dell'altezza del colmo dell'onda di piena dal fiume Volturno fino al canale Agnena

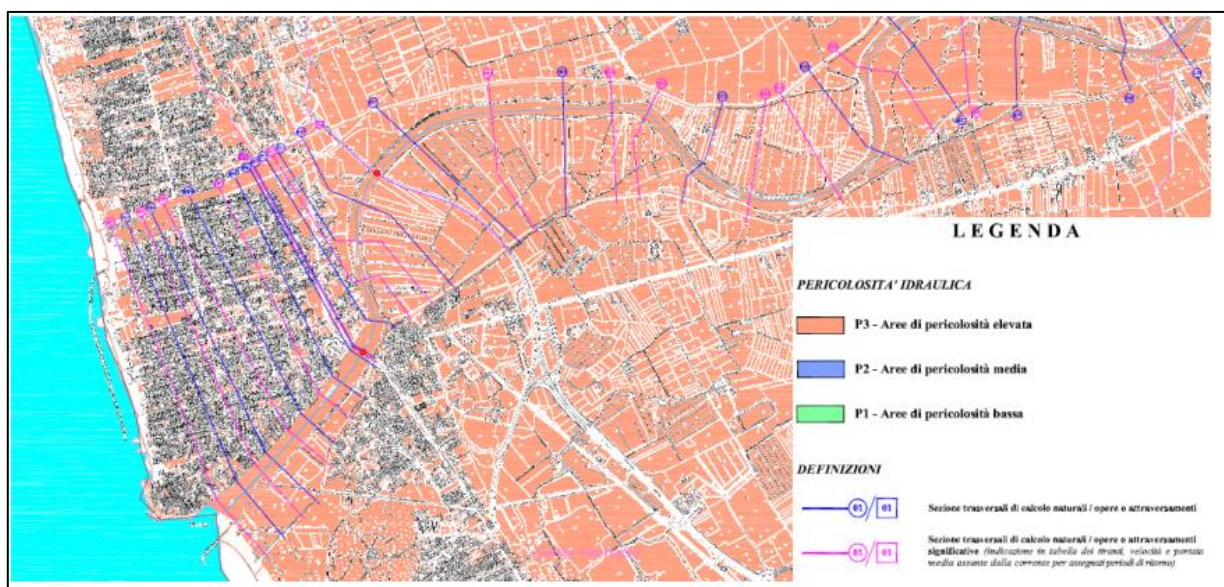
Il bacino idrografico del Volturno comprende i territori ricadenti nelle seguenti Regioni:

- Molise in provincia di Isernia; territorio attraversato dal fiume Volturno e dai suoi affluenti, di cui i principali indagati per il PGR, oltre al Volturno, sono: Vandra, Carpino/Cavaliere, Rava/San Bartolomeo;
- Campania in provincia di Avellino, Caserta, Benevento e per due comuni in provincia di Salerno; territorio attraversato dal fiume Volturno (BN e CE) dal suo principale affluente il Fiume Calore e dai suoi affluenti. Nel tratto che attraversa la Piana Campana, in particolare nel tratto da Capua a mare, il fiume Volturno scorre all'interno di due argini maestri realizzati al fine di impedire frequenti esondazioni. Esso sfocia nel mar Tirreno, nel territorio comunale di Castel Volturno. I principali corsi d'acqua indagati nell'ambito del PGR sono: Volturno (CE e BN) e Calore (AV e BN), Sava, Lete e Torano (CE), Titerno, Tammaro, Tammarecchia, Ienga e Lenta (BN), Isclero (AV e BN), Fiumarella, Fredane e Fenestrelle (AV), Ufita, Miscano, Serretelle e Sabato.

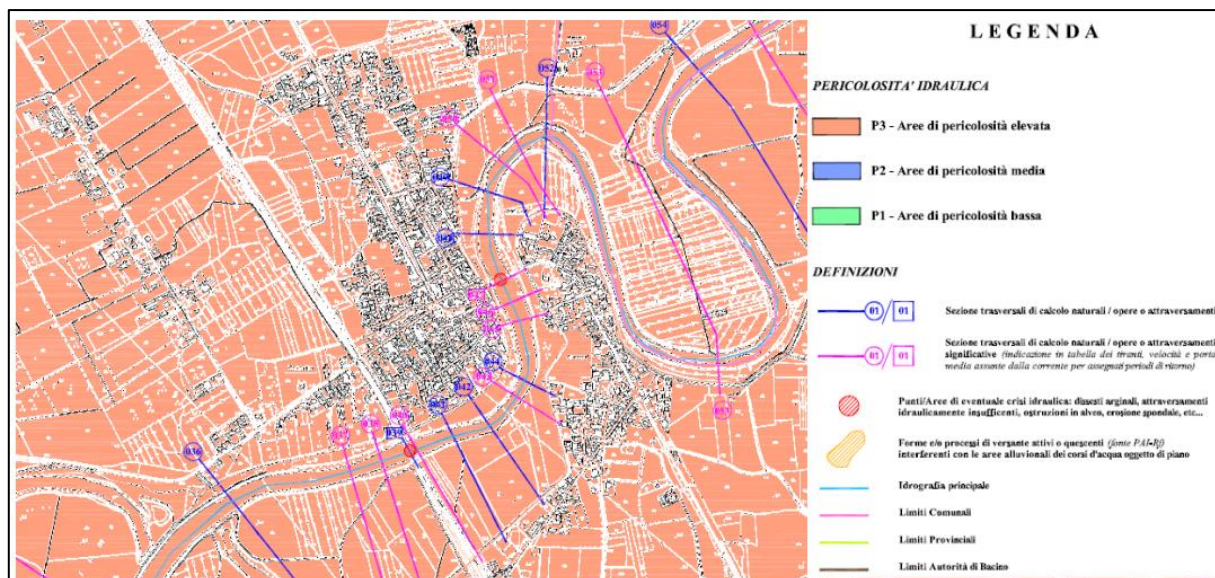
Il Volturno nasce dalle sorgenti di Capo Volturno nel comune di Rocchetta al Volturno e si sviluppa bagnando il territorio della Campania, anche se il suo bacino imbrifero completo interessa in minima parte anche le regioni Lazio, Abruzzo e Puglia. Il suo principale affluente, per superficie del bacino corrispondente e per portata fluente, è il fiume Calore Irpino, che si immette nelle acque del Volturno in corrispondenza del Comune di Castel Campagnano.

Il bacino idrografico del Volturno ha un'estensione di circa 5'842 km<sup>2</sup>. La parte di bacino considerata per lo studio di compatibilità geomorfologica è quella che ha sezione di chiusura passante per il comune di Castel Volturno (CE) e Canello ed Arnone (CE).

In particolare, si è fatto riferimento alla sezione n. 28 – Mappa della pericolosità idraulica – Tav. 06P per Castel Volturno e n. 50 Tav. 03P per cancello ed Arnone, fornito dall'Autorità di Bacino Nazionale dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno. Si riportano di seguito gli estratti di tali mappe.



Mappa della pericolosità idraulica – Tav. 06P – Campo FV A



Mappa della pericolosità idraulica – Tav. 03P – Campo FV B

Corso d'acqua	Sezione	Q [m <sup>3</sup> /s]	Y <sub>c</sub> [m s.l.m.]	Y <sub>v</sub> [m s.l.m.]	hm [m]	V <sub>ca</sub> [m/s]	V <sub>ca</sub> [m/s]	V <sub>ga</sub> [m/s]	V <sub>ga</sub> [m/s]
		Portata	Quota minima di fondo	Livello idrico assoluto	Tirante idrico rispetto al fondo alveo	Velocità media sezione	Velocità media alveo inciso	Velocità media golena destra	Velocità media golena sinistra
VOLTURNO (da Capua a Mare)	32	4500	-2.3	7.6	9.8	1.6	3.2	0.9	0.9
	28	4500	-1.9	6.7	8.6	1.3	2.4	0.8	1.1
	27	4500	-3.1	6.6	9.7	1.2	2.1	0.7	1.0
	26	4500	-2.6	6.4	9.0	1.5	2.9	1.0	1.1
	24	4500	-3.0	5.9	8.9	1.7	3.3	1.2	1.1
	23	4500	-4.7	5.8	10.4	1.7	3.0	1.2	1.2
	21	4500	-2.0	5.1	7.1	2.0	3.4	1.3	1.3
	20	4500	-5.1	4.9	10.0	1.9	3.7	1.2	1.4
	18	4500	-2.9	4.6	7.5	1.3	2.5	0.9	1.0
	16	4500	-3.6	4.5	8.1	1.0	2.0	0.8	0.8
	13	4500	-3.9	4.1	8.0	1.2	2.7	0.8	1.0
	10	4500	-5.2	3.2	8.4	2.0	3.9	1.0	1.1
	7	4500	-3.3	2.9	6.2	1.8	3.7	0.9	1.4
	5	4500	-2.7	2.6	5.3	1.4	3.0	0.9	1.2
3	4500	-2.4	2.5	4.9	1.2	2.6	0.8	1.2	
1	4500	-3.7	1.8	5.5	1.6	4.1	0.9	1.4	

Scenario alluvioni rare di estrema intensità con tempo di ritorno T=300 anni – Campo FV A

Da tale elaborato grafico si evince che la portata idrica del Volturno associata a un periodo di ritorno T = 300 anni che attraversa tale sezione è:

$$Q_T = 300 \text{ anni} = 4.500 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Sempre dall'elaborato sopra riportato si evince inoltre che il tirante idrico in corrispondenza di tale sezione, valutato rispetto al fondo dell'alveo e rispetto al livello del mare, vale:

$$h_T = 300 \text{ anni, fondo alveo} = 8,6 \text{ m}$$

$$h_T = 300 \text{ anni, dal livello del mare} = 6,7 \text{ m s.l.m.}$$

Corso d'acqua	Sezione	Q [m <sup>3</sup> /s]	Y <sub>o</sub> [m s.l.m.]	Y <sub>v</sub> [m s.l.m.]	hm [m]	V <sub>av</sub> [m/s]	V <sub>av</sub> [m/s]	V <sub>av</sub> [m/s]	V <sub>av</sub> [m/s]
		Portata	Quota minima di fondo	Livello idrico assoluto	Tirante idrico rispetto al fondo alveo	Velocità media sezione	Velocità media alveo in alto	Velocità media gola destra	Velocità media gola sinistra
VOLTURNO (da Capua a Mare)	65	4500	-0.8	15.1	15.9	0.7	1.6	0.6	0.4
	63	4500	1.2	14.4	13.2	1.8	3.2	1.1	1.0
	61	4500	1.4	14.0	12.6	1.7	3.2	1.1	1.1
	59	4500	1.1	13.8	12.7	1.5	2.7	1.0	0.9
	57	4500	0.6	13.7	13.1	1.1	2.0	0.7	0.8
	55	4500	0.2	13.6	13.4	0.9	1.8	0.7	0.7
	53	4500	-1.1	13.5	14.6	0.8	1.6	0.6	0.7
	51	4500	-1.5	13.3	14.8	1.4	2.5	1.1	1.0
	50	4500	-0.9	13.2	14.1	1.6	2.6	1.1	1.0
	47	4500	-0.9	12.1	13.0	3.0	3.2	1.0	0.7
	46	4500	-1.1	11.9	13.0	3.2	3.7	0.9	1.0
	45	4500	-0.4	11.6	11.9	3.7	4.3	1.1	1.2
	43	4500	-0.8	10.0	10.8	4.7	6.9	2.1	2.0
	40	4500	-1.5	9.8	11.3	3.1	4.8	1.5	1.1
	38	4500	-1.3	9.4	10.7	2.6	4.5	1.2	1.3
	37	4500	-1.2	9.4	10.6	2.2	4.4	1.2	1.3
	35	4500	-0.6	8.1	8.6	1.2	2.9	0.9	0.6
34	4500	-0.7	8.0	8.7	1.2	2.9	0.8	0.8	
32	4500	-2.3	7.6	9.8	1.6	3.2	0.9	0.9	

Scenario alluvioni rare di estrema intensità con tempo di ritorno T=300 anni – Campo FV B

Da tale elaborato grafico si evince che la portata idrica del Volturno associata a un periodo di ritorno T = 300 anni che attraversa tale sezione è:


$$Q_T = 300 \text{ anni} = 4.500 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Sempre dall'elaborato sopra riportato si evince inoltre che il tirante idrico in corrispondenza di tale sezione, valutato rispetto al fondo dell'alveo e rispetto al livello del mare, vale:

$$h_T = 300 \text{ anni, fondo alveo} = 14,1 \text{ m}$$

$$h_T = 300 \text{ anni, dal livello del mare} = 13,2 \text{ m s.l.m.}$$



	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

## 6.1. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA

Il tirante idrico in corrispondenza dell'impianto fotovoltaico è stato calcolato ipotizzando una decrescita lineare dell'altezza del colmo dell'onda di piena (avente periodo di ritorno  $T = 300$  anni), man mano che essa si allontana dal fiume, fino ad annullarsi in corrispondenza del canale Agnena, che scorre a nord del Volturno, il quale segna la fine delle aree inondabili. Si è assunto, inoltre, a vantaggio di sicurezza, che non ci sia alcun ostacolo alla propagazione dell'onda di piena. Attraverso un semplice calcolo geometrico viene determinato il tirante idrico misurato rispetto al piano campagna dell'area su cui sorgerà l'impianto fotovoltaico.

### CAMPO FV A – CASTEL VOLTURNO

Tale valore è stato ottenuto congiungendo il tirante idrico in corrispondenza della sezione n. 28 con il tirante idrico pari a zero in corrispondenza del canale Agnena.

L'impianto fotovoltaico si trova a circa 3,5 km dal fiume Volturno, mentre il canale Agnena, nel quale confluisce l'onda di piena straordinaria, si trova a 4,0 km circa dal fiume.


Visto che il tirante idrico in corrispondenza della sezione n. 28 valutato rispetto al livello del mare è pari a 6,7 m s.l.m., mentre la quota dell'argine nord in corrispondenza della medesima sezione è pari a 4,0 m s.l.m., il tirante idrico in corrispondenza di tale sezione rispetto al piano campagna si assume pari a 2,7 m. Pertanto, il tirante idrico misurato rispetto al piano campagna dell'area su cui sorgerà l'impianto fotovoltaico vale:

$$h_{T=300 \text{ anni, p.c. area impianto}} = (2,7 \text{ m} / 4.500 \text{ m}) \cdot (4.500 \text{ m} - 3.500 \text{ m}) = 0,6 \text{ m}$$

### CAMPO FV B – CANCELLO ED ARNONE

Tale valore è stato ottenuto congiungendo il tirante idrico in corrispondenza della sezione n. 50 con il tirante idrico pari a zero in corrispondenza del canale Agnena.



	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

L'impianto fotovoltaico si trova a circa 2,2 km dal fiume Volturno, mentre il canale Agnena, nel quale confluisce l'onda di piena straordinaria, si trova a 4,0 km circa dal fiume.

Visto che il tirante idrico in corrispondenza della sezione n. 50 valutato rispetto al livello del mare è pari a 13,2 m s.l.m., mentre la quota dell'argine nord in corrispondenza della medesima sezione è pari a 10,0 m s.l.m., il tirante idrico in corrispondenza di tale sezione rispetto al piano campagna si assume pari a 3,2 m. Pertanto, il tirante idrico misurato rispetto al piano campagna dell'area su cui sorgerà l'impianto fotovoltaico vale:


$$h_T = 300 \text{ anni, p.c. area impianto} = (3,2 \text{ m} / 4.000 \text{ m}) \cdot (4.000 \text{ m} - 2.200 \text{ m}) = 1,44 \text{ m}$$

*Poiché il tirante idrico misurato rispetto al piano campagna dell'area su cui sorgerà l'impianto fotovoltaico è inferiore a 1,5 m (distanza minima da terra dei moduli fotovoltaici), l'impianto fotovoltaico non costituisce un ostacolo al deflusso e non limita la capacità di invaso in quanto non produce alcun effetto di laminazione della piena straordinaria con periodo di ritorno  $T = 300$  anni.*

## 7. ANALISI IDROLOGICA

Per poter dimensionare in modo adeguato gli interventi idraulici da eseguire qualora se ne rendesse necessaria la realizzazione, risulta propedeutico lo studio idrologico delle aree al fine di conoscere le massime portate di piena, per preassegnati periodi di ritorno, in corrispondenza della sezione di chiusura individuata ai fini delle verifiche.

In conformità con i contenuti del P.S.D.A., la metodologia adottata nel presente studio per la valutazione delle massime portate di piena, fa riferimento a quella proposta nel Rapporto Valutazione delle Piene in Campania (VAPI) redatto a cura di Fabio Rossi e Paolo Villani dell'Unità Operativa 1.9 – Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Salerno del C.N.R./G.N.D.C.I.

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

## 7.1. METODO VAPI


### 7.1.1. Generalità

L'analisi idrologica dei valori estremi delle precipitazioni e delle piene in Campania è stata effettuata nel Rapporto VAPI Campania attraverso una metodologia di analisi regionale delle informazioni idrologiche, che si avvale di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni meteoriche, con un approccio di tipo probabilistico, che associa ad ogni valore della variabile idrologica di riferimento una probabilità che si verifichino eventi con valori superiori.

La valutazione della massima portata di piena in una data sezione della rete idrografica viene quindi effettuata in un contesto probabilistico, riferendosi ad un assegnato rischio di superamento in N anni, o al periodo di ritorno di T anni. Per cui non esiste un massimo assoluto della variabile di interesse, ma ad ogni suo valore viene associata una probabilità di superamento in un anno e, quindi un periodo di ritorno, T, inteso come numero medio di anni fra due superamenti successivi della variabile idrologica di interesse.

La metodologia probabilistica adottata nel rapporto VAPI è basata sull'uso della distribuzione di probabilità del valore estremo a doppia componente TCEV (Two Component Extreme Value), che interpreta gli eventi massimi annuali come risultato di una combinazione di due popolazioni distinte, di cui la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi, e la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma più intensi.

I diversi parametri del modello probabilistico vengono valutati a scale regionali differenti, attraverso una procedura di regionalizzazione gerarchica, in funzione dell'ordine statistico del parametro stesso. Indicando con Q il massimo annuale della portata al colmo e con T il periodo di ritorno, cioè l'intervallo di tempo durante il quale si accetta che l'evento di piena possa verificarsi

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

mediamente una volta, la massima portata di piena  $Q_T$  corrispondente al prefissato periodo di ritorno  $T$ , può essere valutata come:

$$Q_T = K_T \cdot m(Q)$$

dove:

- $m(Q)$  = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena (piena indice);
- $K_T$  = fattore probabilistico di crescita, pari al rapporto tra  $Q_T$  e la piena indice.

La legge di variazione di  $K_T$  con  $T$  si indica come legge di crescita con il periodo di ritorno.


Per quanto attiene alla valutazione del fattore probabilistico di crescita, il rapporto VAPI propone la formulazione riportata al paragrafo che segue. Per la valutazione di  $m(Q)$ , vengono invece indicate quattro differenti metodologie, due di tipo diretto, basate su formule monomie in cui la portata dipende essenzialmente dall'area del bacino, e due di tipo indiretto (la formula razionale e il modello geomorfoclimatico) in cui la piena indice viene valutata a partire dalle piogge e dipende in maniera più articolata dalle caratteristiche geomorfologiche del bacino (area, percentuale impermeabile, copertura boschiva).

### 7.1.2. Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il periodo di ritorno

#### Pioggie giornaliere

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della sottozona pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno  $T$  e valore del coefficiente di crescita  $K_T$ :

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 \cdot e^{-\eta k} - \Lambda_2 \cdot \Lambda_1^{1/\theta} \cdot e^{-\eta k \theta})} \quad (1)$$

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

I parametri ottenuti per l'intera regione Campania sono riportati in tabella.

Piogge	$\theta_s=2.536$	$\Lambda_s=0.224$	$\Lambda_1=37$	$\eta=4.909$
--------	------------------	-------------------	----------------	--------------

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della (1) per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita  $K_T$ . Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito, in tabella, i valori di  $K_T$  ottenuti numericamente dalla (1) per alcuni valori del periodo di ritorno.

T (anni)	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
$K_T$ (piogge)	0.87	1.16	1.38	1.64	2.03	2.36	2.71	3.17	3.53

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento ad una espressione semplificata del tipo:

$$K_T = \left( \frac{\theta_s \text{Ln} \Lambda_s}{\eta} + \frac{\text{Ln} \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_s}{\eta} \text{Ln} T \quad (2)$$

che, dati i valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV in Campania, diventa:


$$K_T = - 0.0373 + 0.517 \text{Ln} T \quad (3)$$

### **Portate istantanee al colmo di piena**

In riferimento alla (1), i parametri ottenuti per l'intera regione Campania sono riportati in tabella.

Portate	$\theta_s=2.634$	$\Lambda_s=0.350$	$\Lambda_1=13$	$\eta=3.901$
---------	------------------	-------------------	----------------	--------------

Si riportano di seguito, in tabella, i valori di  $K_T$  ottenuti numericamente dalla (2) per alcuni valori del periodo di ritorno.

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

<b>T (anni)</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
<b>K<sub>T</sub> (portate)</b>	<b>0.87</b>	<b>1.29</b>	<b>1.63</b>	<b>2.03</b>	<b>2.61</b>	<b>3.07</b>	<b>3.53</b>	<b>4.15</b>	<b>4.52</b>

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento ad una espressione semplificata del tipo:

$$K_T = \left( \frac{\theta \cdot \text{Ln} \Lambda}{\eta} + \frac{\text{Ln} \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta}{\eta} \text{Ln} T \quad (4)$$

che, dati i valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV in Campania, diventa:

$$K_T = - 0.0567 + 0.680 \text{ Ln } T \quad (5)$$

### 7.1.3. Stima del valore medio

#### **Piogge puntuali**

Le leggi di probabilità pluviometriche definiscono come varia la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia su una fissata durata  $d$ ,  $\mu[l(d)]$ , con la durata stessa.

Tali leggi devono essere strettamente monotone, in quanto mediamente l'intensità di pioggia media per una durata superiore deve essere necessariamente minore di quella per una durata inferiore. Inoltre, per una durata molto piccola devono raggiungere un valore finito, rappresentante al limite per  $d$  che tende a zero, la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea.

Per la Campania è stata adottata una espressione del tipo:

$$\mu[I(d)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta} \quad (6)$$

in cui d e dc vanno espressi in ore,  $\mu[I_0]$  e  $\mu[I(d)]$  in mm/ora e vale:

$$\beta = C - DZ$$

parametri delle (6) e (7) sono costanti all'interno di singole aree pluviometriche omogenee, e variano nel passare dall'una all'altra. I parametri delle (6) e (7) sono forniti in tabella.

Area omogenea	$\mu(I_0)$ (mm/ora)	$d_c$ (ore)	C	$D \cdot 10^5$
1	77.08	0.3661	0.7995	8.6077
2	83.75	0.3312	0.7031	7.7381
3	116.70	0.0976	0.736	8.73
4	78.61	0.3846	0.81	24.874
5	231.8	0.0508	0.8351	10.8
6	87.87	0.2205	0.7265	8.8476

Per identificare in quale area omogenea rientra il bacino in studio, si può fare riferimento alla corografia nell'immagine 10.



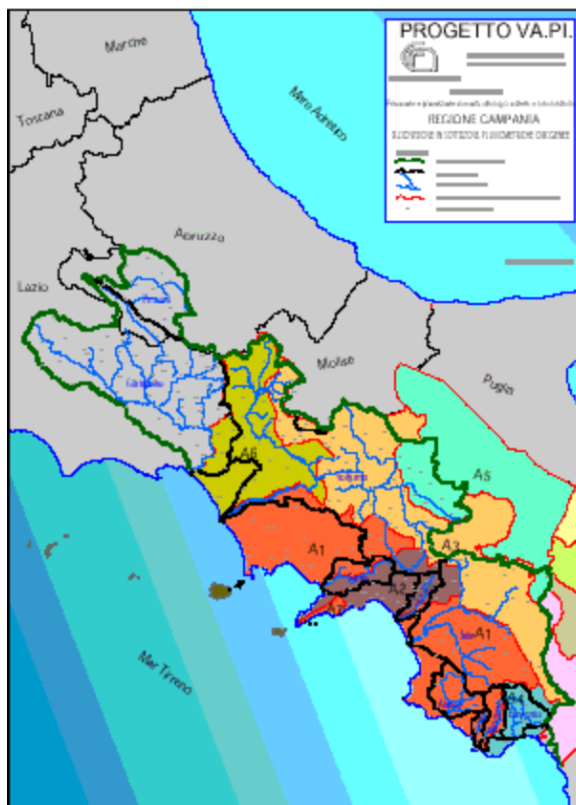



Immagine 10 – Aree omogenee progetto VA.PI CAMPANIA

I siti di intervento, ricadono nella Zona omogenea A1.

### **Piogge areali**

La valutazione della intensità di pioggia media sull'intero bacino (pioggia media areale) viene effettuata moltiplicando la (6) per il fattore di riduzione areale  $K_A$ :

$$K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3})$$

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

dove A è l'area del bacino, espressa in km<sup>2</sup>, d la durata della pioggia, espressa in ore, ed i coefficienti valgono:

$$C1 = 0.0021$$

$$C2 = 0.53$$

$$C3 = 0.25$$

in cui C3 non è ottenuto dai dati pluviometrici dell'area in studio, ma viene desunto da analoghe indagini condotte negli Stati Uniti.

### **Portata al colmo di piena istantanea**

Quando nella sezione terminale del bacino in studio esiste una stazione di misura idrometrica, la stima della piena media annua può essere effettuata direttamente sulla serie osservata dei massimi annuali al colmo di piena, essendo tale stima piuttosto affidabile non appena la serie osservata sia di lunghezza appena sufficiente (4-5 anni).

Nel caso più frequente in cui tali dati dovessero mancare del tutto, possono essere utilizzati diversi modelli per la stima indiretta della piena media annua; nel seguito ne vengono riportati i principali risultati applicativi introdotti nel rapporto VAPI.


### Regressione empirica

Tra le diverse formulazioni di tipo regressivo fra la piena media annua e le principali grandezze fisiche del bacino, per le sue prestazioni statistiche, valutate attraverso una tecnica di cross-validation, il rapporto VAPI propone la seguente relazione:

$$\mu(Q) = a \text{ Arid}^b$$

in cui con Arid si intende l'area del bacino ridotta delle sue parti carbonatiche con copertura boschiva, espressa in km<sup>2</sup>, mentre  $\mu(Q)$  è in m<sup>3</sup>/s, ed i parametri valgono:

$$a = 3.2160$$

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

b = 0.7154

### Modelli concettuali

L'area interessata è stata suddivisa in tre tipologie idrogeomorfologiche:

- A1, la superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco
- A2, la superficie non carbonatica del bacino;
- A3, la superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva

in ognuna delle quali vengono considerate costanti alcune delle grandezze utilizzate per l'analisi regionale della piena media annua utilizzando due diversi modelli concettuali, i cui risultati sono nel seguito sintetizzati:

### Formula razionale

Il modello razionale ha caratteristiche previsionali non molto inferiori a quelle di un modello concettuale più completo, che si espone in seguito, ma risulta di uso piuttosto agevole. In sintesi, tale modello si riassume nella seguente espressione:

$$\mu(Q) = C^* K_A(t_r) \mu[l(t_r)] A / 3.6 \quad (10)$$


in cui i parametri del modello, cioè il coefficiente di piena  $C^*$  ed il tempo di ritardo del bacino,  $t_r$ , possono essere valutati in base alle seguenti espressioni:

$$C^* = c_1 \cdot \left( \frac{A_1}{A} \right) + c_2 \cdot \frac{A_2}{A} \quad (11)$$

$$t_r = \frac{c_1 \cdot (A_1)}{C^* \cdot A} \cdot \frac{1,25}{3,6 \cdot c_1} \cdot \sqrt{A_1} + \frac{c_2 \cdot A_2}{C^* \cdot A} \cdot \frac{1,25}{3,6 \cdot c_2} \cdot \sqrt{A_2} \quad (12)$$

con:

$C^*1 = 0.29$

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

$$C^*2 = 0.36$$

$$C1 = 0.23 \text{ m/s}$$

$$C2 = 1.87 \text{ m/s}$$

Nelle (10) – (12) le aree sono in  $\text{km}^2$ ,  $t_r$  in ore,  $[I(t_r)]$  in  $\text{mm/ora}$  ed  $(Q)$  in  $\text{m}^3/\text{s}$ .

### Modello geomorfoclimatico

Il modello geomorfoclimatico è il modello i cui parametri possiedono maggiore significato fisico. In sintesi, tale modello conduce alla seguente espressione:

$$\mu(Q) = C_f S(d^*) K_\lambda(d^*) \mu[I(d^*)] A \quad (13)$$

in cui  $d^*$  è la durata critica delle precipitazioni sul bacino che dipende in maniera complessa sia dalle caratteristiche geomorfologiche della risposta del bacino, sia dalle caratteristiche climatiche delle precipitazioni intense sul bacino stesso:

in particolare, dipende dal tempo di ritardo del bacino,  $t_r$ ;  $C_f$  è il coefficiente di afflusso di piena del bacino, che tiene conto delle trasformazioni della pioggia totale precipitata sul bacino nell'aliquota netta efficace ai fini dei deflussi superficiali di piena: le perdite sono essenzialmente dovute all'infiltrazione e all'intercettazione da parte dell'apparato fogliare. Infine,  $S(d^*)$  è il coefficiente di attenuazione della portata al colmo di piena, che tiene conto delle attenuazioni indotte sul picco di piena dalla propagazione e laminazione dell'onda all'interno del reticolo dei canali.

La (13) può anche essere riscritta come:

$$\mu(Q) = C_f q K_\lambda(t_r) \mu[I(t_r)] A / 3.6 \quad (14)$$

in cui  $q$  è il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena e dipende in maniera complessa da tutti i parametri in gioco nel modello, ma che può essere valutato, in prima approssimazione, come:

$$q = \begin{cases} 0.60 & \text{se } 0.25 \leq n' = 1 + k_1 \cdot A \cdot \frac{\beta \cdot t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.45 \\ 0.65 & \text{se } 0.45 \leq n' = 1 + k_1 \cdot A \cdot \frac{\beta \cdot t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.65 \end{cases} \quad (15)$$

in cui  $b$  e  $d_c$  sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata, mentre  $k_1$  è un coefficiente numerico pari a:

$$k_1 = 1.44 \cdot 10^{-4}$$

se le aree sono in  $\text{km}^2$ , le durate in ore e le intensità di pioggia in  $\text{mm/ora}$ .

La (14) consente il calcolo della piena media annua, noti i valori dei parametri della legge di probabilità pluviometrica sul bacino, l'area del bacino ed i valori dei parametri della risposta del bacino, che sono il coefficiente di afflusso  $C_f$  ed il tempo di ritardo  $t_r$  del bacino, valutabili attraverso le seguenti espressioni:

$$C_f = C_n \cdot \left( \frac{A_1}{A} \right) + C_n \cdot \frac{A_2}{A} \quad (16)$$

$$t_r = \frac{C_n \cdot (A_1)}{C_f \cdot A} \cdot \frac{1,25}{3,6 \cdot c_1} \cdot \sqrt{A_1} + \frac{C_n \cdot A_2}{C_f \cdot A} \cdot \frac{1,25}{3,6 \cdot c_2} \cdot \sqrt{A_2} \quad (17)$$


in cui:

$$C_{f1} = 0.42$$

$$C_{f2} = 0.56$$

$$C_1 = 0.23 \text{ m/s}$$

$$C_2 = 1.87 \text{ m/s}$$

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

## 8. CALCOLO DELLA PORTATA

Le aree in cui ricadono i campo FV A e FV B, si estendono rispettivamente su una superficie di circa 0.38 km<sup>2</sup> e 0,80 km<sup>2</sup>, con quota media di 2 m s.l.m e 6 m s.l.m e sono circondati nelle aree adiacenti da una serie di canalizzazioni artificiali il cui compito è quello di drenare le acque meteoriche in occasioni di eventi meteorici significativi.

Le aree in particolare, che costituisce il bacino di scolo, ricadono nell'area 1 delle aree omogenee VAPI, ed in relazione a questa caratteristica, è stata valutata la curva di probabilità pluviometrica caratteristica del bacino stesso, i cui valori sono illustrati nelle seguenti tabelle:



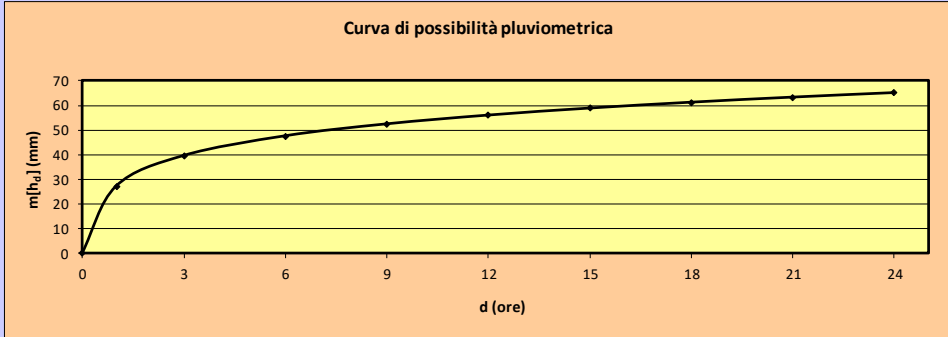

Caratteristiche Bacino											
Definire la sottozona omogenea di riferimento (2° livello di regionalizzazione)		Campania								ESEGUI	
Definire l'area di studio (3° livello di regionalizzazione)		Area 1								APRI IMMAGINE SZO	
Definire l'area e la quota del bacino idrografico											
A (Kmq) =	0,38	kmq	Si assume l'ipotesi che il fattore probabilistico di crescita sia costante al variare della durata.								
Z (m s.l.m.) =	2	m s.l.m.									
Calcolo del fattore di crescita											
d (ore)	0,25										
APRI PARAMETRI DISTRIBUZIONE		$\Gamma = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta K_T} - \Lambda_2 \Lambda_1^{1/\theta_2} e^{-\eta K_T / \theta_2})}$ Valida per tutti i compartimenti				$\Gamma = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 - \frac{k}{\alpha} (K_T - \varepsilon)\right]^{1/k}\right\}}$ Valida solo per Italia Nord Occidentale					
T (anni)	30										
K <sub>T</sub> (giornaliere)	1,79										
T (anni)	2	5	10	30	50	100	200	300	500	1000	
K <sub>T</sub> (giornaliere)	0,93	1,22	1,43	1,79	1,98	2,26	2,55	2,72	2,95	3,26	
Calcolo della pioggia indice											
Parametri	m(l <sub>0</sub> )(mm/ora)	d <sub>c</sub> (ore)	β(z)								
	77,78	0,3661	0,7993								
m(h <sub>d</sub> ) = (m(l <sub>0</sub> )/(1+d/d <sub>c</sub> ) <sup>β(z)</sup> )·d =		12,83	mm								
Calcolo del fattore di riduzione areale											
ARF [1] = 1 - e <sup>(-1.1d<sup>1/4</sup>)</sup> + e <sup>(-1.1d<sup>1/4</sup>-0.01A)</sup>		ARF [2] = 1 - (1 - e <sup>(-c<sub>1</sub>·A)</sup> ) · e <sup>(-c<sub>2</sub>·d<sup>c<sub>3</sub>)</sup></sup>				ARF [3] = a + (1 - a) · e <sup>(-b·A)</sup>					
Parametri	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>								
	0,0021	0,53	0,25								
ARF [2]	1,00										
Massima altezza di pioggia annuale											
T (anni)	30										
h <sub>d</sub> (T,d) (mm)	23,01										
T (anni)	2	5	10	30	50	100	200	300	500	1000	
h <sub>d</sub> (T,d) (mm)	11,91	15,62	18,34	23,01	25,42	28,93	32,67	34,93	37,83	41,82	
Curva di possibilità pluviometrica											
d (ore)	0	1	3	6	9	12	15	18	21	24	
m[h <sub>d</sub> ] (mm)	0,00	27,15	39,61	47,60	52,44	56,00	58,84	61,23	63,30	65,13	
											

Immagine 11 – Curva possibilità pluviometrica – Campo FV A

Caratteristiche Bacino										
Definire la sottozona omogenea di riferimento (2° livello di regionalizzazione)		Campania							ESEGUI	
Definire l'area di studio (3° livello di regionalizzazione)		Area 1							APRI IMMAGINE SZO	
Definire l'area e la quota del bacino idrografico										
A (Km <sup>2</sup> ) =	1,1	km <sup>2</sup>	Si assume l'ipotesi che il fattore probabilistico di crescita sia costante al variare della durata.							
Z (m s.l.m.) =	6	m s.l.m.								
Calcolo del fattore di crescita										
d (ore)	0,25									
APRI PARAMETRI DISTRIBUZIONE		$T = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta K_T} - \Lambda_2 \Lambda_1^{1/\theta_2} e^{-\eta K_T / \theta_2})}$ Valida per tutti i compartimenti					$T = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 - \frac{k}{\alpha} (K_T - \varepsilon)\right]^{1/k}\right\}}$ Valida solo per Italia Nord Occidentale			
T (anni)	30									
K <sub>T</sub> (giornaliere)	1,79									
T (anni)	2	5	10	30	50	100	200	300	500	1000
K <sub>T</sub> (giornaliere)	0,93	1,22	1,43	1,79	1,98	2,26	2,55	2,72	2,95	3,26
Calcolo della pioggia indice										
Parametri	m(l <sub>0</sub> )(mm/ora)	d <sub>c</sub> (ore)	β(Z)							
	77,78	0,3661	0,7990							
m(h <sub>d</sub> ) = (m(l <sub>0</sub> )/(1+d/d <sub>c</sub> ) <sup>β(Z)</sup> )·d =	12,83	mm								
Calcolo del fattore di riduzione areale										
ARF [1] = 1 - e <sup>(-1.1d<sup>1/4</sup>)</sup> + e <sup>(-1.1d<sup>1/4</sup>-0.01A)</sup>			ARF [2] = 1 - (1 - e <sup>(-c<sub>1</sub>·A)</sup> ) · e <sup>(-c<sub>2</sub>·d<sup>c<sub>3</sub>)</sup></sup>			ARF [3] = a + (1 - a) · e <sup>(-b·A)</sup>				
Parametri	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>							
	0,0021	0,53	0,25							
ARF [2]	1,00									
Massima altezza di pioggia annuale										
T (anni)	30									
h <sub>a</sub> (T,d) (mm)	22,99									
T (anni)	2	5	10	30	50	100	200	300	500	1000
h <sub>a</sub> (T,d) (mm)	11,90	15,61	18,32	22,99	25,39	28,90	32,64	34,90	37,80	41,78
Curva di possibilità pluviometrica										
d (ore)	0	1	3	6	9	12	15	18	21	24
m(h <sub>d</sub> ) (mm)	0,00	27,16	39,64	47,65	52,50	56,07	58,92	61,31	63,38	65,22
<p style="text-align: center;"><b>Curva di possibilità pluviometrica</b></p>										

Immagine 11 – Curva possibilità pluviometrica – Campo FV B

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021


La determinazione della portata di piena è stata effettuata utilizzando il metodo razionale, i cui calcoli, illustrati nella immagine seguente, hanno condotto ad un valore di Q pari a 9.71 m<sup>3</sup>/s per il campo FV A e di 16,48 m<sup>3</sup>/s per il campo FV B per un periodo di ritorno T pari a 30 anni.

I valori di portata così stimati (fissato periodo di ritorno) saranno utilizzati, se necessario, per le verifiche idrauliche delle sezioni d'interesse lungo i tratti del reticolo idrografico interferito dalle opere di progetto.

Caratteristiche Bacino																					
Definire la sottozona omogenea di riferimento (2° livello di regionalizzazione)				Campania				ESEGUI													
Definire l'area di studio (3° livello di regionalizzazione)				Campania - intero territorio				APRI IMMAGINE SZO													
Definire l'area, la quota e la lunghezza dell'asta principale del bacino idrografico																					
A (Kmq) =				0,38		kmq															
Z (m s.l.m.) =				2		m s.l.m.															
L <sub>ap</sub> (Km) =				1,9		Km															
Calcolo del tempo di corrvazione																					
$T_c [1] = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L_{ap}}{0.8\sqrt{Z}}$ Formula di Giandotti				$T_c [2] = 0.35\sqrt{A}$																	
T <sub>c</sub> [1] (ore) =				5																	
Calcolo del fattore di crescita																					
APRI PARAMETRI DISTRIBUZIONE				$T = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\Lambda_2 K_T} - \Lambda_3 \Lambda_1^{1/\theta} e^{-\Lambda_4 K_T / \theta})}$ Valida per tutti i compartimenti				$T = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 - \frac{k}{\alpha}(K_T - \varepsilon)\right]^{1/k}\right\}}$ Valida solo per Italia Nord Occidentale													
T (anni)				30																	
K <sub>T</sub>				2,27																	
T (anni)				5		10		30		50		100		200		300		500		1000	
K <sub>T</sub>				1,29		1,63		2,27		2,60		3,06		3,53		3,80		4,14		4,61	
Piena media annua																					
Definire il metodo di calcolo della piena indice				Metodo razionale																	
Calcolo del coefficiente di piena/afflusso/deflusso																					
$C_{(f)}^{(*)}[1] = C_{(f)1}^{(*)} \frac{A_1}{A} + C_{(f)2}^{(*)} \frac{A_2}{A}$				$C^*[2] = 0.09 + 0.47(1 - p.p.)$				$\psi = \frac{9.25}{p.p.}$													
Parametri		A <sub>1</sub> (Kmq)		A <sub>2</sub> (Kmq)		C <sub>1</sub> <sup>*</sup>		C <sub>2</sub> <sup>*</sup>													
		0,00		0,38		0,29		0,36													
C* [1] (Coefficiente di piena) =				0,361																	
Calcolo del tempo di ritardo																					
$T_r [1] = \frac{C_{(t)1}^{(*)} \cdot A_1 \cdot 1.25\sqrt{A_1}}{C_{(t)1}^{(*)} \cdot A \cdot 3.6 \cdot c_1} + \frac{C_{(t)2}^{(*)} \cdot A_2 \cdot 1.25\sqrt{A_2}}{C_{(t)2}^{(*)} \cdot A \cdot 3.6 \cdot c_2}$				$T_r [2] = 0.26 \cdot L_{ap}^{0.82} \cdot i_{media}^{-0.20} \cdot (1 + S)^{0.13}$				$T_r [3] = 0.344\sqrt{A}$													
Parametri		c <sub>1</sub> (m/s)		c <sub>2</sub> (m/s)																	
		0,23		1,87																	
T <sub>r</sub> [1] (ore) =				0																	
Calcolo della piena indice																					
Parametri		m[h(T <sub>r</sub> )](mm)		K <sub>A</sub> (T <sub>r</sub> )																	
		12,83		1,00																	
m(Q) = [C*·K <sub>A</sub> (T <sub>r</sub> )·m[h(T <sub>r</sub> )]·A]/3.6 =				4,27		mc/s															
Portate al Colmo di Piena																					
T (anni)				30																	
Q (mc/s)				9,71																	
T (anni)				5		10		30		50		100		200		300		500		1000	
Q (mc/s)				5,50		6,97		9,71		11,11		13,08		15,07		16,24		17,71		19,71	

Caratteristiche Bacino									
Definire la sottozona omogenea di riferimento (2° livello di regionalizzazione)		Campania						ESEGUI	
Definire l'area di studio (3° livello di regionalizzazione)		Campania - intero territorio						APRI IMMAGINE SZO	
Definire l'area, la quota e la lunghezza dell'asta principale del bacino idrografico		Note							
A (Kmq) =	1,1	kmq							
Z (m s.l.m.) =	6	m s.l.m.							
L <sub>ap</sub> (Km) =	1,7	Km							
Calcolo del tempo di corrvazione									
$T_c [1] = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L_{ap}}{0.8\sqrt{Z}}$ Formula di Giandotti		$T_c [2] = 0.35\sqrt{A}$							
T <sub>c</sub> [1] (ore) =	3								
Calcolo del fattore di crescita									
APRI PARAMETRI DISTRIBUZIONE		$T = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-K_T t} - \Lambda_2 \Lambda_1^{1/b_1} e^{-\Lambda_1^{1/b_1} t})}$ Valida per tutti i compartimenti				$T = \frac{1}{1 - \exp\left[-\left(1 - \frac{k}{\alpha}(K_T - \epsilon)\right)^{1/k}\right]}$ Valida solo per Italia Nord Occidentale			
T (anni)	30								
K <sub>T</sub>	2,27								
T (anni)	5	10	30	50	100	200	300	500	1000
K <sub>T</sub>	1,29	1,63	2,27	2,60	3,06	3,53	3,80	4,14	4,61
Piena media annua									
Definire il metodo di calcolo della piena indice		Metodo razionale							
Calcolo del coefficiente di piena/afflusso/deflusso									
$C_{(f)}^{(*)} [1] = C_{(f)1}^{(*)} \frac{A_1}{A} + C_{(f)2}^{(*)} \frac{A_2}{A}$		$C^* [2] = 0.09 + 0.47(1 - p.p.)$				$\Psi = \frac{9.25}{p.p.}$			
Parametri	A <sub>1</sub> (Kmq)	A <sub>2</sub> (Kmq)	C <sub>1</sub> *	C <sub>2</sub> *					
	0,00	1,10	0,29	0,36					
C* [1] (Coefficiente di piena) =	0,360								
Calcolo del tempo di ritardo									
$T_r [1] = \frac{C_{(f)1}^{(*)} \cdot A_1 \cdot 1.25\sqrt{A_1} + C_{(f)2}^{(*)} \cdot A_2 \cdot 1.25\sqrt{A_2}}{C_{(f)}^{(*)} \cdot A \cdot 3.6 \cdot c_1} + \frac{C_{(f)2}^{(*)} \cdot A_2 \cdot 1.25\sqrt{A_2}}{C_{(f)}^{(*)} \cdot A \cdot 3.6 \cdot c_2}$		$T_r [2] = 0.26 \cdot L_{ap}^{0.82} \cdot i_{media}^{-0.20} \cdot (1 + S)^{0.13}$				$T_r [3] = 0.344\sqrt{A}$			
Parametri	c <sub>1</sub> (m/s)	c <sub>2</sub> (m/s)							
	0,23	1,87							
T <sub>r</sub> [1] (ore) =	0								
Calcolo della piena indice									
Parametri	m[h(T <sub>r</sub> )](mm)	K <sub>A</sub> (T <sub>r</sub> )							
	12,83	1,00							
m(Q) = (C*·K <sub>A</sub> (T <sub>r</sub> )·m[h(T <sub>r</sub> )]·A)/3.6 =	7,26	mc/s							
Portate al Colmo di Piena									
T (anni)	30								
Q (mc/s)	16,48								
T (anni)	5	10	30	50	100	200	300	500	1000
Q (mc/s)	9,35	11,83	16,48	18,87	22,21	25,59	27,57	30,07	33,47

Immagine 12 – Calcolo portata di piena – Campo FV B

	Relazione idrogeologica, idrologica ed idraulica	Codice Elaborato: C_025027_DEF_RS_02
	Progettazione di un impianto agro-fotovoltaico di potenza complessiva di 11.959 KW e di tutte le opere ed infrastrutture connesse, nei comuni di Castel Volturno e Canello ed Arnone	Data: 10/2021

## 9. VERIFICA DELLA PORTATA DI PROGETTO

L'impianto fotovoltaico si compone di strutture del tipo tracker monoassiali ad inseguimento solare, sollevate dal piano campagna, infisse puntualmente a terra. Di conseguenza, l'impianto fotovoltaico non potrà comportare una modifica dell'uso del suolo e dunque del coefficiente di deflusso, se non in piccolissima parte. Durante la manifestazione di un evento meteorico, le acque, in caduta sull'area dell'impianto fotovoltaico, defluiranno sulla superficie del generico pannello e raggiungeranno il terreno. Ciò detto, è possibile ritenere che la realizzazione del Progetto non influirà sull'attuale regime idrologico dell'area e dunque non si ritiene necessario prevedere delle specifiche opere per lo smaltimento delle acque di pioggia.

La cabina di consegna è un manufatto prefabbricato di modeste dimensioni, pertanto puntuale, non capace di influire sul regime idrologico dell'area. Non si ritiene, dunque, prevedere delle specifiche opere di smaltimento delle acque di pioggia.

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 o canalizzazioni artificiali presenti nelle aree adiacenti all'impianto.