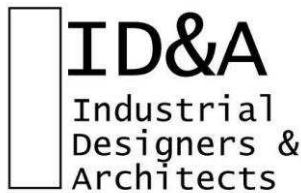


ID&A

industrial designers & architects

Progettista



Industrial Designers and Architects S.r.l.
via Cadore, 45
20038 Seregno (MB)
p.iva 07242770969
PEC ideaplan@pec.it mail info@ideaplan.biz



Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato ecocompatibile da 32,375 MW con sistema di accumulo da 2 MW denominato "Falco" a Cerami 94010 (EN)

Studio impatto ambientale

Relazione tecnica idraulica illustrativa

Revisione

n.	data	aggiornamenti
1		
2		
3		

Elaborato

RS 06 SIA

0115 A0

nome file

	data	nome	firma
redatto	14.03.2024	Parla	
verificato	14.03.2024	Falzone	
approvato	15.03.2024	Speciale	

DATA 26.09.2023

SOMMARIO

1 - PREMESSE	3
2. – LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	3
3 – DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO	7
4 – STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE E NORME DI ATTUAZIONE	10
5 – CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	14
6 - VERIFICHE IDROGEOLOGICHE ED IDRAULICHE	16
7 - INTERVENTI DI PROTEZIONE SPONDALE BASATI SU TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA	24
8 – REALIZZAZIONE DEGLI INVASI ARTIFICIALI DI LAMINAZIONE	27
8.1 Criteri Generali di Progettazione	27
8.2 Descrizione dei lavori previsti in Progetto	29
8.3 Realizzazione dell’opera di sbarramento e di drenaggio	Errore. Il segnalibro non è definito.
9 - VASCHE DI PRIMA PIOGGIA E REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE	32
9.1 Dati di Progetto	33
9.2 Dimensionamento dei manufatti	33
9.3 Caratteristiche costruttive	35
10 - EFFETTI INDOTTI DAL PROGETTO COMPLESSIVO	36
11 – TECNICHE DI POSA DEI CAVIDOTTI IN CORRISPONDENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTI IDRICI	42
12 – TECNICHE DI TRIVELLAZIONE NO-DIG	43
13 - CONCLUSIONI	51

1 - PREMESSE

La presente Relazione è relativa al progetto di un impianto fotovoltaico di taglia industriale denominato “Falco” da realizzarsi nel territorio del Comune di Cerami (EN).

L’impianto in progetto prevede l’installazione a terra su un lotto di terreno di estensione pari a 768.949 m², di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 630 Wp.

I pannelli, in virtù della particolare conformazione morfologica del territorio, saranno montati, in configurazione bifilare, sia su strutture ad inseguimento (tracker), asse di rotazione Nord-Sud con inclinazione Est-Ovest compresa tra +/- 45°, sia su strutture fisse, con angolo di tilt pari a 25°.

Il progetto prevede complessivamente 52.910 moduli occupanti una superficie di circa 147.253 m², per una potenza compl

essiva installata di circa 34,965 MWp lato DC, di moduli fotovoltaici, collegati a 185 inverter DC/AC da 175 kW cadauno per una potenza nominale di picco complessiva del campo lato AC di 32,375 MWp.

Il totale dei pannelli posizionati sarà pari a n. 52.910, di cui:

- 50.440 posizionati su trackers, con asse N-S e tilt +/- 45°. Il pitch sarà di 8,25 m con un corridoio tra i trackers di 3,28 m per il tilt a 0° - Pot. 35,07 MW;
- 2.470 posizionati su strutture fisse, tilt 25°. Il pitch sarà 7,40 m con un corridoio tra le tavole di 3,00 m Pot. 5,04 MW.

La potenza di connessione da STMG sarà quindi pari a 34,375 MW. L’impianto sarà corredato di 185 inverter da 175 kW, 8 cabine AT/BT 0,8/36 kV/kV da 4000 kVA collegate tra loro in entra-esce, una stazione di consegna MT per Servizi Ausiliari da 500 kW, ed una control room.

La Soluzione Tecnica Minima Generale elaborata da Terna prevede che la centrale interna al campo venga collegata in antenna a 150 kV con la stazione di smistamento 150 kV RTN denominata “Mi-stretta”, inserita in entra-esce alla linea RTN 150 kV “Castel di Lucio – Troina”.

Per le modalità di scambio di energia fra la rete in AT e l’impianto fotovoltaico, la potenza massima di progetto conferibile in rete pubblica richiesta è pari a 34,375 MW.

2. LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

I terreni, sui quali sarà costruito l’impianto agrivoltaico in progetto, ricadono dal punto di vista cartografico:

- nella I.G.M. nel Foglio n° 261 III N.O. “Cerami;
- nella C.T.R. nella Sezione 623020 “Schino della Croce”;
- nella Cartografia del Catasto Terreni, l’area di impianto rientra nel territorio del Comune Cerami (EN), nel Foglio di Mappa N° 9.

I terreni, sui quali sarà costruito l'impianto agrivoltaico in progetto, ricadono nella località Sciascia con coordinate (WGS84) latitudine 37°47'18.85"N, longitudine 14°27'45.27"E e altitudine compresa tra 780 e 650 m s.l.m.

Nella Cartografia del Catasto Terreni l'area di impianto è compresa nel Foglio 9 del Comune di Cerami (EN). Le particelle interessate sono distinte nella tabella sotto riportata, insieme all'estensione dei terreni indicata in m²:

Comune	PARTICELLE				SUPERFICI					REDDITO		Superficie in m ²	Superficie Totale Catastale in m ²
	Foglio	Part.	Sub.	Porzione	Ha	are	ca	Qualità	Classe	Dominicale	Agrario		
Cerami	9	404	4	--	00	02	94	ENTE URBANO	--	--	--	294	294
		9	--	--	00	01	10	FABB DIRUTO	--	--	--	110	110
		11	--	--	03	09	08	SEMINATIVO	3	€ 111,74	€ 28,73	30908	30908
		12	--	--	00	00	54	SEMINATIVO	3	€ 0,20	€ 0,05	54	54
		18	--	--	00	76	50	SEMINATIVO	3	€ 27,66	€ 7,11	7650	7650
		174	--	--	12	40	15	SEMINATIVO	3	€ 448,34	€ 115,29	124015	124015
		176	AA	15	25	71	SEMINATIVO	3	€ 551,57	€ 141,83	152571	184370	
			AB	03	17	99	PASCOLO	3	€ 24,63	€ 11,50	31799		
		178	--	--	00	00	90	SEMINATIVO	3	€ 0,33	€ 0,08	90	90
		182	AA	00	70	30	SEMINATIVO	2	€ 34,49	€ 7,26	7030	18880	
			AB	01	18	50	PASCOLO	3	€ 9,18	€ 4,28	11850		
		185	--	--	00	00	70	FABB DIRUTO	--	--	--	70	70
		281	AA	00	64	51	PASCOLO	3	€ 5,00	€ 2,33	6451	40451	
			AB	03	40	00	PASCOLO ARB	U	€ 61,46	€ 15,80	34000		
		179	AA	00	32	36	SEMINATIVO	2	€ 15,88	€ 3,34	3236	3520	
			AB	00	02	84	PASCOLO ARB	U	€ 0,51	€ 0,13	284		
		180	--	--	00	48	70	PASCOLO ARB	U	€ 8,80	€ 2,26	4870	4870
		184	AA	00	20	22	SEMINATIVO	2	€ 9,92	€ 2,09	2022	6370	
			AB	00	43	48	PASCOLO	3	€ 3,37	€ 1,57	4348		
		190	--	--	00	00	54	FABB DIRUTO	--	--	--	54	54
		241	AA	00	37	30	VIGNETO	U	€ 22,15	€ 11,56	3730	5230	
			AB	00	15	00	PASCOLO ARB	U	€ 2,71	€ 0,70	1500		
		297	AA	03	32	61	SEMINATIVO	3	€ 120,25	€ 30,92	33261	35580	
			AB	00	23	19	PASCOLO	3	€ 1,80	€ 0,84	2319		
		298	AA	00	09	48	SEMINATIVO	2	€ 4,65	€ 0,98	948	1370	
			AB	00	04	22	PASCOLO	3	€ 0,33	€ 0,15	422		
		181	AA	00	03	19	SEMINATIVO	3	€ 1,15	€ 0,30	319	995	
			AB	00	06	76	PASCOLO	3	€ 0,52	€ 0,24	676		
		183	--	--	00	02	30	PASCOLO	3	€ 0,18	€ 0,08	230	230
		175	--	--	11	02	14	SEMINATIVO	3	€ 398,45	€ 102,46	110214	110214
		422	AA	09	61	81	SEMINATIVO	3	€ 347,71	€ 89,41	96181	108706	
			AB	00	79	51	ULIVETO	U	€ 41,06	€ 22,58	7951		
AC	00		45	74	PASCOLO ARB	U	€ 8,27	€ 2,13	4574				
356	--	--	07	38	68	SEMINATIVO	3	€ 267,05	€ 68,67	73868	73868		
14	--	--	00	67	30	SEMINATIVO	3	€ 24,33	€ 6,26	6730	6730		
46	--	--	00	41	80	SEMINATIVO	3	€ 15,11	€ 3,89	4180	4180		
186	AA	00	00	06	PASCOLO	3	€ 0,01	€ 0,01	6	60			
	AB	00	00	54	FABB DIRUTO	--	--	--	54				
189	--	--	00	00	80	FABB DIRUTO	--	--	--	80	80		
Superficie Totale Catastale in m²											768949	768949	

Per effettuare una localizzazione univoca dei terreni sui quali insiste il campo fotovoltaico, di seguito si riportano le cartografie riguardanti:

- localizzazione dell'area del campo agrivoltaico su ortofoto (figura 1);
- localizzazione dell'area del campo agrivoltaico su catastale (figura 2);

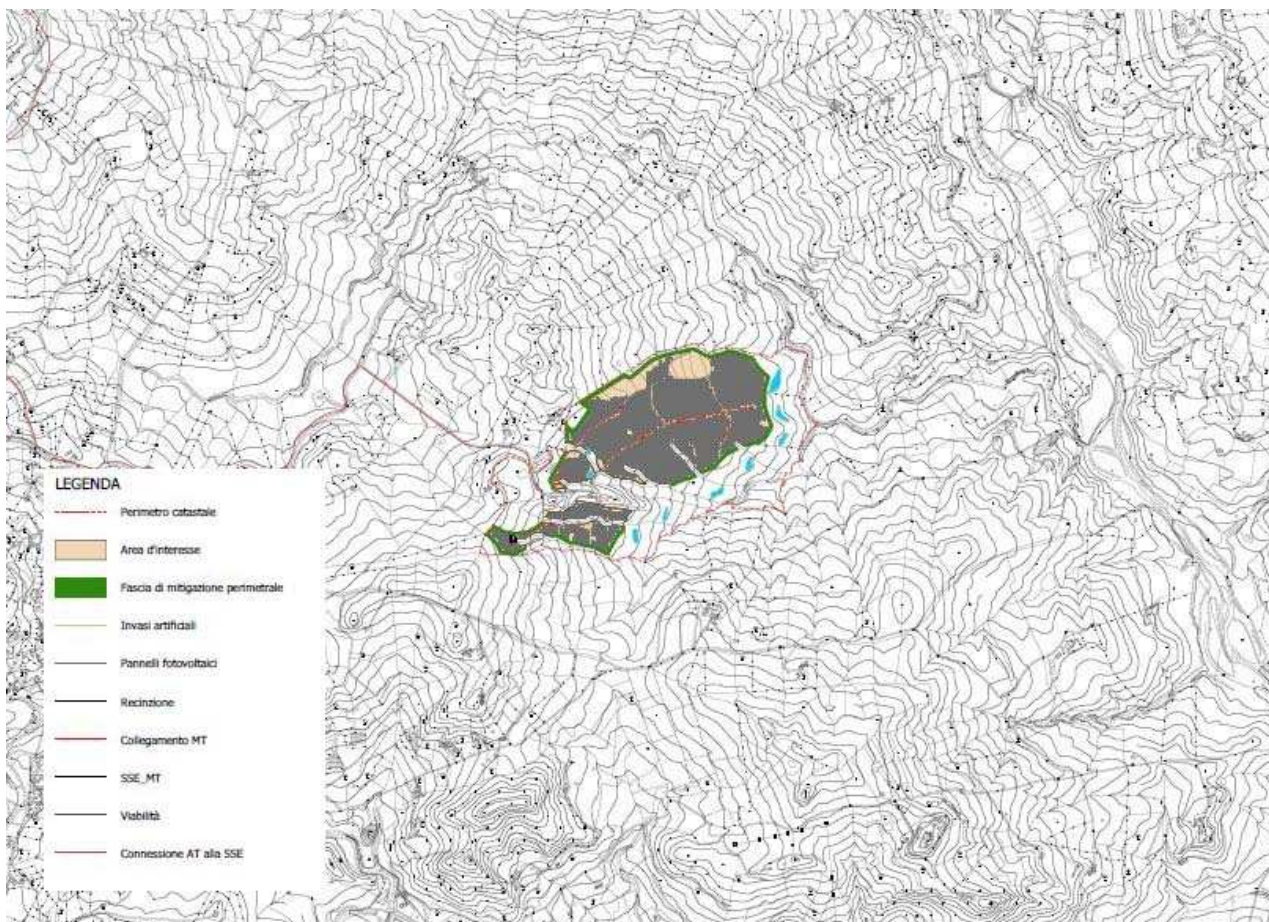


Figura 3 - Inquadramento dell'impianto su CTR

I terreni non sono oggetto di vincolo naturalistico in quanto non ricadenti né in zona SIC/ZSC né in zona ZPS, secondo quanto si evince dal Piano di Gestione Siti di Importanza Comunitaria, Rete Natura 2000, Regione Sicilia.

Di seguito si elencano le zone SIC/ZSC e ZPS più prossime e al di fuori campo agrivoltaico, riportando il codice del sito, la tipologia, il nome del sito, la distanza e l'orientamento rispetto al campo agrivoltaico:

Codice del Sito	Tipologia di Sito	Nome del Sito	Distanza dal Campo agrivoltaico	Orientamento rispetto al Campo agrivoltaico
ITA030043	ZPS	Monti Nebrodi	5,4 km	Nord-Est

ITA060006	ZSC	Monte Sambughetti, Monte Campanito	6,5 km	Nord-Ovest
ITA060008	ZSC	Contrada Giammaiano	5,7 km	Nord-Est

3 – DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO

L’impianto, denominato “Impianto Agrivoltaico Integrato Ecocompatibile “Falco”, classificato come “Impianto non integrato” di tipo agrivoltaico integrato ed ecocompatibile, verrà realizzato a terra nel territorio comunale di Cerami (EN) nei terreni regolarmente censiti al Catasto, come si evince da Piano Particolare allegato. L’impianto è di tipo *grid-connected* e la modalità di connessione è in “Trifase in ALTA TENSIONE 36kV”.

La potenza dell’impianto sarà di 34.375 kWp. La produzione di energia annua stimata è pari a 56.952,333 MWh e deriva da 52.910 moduli occupanti una superficie massima di circa 147.253 m². Catastalmente la superficie risulta essere di 768.949 m².

Il parco fotovoltaico, oggetto della presente relazione, sarà costituito da 8 sottocampi ciascun di potenza pari a circa 4000 kWp (identificati con un numero nell’intervallo da 1 a 8 nel layout generale), di cui 7 sottocampi realizzati da un numero di 23 inverter da 175 kWac effettivi collegati in parallelo e n. 1 sottocampo realizzato con n. 24 inverter da 175 kWac. Ad ogni inverter da 175 kWac verranno collegate 12 stringhe in parallelo ed ogni stringa sarà formata da 25 moduli collegati in serie da 630 Wp in monocristallino.

Gli inverter di ciascun sottocampo, appartenenti alla stessa area, saranno collegati ad un quadro di parallelo posto all’interno di un box cabina di trasformazione, in cui sarà presente un trasformatore in resina (tipicamente da 4000 kVA) 0,8/36 kV/kV che innalzerà la tensione da 800 V a 36 kV. Tali sottocampi saranno reciprocamente ed elettricamente collegati da un sistema di distribuzione ramificato in AT 36kV in entra-esce.

La cabina da cui si dipartirà la linea AT verso la Sotto Stazione Elettrica della RTN avrà collegato in sbarra il sistema di accumulo (BESS) di potenza 2,0 MW con capacità di accumulo pari a 8,0 MWh che sarà collegato alla rete AT attraverso un sistema di conversione e trasformazione costituito da inverter microgrid da 2,0 MVA e trasformatore da 2000 kVA 0,8/36kV/kV. Le batterie del sistema di accumulo saranno collocate all’interno di un container allestito appositamente per lo stoccaggio di batterie ad accumulo elettrolitico di tipo LiPO4 tramite sistema antincendio, impianto di raffreddamento e controllo. Inverter e Trasformatore con relativi quadri di manovra e sezionamento saranno posizionati all’interno di apposita cabina prefabbricata tipo MT/BT nelle immediate vicinanze del container.

Per le modalità di scambio di energia fra la rete in AT e l'impianto, la potenza massima di progetto conferibile in rete pubblica richiesta è pari a 34,375 MW.

Gli impianti ed opere elettriche da eseguire sono quelli sinteticamente sotto raggruppati:

- impianto elettrico di ciascun sottocampo per la produzione di energia elettrica;
- rete di distribuzione AT in cavo per la connessione dei blocchi di cabine costituenti il parco;
- collegamento elettrico AT tra l'impianto e la Sotto Stazione Elettrica di Terna SpA

L'impianto agrivoltaico in progetto prevede l'installazione a terra, su terreno di estensione totale pari a 768.949 m², di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 630 Wp.

I pannelli fotovoltaici hanno dimensioni 2.465 x 1.134 mm, incapsulati in una cornice di alluminio anodizzato dello spessore di 35 mm, per un peso totale di 30,6 kg ognuno.

I pannelli saranno montati, in relazione alla morfologia del terreno, sia su strutture a inseguimento monoassiale (tracker) sia su strutture fisse a terra, entrambi in configurazione bifilare.

I trackers, su cui sono montati i pannelli, sono realizzati in acciaio al carbonio galvanizzato, resistente alla corrosione, e sono mossi da un motorino magnetico passo-passo. Le strutture dei trackers sono costituite da pali verticali infissi al suolo e collegati da una trave orizzontale secondo l'asse Nord-Sud (mozzo), inserita all'interno di cuscinetti appositamente progettati per consentirne la rotazione lungo l'arco solare (asse Est-Ovest). Ogni tracker è dotato di un motorino a vite senza fine, che trasmette il moto rotazionale al mozzo. L'altezza al mozzo delle strutture è di 2,26 m dal suolo; l'angolo di rotazione del mozzo è di $\pm 45^\circ$ rispetto all'orizzontale. La motorizzazione del mozzo è alimentata da un kit integrato comprendente un piccolo modulo fotovoltaico dedicato, una batteria di accumulo e non necessita di alimentazione esterna.

Le strutture fisse saranno realizzate con pali in acciaio zincato infissi nel terreno con passo e mutua distanza costanti. La lunghezza dei pali infissi è commisurata alle condizioni di carico specifiche dell'impianto (carichi di neve e vento) e alle caratteristiche di portanza del terreno interessato dall'infissione.

Ciascun palo sarà equipaggiato con un ritto verticale in acciaio zincato di lunghezza adeguata al fine di consentire la posa di profili metallici diagonali, inclinati sull'orizzontale dell'angolo di tilt di 25° , sui quali posare i binari metallici longitudinali di supporto dei pannelli fotovoltaici. I pannelli saranno ancorati ai binari tramite opportuni morsetti di fissaggio.

Le strutture fisse di supporto dei moduli rispettano le disposizioni prescritte dalle Norme CNR-UNI, circolari ministeriali, etc. riguardanti le azioni dei fenomeni atmosferici e le Norme vigenti riguardanti le sollecitazioni sismiche.

Le strutture fisse che sostengono i moduli fotovoltaici saranno posizionate in file contigue, compatibilmente con le caratteristiche plano-altimetriche puntuali del terreno e sono di tipo bifilare inclinate tipicamente a sud con tilt di 25°.

Gli inverter, ABB PVS-175-TL, hanno dimensioni approssimativamente pari a 867 x 1086 x 419 mm e saranno collocati al di sotto dei tavoli dei pannelli su basamento a terra.

Le cabine MT hanno dimensioni, approssimate per eccesso, di 18,00 x 2,50 x 2,55 m e sono costituite da moduli prefabbricati per l'alloggiamento degli arredi di cabina (interruttori, quadri, inverter, trasformatori BT/MT, cavedi).

L'impianto di accumulo è costituito da:

- container di 45ft di dimensioni 13.716 x 2.500 x 2.896 mm contenente 1600 batterie di tipo LiFePO4, REVOLITHIUM INDUSTRIAL BATTERY della serie RL24-200
- inverter Fimer PVS980-58 2MVA di dimensioni 3180 x 2443 x 1522 mm;
- trasformatore in resina da 2MVA di dimensioni.

Il punto consegna MT per SA (Servizi Ausiliari) sarà adiacente al suddetto impianto di accumulo occupando una superficie di circa 17 m².

Ai fini dello stoccaggio dei materiali di consumo, ricambi, attrezzi e mezzi d'opera, si è previsto un deposito di 160 mq di forma rettangolare con una tettoia esterna adiacente di 38 mq, attiguo alla control room ed alloggio custode per complessivi 80 mq.

L'energia prodotta dall'impianto sarà veicolata in uscita dalla cabina AT/BT alla SE di smistamento a 150 kV RTN denominata “Mistretta” inserita in entra-esce alla linea RTN 150kV “Castel di Lucio-Troina” .

Dal punto di vista elettrico, l'impianto fotovoltaico nel suo complesso è funzionalmente diviso in n. 8 blocchi da circa 4 MWp di potenza installata.

Ogni blocco, costituito da diversi moduli costituenti le stringhe, è collegato ad un inverter con la funzione di trasformare la corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata.

I quadri di parallelo in BT di campo sono a loro volta collegati alle cabine AT, al cui interno avviene la trasformazione della corrente alternata da bassa tensione (BT) all'alta tensione (AT).

Le cabine AT sono a loro volta collegate in entra-esce per essere poi collegate RTN.

I cavidotti delle linee BT e AT sono tutti interni all'impianto agrivoltaico.

Per le sezioni di scavo dei cavidotti BT e AT si rimanda ai relativi elaborati.

4 – STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE E NORME DI ATTUAZIONE

Il Piano Regolatore Generale (PRG), istituito dalla lontana legge urbanistica nazionale (1150/1942), ha visto una notevole evoluzione dal punto di vista delle componenti naturali del territorio, cosa che ha portato a focalizzare un’attenzione nuova per le aree extra urbane.

Le zone “E” della zonizzazione (ex lege 1444/1968), un tempo aree “bianche”, luoghi utili solo come riserva edificatoria, trovano nei PRG più moderni, un’ampia articolazione, con varie destinazioni d’uso dei suoli purché congruenti alla valenza ambientale.

Dalla consultazione del Certificato di Destinazione Urbanistica, rilasciato dal Comune di Cerami (EN) si evince che i terreni su cui insiste il progetto hanno una destinazione urbanistica zona “E” del verde agricolo

Secondo quanto si desume da Piano Regolatore Generale del Comune di Cerami, il terreno adibito al campo agrivoltaico:

- **ricade in zona a prevalente destinazione agricola, classificata come zona E -verde agricolo;**
- **non** ricade in zona a prevalente destinazione agricola classificata come zona E2- verde agricolo di tutela idrogeologica;
- **non** ricade in zona a prevalente destinazione agricola classificata come zona E3- verde agricolo irriguo;
- **non** ricade in zona a prevalente destinazione agricola classificata come zona E4- area boscata;
- **non** ricade in zona a prevalente destinazione agricola classificata come zona E6- verde agricolo in ambito archeologico;
- i terreni ricadenti al foglio nr. 9 individuati con le particelle nr. 18,11,12,14,46 (tutti per l’intera superficie) e con le particelle nr. 174,175,176,184 (tutti per una superficie parziale) risultano sottoposti a vincolo di cui all’art. 146 del Testo Unico del D.Lgs nr. 490/99 – comma 1°, lettera “C” (area di interesse paesaggistico ed ambientale);
- il terreno ricadente al foglio nr. 9 individuato con la particella nr. 356 (per una superficie parziale) risulta sottoposto a vincolo di cui all’art. 146 del Testo Unico del D.Lgs. nr. 490/99 – comma 1°, lettera “G” (territori coperti da foreste e boschi);
- il terreno ricadente al foglio nr. 9 individuato con la particella nr. 174 (per una superficie parziale) risulta sottoposto a vincolo geomorfologico di cui al P.A.I. approvato con D.P.R.S. nr. 538 del 20/09/2006;

- **non** sono presenti attrezzature di interesse generale, né esistenti, né in progetto, quali servizi elettrici, discariche, canili municipali, serbatoi, attrezzature culturali, attrezzature socio assistenziali, attrezzature sportive;
- **non** sono presenti aree di riassetto territoriale quali verde di rispetto dell’area industriale;
- non sono presenti aree di riassetto territoriale quali fasce di rispetto dalla battigia, dai boschi, dai parchi e dalle strade;
- **non** sono presenti aree di riassetto territoriale quali Zone Archeologiche;
- **non** sono presenti aree di riassetto territoriale quali Riserve Naturali;
- **non** risultano essere inclusi nell’elenco dei terreni percorsi dagli incendi.

In Figura 4 si riporta la Sovrapposizione dell’impianto agrivoltaico in esame su stralcio del Piano Regolatore generale del comune di Cerami.

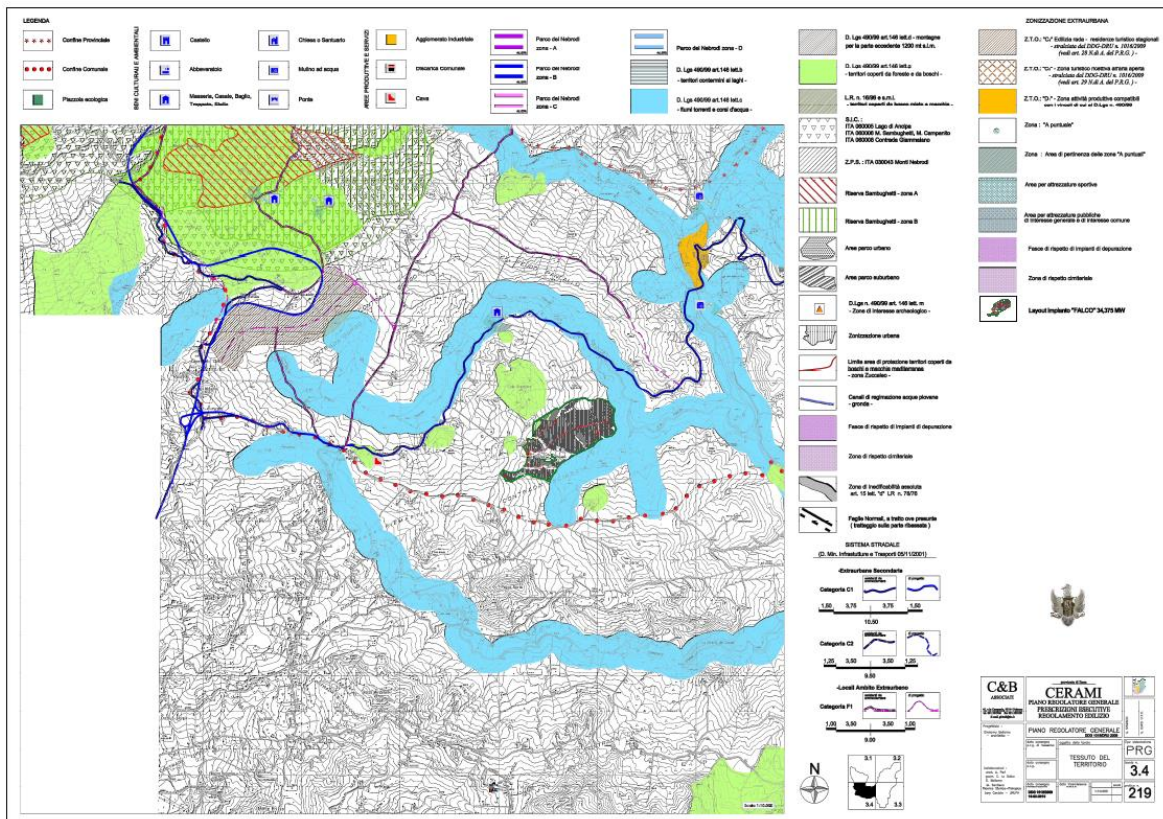


FIGURA 4 – LOCALIZZAZIONE DELL’AREA D’IMPIANTO SU STRALCIO DEL PIANO REGOLATORE GENERALE DEL COMUNE DI CERAMI

Si evidenzia inoltre che:

- ai sensi dell’art. 12, comma 1, del D. Lgs. 387/03, sono considerati di pubblica utilità, indifferibili ed urgenti le opere, comprese quelle connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione ed esercizio, per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili

- ai sensi dell'art. 12, comma 7, del D. Lgs. 387/03, gli impianti fotovoltaici possono essere ubicati anche in zone classificate come agricole dai vigenti strumenti urbanistici.

Per quanto riguarda altri aspetti vincolistici, si deve considerare che l'area destinata alla realizzazione del campo agrivoltaico in progetto non è sottoposta a Vincolo Idrogeologico, ai sensi del R.D.L. 3267/1923.

Nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), l'area rientra nel Bacino Idrografico del Fiume Simeto (094). Nei terreni interessati dal contratto è presente un dissesto con pericolosità P2, identificati con il codice 094-4CR-041, riconosciuto come "deformazione superficiale lenta"; dalla consultazione degli elaborati di progetto la stessa non viene interessata dalle opere.

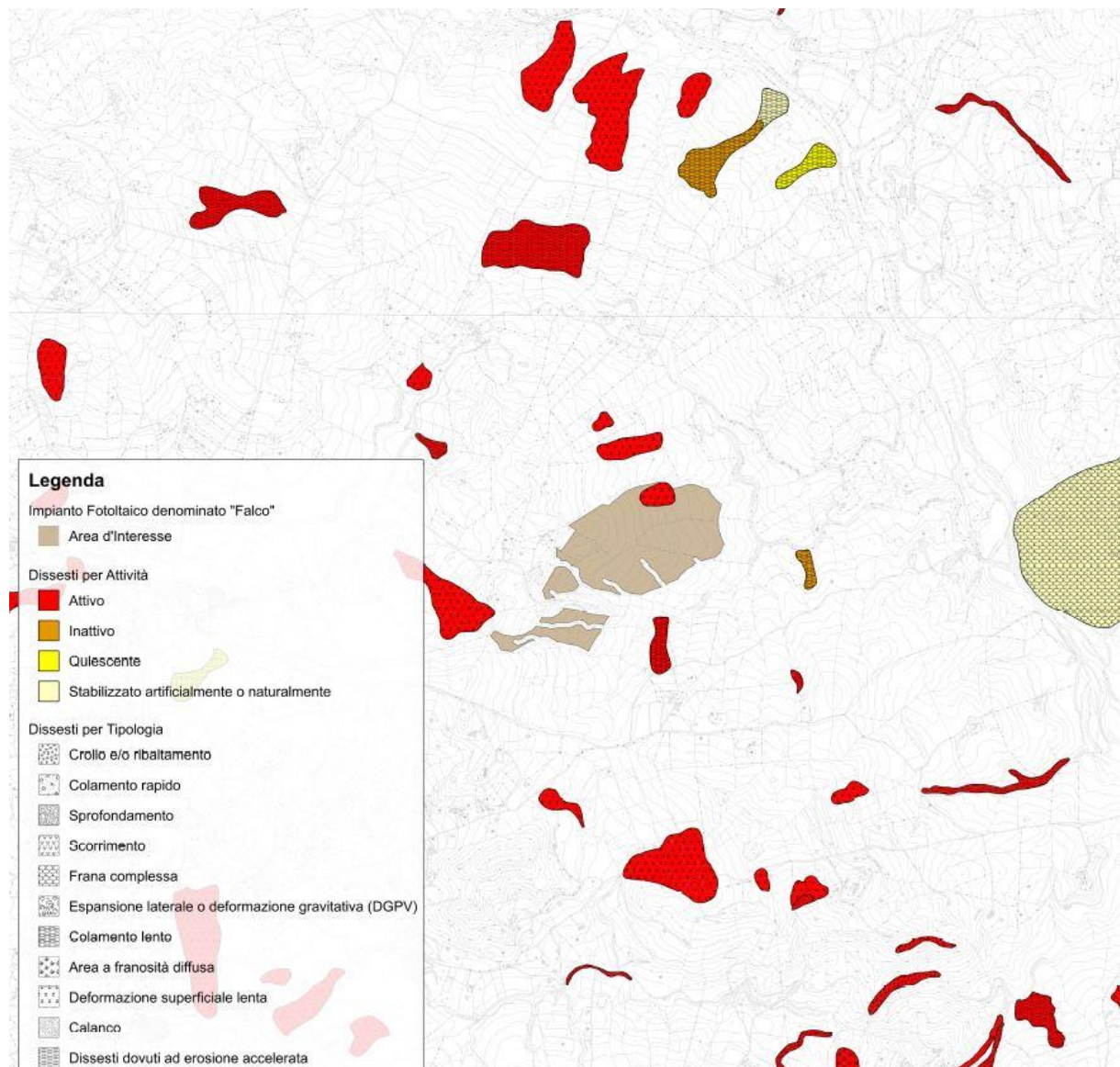


Figura 5: Carta dei Dissesti P.A.I



Figura 6: Carta della Pericolosità P.A.I

L'area, su cui insiste il parco agrivoltaico in esame, non risulta oggetto né di vincolo naturalistico né di vincolo archeologico, in quanto tale parco non rientra né in zona ZSC né in zona ZPS, secondo quanto si desume dal Piano di Gestione Siti di Importanza Comunitaria, Rete Natura 2000, Regione Sicilia. Inoltre, i lotti di terreno interessati dall'iniziativa non ricadono all'interno delle aree boscate individuate dalla L.R. 16/1996 e dal D. Lgs. 227/2001.

Il Rischio idraulico è assente. Se dovesse essere necessario, al fine di regolare il deflusso della massa idrica eccedente, verranno realizzate delle opere di regimentazione delle acque piovane a monte di eventuali aree che presenterebbero tale necessità apportando migliorie allo status del luogo.

Dallo studio della Cartografia del Piano Regionale di Tutela delle Acque, si evince che il sito non rientra in aree sensibili, aree vulnerabili ai nitrati di origine agricola, zone di protezione e/o rispetto delle sorgenti ed aree critiche.

Pertanto, dall'analisi degli strumenti di pianificazione e programmazione territoriale ed ambientale esaminati, si può ragionevolmente concludere che il progetto dell'impianto agrivoltaico in studio sia

compatibile con i vincoli, le tutele, i piani ed i programmi attualmente vigenti sui terreni e sulle aree coinvolte.

5 – CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

L'area rientra nella catena appenninico maghrebide, costituita da diverse unità tettoniche in falda, vergenti verso Sud, impostatesi durante le fasi orogenetiche del Miocene e successivamente coinvolte da una seconda fase tettonica di tipo compressivo, nel Pliocene medio. Questa è caratterizzata dagli affioramenti dei Flysch. In tale contesto si riconoscono sequenze a prevalenza argillosa, arena-acea-calcarea e/o siltosa. La tettonica dell'area presenta numerose strutture tettoniche con assi strutturali ONO-ESE.

Nell'area di progetto sono state individuate due fascia trascorrenti ed un sovrascorrimento del Flysch sulle argille varicolori.

Le litologie interessate dal progetto sono costituite da differenti litologie:

- litologie a prevalente componente argillosa;
- litologie arenacee;

Le litologie argillose presenti, che interessano gran parte del campo, vanno dalle più antiche alle più recenti, dall'Oligocene al Miocene. Si tratta di argille varicolori rosso verdastre, di argille bruno rossastre con passanti a quarzareniti, afferenti al Flysch Numidico, membro di Nicosia e delle marne grigiastre alternate a calcari marnosi biancastri ed a banchi lenticolari di calcareniti del Flysch di Troina - Tusa.

Le Argille varicolori presenti sono costituite da argille con intercalazioni di siltiti micacee e da argille verdi e rossastre con intercalazioni di siltiti e calcareniti.

I Flysch argillosi, si presenta a prevalenza argillitica e siltosa, con subordinati livelli arenacei e da marne grigiastre.

Il Flysch arenaceo, presente in corrispondenza di Casa Sciascia e Colle Argentiere, risulta costituito da banchi e livelli cementati di arenarie, siltiti, marne e calcari, con intercalazioni più o meno spesse di livelli argillosi o argilloso-marnosi.

Dal punto di vista geomorfologico, osservando l'areale impegnato ed il contorno significativo, ciò che appare è la tipica morfologia di tipo selettivo, caratterizzata nel suo insieme da più paesaggi, quali:

- a) rilievi collinari argillosi, tagliati da valli a V, con versanti vallivi degradati da soliflusso, movimenti in massa e processi di dilavamento ed aree a bassa acclività riconducibili a processi di spianamento (che hanno comportato l'esistenza di glaciai di erosione in rocce tenere);
- b) rilievi strutturali, situati in coincidenza degli affioramenti di litoidi o cementati, in corrispondenza delle aree dove vengono a contatto rocce “dure” e rocce “tenere”, contraddistinte dalla presenza di banconi quarzarenitici.

L'area impegnata si sviluppa su quote comprese tra circa 780 e 650 m s.l.m., in un'area caratterizzata da pendenza media del 10° con porzioni aspre e rocciose in corrispondenza dei banconi quarzarenitici.

Ciò che emerge, dal punto di vista geomorfologico è un modellamento dei versanti legato ad una dinamica controllata dalle acque di ruscellamento. I processi erosivi sui terreni prevalentemente argillosi, per via della scarsa permeabilità genera i principali effetti morfogenetici, dando luogo a valli V incise per erosione di fondo. Si osservano forme afferibili a movimenti lenti superficiali e delle coltri detritiche di ricoprimento. Di sovente i dissesti si sviluppano lungo linee di deflusso delle acque superficiali di ruscellamento. Tali fenomeni, coinvolgono di sovente lo strato più alterato o il solo livello areato di suolo, a causa della saturazione dei terreni e rammollimento degli stessi.

Forme strutturali derivate, presenti in corrispondenza degli affioramenti litoidi, sono invece influenzate dall'erosione selettiva, in cui i fattori strutturali, sia pure in modo passivo, regolano i processi erosivi. Il fattore determinante nell'evoluzione morfologica è l'erosione selettiva per via del contatto di rocce con differente grado di erodibilità, per cui i processi erosivi agiscono in maniera selettiva erodendo maggiormente le rocce più tenere. Alcune di queste forme sono le scarpate di morfoselezione.

Come da Carta Geomorfologica-Idrogeologica, si è individuata un'area classificata come “Fenomeni gravitativi superficiali”, nella porzione nord-orientale dell'area impegnata. Si tratta perlopiù di fenomeni di soliflusso e di colamento superficiale della coltre. Nelle aree soggette a soliflusso, si riconoscono diffusi lobi per colamento. Tale fenomeno, da un punto di vista meccanico, può essere assimilato ad un colamento lento che coinvolge le porzioni più superficiali delle litologie presenti, rese fluide e molto viscosi dal contenuto in acqua e su porzioni di pendio pendii di modesta acclività. I colamenti superficiali, presentano tratti più riconoscibili, con superficie di rottura e corpo di facilmente distinguibili, ed impostati lungo le linee di deflusso e/o impluvi.

Sempre nell'area impegnata si è riconosciuta un'area caratterizzata da lobi vergenti verso valle e da solchi di erosione indicata come “fenomeni a prevalente carattere di colamento”. Dalla visione delle immagini storiche non sono emersi segni di movimento evidenti: tali riscontri hanno indotto lo scrivente a classificare la stessa come stato quiescente.

Così come previsto dalle Norme di Attuazione “(aree a Pericolosità P0, P1, P2) è consentita l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi e di settore vigenti, corredati da indagini geologiche e geotecniche effettuate ai sensi della normativa in vigore ed estese ad un ambito morfologico o ad un tratto di versante significativo”.

Il drenaggio superficiale è buono, favorito dalla presenza di una rete impluviale di tipo sub-dendritico, con deflusso predominante delle acque in direzione Sud-Est, lungo impluvi ben marcati. Dette aste impluviali presentano regime torrentizio; secchi per quasi tutto l'anno ed in occasione di precipitazioni possono originare limitate forme di erosione.

La tipologia dei pannelli mediante pali infissi non comporta modificazione del deflusso naturale delle acque, non prevedendo impermeabilizzazioni dovute alle fondazioni; la dinamica di questa tipologia di impianti è legata allo scorrimento dell'acqua piovana lungo i pannelli e conseguente ricaduta della stessa nel terreno alla base di questi. Pertanto, allo scopo di limitare gli effetti deleteri dovuti a fenomeni di

ruscellamento concentrato, si consiglia di prevedere, nelle vie di scaturigine delle acque di scolo dei pannelli, la messa in opera di drenaggio superficiale ed altresì indirizzato lungo le vie del naturale deflusso; i sistemi di drenaggio potranno essere costituiti da canali rivestiti con “stuoia” o “feltro”.

In funzione delle litologie presenti, di natura franco-argillosa, della presenza di coltre eluvio colluviale e delle dinamiche geomorfologiche incipienti e potenziali, si dovranno condurre indagini dirette ed indirette al fine di determinare i rapporti giacaturali e le caratteristiche fisiche dei terreni e stabilire altresì l’idonea profondità di infissione degli ancoraggi dei pannelli. Tale fase di indagine verrà operata preventivamente alla presentazione della pratica al Genio Civile, Deposito dei Calcoli.

6 - VERIFICHE IDROGEOLOGICHE ED IDRAULICHE

Dal punto di vista idrogeologico i terreni sono stati distinti in:

Terreni litoidi calcarenitici

(permeabilità primaria e secondaria)

- Permeabilità $k = 10^{-1} - 10^{-3}$ cm/s

Terreni a prevalente componente pelitico argillosa

(permeabilità primaria)

- Permeabilità $k = 10^{-6} - 10^{-9}$ cm/s

Nei “Terreni litoidi calcarenitici” sono stati annoverati i banchi litoidi presenti nella dorsale di Case Sciascia e nel colle Argenteria. Presentano buona permeabilità sia per fessurazione che per porosità.

Come terreni “Terreni a componente pelitico-argillosa”, sono stati considerati il Flysch sia argilloso che marnoso e le argille Varicolori. Le argille risultano, nel complesso, impermeabili. Una modesta permeabilità, si determina nei livelli più superficiali. Il valore di permeabilità può risultare discreto nel Flysch per via della presenza di livelli lenticolari arenitici.

In definitiva, il drenaggio delle acque, allo stato naturale dei luoghi, è garantito dal ruscellamento superficiale, testimoniato da una rete impluviale di tipo dentritico, lungo impluvi ben marcati, e solchi di ruscellamento; questi ultimi presenti nelle aree incolte. Il regime risulta torrentizio. Non si segnala presenza di falda idrica apprezzabile e una modesta circolazione idrica può instaurarsi al contatto tra il livello alterato ed il livello integro dei terreni in posto. Nelle argilliti con strati di quarzareniti e nelle quarzareniti si può instaurare falda idrica.

Al fine di garantire la corretta funzionalità delle opere, si dovrà garantire il corretto deflusso delle acque e prevedere sistemi di canalizzazione nel rispetto dell’invarianza idraulica e del regime naturale del deflusso stesso.

Si fa presente che la tipologia di impianto, denominata agrivoltaico, prevede la messa a dimora di specie arboree; tale intervento si ritiene positivo dal punto di vista idrogeologico, in quanto diminuisce l’erosione del suolo e relativo assorbimento dello stesso delle acque di infiltrazione. Allo stesso tempo determina una minore velocità del deflusso delle acque dilavanti.

6.1 – DATI PLUVIOMETRICI E DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

La caratterizzazione di massima del regime pluviometrico dell’area è stata ottenuta dalla Relazione P.A.I. del Fiume Simeto, per il periodo di osservazione 1965-1994 (Tab.1.9 Piovosità media mensile):

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
ADRANO	64.9	52.4	50.2	37.7	23.2	12.0	10.1	25.2	36.9	59.5	44.7	73.0	533
AGIRA	62.3	51.3	42.2	35.0	26.3	10.3	8.9	16.4	35.7	74.9	48.4	67.3	524
BRONTE	77.6	64.4	56.8	44.5	29.0	11.6	13.2	25.8	42.7	73.9	53.8	72.6	628
CALTAGIRONE	74.8	53.2	43.6	38.3	23.5	8.4	8.1	13.2	36.5	69.8	59.1	66.5	540
CAPIZZI	111.3	103.5	77.9	59.5	40.0	16.2	9.8	20.2	43.6	89.3	84.2	120.0	816
CATANANUOVA	59.2	44.4	44.9	28.1	20.7	6.2	6.2	14.2	30.0	57.1	42.2	61.7	450
CENTURIFE	60.9	44.8	47.8	30.1	20.7	8.2	5.6	18.9	27.1	58.4	43.0	64.6	485
CERAMI	85.4	75.1	58.8	43.0	28.1	13.3	9.4	15.4	36.5	75.7	65.4	86.8	637
CESARÒ	106.7	93.6	75.7	60.9	37.0	17.2	12.7	25.4	40.4	72.3	72.0	101.4	763

Le verifiche idrauliche sono state effettuate mediante acquisizione dei dati di pioggia, attraverso i parametri a ed n della curva probabilistica per diversi tempi di ritorno (fonte “Regione Siciliana”, Dipartimento Regionale della Protezione Civile) per l’intervallo temporale 1924 al 2002.

Per il sito considerato, trovandosi in una porzione di territorio lontano da stazioni pluviometriche, per la determinazione dei dati pluviometrici si è scelto di effettuare una interpolazione lineare tra le 4 stazioni pluviometriche tenendo in considerazione la distanza delle stesse dall’impianto. I dati riguardano le Stazioni Pluviometriche di Cerami, Nicosia, Gagliano e Gangi.

In questo modo i valori di a ed n risultano rispettivamente 57,3 e 0,33.

STAZIONE	d [m]	a [mm/min]	n	a [mm/min]	n
Gagliano	11152	52,6	0,4	57,3	0,33
Cerami	4784	58,3	0,3		
Nicosia	7375	54	0,4		
Capizzi	6851	77,8	0,2		

Il coefficiente di deflusso è stato ottenuto mediante il metodo del Kennessey, che tiene conto delle pendenze, delle caratteristiche di permeabilità dei terreni, della vegetazione e dalle condizioni climatiche dell’area. Nei calcoli si è tenuto conto del fatto che trattandosi di impianto agrivoltaico, verranno impiantate specie arboree e arbustive. Il valore ottenuto non tiene conto della aliquota relativa alla percentuale di impermeabilizzazione dovuta alle strutture di progetto.

COMUNE	CERAMI		
SOTTOBACINO	B1		
STAZIONE PLUVIOMETRICA	CERAMI		
STAZIONE TERMOMETRICA	PETRALIA SOTTANA		
PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA	P	637	mm

PRECIPITAZIONE MESE + ARIDO	p	9,4	mm
TEMPERATURA MEDIA ANNUA	T	13,67	°C
TEMPERATURA MESE + ARIDO	t	23,20	°C

POST OPERAM – AREE NON IMPERMEABILIZZATE					
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Ca - acclività	> 35 %	0,22	5,00%	0,011	0,063
	10 - 35 %	0,12	40,00%	0,048	
	3,5 - 10 %	0,01	40,00%	0,004	
	< 3,5 %	0,00	15,00%	0,000	
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Cp - permeabilità	molto bassa	0,21	0,00%	0,000	0,116
	mediocre	0,12	95,00%	0,114	
	buona	0,06	0,00%	0,000	
	elevata	0,03	5,00%	0,002	
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Cv - vegetazione	roccia	0,26	5,00%	0,013	0,080
	pascolo	0,17	0,00%	0,000	
	coltivo	0,07	95,00%	0,067	
	bosco	0,03	0,00%	0,000	
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO post				Cd	0,258

Il coefficiente di deflusso adottato è stato pari a 0,44 ed ottenuto considerando gli interventi previsti e le nuove superfici impermeabili. Cautelativamente l'aliquota del coefficiente di afflusso medio ponderato è stata considerata anche per le aree di bacino non oggetto di intervento.

$$\varphi_{\text{post}} = \text{Imp} \cdot \varphi_{\text{imp}} + \text{Pper} \cdot \varphi_{\text{per}} = 0,90 \times 0,28 + 0,72 \times 0,26 = 0,44$$

6.2 – DETERMINAZIONE PORTATA Q MAX (PORTATE DI PIENA/COLMO)

Tale capitolo riguarda le verifiche idrauliche, relative alle aste impluviali presenti nell'area di pertinenza dell'impianto di progetto. Lo scopo delle verifiche in oggetto, si è reso necessario, al fine di dimensionare le opere di regimentazione delle acque relative ad attraversamenti delle strade di servizio.

Al fine di fornire i parametri utili per il dimensionamento delle opere di attraversamento lungo le aste impluviali, ed altresì per le opere di smaltimento delle acque lungo le stesse, sono state determinate le Q max (portate le piena/colmo) attese per diversi tempi di ritorno.

I metodi di analisi idrologica dei bacini permettono di individuare l'altezza di pioggia secondo la relazione:

$$h_d(T) = a(T) \times d^n \quad (\text{mm})$$

dove

h_d = altezza di pioggia

d = durata della pioggia

T = tempo di ritorno

a ed n = parametri della curva di possibilità pluviometrica

Per il calcolo della portata massima di piena per assegnati tempi di ritorno si è adottato il Metodo Razionale:

$$Q_c = 0.278 \frac{c h_{(t)} S}{T_c}$$

con :

- c** = coefficiente di deflusso
- $h_{(t)}$** = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)
- A** = superficie del bacino (km²)
- t_c** = tempo di corrivazione (ore)
- 2,78** = fattore di conversione che permette di ottenere la Qmax in m³/sec

La scelta delle sezioni di verifica è stata effettuata fatta considerando gli attraversamenti, lungo gli impluvi principali, nelle sezioni di chiusura dei bacini considerati, laddove è attesa la massima portata di deflusso. Il progetto prevede la realizzazione di n. 9 invasi di laminazione per il rispetto dell'invarianza idraulica, pertanto, sono stati Individuati n. 9 bacini idrografici di alimentazione dei suddetti invasi. La definizione dei bacini è stata determinata in considerazione del fatto che le acque di monte verranno convogliate, secondo il rispetto delle preesistenti condizioni di deflusso, nella rete idrografica presente. Per ogni bacino si sono determinate le altezze critiche di pioggia per un tempo di ritorno paria 200 anni.

BACINO C1			
CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO			
Superficie del Bacino	S =	0,040	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,400	Km
Altitudine media bacino	Hm =	747,50	m (s.l.m.)
Altitudine sezione chiusura Altitudine media bacino	H0 =	695,00	m (s.l.m.)
PORTATE MASSIME DI PIENA			
t_c (ore) = 0,24			
Tr (anni)	$h(t,T)$ (mm)	Qmax (m³/sec)	
200	47,49	0,962	

BACINO C2			
CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO			
Superficie del Bacino	S =	0,020	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,300	Km
Altitudine media bacino	Hm =	690,00	m (s.l.m.)
Altitudine sezione chiusura Altitudine media bacino	H0 =	640,00	m (s.l.m.)
PORTATE MASSIME DI PIENA			
tc (ore) =0,18			
Tr (anni)	h(t,T) (mm)	Qmax (m ³ /sec)	
200	43,57	0,594	
BACINO C3			
CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO			
Superficie del Bacino	S =	0,013	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,300	Km
Altitudine media bacino	Hm =	737,50	m (s.l.m.)
Altitudine sezione chiusura Altitudine media bacino	H0 =	725,00	m (s.l.m.)
PORTATE MASSIME DI PIENA			
tc (ore) =0,21			
Tr (anni)	h(t,T) (mm)	Qmax (m ³ /sec)	
200	45,67	0,331	
BACINO C4			
CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO			
Superficie del Bacino	S =	0,018	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,150	Km
Altitudine media bacino	Hm =	737,50	m (s.l.m.)
Altitudine sezione chiusura Altitudine media bacino	H0 =	725,00	m (s.l.m.)
PORTATE MASSIME DI PIENA			
tc (ore) =0,27			
Tr (anni)	h(t,T) (mm)	Qmax (m ³ /sec)	
200	49,01	0,401	

BACINO C5			
CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO			
Superficie del Bacino	S =	0,070	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,500	Km
Altitudine media bacino	Hm =	685,00	m (s.l.m.)
Altitudine sezione chiusura Altitudine media bacino	H0 =	640,00	m (s.l.m.)
PORTATE MASSIME DI PIENA			
tc (ore) =0,34			
Tr (anni)	h(t,T) (mm)	Qmax (m ³ /sec)	
200	52,30	1,329	
BACINO C6			
CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO			
Superficie del Bacino	S =	0,045	Km ²

Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,600	Km
Altitudine media bacino	Hm =	695,00	m (s.l.m.)
Altitudine sezione chiusura Altitudine media bacino	H0 =	635,00	m (s.l.m.)
PORTATE MASSIME DI PIENA			
tc (ore) =0,28			
Tr (anni)	h(t,T) (mm)	Qmax (m ³ /sec)	
200	46,68	0,969	
BACINO C7			
CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO			
Superficie del Bacino	S =	0,030	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,300	Km
Altitudine media bacino	Hm =	667,50	m (s.l.m.)
Altitudine sezione chiusura Altitudine media bacino	H0 =	630,00	m (s.l.m.)
PORTATE MASSIME DI PIENA			
tc (ore) =0,23			
Tr (anni)	h(t,T) (mm)	Qmax (m ³ /sec)	
200	47,01	0,640	
BACINO C8			
CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO			
Superficie del Bacino	S =	0,050	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,600	Km
Altitudine media bacino	Hm =	660,00	m (s.l.m.)
Altitudine sezione chiusura Altitudine media bacino	H0 =	625,00	m (s.l.m.)
PORTATE MASSIME DI PIENA			
tc (ore) =0,38			
Tr (anni)	h(t,T) (mm)	Qmax (m ³ /sec)	
200	54,12	0,873	
BACINO C9			
CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO			
Superficie del Bacino	S =	0,110	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,700	Km
Altitudine media bacino	Hm =	682,50	m (s.l.m.)
Altitudine sezione chiusura Altitudine media bacino	H0 =	610,00	m (s.l.m.)
PORTATE MASSIME DI PIENA			
tc (ore) =0,35			
Tr (anni)	h(t,T) (mm)	Qmax (m ³ /sec)	
200	52,83	2,037	

6.3 – VERIFICA IDRAULICA E DIMENSIONAMENTO CANALI DI DRENAGGIO

INTERNO

Le verifiche della portata di piena è stata effettuata su un'area di 0,15 Km² che rappresenta la superficie massima di pertinenza dei rami di canalizzazione e per uno sviluppo lineare del canale di 800 metri.

S	⇒	0,150	[Km ²] Superficie Bacino
L	⇒	0,800	[Km] Lunghezza asta principale
Hm	⇒	206,00	[m] Altezza media del Bacino s.l.m.m.
Ho	⇒	55,00	[m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m.

Tr	h(t)
200	43,28

Massima altezza prevista il tempo di ritorno pari a 30 anni

Q_c			portata al colmo
c	⇒	0,46	coefficiente di deflusso
$h_{(t)}$			massima precipitazione in mm al tempo t (vedi punto prec.)
S	⇒	0,15	[Km ²] Superficie Bacino
T_c	⇒	0,28	[ore] Tempo di corrivazione

$$Q_c = 0.278 \frac{c h_{(t)} S}{T_c}$$

Per il calcolo della portata massima di piena per assegnati tempi di ritorno con il Metodo Razionale si è ottenuto un valore di portata massima $Q_{(30)} = 2,969 \sim 3 \text{ mc/sec.}$

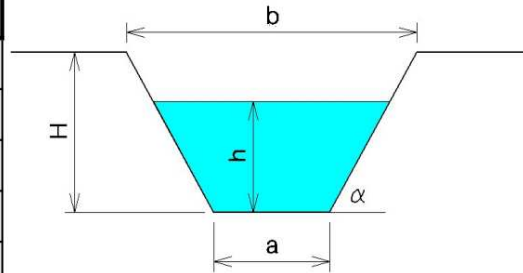
6.4 – DIMENSIONAMENTO CANALE INTERNO

Di seguito vengono riportati i tabulati di calcolo per il dimensionamento del canale di raccolta, di forma trapezoidale.

CARATTERISTICHE SEZIONE

DATI NOTI (da inserire)

H	⇒	1,00	ALTEZZA [m]
a	⇒	0,70	[m]
b	⇒	1,20	[m]
h	⇒	0,70	[m]
p	⇒	3,0%	Pendenza
m	⇒	0,3	Coeff. di scabrosità di Kutter



DATI RISULTANTI

Inclinazione scarpato:	α	⇒	76,0 [°]
Contorno bagnato	$Pb = a + 2h / \text{sen } \alpha$	⇒	2,143 [m]
Area di deflusso	$A = h[a + h \text{ tg}(90 - \alpha)]$	⇒	0,6125 [m ²]
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	0,286 [m]

CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua h = 0,70 m

FORMULE (moto uniforme)

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

RISULTATI

c	⇒	64,05
V	⇒	5,93 [m/sec]
Q	⇒	3,633 [m ³ /sec]

7 - INTERVENTI DI PROTEZIONE SPONDALE BASATI SU TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Per limitare i fenomeni erosivi nel sito di intervento, la società proponente il progetto ha disposto di mettere in atto due azioni concorrenti: la protezione spondale (intervento di tipo A) e la riforestazione dei bacini idrici (intervento di tipo B), cioè la rinaturalizzazione del sito.

Al fine della cantierabilità e funzionalità del progetto volta a massimizzare la superficie utile dell'impianto, si potrà provvedere mediante interventi di ingegneria naturalistica, per la messa in sicurezza delle zone a rischio idrogeologico e contestualmente orientata alla salvaguardia dell'ambiente, minimizzando, pertanto, l'impatto ambientale.

Gli interventi regimazione delle acque superficiali, unitamente, all'idonea infissione e passo di micropali in acciaio, hanno lo scopo di stabilizzare la condizione geomorfologica ed idrogeologica del sito di intervento ed altresì di mitigare le stesse criticità.

Ciò che si propone è la messa in opera di canalizzazioni superficiali lungo il perimetro di monte del campo, con lo scopo di captare ed allontanare nelle aste impluviali presenti, le acque di ruscellamento legate alle precipitazioni, nel rispetto dell'equilibrio geomorfologico ed idrogeologico.

Le aste impluviali principali presenti all'interno del campo, verranno rivestite con geotessuto e viminate, al fine di garantire una maggiore protezione spondale delle stesse.

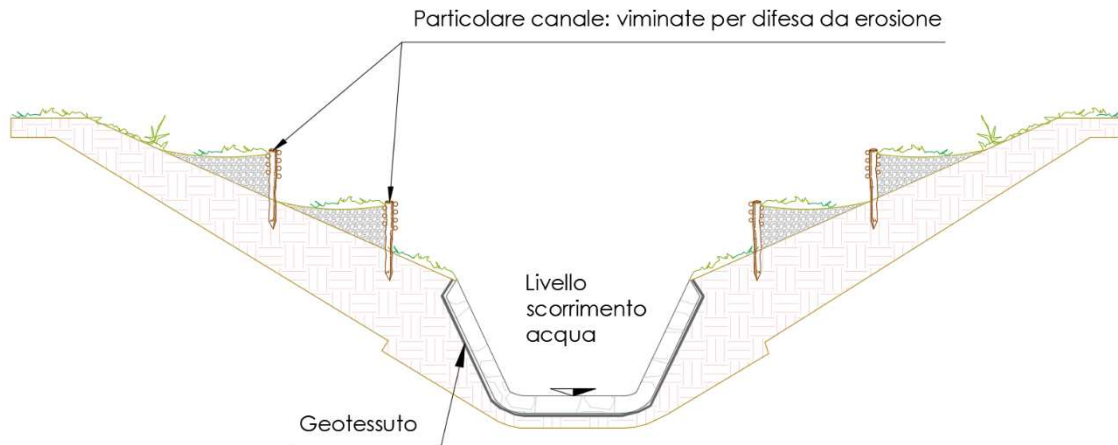


Figura 10 – Particolare dei sistemi di protezione dei canali già esistenti

Per meglio veicolare le acque all'interno del campo, sulla base delle pendenze del campo stesso, è prevista la realizzazione di una canalizzazione drenante interrata che convoglierà le acque verso le aste impluviali principali e quindi verso le otto vasche di laminazione, che garantiranno il rispetto dell'invarianza idraulica.

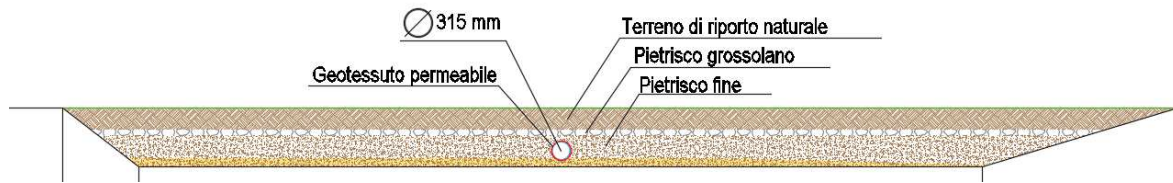


Figura 11 – Particolare costruttivo del sistema di canalizzazione drenante

Lungo la parte terminale delle canalizzazioni si prevede la messa in opera di *materassi di dissipazione*, costituiti da rete metallica a doppia torsione e maglie esagonali, riempiti con ciottoli. Presentano uno spessore massimo di 0,30 m e sono suddivisi per mezzo di diaframmi al fine di impedire il movimento dei ciottoli sotto l'azione della corrente idrica. I ciottoli di riempimento dovranno avere dimensioni adeguate, sia per non sfuggire dalle maglie sia per resistere al trascinarsi dell'acqua.

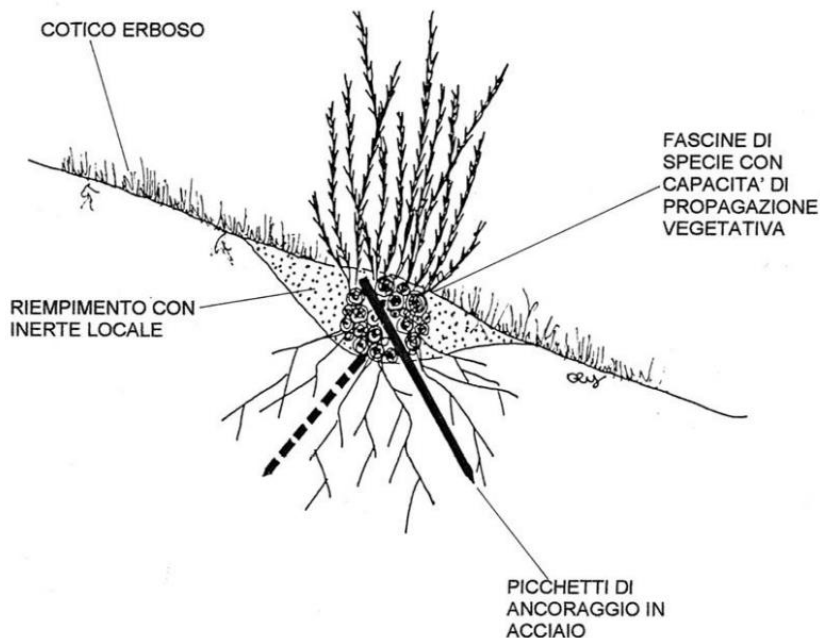
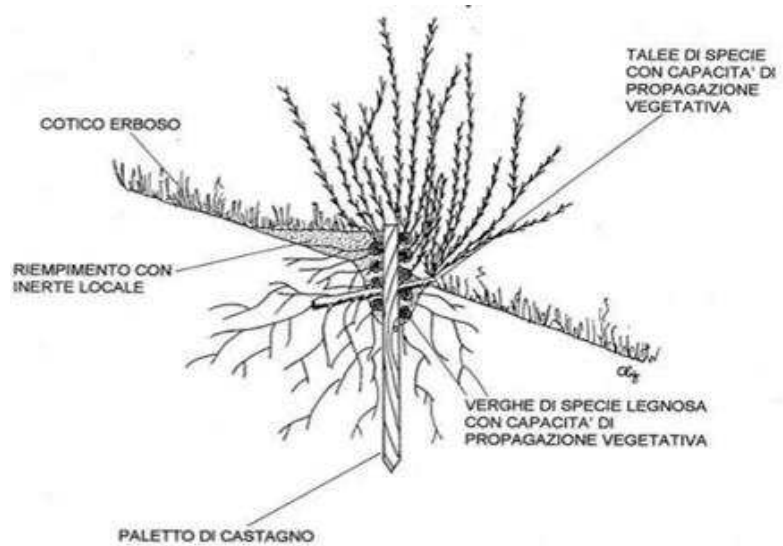


Figura 12 – Materasso di dissipazione

Nei versanti fortemente incisi e soggetti a fenomeni erosivi e movimento della coltre superficiale, si potrà operare con la realizzazione di viminata e/o fascinate, allo scopo di svolgere un consolidamento superficiale ed altresì anti erosivo e per mezzo delle piante, ed un immediato effetto di regimazione delle acque meteoriche.

Tali interventi consistono nell'infissione nel terreno di paletti di legno (castagno, larice, salice) o acciaio. Per ottenere la massima efficacia di consolidamento del terreno è necessario eseguire le vimate durante il periodo di riposo vegetativo. L'intervento suddetto svolgerà, inoltre un ruolo. Si può applicare su scarpate con inclinazione massima 40°.

Nelle *Vimate* (immagine a sx) si ha una rapida stabilizzazione sino a 25-30 cm di profondità e immediato contenimento del materiale. L'effetto stabilizzante si ha solamente nel caso di vimate interrato e seminterrato, nelle quali sono ridotti i fenomeni di sottoescavazione e scalzamento. L'applicazione può avvenire solo in scarpate con inclinazione massima 40°. I materiali utilizzati sono Verghe elastiche di specie legnose, adatte all'intreccio e con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici), poco ramificate, L min. 1,50 m e ϕ alla base non inferiore ai 2 – 4 cm; paletti in legno di conifere o castagno ϕ 5 ÷ 8 cm, L = 1,00 ÷ 1,50 m; picchetti di ferro ϕ 14 ÷ 16 mm, L 50 cm ÷ 1m; filo di ferro cotto.



Le *Fascinate* rispetto le vimate hanno una rapida e di facile esecuzione. I costi sono contenuti anche per lo scarso movimento di terra. Si applicano su pendii con pendenza non superiore ai 35°, con necessità di drenaggio biotecnico. I materiali utilizzati sono verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici) \varnothing min. 1 cm e L min. 2.00 m; filo di ferro; paletti di legno \varnothing 5 cm o picchetti in ferro \varnothing 8÷14 mm e L min. 60 cm; terreno di riporto. c) verghe morte di specie legnose \varnothing min. 2 cm e L min. 2,00 m; paletti di legno \varnothing 5 cm o picchetti in ferro \varnothing 8÷14 mm e L min. 60 cm; pietrame.

8 – REALIZZAZIONE DEGLI INVASI ARTIFICIALI DI LAMINAZIONE

Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento della velocità di corrivazione deve essere associato ad azioni correttive volte a mitigarne gli effetti; tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere inalterati i colmi di piena prima e dopo la trasformazione, si parla di invarianza idraulica delle trasformazioni di uso del suolo.

Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa.

Il presente paragrafo della relazione tecnico idraulica descrive le modalità di intervento per la realizzazione degli invasi di laminazione e compensazione per ottenere l'invarianza idraulica e avere un accessorio, ma utilissimo, uso irriguo all'interno dell'area di progetto del campo agrivoltaico Integrato Ecocompatibile “*Falco*” nel territorio del Comune di Cerami (EN).

8.1 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

La progettazione definitiva degli invasi artificiali è basata sui seguenti criteri generali:

- l'ubicazione e la planimetria degli invasi sono state ricavate in seguito ad un'analisi progettuale che ha tenuto in considerazione sia l'aspetto tecnico che quello funzionale legato alla morfologia dei terreni e degli impluvi naturali che, in maniera sussidiaria, alla distribuzione dei volumi irrigui alle aree sottese all'invaso;
- la realizzazione dei volumi di terra risulta in parte in scavo e in parte in rilevato, al fine di impiegare parte del materiale scavato nella costruzione del rilevato arginale, cioè una briglia in terra battuta, riducendo il più possibile l'eccedenza di materiale da dover smaltire o trasportare a discarica;
- realizzazione di argini perimetrali di contenimento idrico, al fine di incrementare i volumi immagazzinabili rispetto alla realizzazione degli invasi solo con scavo;
- la quota di massimo invaso è stata assunta considerando un franco di sicurezza tra il livello idrico di regolazione e la quota massima del rilevato di 1 m;

- la quota di minimo invaso è stata posta a circa 20 cm rispetto al fondo del lago per favorire la sedimentazione delle particelle di terra, evitando l'interrimento dello scarico di fondo;

Il miglioramento dell'efficienza della risorsa idrica è stato conseguito inoltre osservando i seguenti obiettivi:

1) L'ubicazione degli invasi è stata definita in funzione della possibilità di approvvigionamento idrico, al di fuori dei prelievi in acque pubbliche, verificando la disponibilità teorica data dal bilancio idrologico del bacino impluviale in direzione dell'invaso di progetto (vedi relazione di invarianza idraulica).

2) le precipitazioni che si abbattano sul bacino di carico dell'opera permettono di invasarla completamente, ottenendo un risparmio di risorsa pari al volume dell'invaso in progetto;

3) l'impermeabilizzazione della superficie interna dell'invaso consente di stoccare tutta la risorsa senza perdite per infiltrazione nel terreno.

La soluzione progettuale prevede la realizzazione di n. 8 vasche di laminazione con fondo permeabile e sponde in terra, opportunamente sagomate.

Le acque meteoriche saranno raccolte, in una rete interna la quale le scaricherà nelle vasche di laminazione. Il dimensionamento della rete interna sarà eseguito nella eventuale fase esecutiva.

Gli invasi complessivamente dovranno avere capacità minima di **11846 m³**.

Per quanto concerne la determinazione della portata in ingresso, nel caso di studio, si è fatto riferimento ad una sollecitazione meteorica con tempo di ritorno T di 50 anni.

Un ulteriore parametro fissato è la durata dell'evento di pioggia, che assume notevole importanza in tutti quei casi in cui entra in gioco la capacità d'invaso del sistema di infiltrazione.

Nel caso in esame, la durata critica della pioggia t_p , è stata scelta pari a 3 ore in funzione dell'estensione delle aree in esame e delle caratteristiche di permeabilità del sottosuolo.

Considerando la conformazione plani-altimetrica dell'area, si ritiene che l'altezza utile di ciascuna vasca non possa essere superiore a 4 m, per tener conto della quota di sbocco, nella vasca, della rete di raccolta interna e della quota di uscita della tubazione di scarico.

Il manufatto di scarico di ciascuna vasca di laminazione sarà costituito da un pozzetto prefabbricato in cui è alloggiato il dispositivo di regolazione dello scarico costituito da uno stramazzone dotato sul fondo da una bocca di taratura opportunamente dimensionata per permettere la portata prevista nei calcoli idraulici.

Lo scarico avverrà, tramite un collettore e l'opera di scarico dovrà prevedere la realizzazione di dispositivi di protezione per evitare l'erosione spondale.

L'organo di controllo del flusso sarà costituito da una tubazione DN315.

Ciò determinerà un tempo di svuotamento di ciascun invaso, pari a circa **5,5 ore** \leq 8 ore.

Al fine di mantenere nel tempo l'efficacia del sistema sarà necessario svolgere le seguenti operazioni di manutenzione:

- controllo del funzionamento del sistema di scarico nei corpi recettori almeno 2 volte l'anno;
- verifica periodica, almeno 2 volte l'anno e comunque dopo eventi che hanno provocato l'invaso dei sistemi di raccolta, del funzionamento dei sistemi prima dello scarico nei corpi recettori;
- pulizia semestrale dei canali di scolo e dell'eventuale canaletta di scolo sul fondo della vasca;
- controllo, dopo ogni evento, dello stato del pozzetto in cui è posizionato il manufatto regolatore di scarico e rimozione, quando necessario, del materiale depositato in esso (pulizia della griglia, del fondo pozzetto e della bocca di taratura).

8.2 DESCRIZIONE DEI LAVORI PREVISTI IN PROGETTO

La realizzazione di un invaso di laminazione per il controllo dei tempi di corrivazione verso valle e il mantenimento del coefficiente udometrico costante nei valori *ante* e *post operam*, deve prevedere un sistematico svuotamento dello stesso per il mantenimento della capacità di invasatura delle acque meteoriche residue di ruscellamento superficiale, ottenuto come residuo del bilancio idrologico annuo medio per le aree di progetto, caratterizzate da differenti composizioni del substrato, secondo la relazione:

$$R = P - ET - I$$

dove:

R = ruscellamento residuo;

P = Quantitativi d'acqua di precipitazione;

ET = quantitativi d'acqua di evapotraspirazione;

I = quantitativi d'acqua di infiltrazione efficace.

Il valore di R determinerà la quantificazione annua della risorsa idrica immagazzinabile nell'invaso di laminazione e rappresenterà la risorsa utilizzabile per scopi irrigui, con ciò mantenendo l'invaso di compensazione delle portate a capacità di raccolta di sicurezza (vedi i calcoli della relazione geologica e idrogeologica cui si rimanda per la verifica dell'Invarianza Idraulica).

Al contempo, il progetto di realizzazione dell'invaso ad uso irriguo che consente di immagazzinare la risorsa idrica per poterla utilizzare nei periodi di carenza e deficit della risorsa stessa, può essere schematizzato come segue:

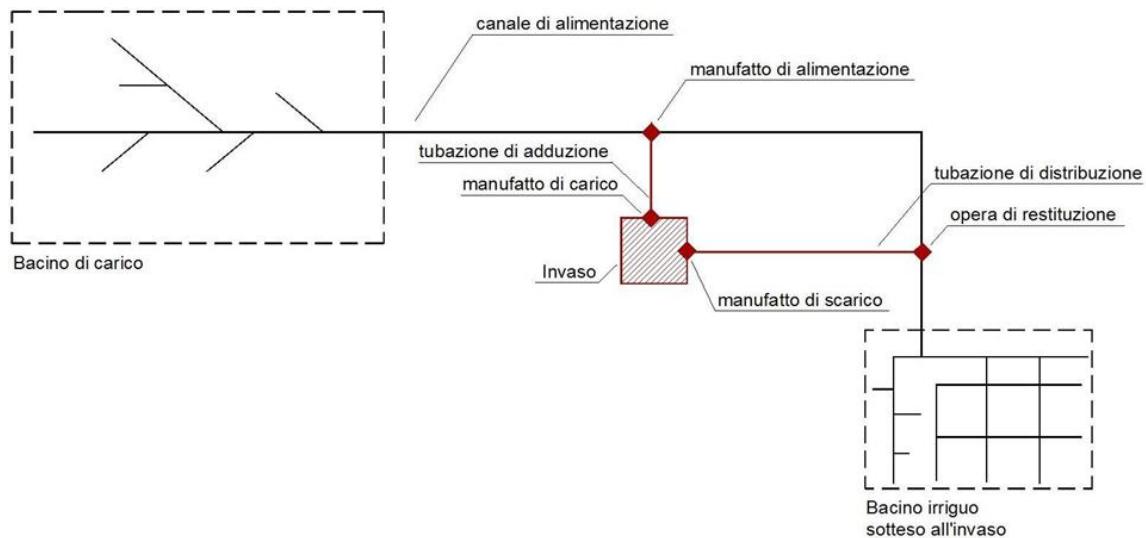


Figura 13 – Vasca di laminazione

Nel proseguo del paragrafo, si tratterà l'invaso di laminazione come invaso ad uso irriguo, per la sua doppia valenza.

Gli elementi progettuali possono essere raggruppati nelle seguenti categorie:

- opere generali;
- invaso;
- rete di distribuzione.

Le opere generali comprendono tutte le attività di preparazione propedeutiche allo svolgimento dei lavori di realizzazione delle opere in progetto, e consisteranno in:

- sterro del cotico superficiale del terreno per il livellamento della superficie: il terreno rimosso avente caratteristiche pedologiche più scadenti sarà temporaneamente accantonato per essere successivamente riutilizzato per le coperture finali delle pendici dell'opera di ritenuta (briglia in terra battuta) e per i livellamenti di raccordo morfologico con il versante. Il terreno avente migliori caratteristiche pedologiche sarà separato e riutilizzato per i lavori preparatori del piano di impianto nell'area di compensazione vegetazionale contermina. Il lavoro sarà eseguito con escavatore cingolato.
- riprofilatura delle parti terminali dei fossi defluenti in direzione dell'invaso di ritenuta; il lavoro sarà eseguito con escavatore cingolato di dimensioni più ridotte dotato di benna trapezoidale per lo scavo di fossi.

Completati i lavori preparatori si procederà allo scavo del bacino dell'invaso (vasca) ed alla predisposizione della fondazione per l'opera di ritenuta, secondo le seguenti operazioni:

- a) Scavo con escavatore meccanico della vasca. Il piano del fondo invaso dovrà possedere una pendenza (misurata da monte verso valle) non inferiore al 1,5%, allo scopo di permettere uno svuotamento rapido in caso di necessità;
- b) Deposito del materiale in zona limitrofa all'area di intervento; il materiale argilloso sarà riutilizzato per i livellamenti e i raccordi morfologici al termine delle operazioni di riporto;

- c) Scavo con escavatore meccanico dell'alloggiamento delle opere di sbarramento;
- d) Deposito del materiale in zona limitrofa all'area di intervento; il materiale scavato sarà riutilizzato in sito per livellamenti del terreno e riprofilature del versante al termine delle operazioni di riporto;
- e) Realizzazione di idonea rete di drenaggio delle acque meteoriche di tipo provvisoria esternamente al coronamento dello scavo, allo scopo di limitare il ruscellamento superficiale e gli eccessivi accumuli di acqua piovana.

Per evitare fenomeni di filtrazione è stata prevista inoltre l'impermeabilizzazione del fondo e delle banche lato invaso mediante la posa di una geomembrana impermeabile in EPDM.

Nel dettaglio il rivestimento del fondo e della sponda lato bacino di accumulo che è così composto:

- regolarizzazione del fondo scavo;
- impermeabilizzazione mediante posa di geomembrana in EPDM dello spessore di 1,10 mm su uno strato di tessuto non tessuto di massa aerica pari a 300 grammi/mq;
- rete maglia 6 x 8 e filo Φ 2,20/3,20 mm; tale rete rimarrà tesa mediante l'utilizzo di una barra in ferro Φ 24 mm posizionata orizzontalmente nella parte inferiore della rete.

Di seguito è riportato un estratto del pacchetto di impermeabilizzazione da realizzare sul fondo del lago e sulle sponde lato bacino.

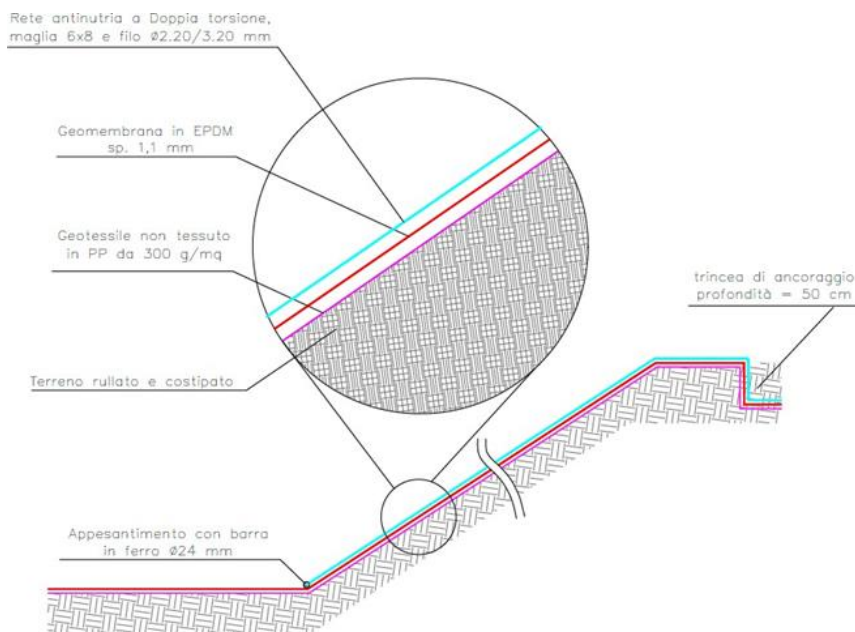


Figura 14- Dettaglio impermeabilizzazione

Le verifiche periodiche e le manutenzioni ordinarie dell'invaso dovranno accertare l'integrità dell'impermeabilizzazione del fondo e dei fianchi e provvedere al rinfranco dello strato di argilla compattata ove necessario.

Si procederà quindi alla realizzazione dei fossi perimetrali all'invaso.

I fossi saranno impermeabilizzati al fondo con argilla compattata allo scopo di evitare perdite, erosione delle sponde e sifonamenti delle opere di contenimento.

Le tubazioni di distribuzione che a questo punto verranno posate saranno tutte in PVC o PEAD.

Ultimati i riporti e la posa dei manufatti si procederà alla regolarizzazione delle superfici esterne alla vasca di accumulo con riporto di circa 30 cm di suolo riutilizzando il terreno precedentemente accantonato nella fase preparatoria iniziale. Successivamente le pendici esterne della briglia in terra battuta e delle zone esterne all’invaso saranno rinverdate con semina a spaglio di essenze erbacee autoctone opportunamente selezionate **allo scopo di produrre una corretta integrazione paesaggistica delle opere con il contesto territoriale circostante.**

In ultimo si eseguirà un opportuno livellamento ed una ulteriore rullatura del fondo per la realizzazione della pista di servizio che contorna il perimetro dell’invaso e che permetterà l’accesso per gli interventi di manutenzione ordinaria e se del caso straordinaria.

9 - VASCHE DI PRIMA PIOGGIA E REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE

Nel parco agrivoltaico in progetto sono previste delle aree non permeabili sedi delle trasformazioni MT/AT (un piazzale con un trasformatore da 50 MW 30/150kV) e il piazzale del deposito dei materiali di consumo e di ricambio del parco con annessa *Control Room*.

Il calcolo qui condotto è riferito al dimensionamento dei manufatti necessari al trattamento delle acque di prima pioggia del piazzale in calcestruzzo che si intende realizzare per alloggiare, all'aperto, tutte le apparecchiature elettromeccaniche ed elettroniche necessarie.

Il trattamento delle acque di prima pioggia in Italia è disciplinato dalle rispettive norme regionali. Poiché la Regione Sicilia non ha ancora emanato una specifica norma al riguardo, ci si è attenuti alla normativa della Regione Lombardia, ed in particolare alla legge del 24 marzo 2006 n° 4, relativa alla “Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne” in attuazione dell’articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n°26 (BURL del 28 marzo 2006 n° 13, 1° suppl. ord.) la quale prevede:

“Art. 3 (*acque di prima pioggia e di lavaggio soggette a regolamentazione*).

La formazione, il convogliamento, la separazione, la raccolta, il trattamento e lo scarico delle acque di prima pioggia sono soggetti alle disposizioni del presente regolamento qualora tali acque provengano:

a) da superfici scolanti di estensione superiore a 2000 mq, calcolata escludendo le coperture e le aree a verde, costituenti pertinenze di edifici ed installazioni in cui si svolgono le seguenti attività: industria petrolifera, industrie chimiche, trattamento e rivestimenti dei metalli, concia e tintura delle pelli e del cuoio, produzione della pasta carta (della carta e cartone), produzione di pneumatici, aziende tessili che eseguono stampa tintura e finissaggio di fibre tessili, produzione di calcestruzzo, aree intermodali, autofficine, carrozzerie;

...

Art. 5 (sistemi di raccolta e convogliamento delle acque di prima pioggia e di lavaggio).

1) ...

2) *Le acque di prima pioggia e le acque di lavaggio, che siano da recapitare in corpo d'acqua superficiale ovvero sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, devono essere avviate ad apposite vasche di raccolta a perfetta tenuta, dimensionate in modo da trattenere complessivamente non meno di 50 mc per ettaro di superficie scolante (di seguito vasche di prima pioggia).*

3) *Alle acque meteoriche di dilavamento deve essere destinata una apposita rete di raccolta e convogliamento, munita, nei casi di cui al comma 2, di un sistema di alimentazione delle vasche di prima pioggia che le escluda automaticamente a riempimento avvenuto; la rete deve essere dimensionata sulla base degli eventi meteorici di breve durata e di elevata intensità caratteristici di ogni zona, e comunque quanto meno assumendo che l'evento si verifichi in quindici minuti e che il coefficiente di afflusso alla rete sia pari a 1 per la superficie scolante e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo ad esse contigue, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo."*

Sulla base di quanto sopra esposto, sono stati effettuati i calcoli di progetto del complesso dei manufatti destinati al trattamento delle acque di prima pioggia, nella fattispecie costituiti da:

- vasca di prima pioggia, dotata di scarico di piena;
- disoleatore.

9.1 DATI DI PROGETTO

Il dimensionamento di cui sopra è stato effettuato tenendo conto dei dati pluviometrici forniti dal S.I.T.R. (Servizio Idrologico Termografico Regionale).

Si riporta qui di seguito il calcolo delle superfici impermeabili di progetto:

Calcolo Superfici Impermeabili			
Descrizione	Estensione (mq)	Coeff.	Sup. impermeabile (mq)
Stazione elettrica di trasformazione 33/150 kV da 60 MW a 150 kV	2100	1	2100
TOTALE	2100		

9.2 DIMENSIONAMENTO DEI MANUFATTI

Per quanto riguarda la contiguità delle due superfici impermeabili, viste le ridotte dimensioni, si prevede una sola vasca di trattamento di prima pioggia del seguente tipo:

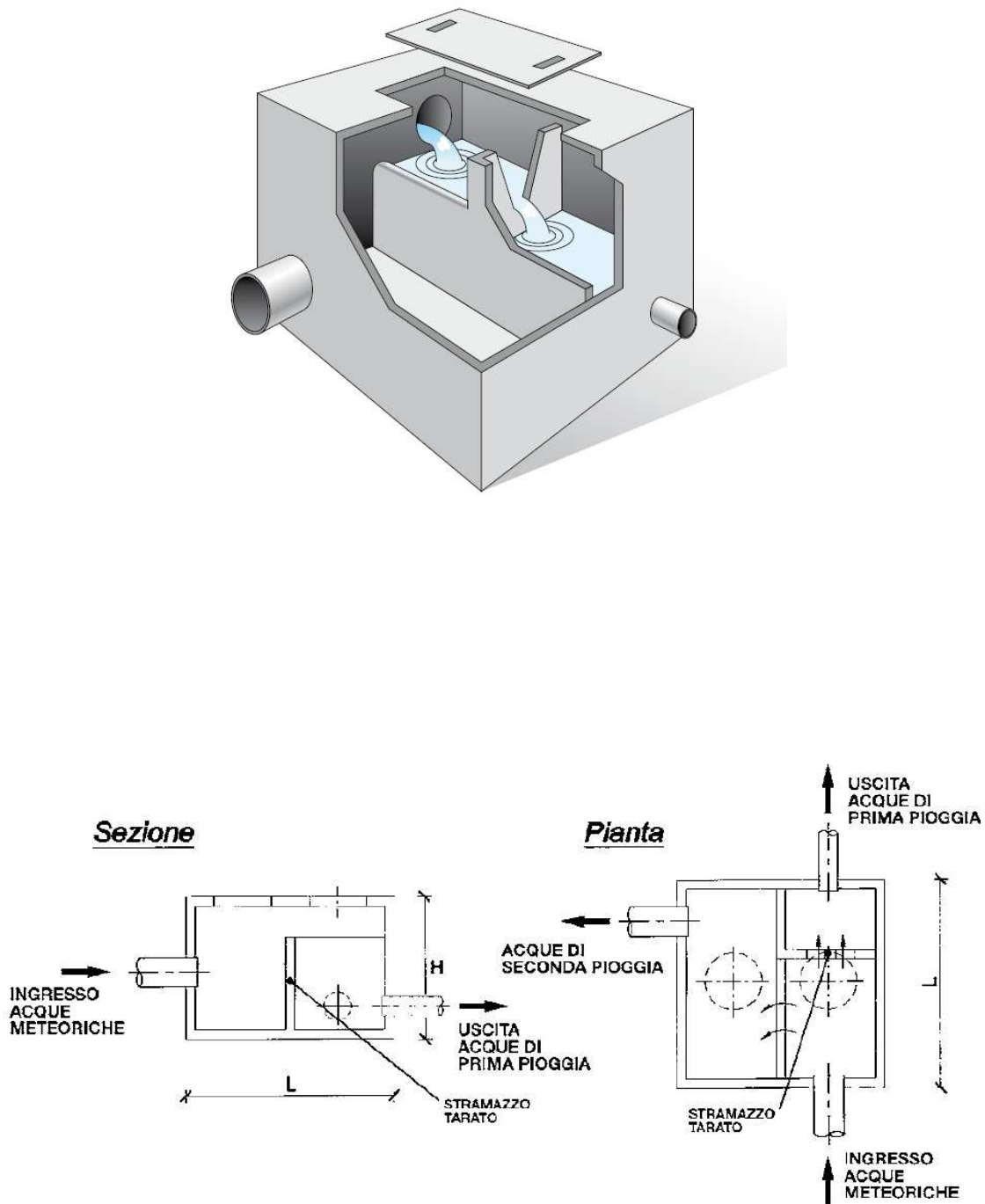


Figura 15 – Vasca di prima pioggia e scolmatori

Si prevede quindi la collocazione di scolmatori monoblocco parallelepipedi per acque di prima pioggia costituiti da una vasca monoblocco parallelepipeda in calcestruzzo armato ad alta resistenza per assicurare una assenza totale di perdite e di infiltrazioni nel terreno, con copertura completamente carrabile e chiusini di ispezione in calcestruzzo. Tali vasche sono state dimensionate con coefficiente di

afflusso pari a 1, cioè il coefficiente per le superfici coperte, lastricate o impermeabilizzate. Le acque di prima pioggia il cui inquinamento è dato dalle sabbie, dagli olii e da idrocarburi, vengono separate dalle successive acque di pioggia il cui inquinamento è pressoché irrilevante, da uno stramazzo tarato tipo “Cipolletti”, studiato secondo il “coefficiente udometrico” che confronta il “coefficiente di afflusso orario” tenuto conto di una precipitazione di pioggia pari a 15 minuti sull’area del bacino e il “coefficiente di ritardo” che tiene conto dell’area del bacino stesso, della pendenza della rete e dell’invaso.

Secondo i dati riportati nel Capitolo 4 di determina la portata di acqua piovana massima a 100 anni.

Si valuta quindi la portata di punta $P_x = 0.51$ l/s che prevede delle vasche di dimensioni:

$L_1 \times L_2$ in pianta = 130 x 130 cm con profondità $H = 150$ cm.

Sulla base delle considerazioni precedentemente esposte, il volume complessivo della vasca di laminazione è immediatamente ricavabile come:

$$h \times S = 0.08 \text{ m} \times 4300 \text{ m}^2 = 350 \text{ m}^3$$

Si prevede, dunque, di realizzare un impianto di prima pioggia di potenzialità pari a 350 mc circa.

Per quanto riguarda il disoleatore da abbinare alla vasca di laminazione, esso avrà una capacità di 45 mc.

9.3 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Il trattamento delle acque di prima pioggia prevede un sistema di grigliatura grossolana, dissabbiatura e disoleatura. Le acque di prima pioggia verranno convogliate tramite un pozzetto di by-pass (separatore acque di prima pioggia dalle acque di seconda pioggia) in apposite vasche dette “Impianti di prima pioggia”.

Il sistema di trattamento prevede tre fasi distinte:

1. separare tramite un pozzetto scolmatore le prime acque meteoriche, che risultano inquinate, dalle seconde.
2. accumulare temporaneamente le prime acque meteoriche molto inquinate perché dilavano le strade ed i piazzali, per permettere, durante il loro temporaneo stoccaggio, sedimentazione delle sostanze solide;
3. convogliare le acque temporaneamente stoccate ad una unità di trattamento per la separazione degli idrocarburi.

Nella pratica corrente, le acque di prima pioggia vengono separate da quelle successive (seconda pioggia) e rilanciate all’unità di trattamento (disoleatori) tramite un bacino accumulo interrato di capacità tale da contenere tutta la quantità di acque meteoriche di dilavamento risultante dai primi 5 mm di pioggia caduta sulla superficie scolante di pertinenza dell’impianto.

Il bacino è preceduto da un pozzetto separatore che contiene al proprio interno uno stramazzo su cui sfiorano le acque di seconda pioggia dal momento in cui il pelo libero dell’acqua nel bacino raggiunge il livello della soglia dello stramazzo.

Nel bacino sarà installata una pompa di svuotamento che verrà attivata automaticamente dal quadro elettrico tramite un microprocessore che elabora il segnale di una sonda rivelatrice di pioggia installata sulla condotta di immissione del pozzetto. Alla fine della precipitazione, la sonda invia un segnale al quadro elettrico il quale avvia la pompa di rilancio dopo un intervallo di tempo pari a 96 h meno il tempo di svuotamento previsto.

Se durante tale intervallo inizia una nuova precipitazione, la sonda riazzerà il tempo di attesa. Una volta svuotato il bacino, l'interruttore di livello disattiva la pompa e il sistema si rimette in posizione di attesa. I disegni tecnici della vasca di prima pioggia sono riportati negli allegati grafici progettuali.

10 - EFFETTI INDOTTI DAL PROGETTO COMPLESSIVO

L'assetto idrogeologico dell'area considerata è caratterizzato da terreni argillosi e poco assorbenti. L'azione di protezione e salvaguardia della qualità delle acque sotterranee viene svolta quindi dai sistemi vegetali e si esplica attraverso i seguenti meccanismi:

- conservazione del suolo e suo effetto depurante sulle acque;
- aumento della capacità di infiltrazione dell'acqua nel suolo;
- riduzione della velocità media di scorrimento delle acque meteoriche ed incremento dei volumi d'acqua trattenuti dal suolo.

La funzione di salvaguardia esercitata dalla futura copertura vegetale della riforestazione dipenderà dalla densità, dalla struttura e dall'età delle cenosi vegetali. Occorre però precisare che il potere di intercettazione della pioggia da parte dei boschi aumenta con l'età ma fino ad un valore soglia oltre il quale esso diminuisce.

Nell'azione di salvaguardia messa in atto, un contributo importante verrà dato anche dal sottobosco e dalla lettiera che formano uno schermo protettivo e filtrante nonché dalle tipologie vegetali. I suoli forestali dotati di alta porosità favoriscono l'infiltrazione anche per merito dell'attività biologica delle piante arboree e di tutti gli organismi vegetali e animali che sono parte integrante dell'ecosistema.

Le attività antropiche nei siti, in particolare le pratiche agricole, hanno sottratto spazi considerevoli allo sviluppo naturale della vegetazione che svolge, con maggiore efficacia di altre coperture, la funzione protettiva delle acque. Per quanto detto, il sito di progetto, nella sua maggiore estensione, si trova in un'area mappata come a protezione minima da parte del soprassuolo vegetale, a causa della conduzione agricola dei terreni, in una zona classificata come a vulnerabilità bassa, dovuta alla presenza di depositi prevalentemente limo-argillosi.

L'erosione idrica dei suoli rappresenta ad oggi un problema di primaria importanza poiché può causare ingenti danni di natura ambientale ed economica. Per tale ragione sempre più numerosi sono gli stati che rivolgono una particolare attenzione al tema della difesa del suolo e del territorio.

Nell'ambito del panorama normativo italiano è da segnalare in particolare la Legge n° 183 del 18 maggio 1989, oggi assorbita dalla D.lgs n° 152/06 s.m.i. (Nuovo Codice dell'Ambiente) riguardante i

piani di bacino e volta a predisporre le opportune misure di prevenzione dei fenomeni di dissesto geomorfologico.

L'European Soil Bureau ha pubblicato nel 1999 dei dati relativi al rischio di erosione idrica su scala comunitaria (Van der Kniff et al., 1999) dai quali emerge una situazione piuttosto critica per il nostro paese: la maggior parte del territorio italiano (quasi il 77%) è considerato a rischio di erosione accelerata a causa della notevole energia di rilievo e dell'erodibilità dei suoli.

Le cause che contribuiscono ad accelerare il fenomeno dell'erosione idrica sono essenzialmente ascrivibili a:

- uso di pratiche agricole inadeguate tra cui ad esempio l'eccessivo sbriciolamento dello strato superficiale del suolo effettuato per la preparazione dei letti di semina, nonché l'impovertimento della materia organica e inorganica contenuta nel suolo a seguito dell'eccessivo sfruttamento agricolo;
- riduzione delle colture protettive del suolo a vantaggio di quelle economicamente più redditizie;
- abbandono delle vecchie sistemazioni idraulico-agrarie non sostituite da nuove opere;
- cambiamenti climatici in atto su scala globale tra cui in particolare l'aumento del potere erosivo delle piogge che presentano sempre più il carattere di scrosci con elevata energia.

La valutazione qualitativa e quantitativa del processo erosivo è quindi fondamentale per cercare di impostare una corretta gestione del territorio finalizzata ad arginare un tale fenomeno.

Esistono numerosi modelli messi a punto per la valutazione dell'erosione del suolo riconducibili a tre principali categorie: modelli qualitativi, semiquantitativi e quantitativi.

Negli ultimi cinquant'anni molti studi sono stati condotti sull'evolversi del processo erosivo partendo dalla piccola scala sino alla scala globale. Un'ampia varietà di modelli è stata inoltre adottata sia per la raccolta che per l'estrapolazione di dati sebbene la loro accuratezza e affidabilità lascino ancora molto a desiderare.

Nella letteratura tecnica più recente si ritrova tuttavia un cospicuo numero di lavori sui fenomeni di erosione idrica con lo scopo di investigare le dinamiche alla base del processo erosivo di tipo *interrill* e *rill*.

Tali studi, utilizzando esperienze di laboratorio e di campo, valutano la dipendenza di tali processi dall'intensità della pioggia, dalla morfologia del suolo, dal suo grado di saturazione, nonché dalla scala geometrica di studio.

L'erosione di tipo *interrill*, in particolare, è identificata come quella forma di erosione che offre il maggior contributo al processo di degradazione del suolo. Essa si rende evidente quando uno scorrimento di tipo diffuso interessa il suolo. Il processo fisico che la determina nasce quindi dalla combinazione di due sottoprocessi, ossia distacco e trasporto ad opera dell'azione impattante della goccia sul suolo (*splash erosion*) e trasporto di sedimento ad opera del sottile strato di acqua (lama d'acqua) sul terreno (*sheet erosion*).

Le precipitazioni sono pertanto da identificarsi quale principale fattore di innesco dell'erosione idrica causando il distacco di particelle di terreno.

L'erosività intrinseca della pioggia è correlata ad una serie di sue caratteristiche (durata, distribuzione del diametro delle gocce, intensità e distanza temporale tra eventi consecutivi ecc...) che concorrono alla caratterizzazione di due parametri base quali l'energia cinetica e la quantità di moto proprie della precipitazione stessa.

Il distacco delle particelle di terreno dovuto in primis all'azione battente della pioggia è inoltre funzione non solo delle caratteristiche intrinseche dello stesso evento meteorico, ma anche della pendenza e della natura del terreno interessato, nonché dell'altezza del tirante idrico.

Una volta distaccatesi dal suolo per l'azione battente della pioggia, le particelle di terreno sono suscettibili di trasporto per azione dello strato d'acqua superficiale (lama d'acqua) in movimento.

Molti studi hanno mostrato un differente comportamento in termini percentuali delle due componenti erosive: pioggia e ruscellamento superficiale.

Si è infatti evidenziata una predominanza dell'azione erosiva della pioggia rispetto al ruscellamento per pendenze superiori al 9%, mentre al di sotto di tale valore il comportamento si inverte. I risultati di dette considerazioni sono stati riassunti nel grafico successivo.

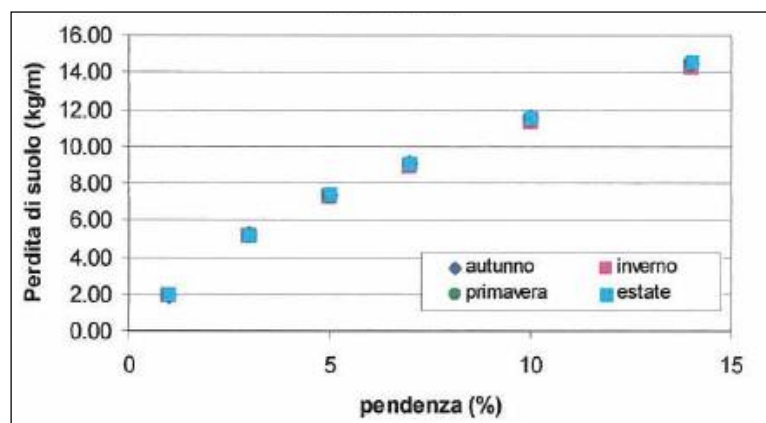


Figura 16 - Andamento stagionale della perdita di suolo per erosione in funzione della pendenza

Per quanto riguarda l'impianto in progetto, l'instaurarsi di fenomeni di erosione idrica localizzati all'interno dell'area di progetto a seguito di eventi piovosi sarà di fatto nullo. La concomitanza di una serie di fattori tra cui in particolare la scarsa pendenza del sito, il rapido ripristino del manto erboso, la diminuzione dell'energia di impatto degli scrosci piovosi al suolo dovuta all'effetto coprente dei moduli, ecc..., consentirà di arginare sia il fenomeno dello “*splash erosion*” che quello dello “*sheet erosion*”.

Assumendo in via conservativa che il rapporto di copertura dei moduli rispetto al terreno sia pari al 40%, è chiaro che sulla porzione di terreno sottostante il lato più basso dei moduli sarà riversato lo stesso volume di acqua intercettato dall'intera superficie dei moduli stessi, ma in maniera concentrata.

Ciò nonostante, alla luce delle seguenti considerazioni, tale apparente concentrazione della forza erosiva non comporterà di fatto alcuna accelerazione della degradazione strutturale del suolo:

- l'esigua altezza dei moduli dal piano di calpestio fa sì che l'acqua piovana, in particolare nel caso del sistema fisso come quello di progetto, seppure raccolta dalla loro superficie e concentrata su una ridotta porzione di terreno, cadrà al suolo possedendo un'energia cinetica molto inferiore rispetto a quella della medesima massa d'acqua impattante in maniera distribuita sull'intera superficie di proiezione del modulo alla velocità limite in caduta libera di una goccia d'acqua;
- lo strato erbaceo del soprassuolo offre un'efficiente protezione del terreno trattenendone le particelle a livello dell'apparato radicale, attenuando ulteriormente la forza impattante delle gocce d'acqua a livello dell'apparato fogliare ed evitando il formarsi di vie preferenziali di accumulo e/o di deflusso dell'acqua al di sotto le stringhe. Un riscontro oggettivo delle considerazioni sopra esposte ci viene fornito da un recente studio italiano (Balacco et al. 2006 “Indagini preliminari sul ruolo svolto dall'infiltrazione nei processi erosivi di interrill” XXX° Convegno di idraulica e costruzioni idrauliche);
- le pendenze naturali del terreno di progetto, che non verranno modificate, e la presenza di linee di impluvio assicurano un efficiente drenaggio delle acque piovane per ruscellamento lungo le pendenze naturali. Inoltre la pendenza uniforme del terreno verso il torrente Serpente limitrofo, garantisce che le acque meteoriche defluiscano in esso in maniera uniforme sotto forma di lama d'acqua piuttosto che di singoli rivoli localizzati. Dagli impluvi presenti sarà pertanto lasciata libera una fascia di larghezza opportuna per evitare interferenze con la funzione idraulica svolta;
- la maggior parte dell'area interessata dalle installazioni di progetto è poco inclinata e pertanto l'energia dell'eventuale strato idrico superficiale non sarà tale da vincere, da un lato i fenomeni di coesione del terreno, e dall'altro il potere di trattenimento da parte degli apparati radicali della vegetazione, evitando così l'innescarsi di fenomeni di trasporto solido (sheet erosion).

A sostegno di quanto sin qui argomentato, si riporta di seguito una foto di un impianto realizzato con tecnologia simile dell'impianto in esame e installato su terreni argilloso-sabbiosi come quelli in oggetto:



Figura 17 - Stato del terreno inerbito sotto i pannelli fotovoltaici

La foto è stata scattata nel mese di marzo dopo una serie ripetuta di eventi piovosi significativi e mostra chiaramente l'assenza di fenomeni di erosione superficiale anche in presenza di copertura erbosa appena sfalciata. L'area di progetto risulta infatti ben stabilizzata e nel tempo ad oggi non è stata sede né di erosioni e colamenti, né di allagamenti o impaludamenti temporanei a seguito di eventi meteorici intensi.

La superficie interessata dalle installazioni del campo agrivoltaico in progetto resterà pertanto permeabile e sarà soggetta ad un rapido e spontaneo processo di rinverdimento così da non alterare il bilancio idrologico dell'area, ossia, per meglio dire, la presenza del generatore non interferirà con processi di infiltrazione, accumulo e scorrimento superficiale delle acque meteoriche riscontrabili sulla medesima area allo stato ante operam.

Per quanto concerne inoltre l'apporto alla rete idrografica di superficie presente nelle aree limitrofe, la presenza dell'impianto non comporta modifiche dell'assetto attuale, né l'attuazione di interventi di regimazione idraulica e la sua presenza può considerarsi ininfluente nel determinare cambiamenti delle naturali portate idriche.

In conclusione, l'analisi del progetto in esame consente di affermare che l'intervento non introduce variazioni di rilievo nella relazione tra gli eventi meteorologici ed il suolo e disincentiva la possibilità che si presentino fenomeni degradativi di tipo erosivo, oggi forse presenti con la coltura a grano non effettuata tutti gli anni per la messa a riposo dei terreni. Gli unici impatti sul suolo derivanti dal progetto in esercizio si concretizzano nella sottrazione per occupazione da parte dei pannelli. I pannelli sono montati su supporti tubolari infissi nel terreno. Tali supporti sorreggono l'insieme dei pannelli assemblati, mantenendoli alti da terra. Inoltre fra le file di pannelli è lasciata libera una fascia di ampia larghezza. Il rapporto di copertura superficiale dei soli pannelli (ingombro in pianta) è inferiore al 40%, riferito all'area catastale.

L’impatto per sottrazione di suolo viene considerato poco significativo in quanto, una volta posati i moduli, l’area sotto i pannelli resta libera e subisce un processo di rinaturalizzazione spontanea che porta in breve al ripristino del soprassuolo originario, temporaneamente alterato dalle fasi di cantiere. In realtà una tale configurazione non sottrae il suolo, ma ne limita parzialmente nello spazio e nel tempo le capacità di uso. Viene chiaramente impedita (in maniera temporanea e reversibile) l’attività agricola durante la vita utile dell’impianto. Resta potenzialmente possibile il pascolo, e i terreni tornano fruibili per tutte quelle specie di piccola e media taglia che risultavano disturbate dalle attività agricole seminatrici di frumento o dalla presenza dell’uomo in generale. Il periodo di inattività colturale del terreno, durante l’esercizio dell’impianto agrivoltaico, permette inoltre di recuperare le caratteristiche di naturale fertilità eventualmente impoverite o perse.

Durante l’esercizio, lo spazio sotto i pannelli resta libero, fruibile e transitabile per animali anche di medie dimensioni. C’è comunque da aspettarsi che, visto l’ampio contesto rurale in cui si inserisce il progetto, lo spazio sotto i pannelli assuma una minore appetibilità, rispetto ai terreni limitrofi, come luogo per la predazione o la riproduzione, e tenda ad essere evitato. Il terreno sarà lasciato allo stato naturale, e sarà rinverdito naturalmente in poco tempo dopo il cantiere.

La tipologia di supporti scelta si installa per infissione diretta nel terreno, operata da apposite macchine di cantiere, cingolate e compatte, adatte a spazi limitati e terreni anche in pendenza. I supporti non hanno strutture continue di ancoraggio ipogee.

Alla dismissione dell’impianto, lo sfilamento dei pali di supporto garantisce l’immediato ritorno alle condizioni ante operam del terreno.

La recinzione perimetrale verrà realizzata senza cordolo continuo di fondazione. Così facendo si evitano gli sbancamenti e gli scavi.

Gli impatti in fase di cantiere si limiteranno al calpestio del cotico erboso superficiale da parte dei mezzi, che sono previsti di capienza massima 40 t (autocarri per la consegna dei pannelli).

Le alterazioni subite dal soprassuolo per il transito dei mezzi sono immediatamente reversibili alla fine delle lavorazioni, con il naturale rinverdimento della superficie.

Per quanto riguarda l’impatto operato dall’impianto sul regime idraulico ed idrologico dell’area, anche in relazione al deflusso delle acque meteoriche, in aggiunta a quanto già asserito, si può considerare quanto segue: l’area di progetto risulta ben stabilizzata, con riferimento al rapporto fra suolo e acque meteoriche; nel tempo non è stata sede né di erosioni e colamenti, né di allagamenti o impaludamenti temporanei a seguito di eventi meteorici intensi. La superficie del campo agrivoltaico resterà permeabile e allo stato naturale, pertanto il regime di infiltrazione non verrà alterato. Durante la fase di cantiere non risulterebbe necessaria alcuna modifica all’assetto idrografico attuale, pertanto si può escludere, sin dal principio, la necessità di opere per la regimazione delle acque, compresa la nuova viabilità perché verrà realizzata in materiali naturali porosi. Si eviterà la compattazione diffusa e il

formarsi di sentieramenti, con il drenaggio, la captazione e l'allontanamento delle acque meteoriche, che possono fungere da percorsi di deflusso preferenziale per l'acqua.

Per quanto concerne la quantità delle acque, dal punto di vista dell'idrografia di superficie il progetto può quindi essere inserito nell'attuale contesto idrologico senza provocare alcuna mutazione nei deflussi dei canali esistenti. La presenza del campo agrivoltaico non interferisce con i normali processi di infiltrazione, accumulo e scorrimento superficiale delle acque meteoriche. Viceversa si ritiene invece interessante evidenziare che l'interruzione di somministrazione di fitofarmaci e concimanti tipici di coltivazioni agrarie si tradurrà in una diminuzione di pressione antropica sulle falde e sui corsi d'acqua

Entrando in dettaglio, l'analisi del caso presentato consente di affermare che il progetto del parco agrivoltaico non introduce sensibili variazioni nella relazione tra gli eventi meteorologici ed il suolo, inoltre attraverso alcuni pratici accorgimenti, sarà possibile instaurare anche dei meccanismi di tutela del territorio e di preservazione del patrimonio ambientale.

Di seguito si riportano alcuni accorgimenti utili da seguire nella gestione del parco al fine di perseguire gli obiettivi anzidetti:

1. mantenere una coltre erbacea sull'interfilari dei pannelli con funzionalità anti erosiva nei confronti di:
 - erosione da impatto: grazie all'azione mitigante della parte epigea vegetale nei confronti dell'impatto delle gocce d'acqua col suolo;
 - erosione diffusa: a seguito della diminuzione dell'energia cinetica dell'acqua nell'ipotesi di scorrimento superficiale lungo la superficie in occasione di eventi prolungati;
 - incanalamento superficiale: in relazione all'effetto consolidante dell'apparato radicale.
2. Mantenere la pannellatura ad un'altezza adeguata da consentire la crescita di vegetazione erbacea al di sotto del pannello in modo da mantenere una copertura costante in grado di proteggere il suolo e preservarlo dal dilavamento di sostanze nutrienti e dalla mineralizzazione della sostanza organica.

11 – TECNICHE DI POSA DEI CAVIDOTTI IN CORRISPONDENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTI IDRICI

I cavidotti delle linee BT e MT e AT sono tutti interni all'impianto agrivoltaico.

I cavidotti BT prevedono delle sezioni di scavo per l'alloggiamento tipicamente di 70 cm di profondità per 40 cm di larghezza.

I cavidotti MT prevedono delle sezioni di scavo per l'alloggiamento di 100 cm di profondità per 70 cm di larghezza.

Il cavidotto AT ha una sezione di scavo di 150 cm per 70 cm.

Il cavidotto verrà posato su un letto di sabbia di almeno 10 cm e ricoperto con altri 10 cm dello stesso materiale a partire dal suo bordo superiore. Il successivo riempimento del cavo sarà effettuato con modalità differenti a seconda del tratto di strada interessata e secondo gli standard realizzativi prescritti dagli standard ENEL.

Si prevede la realizzazione di uno scavo a sezione obbligata. Il materiale da scavo prodotto sarà in pareggio con quanto necessario per il rinterro dei cavidotti. Eventuali piccole quantità in eccesso verranno riutilizzate per il lieve rimodellamento delle superfici.

Al fine di minimizzare le interferenze che potrebbe arrecare la posa in opera dei cavi, in particolare con la viabilità e con i corsi d’acqua, la realizzazione dello scavo verrà eseguita utilizzando tecnologie “*no-dig*” (letteralmente “senza scavo”) in modo tale da evitare la manomissione del manto superficiale costituito da strade e corsi d’acqua. Allo stesso tempo, l’uso di tali tecnologie, assicura una maggiore efficienza di realizzazione e consente di evitare le conseguenze sull’impatto ambientale che potrebbero invece derivare da uno scavo a cielo aperto. La realizzazione di un tradizionale scavo a cielo aperto causa infatti una maggiore usura del manto stradale, può comportare la necessità di deviare corsi d’acqua o scavare e ripristinare l’alveo con conseguente impatto negativo su flora e fauna.

Al contrario l’impiego di tecnologie “*no-dig*” permette di eseguire la posa dei cavidotti riducendo al minimo le operazioni di scavo e di conseguenza lo smantellamento superficiale, diminuendo inoltre i volumi del materiale di risulta derivanti dalle operazioni di demolizione. Al contempo le tecniche “*no-dig*” consentono di ridurre l’inquinamento acustico e l’emissione di polveri nocive.

Per maggiore chiarezza, nel prosieguo della seguente relazione, verranno esposte le principali tecniche di attraversamento *no-dig* con particolare riferimento alla modalità denominata “*Horizontal Directional Drilling* (HDD)” che, nello specifico, si prevede di impiegare nel progetto in esame.

12 – TECNICHE DI TRIVELLAZIONE NO-DIG

Come precedentemente detto, la posa dei cavidotti per l’impianto fotovoltaico in progetto, denominato “*Falco*”, verrà effettuata utilizzando tecnologie di attraversamento in sotterranea, denominate “*no-dig*”, in quanto consentono di evitare lo smantellamento del manto superficiale e di ridurre l’impatto ambientale.

Tra queste tecniche, quelle principalmente adoperate sono:

- Spingitubo;
- Microtunnelling;
- Trivellazione Orizzontale Controllata.

SPINGITUBO

Come tutte le tecnologie “*no-dig*” quella denominata spingi-tubo, o *pipe jacking*, permette la posa in opera di condotte interrato senza eseguire scavi a cielo aperto. Questa metodologia consente di eseguire

una trivellazione orizzontale per diametri maggiori rispetto alle altre tecnologie No-dig (compresi tra 219 e 2000 mm) ma a distanze inferiori.

Come schematicamente riportato in figura 18, questo metodo prevede l'utilizzo di un mezzo di perforazione orizzontale che scava un tunnel nel quale vengono spinti, man mano che lo scavo avanza, i singoli conchi della condotta.

Nello specifico, la macchina spingi-tubo è un percussore a massa battente, azionato da idoneo compressore, che riesce ad infiggere nel terreno tronchi di tubazioni in acciaio a fronte aperto, saldati tra loro in modo tale da garantirne la continuità meccanica. A fine spinta, tramite aria compressa o idrospurgo, viene spinta fuori la porzione di terreno rimasta all'interno del tubo.

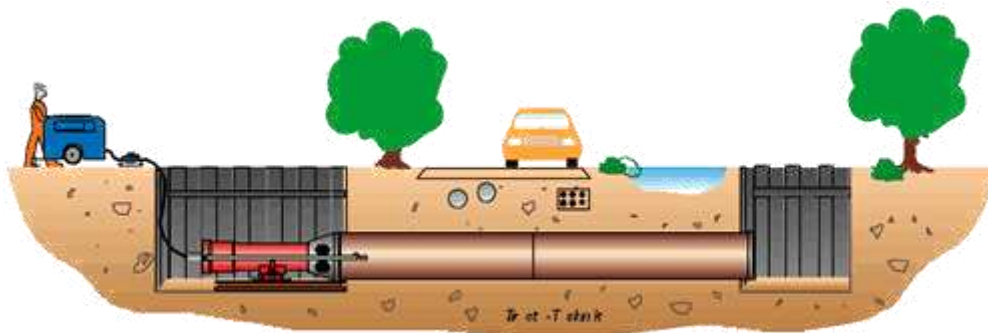


Figura 18 – Schematizzazione della tecnica di scavo in spingi-tubo

Uno dei limiti della tecnologia spingi-tubo è la lunghezza di scavo. L'attrito tra terreno e condotta infatti può risultare molto elevato. Motivo per cui la lunghezza massima di scavo dipende dal tipo di terreno e dal diametro di scavo.

La prima operazione che viene eseguita è la costruzione del pozzo di partenza, che funge anche da camera di spinta, e del pozzo di arrivo.

Il pozzo di partenza ha solitamente dimensioni di circa 8 x 6 m, con profondità variabile a seconda della lunghezza dell'attraversamento, considerando un franco di circa 60 cm in profondità per la successiva operazione di saldatura o giunzione dei conchi della condotta.

Nel pozzo d'entrata viene collocata la macchina di perforazione che può funzionare o tramite martinetti idraulici o con martello pneumatico. Il pozzo di partenza deve quindi essere opportunamente dimensionato in modo da garantire la contropinta necessaria alla macchina perforatrice.

Il materiale scavato viene in seguito convogliato in tubi camicia di acciaio, di resistenza adeguata a sopportare la spinta del terreno; da qui il materiale già frantumato viene rimosso tramite una coclea.

MICROTUNNELLING

La tecnica “no-dig” denominata microtunnelling prevede la posa in opera in sotterraneo di condotte rigide mediante perforazione a spinta monitorata e direzionabile. Questa tecnologia permette infatti di avere una libertà di deviazione del 30% rispetto alla livellata in salita e del 10% in discesa. In genere viene adoperata per l’installazione di condotte che possono raggiungere diametri elevati (3000 mm).

La tecnica di posa “microtunnelling” prevede la realizzazione di un foro tra due pozzi, uno nella zona di partenza, detto pozzo di spinta, e uno nella zona di arrivo, necessari per la manovra degli elementi della tubazione. La perforazione orizzontale avviene per mezzo di un macchinario denominato Micro Tunnel Boring Machine (MTBM).

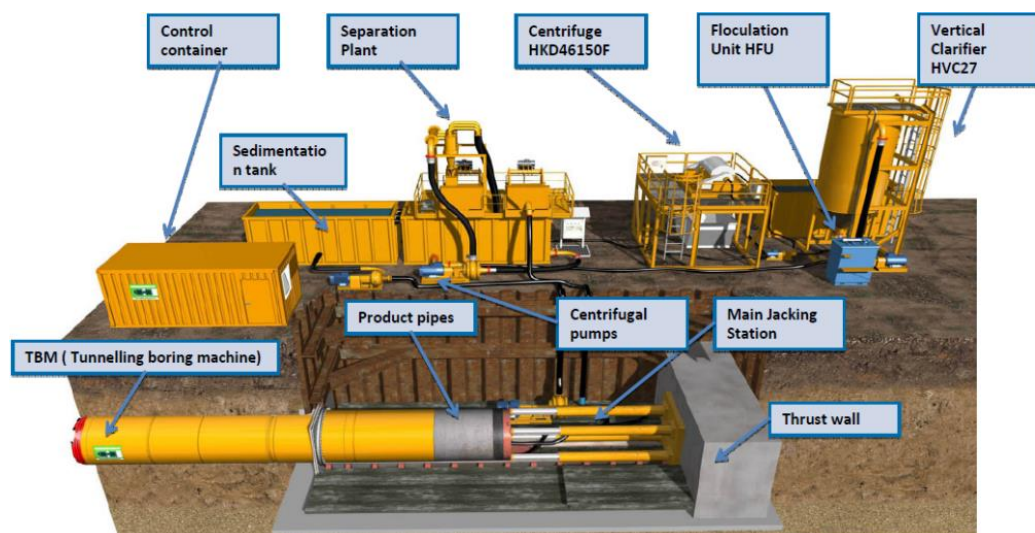
La MTBM è una macchina fresante che scava a sezione piena per mezzo di una serie di martinetti idraulici interconnessi tra loro in modo tale da garantire la stessa spinta da parte di ciascuno di essi.

La condotta viene dunque inserita in conci simultaneamente all’avanzamento dello scavo, evitando di incorrere in cedimenti del fronte di scavo.

I materiali di risulta vengono riportati verso la sezione di uscita mediante un meccanismo di smarino meccanico, in cui il materiale frantumato viene trasportato da una coclea verso il pozzo di spinta, oppure tramite un sistema di smarino idraulico in cui il materiale viene allontanato tramite circolazione di fango bentonitico.

La traiettoria dello scavo viene controllata tramite una sorgente laser posta nel pozzo di partenza che rileva posizione e inclinazione della testa fresante. Eventuali correzioni di percorso possono essere effettuate tramite i martinetti idraulici posti sulla testa fresante.

La tecnica di microtunnelling permette inoltre di realizzare considerevoli lunghezze di perforazione grazie alla possibilità di inserire una stazione di spinta intermedia, in grado di trasmettere la spinta necessaria all’avanzamento di un certo tratto di condotta, troppo distante dalla sezione di ingresso.



Figura

19 – Schema di funzionamento della tecnologia microtunnelling

TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (TOC)

La tecnica di attraversamento “*no-dig*” utilizzata nel progetto in esame è la Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) in quanto permette di avere un controllo attivo della traiettoria per la posa in opera del cavidotto e non ha un elevato impatto ambientale. Tale tecnologia permette di eseguire attraversamenti molto lunghi con traiettorie anche curvilinee, senza eseguire scavi a cielo aperto.

Le fasi operative per la posa di una condotta mediante TOC sono essenzialmente tre:

1. esecuzione del foro pilota;
2. alesatura del foro;
3. tiro e posa della tubazione.

➤ ESECUZIONE DEL FORO PILOTA

La prima fase di scavo (figura 20) prevede la creazione di un foro pilota mediante l’introduzione, da un pozzo di ingresso, di una “sonda pilota” costituita da una testa perforatrice orientabile e connessa a più aste che vengono guidate nella direzione e alla quota di progetto.

L’avanzamento della testa fresante è coadiuvato da un getto fluido, costituito tipicamente da acqua o fanghi bentonitici, necessari a lubrificare le aste e la testa durante l’avanzamento. Tale fluido, mescolato al materiale di scavo, ripercorre il tragitto indietro e torna ad accumularsi nella sezione di ingresso, dove viene immagazzinato nell’apposita vasca, depurato e riutilizzato.

Nel caso in cui il terreno sia molto compatto lo scavo può essere effettuato “a secco”, ovvero utilizzando un martello demolitore che, durante l’avanzamento, comprime il terreno lungo le pareti del foro. In questo caso si utilizza una miscela lubrificante a base di acqua solo per il raffreddamento dell’utensile di scavo.

La direzione della sonda pilota viene controllata generalmente con onde radio o via cavo, utilizzando uno specifico apparecchio collocato all’interno della testa e in grado di fornire dati puntuali sulla profondità, l’inclinazione e la direzione della sonda sul piano orizzontale.

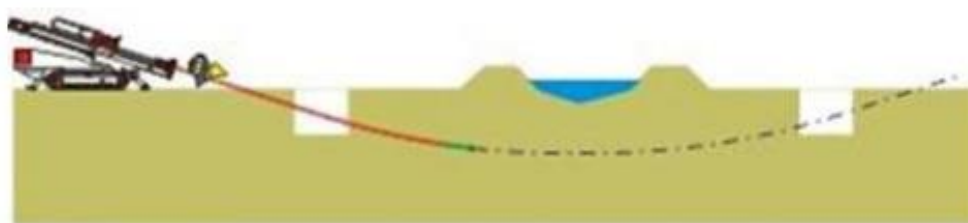


Figura 20 – Prima fase della tecnica di Trivellazione Orizzontale Controllata: esecuzione del foro pilota

➤ Alesatura

Successivamente all’esecuzione del foro pilota, la testa fresante raggiunge un pozzetto d’arrivo dove viene collegata ad un utensile alesatore. Questo ha la funzione di allargare il foro, a partire dalla sezione d’uscita verso la sezione d’entrata, fino ad arrivare ad un diametro di circa il 20-30% in più rispetto al diametro della condotta da posare. Una volta completata la fase di alesatura, a seconda del tipo di terreno,

si può effettuare una fase di tamponamento, in cui viene tirato dalla sezione di uscita verso quella di ingresso un altro alesatore di diametro minore rispetto al primo, continuando a iniettare il fluido (acqua o fango) diretto sta volta verso l’uscita. Questo fluido si miscela con la restante roccia frantumata e sedimenta smosso. Tale operazione serve a stabilizzare il foro, oltre che a lubrificare l’alesatore e le aste.

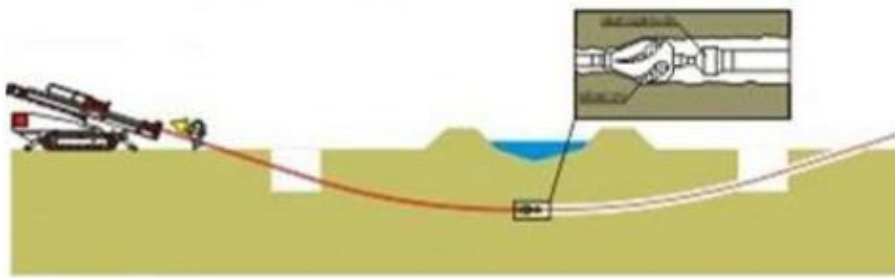


Figura 21 – Seconda fase della tecnica di Trivellazione Orizzontale Controllata: alesatura

➤ Posa in opera della condotta

Le sezioni di condotta vengono saldate presso la sezione di uscita, formando un’unica condotta. A questo punto inizia la fase finale, rappresentata dall’inserimento della condotta nel foro. Come mostrato nella figura seguente, essa viene agganciata dietro l’alesatore e successivamente trainata verso il sito d’entrata fino ad occupare l’intera lunghezza di perforazione.

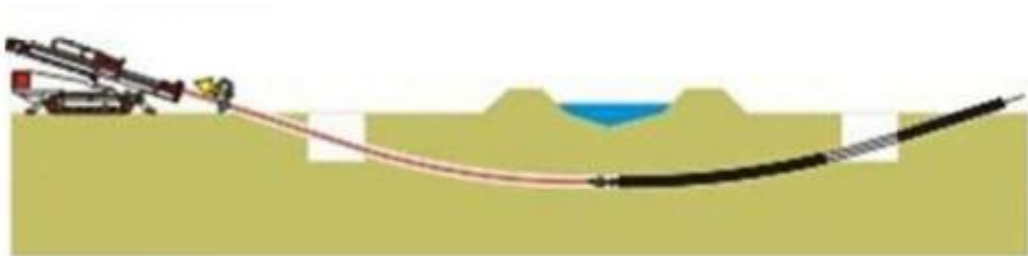


Figura 22 –
Fase di
Tiro
Figura 23 –

Assetto Finale della Tubazione



13 - Dimensionamento tubi ARMCO

Per quanto concerne le interferenze tra la sede stradale di nuova realizzazione con l'attraversamento di impluvi all'interno del parco fotovoltaico è previsto il convogliamento delle acque all'interno di una tubazione circolare tipo ARMCO di sezione variabile con pendenza del fondo pari al 1,5%.

Il dimensionamento della sezione idraulica di forma circolare, ovvero ARMCO, è stato condotto considerando l'ipotesi più gravosa, con tempo di ritorno pari a 200 anni secondo le direttive disposte dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, con D.S.G. n. 72 del 29/03/2022, "Direttive tecniche per la verifica di compatibilità idraulica di tombinature e coperture dei corsi d'acqua" ed emanate ai sensi dell'Art. 8 delle Norme di attuazione del P.G.R.A.

Facendo riferimento ai calcoli idraulici delle portate massime di piena per i vari sottobacini individuati (vedasi paragrafo 6 – Verifiche idrogeologiche ed idrauliche), si riporta di seguito il dimensionamento eseguito.

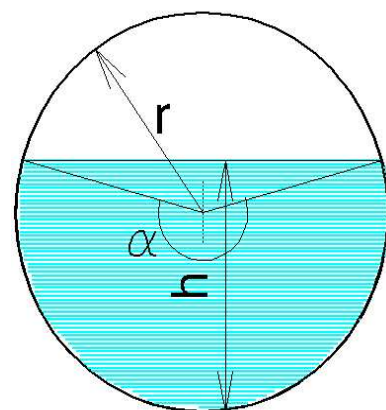
Dimensionamento ARMCO

CARATTERISTICHE SEZIONE

Nota la portata massima per fissato tempo di ritorno pari a 200 anni si è proceduto con il dimensionamento del diametro dell'armco.

Diametro	d	2,00	m
Raggio	r	1,00	m
Tirante idrico	h	1,33	m
Pendenza	i	1,5	%
Coeff. di scabrosità di Kutter	m	0,12	m ^{1/2}

Angolo al centro	α	218,9	°
Contorno bagnato	P_b	3,82	m
Area di deflusso	A	2,22	m ²
Raggio idraulico	R_i	0,58	m



CAPACITA' DI SMALTIMENTO

Formule del moto uniforme

- Portata

$$Q = AV$$

Dove:

A = Area di deflusso

V = velocità di deflusso

- Velocità di deflusso

$$V = c \sqrt{R_i p}$$

Dove:

c = coefficiente di attrito

R_i = raggio idraulico

P = pendenza

- Coefficiente di attrito

$$c = \frac{100\sqrt{R_i}}{m + \sqrt{R_i}}$$

Dove:

m = coefficiente di scabrosità di Kutter

Risultati:

c	86,41	
V	8,08	m
Q	17,97	m ²

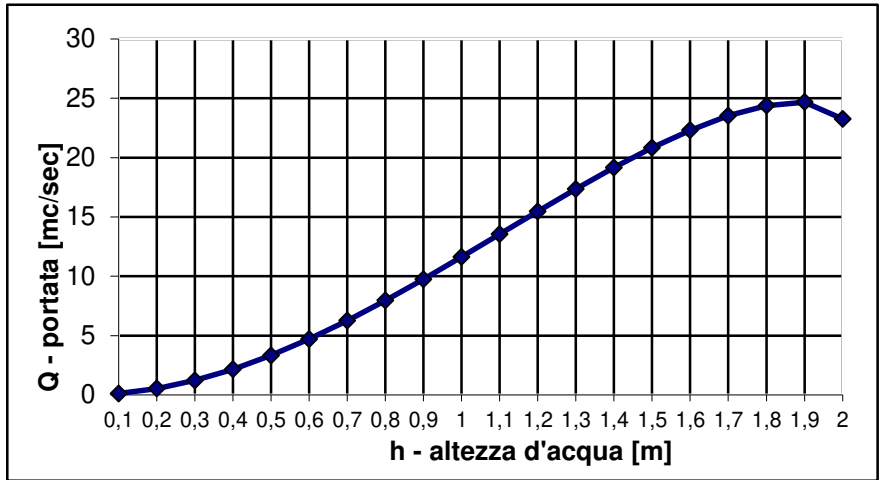
CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA CIRCOLARE PER VARIE**ALTEZZE D'ACQUA**

Caratteristiche sezione

Diametro	d	2,00	m
Pendenza	i	1,5	%
Coeff. di scabrosità di Kutter	m	0,12	m ^{1/2}

h [m]	Q[m ³ /sec]
0,10	0,125
0,20	0,534
0,30	1,220
0,40	2,162
0,50	3,335
0,60	4,710
0,70	6,259
0,80	7,950
0,90	9,752
1,00	11,630
1,10	13,549
1,20	15,471
1,30	17,355
1,40	19,157
1,50	20,827
1,60	22,307
1,70	23,523
1,80	24,372
1,90	24,668
2,00	23,260

Grafico Portata / Altezza



Interferenza sede stradale di nuova realizzazione con attraversamento di impluvi all'interno del parco fotovoltaico.
Scala 1/50

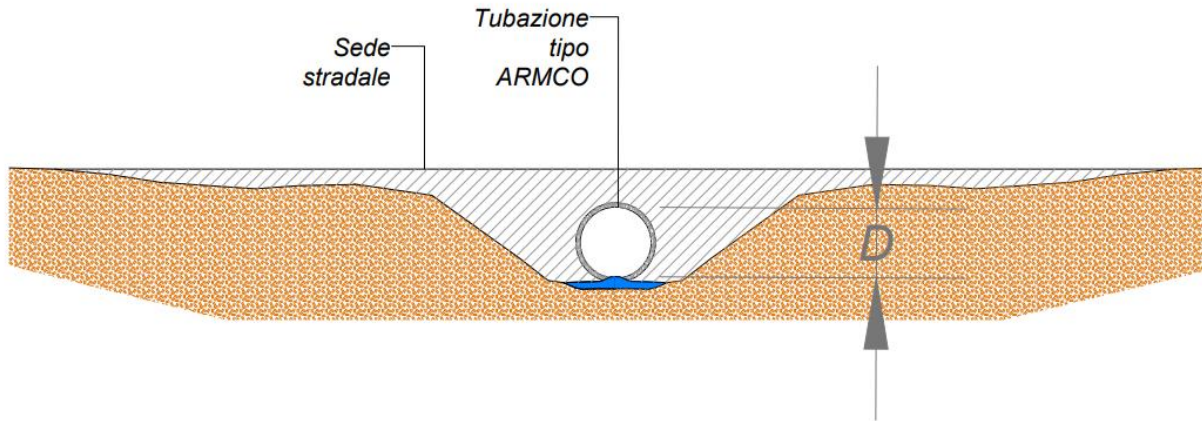


Figura 24 – Schema tipo Armco

14 - CONCLUSIONI

Per quanto esposto e argomentato nella presente relazione idraulica ed alla luce degli interventi di rinaturalizzazione dei luoghi e di difesa spondale del reticolo impluviale, si considera totalmente compatibile l'installazione dell'impianto agrivoltaico in progetto, denominato “Falco” da 34,375 MWp, con l'assetto idrogeologico, idrologico e geomorfologico locale.

La posa in opera dei cavidotti relativi all'impianto fotovoltaico in esame verrà eseguita utilizzando tecniche di trivellazione “no-dig” al fine di minimizzare le interferenze che questa potrebbe arrecare, specie con gli impluvi ed i corsi d'acqua.

Nello specifico la tecnica che si prevede di utilizzare è quella denominata “Trivellazione Orizzontale Controllata” in quanto permette di eseguire attraversamenti molto lunghi con traiettorie anche curvilinee, senza eseguire scavi a cielo aperto, e consente inoltre di avere un controllo attivo della traiettoria per la posa in opera del cavidotto e non ha un elevato impatto ambientale.

Infine, il rispetto del principio dell'invarianza idraulica secondo cui la trasformazione di un'area deve avvenire senza provocare aggravio della portata di piena del corpo idrico o della rete di drenaggio ricevente i deflussi originati dall'area stessa, sarà garantita mediante il dimensionamento proposto costituito da n. 9 vasche di laminazione in bacino di detenzione e organo di regolazione della portata in uscita, che consentirà di non sovraccaricare il sistema di recapito esistente e modificare l'attuale assetto idraulico in condizioni di deflusso di piena.