



Alta Capital 15 S.r.l.  
 Corso Galileo Ferraris, 22  
 10121 Torino (TO)  
 P.Iva 12662180012  
 PEC altacapital15.pec@maildoc.it

**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 dell'Impianto agrivoltaico integrato ecocompatibile "Barriera Noce" da 50,00 MWp a Caltanissetta 93100 (CL)**

**Elaborati del progetto definitivo**

	Revisione		aggiornamenti
	n.	data	
<b>Relazione tecnica idraulica illustrativa sulle sistemazioni da eseguire</b>	1		
	2		
	3		
			<b>Elaborato</b>
			<b>RS 06 REL</b>
			<b>0012 S1</b>
<b>nome file</b>			
documento in idraulica\supporto\relazione tecnica idraulica sulle sistemazioni da eseguire_barriera noce.docx			
	<b>data</b>	<b>nome</b>	<b>firma</b>
<b>redatto</b>	05.04.2023	Ferrigno	
<b>verificato</b>	07.04.2023	Falzone	
<b>approvato</b>	10.04.2023	Speciale	
			<b>DATA 19.04.2023</b>



## SOMMARIO

<b>1 - PREMESSE</b> .....	<b>3</b>
<b>2. – LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3 – DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO</b> .....	<b>7</b>
<b>4 – STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE E NORME DI ATTUAZIONE</b> .....	<b>12</b>
<b>5 – CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE</b> .....	<b>18</b>
<b>6 - VERIFICHE IDROGEOLOGICHE ED IDRAULICHE</b> .....	<b>21</b>
<b>6.1- COEFFICIENTE DI DEFLUSSO</b> .....	<b>21</b>
<b>6.2 – CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA</b> .....	<b>22</b>
<b>6.3 – DIMENSIONAMENTO CANALE INTERNO</b> .....	<b>24</b>
<b>6.4 – DIMENSIONAMENTO CANALE DI ATTRAVERSAMENTO</b> .....	<b>25</b>
<b>7 - INTERVENTI DI PROTEZIONE SPONDALE BASATI SU TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA</b> .....	<b>28</b>
<b>8 – REALIZZAZIONE DEGLI INVASI ARTIFICIALI DI LAMINAZIONE</b> .....	<b>31</b>
<b>8.1 Criteri Generali di Progettazione</b> .....	<b>32</b>
<b>8.2 Descrizione dei lavori previsti in Progetto</b> .....	<b>33</b>
<b>8.3 Realizzazione dell’opera di sbarramento e di drenaggio</b> .....	<b>35</b>
<b>9 - VASCHE DI PRIMA PIOGGIA E REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE</b> .....	<b>37</b>
<b>9.1 Dati di Progetto</b> .....	<b>38</b>
<b>9.2 Dimensionamento dei manufatti</b> .....	<b>38</b>
<b>9.3 Caratteristiche costruttive</b> .....	<b>40</b>
<b>10 - EFFETTI INDOTTI DAL PROGETTO COMPLESSIVO</b> .....	<b>41</b>
<b>11 – TECNICHE DI POSA DEI CAVIDOTTI IN CORRISPONDENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTI IDRICI</b> .....	<b>47</b>
<b>12 – TECNICHE DI TRIVELLAZIONE NO-DIG</b> .....	<b>48</b>
<b>12.1 Dimensionamento ARMCO</b> .....	<b>53</b>
<b>13 - CONCLUSIONI</b> .....	<b>59</b>

## 1 - PREMESSE

La presente Relazione è relativa al progetto di un impianto fotovoltaico di taglia industriale denominato “Barriera Noce” da realizzarsi nel territorio del Comune di Caltanissetta (CL).

L’impianto in progetto prevede l’installazione a terra, su un lotto di terreno di estensione totale pari a 1.050.302 m<sup>2</sup> attualmente a destinazione agricola, 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 sia su strutture ad inseguimento (tracker), in configurazione bifilare, asse di rotazione Nord-Sud con inclinazione Est-Ovest compresa tra +/- 45°, sia su strutture fisse, in configurazione bifilare; ogni struttura alloggerà 2 filari tipicamente da 26 moduli.

Il progetto prevede complessivamente 79800 moduli occupanti una superficie massima di circa 223.205,5 m<sup>2</sup>, per potenza nominale di picco complessiva del campo lato AC pari a 50 MWp.

Si precisi che la presente relazione è redatta a corredo dell’Istanza presentata dalla ALTA CAPITAL 15 s.r.l. per l’attivazione del Procedimento Unico Autorizzatorio Regionale, come codificato dall’art. 27 bis del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. (nello specifico si consulti D. Lgs.104/2017).

## 2. – LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

I terreni, sui quali sarà costruito l’impianto agrivoltaico in progetto, ricadono nel territorio comunale di Caltanissetta (CL) a circa 1,66 km a Sud-Est del comune di Santa Caterina Villarmosa (CL), in una zona occupata da terreni agricoli distante da agglomerati residenziali. Il sito è ubicato a circa 9,41 km a Sud-Ovest di Villarosa (CL), a circa 10,84 km a Sud-Est di Resuttano (CL), a circa 11,92 km a Sud-Est di Marianopoli (CL), a circa 8,48 km a Nord di Caltanissetta (CL), a circa 10 km a Nord-Est di San Cataldo (CL) e a circa 19 km ad Ovest di Enna (EN). Il sito risulta accessibile dalla viabilità locale, costituita da strade statali, provinciali, comunali e vicinali. Nello specifico l’area destinata al futuro campo agrivoltaico si trova ad Est dalla Strada Statale n° 112 bis, a Nord dalla Strada Statale n.121 e ad Ovest dalla Strada Provinciale n.44.

PARTICELLE			Qualità	Superficie Totale Catastale in m <sup>2</sup>
Comune	Foglio	Part.		
CALTANISSETTA (CL)	24	18	SEMINATIVO	92000
			PASCOLO	37800
		275	SEMINATIVO	357119
			ULIVETO	927
		277	PASCOLO	80366
			SEMINATIVO	30889
		289	PASCOLO	1591
			PASCOLO ARB	7943

		SEMINATIVO	41427
	290	SEMINATIVO	1380
	291	SEMINATIVO	33060
	292	SEMINATIVO	236039
		PASCOLO	57809
	293	SEMINATIVO	1902
	294	SEMINATIVO	70050
<b>Superficie Totale Catastale in m<sup>2</sup></b>			<b>1050302</b>

I terreni interessati dal progetto sono iscritti in un rettangolo individuato, nel sistema di coordinate UTM (Universale Trasverso di Mercatore), dai vertici superiore sinistro e inferiore destro, e nel sistema di coordinate geografiche da uno span di latitudine e longitudine:

UPPER LEFT LATITUDE= 37°34'6.63"N

UPPER LEFT LONGITUDE = 14°2'38.68"E

LOWER RIGHT LATITUDE = 37°34'57.63"N

LOWER RIGHT LONGITUDE = 14°3'57.60"E.

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/ZCS e ZPS più prossime e al di fuori del campo fotovoltaico, riportando il codice del sito, la sua tipologia e il suo nome, la distanza e l'orientamento rispetto al campo fotovoltaico:

CODICE DEL SITO	TIPOLOGIA DI SITO	NOME DEL SITO	DISTANZA DAL CAMPO AGRIVOLTAICO	ORIENTAMENTO RISPETTO AL CAMPO AGRIVOLTAICO
ITA050002	ZSC	Torrente Vaccarizzo (Tratto terminale)	3,2 km	Nord-Est
ITA060004	ZSC	Monte Altesina	20,5 km	Nord-Est
ITA060013	ZSC	Serre di M. Cannarella	12,6 km	Sud-Est
ITA060002	ZPS	Lago di Pergusa	21,5 km	Sud-Est
ITA060012	ZSC	Boschi di Piazza Armerina	27,2 km	Sud-Est
ITA050004	ZSC	Monte Capodarso e Valle del Fiume Imera Meridionale	8,8 km	Sud-Est
ITA050003	ZSC	Lago Soprano	19,5 km	Sud-Ovest
ITA050005	ZSC	Lago Sfondato	8 km	Ovest
ITA020015	ZSC	Complesso Calanchivo di Castellana Sicula	20,5 km	Nord-Ovest
ITA020050	ZPS	Parco delle Madonie	22,2 km	Nord

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

- sovrapposizione del campo fotovoltaico su ortofoto (figura 1);
- sovrapposizione del campo fotovoltaico su CTR (figura 2);
- sovrapposizione del campo fotovoltaico su IGM (figura 3).

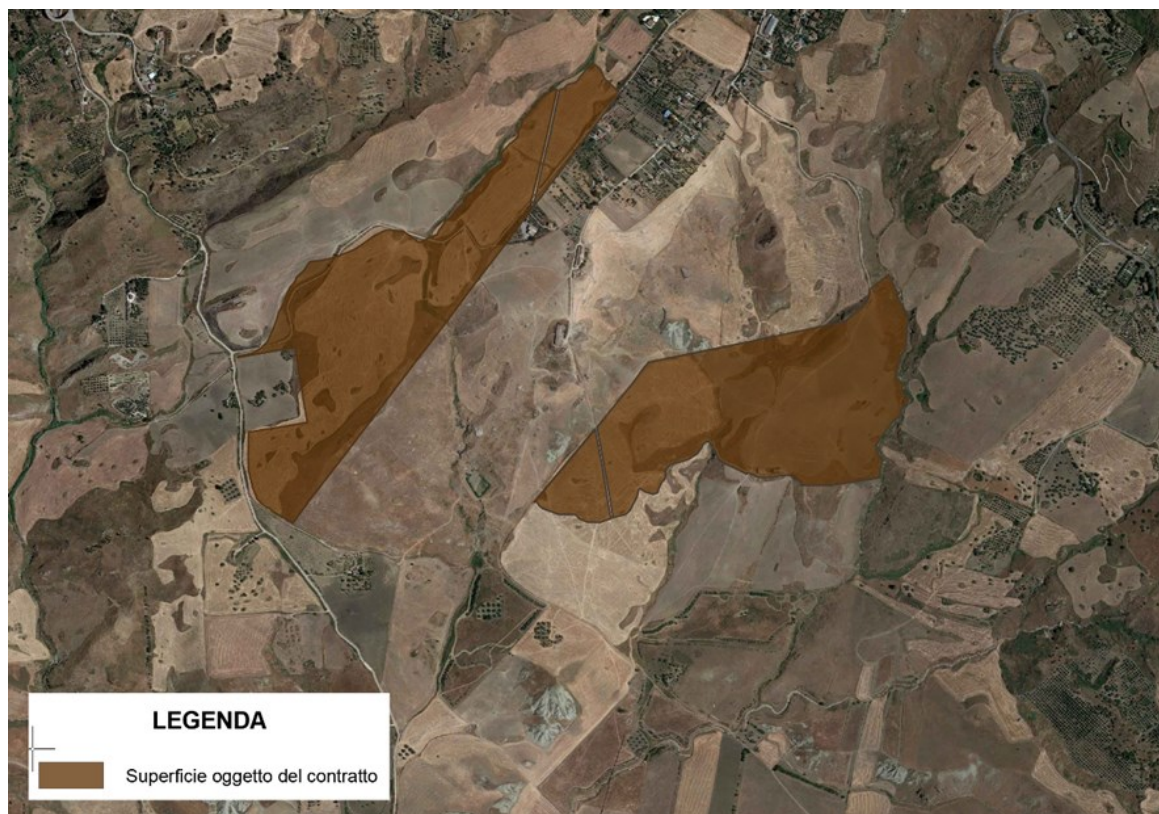


Figura 1 - Inquadramento dell'impianto su ortofoto



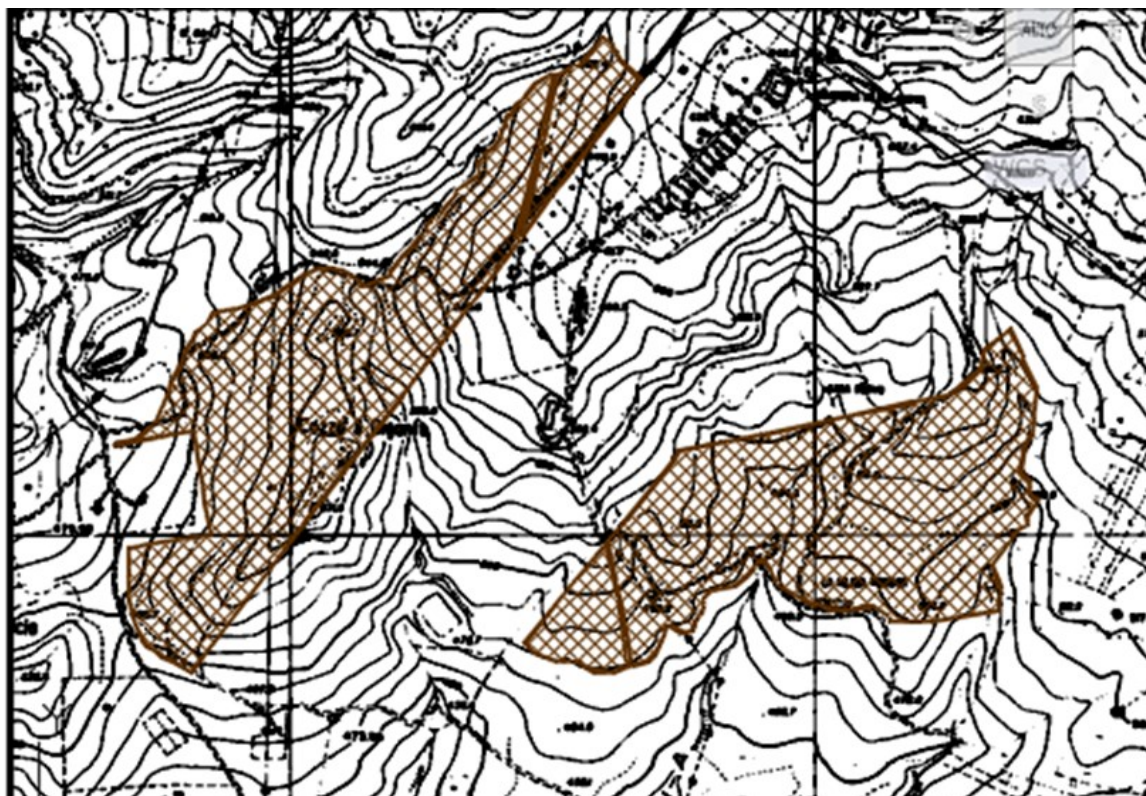


Figura 2 - Inquadramento dell'impianto su CTR

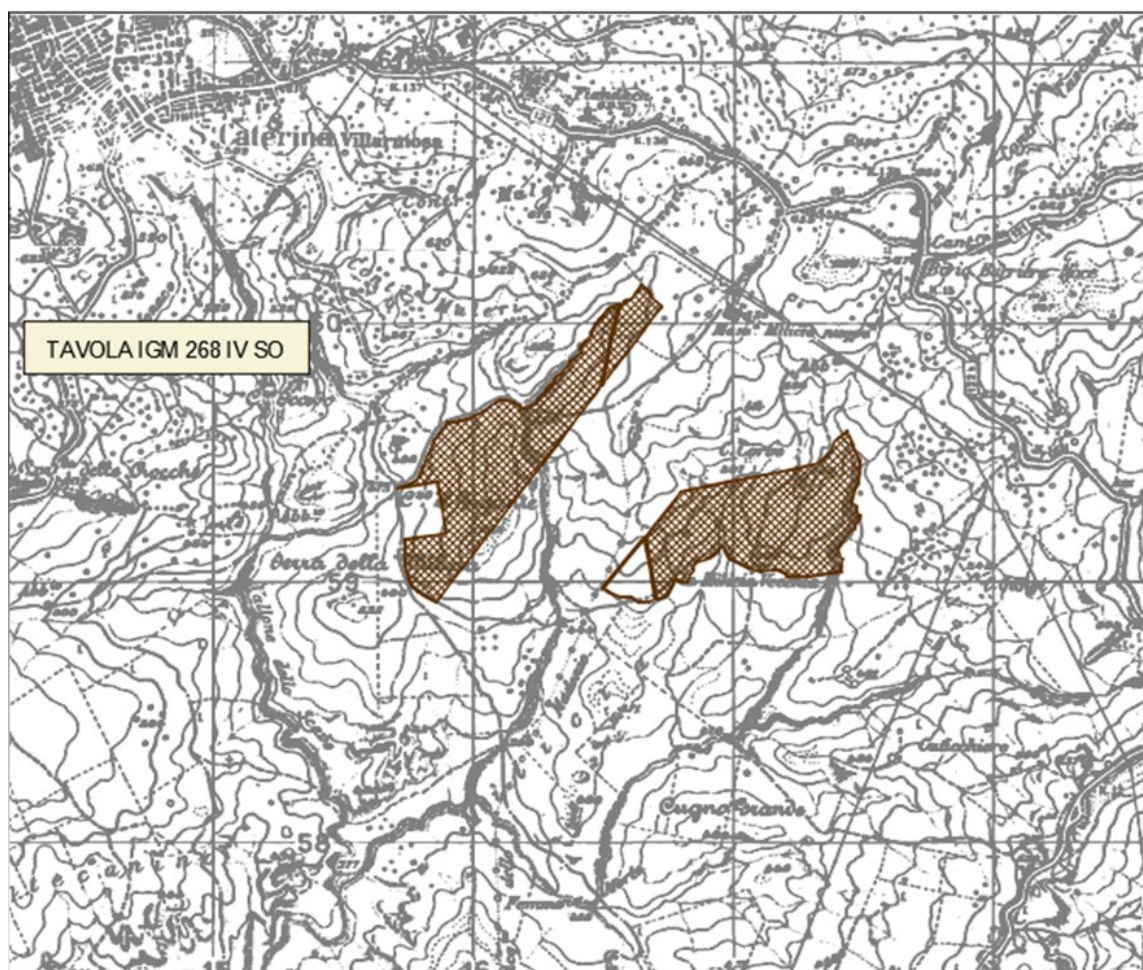


Figura 3 – Inquadramento dell'impianto su IGM

### 3 – DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO

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

La produzione di energia annua, stimata di 99.080 MWh, deriva da 79.850 moduli occupanti una superficie massima di circa 223.205,5 m<sup>2</sup>; catastalmente la superficie è pari a 1.050.302 m<sup>2</sup>.

Il parco agrivoltaico, oggetto della presente relazione, sarà costituito da n. 14 sottocampi di cui:

- n. 12 sottocampi ciascuno di potenza pari a circa 4.025 kWac (identificati con un numero nell’intervallo da 1 a 12 nel layout generale) realizzato da n. 23 inverter da 175 kWac collegati in parallelo;
- n. 2 sottocampi ciascuno di potenza pari a circa 850 kWac (identificati con un numero nell’intervallo da 13 a 14 nel layout generale) realizzati da n.5 inverter sempre da 175 kWac di cui uno caricato a 150 kWac

La configurazione tipo degli inverter sarà di 12 stringhe in parallelo da 25 moduli per un totale di 300 moduli ad inverter. Tutti i moduli saranno costituiti da pannelli di potenza pari a 630 Wp in monocristallino. Gli inverter, di ciascun sottocampo, saranno collegati ad un quadro di parallelo posto all’interno di un box cabina di trasformazione, in cui sarà presente un trasformatore in resina. Nello specifico avremo 12 trasformatori da 4000 kVA 0,8/36kV/kV e n. 2 trasformatori da 1000 0,8/36kV/kV.

Tali sottocampi saranno reciprocamente ed elettricamente collegati da un sistema di distribuzione ramificato in MT 36kV in entra ed esci tali da formare due gruppi distinti con n. 7 sottocampi che si atterranno ad una cabina di raccolta. Dalla cabina di raccolta si dipartirà la terna in AT a 36 kV che si andrà ad attestare in antenna alla futura Stazione di Trasformazione di Terna 380/150/36 KV “Chiaromonte Gulfi”.

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 50 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 a 36 kV in cavo a per la connessione dei blocchi di cabine costituenti il parco agrivoltaico;
- Collegamento elettrico AT tra il parco agrivoltaico e la stazione interna di raccolta.
- Collegamento elettrico AT tra la cabina di raccolta e la sottostazione di Terna benestariata

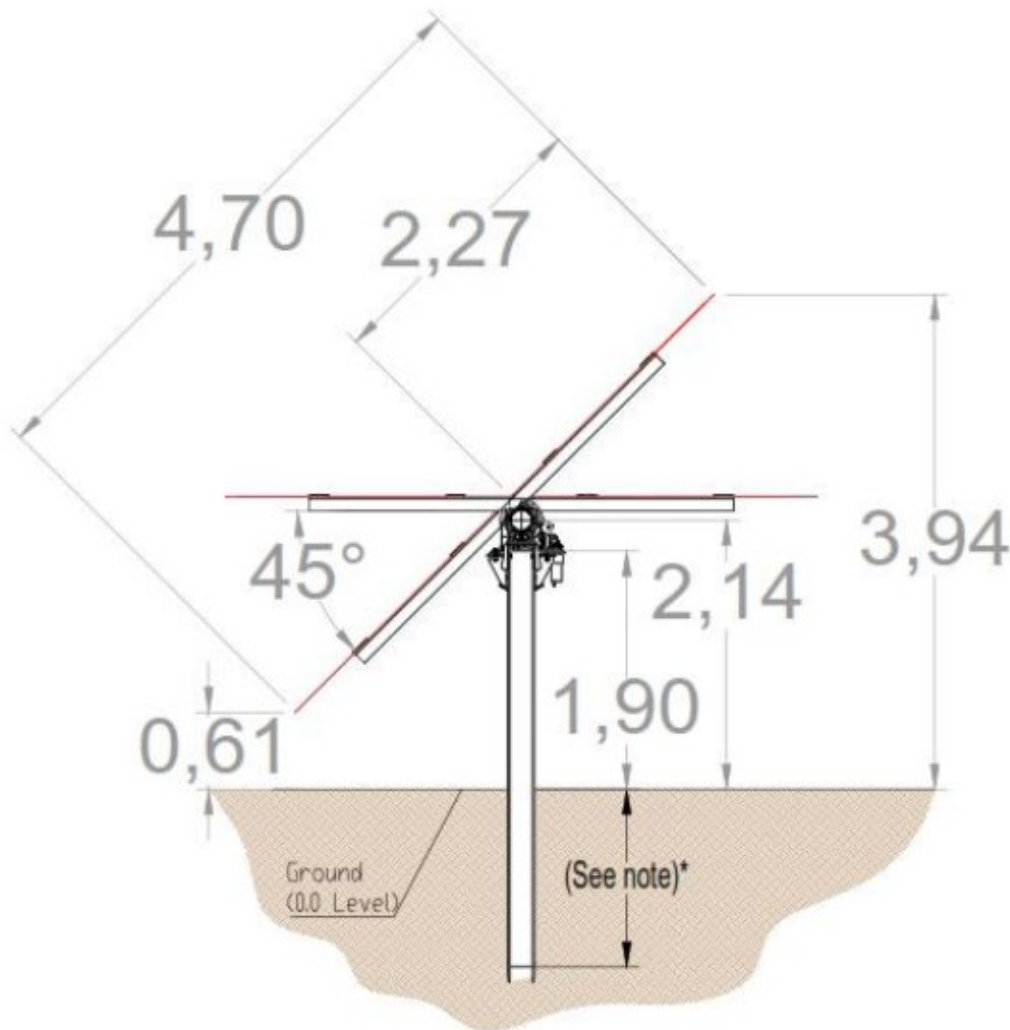




Figura 4: Esempio di impianto realizzato al suolo, fisso, con pannelli in configurazione bifilare

L'impianto fotovoltaico in progetto prevede l'installazione a terra, su terreno di estensione totale 1.055.302 m<sup>2</sup> attualmente a destinazione agricola, 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. Le strutture di sostegno ipotizzate hanno la caratteristica di poter essere infisse nel terreno senza bisogno di alcun tipo di fondazione in CLS, compatibilmente alle caratteristiche geotecniche del terreno e alle prove penetrometriche che verranno effettuate in fase esecutiva; inoltre, le strutture, per come dimensionate nei calcoli effettuati, sono in grado di supportare il peso dei moduli anche in presenza di raffiche di vento di elevata velocità, di neve (per il sito di Caltanissetta (CL)) e altri carichi accidentali. Il supporto del pannello, di cui viene riportato il prospetto laterale nella figura sottostante, è costituito da un unico piede alto 1,90 metri, inclinato verso sud di 1°, mentre l'asse orizzontale nord sud ruota durante l'arco del giorno da -45° a +45° in modo tale che il punto più basso del pannello disti 61 cm da terra e viceversa circa 394 cm nel punto più alto. La lunghezza del tratto infisso dei pali è stata assunta pari a circa 1,80-2,00 metri. Opportune prove di estrazione e carico preventive potranno poi essere realizzate in sito ai fini della progettazione esecutiva dell'impianto e dell'ottimizzazione delle strutture di fondazione.



**Figura 5 - Struttura di supporto Tracker dei pannelli fotovoltaici**

Ciascuna delle file di moduli fotovoltaici risulterà sorretta da quattro profili trasversali in alluminio i quali, a loro volta, saranno vincolati al telaio sottostante per mezzo di opportuni ganci. Le strutture che sostengono i moduli fotovoltaici verranno posizionate in file contigue, compatibilmente con le caratteristiche piano altimetriche puntuali del terreno; la distanza tra le file è stata valutata, al fine di evitare mutui ombreggiamenti tra i moduli, di circa 8,25 m agli assi. Le strutture 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. Gli inverters, 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 18,0 x 2,5 m, e sono costituite da moduli prefabbricati per l'alloggiamento degli arredi di cabina (interruttori, quadri, inverter, trasformatori BT/AT, cavedi). Le cabine AT sono a loro volta collegate alla cabina di raccolta dell'intero impianto agrivoltaico per essere poi veicolata sulla RTN in altissima tensione (AAT). Il punto consegna MT

per SA (Servizi Ausiliari) sarà all'interno alla suddetta stazione occupando una superficie di circa 17 m<sup>2</sup>; all'interno della stessa struttura avverrà la trasformazione in BT.

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 48 mq, attiguo alla control room e alloggio custode per complessivi 80 mq. L'energia prodotta dall'impianto sarà veicolata in uscita dalla cabina di raccolta AT, mediante un cavidotto AT interrato, alla sezione 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN che si inserirà in entrata e uscita sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Chiaramonte Gulfi – Ciminna". Dal punto di vista elettrico, l'impianto nel suo complesso è funzionalmente diviso in n. 12 blocchi di circa 4 MWac di potenza installata e n.2 da 850KWac. Ogni blocco, formato 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 inseriti nelle cabine AT, al cui interno avviene la trasformazione della corrente alternata da bassa tensione (BT) a alta tensione (AT). Le cabine AT sono a loro volta collegate alla cabina di raccolta dell'intero impianto agrivoltaico per essere poi veicolata sulla RTN in altissima tensione (AAT). I cavidotti delle linee BT e AT sono tutti interni all'impianto agrivoltaico. I cavidotti BT prevedono delle sezioni di scavo per l'alloggiamento di 70 cm di profondità per 40 cm di larghezza. I cavidotti AT all'interno del campo prevedono delle sezioni di scavo per l'alloggiamento di 100 cm di profondità per 70 cm di larghezza. Il cavidotto AT di connessione ha una sezione di scavo di 150 cm per 70 cm. L'impianto sarà dotato di viabilità interna e perimetrale, accessi carrabili, recinzione perimetrale, sistema di illuminazione e videosorveglianza. Gli accessi carrabili saranno costituiti da cancelli a due ante in pannellature metalliche, larghi 6 m e montati su pali in acciaio fissati al suolo con plinti di fondazione in cls armato collegati da cordolo. La recinzione perimetrale sarà realizzata con rete in acciaio zincato plastificata verde alta 1,8 m, collegata a pali di acciaio preverniciato verde alti 3,0 m infissi direttamente nel suolo per una profondità di 0,6 m. Al fine di permettere alla piccola fauna presente nella zona di utilizzare l'area di impianto la recinzione perimetrale sarà posta ad un'altezza di 0,2 m dal suolo. La viabilità perimetrale sarà larga tipicamente 3 m, quella interna sarà larga tipicamente 5 m; entrambi i tipi di viabilità saranno realizzate in battuto e ghiaia (materiale inerte di cava a diversa granulometria). La viabilità di accesso esterno alla stazione utente avrà le stesse caratteristiche di quella perimetrale e interna dell'impianto. Il sistema di illuminazione e videosorveglianza sarà montato su pali in acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in cls armato. I pali avranno una altezza massima di 3,5 m, saranno dislocati ogni 40 m circa di recinzione e su di essi saranno montati i corpi illuminanti (che si attiveranno in caso di allarme/intrusione) e le videocamere del sistema di sorveglianza. I cavi di collegamento del sistema saranno alloggiati nello scavo perimetrale già previsto per il passaggio dei cavidotti dell'impianto agrivoltaico.

Nella fase di funzionamento dell’impianto non sono previsti consumi di energia, eccezion fatta per il sistema di illuminazione e videosorveglianza che avrà una sua linea di alimentazione elettrica tradizionale. Le apparecchiature di conversione dell’energia generata dai moduli (inverter e trasformatori), nonché i moduli stessi, non richiedono fonti di alimentazione elettrica. Il funzionamento dell’impianto agrivoltaico non richiede ausilio o presenza di personale addetto, tranne per le eventuali operazioni di riparazione guasti o manutenzioni ordinarie e straordinarie. Con cadenza programmata sarà necessario provvedere alla pulizia dell’impianto, che consiste in due operazioni essenziali: • lavaggio dei pannelli fotovoltaici per rimuovere lo sporco naturalmente accumulatosi sulle superfici captanti (trasporto eolico e meteorico); • gestione della vegetazione presente all’interno dell’area del parco agrivoltaico. La gestione della vegetazione del campo si articolerà in diverse fasi per garantire indiscutibili benefici ecologici, grazie all’adozione di un approccio sistematico ed impostato su basi agronomiche, secondo criteri di natura agrotecnica, paesaggistica ed ecologica. Inoltre attraverso partnership con affidamento ad aziende zootecniche locali che si occuperanno di coltivare foraggi in regime biologico, cioè senza l’ausilio di fertilizzanti minerali, di diserbanti e di prodotti fitosanitari, in associazione al pascolo, come in avanti descritto. Nel periodo invernale, essenze foraggere leguminose eventualmente in consociazione con graminacee, annoverate nell’area classificata come 6220\*: Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei Thero-Brachypodietae. Le specie leguminose da impiegare potranno essere il trifoglio (*Trifolium* spp), *Ononis ornithopodioides*, *Coronilla scorpioides* e *Ornithopus compressus*. Tra le graminacee *Hyparrhenia hirta*, *Dactylis hispanica*, (erba mazzolina), *Poa bulbosa*, (gramigna), *Trisetaria aurea* (gramigna dorata) e *Stipa capensis*. Le leguminose sono in grado di utilizzare l’azoto atmosferico (N<sub>2</sub>) grazie alla simbiosi che le lega a batteri azotofissatori del genere *Rhizobium*. Si tratta di batteri che si insediano nelle radici della leguminosa ospite, capaci di trasformare l’N atmosferico (N<sub>2</sub>) in N ammoniacale (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) utilizzabile dalle piante. Questa caratteristica permette di conferire sostanze minerali nutritive utili allo sviluppo delle piante senza apporto esterno di fertilizzanti di sintesi. Le essenze foraggere, in relazione alle condizioni pedoclimatiche, potranno essere pascolate nel periodo gennaio/marzo senza compromettere la futura ricrescita e concedendo al contempo un ulteriore supporto di fertilizzante organico naturale conferito dalle deiezioni animali. Lo sfalcio e susseguente compattazione del foraggio in rotoballe, avviene nel periodo primaverile successivamente alla fioritura delle essenze coltivate. Lo sfalcio successivo alla fioritura, in combinazione all’utilizzo di essenze pollinator-friendly, quali sono la maggior parte delle colture leguminose succitate, permette inoltre di realizzare dei corridoi ecologici per gli impollinatori naturali come le api. Le operazioni di lavaggio dei pannelli, invece, saranno effettuate con un trattore di piccole dimensioni equipaggiato con una lancia in pressione e una cisterna di acqua demineralizzata. Il trattore passerà sulla viabilità di impianto e laverà i pannelli all’occorrenza. L’azione combinata di acqua demineralizzata e pressione assicurerà una pulizia ottimale delle superfici captanti evitando così sprechi di acqua potabile nonché il ricorso a

detergenti e sgrassanti. Tali operazioni di lavaggio costituiranno anche irrigazione dei terreni e grazie alla parziale ombreggiatura durante l’evoluzione solare nella giornata, contribuiranno a una valida lotta alla desertificazione delle aree sin oggi in essere. Tutte le operazioni di manutenzione e riparazione di natura elettrica saranno effettuate da ditte specializzate, con proprio personale e mezzi, con cadenze programmate o su chiamata del gestore dell’impianto.

#### 4 – STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE E NORME DI ATTUAZIONE

Dalla consultazione del Certificato di Destinazione Urbanistica, Protocollo N.0129532/2020 del 17/12/2020, rilasciato dal Comune di Caltanissetta, si evince che i terreni su cui insiste il progetto hanno una destinazione d’uso agricola “E”, secondo quanto è rilevato dall’esame degli elaborati della Variante Generale di Revisione del Piano Regolatore Generale (PRG) del Comune di Caltanissetta (CL), adeguata alle Prescrizioni del **Decreto Dirigenziale n.570 del 19/07/2005** dell’Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente, che è stato oggetto di presa d’atto con **Deliberazione Consiliare n.11 del 23/04/2007**, da cui risulta che i terreni del Foglio 24, destinati al futuro impianto:

- limitatamente alle particelle 67-285-286-288 (in parte) -413 (in parte), **ricadono in zona E2-Verde agricolo dei feudi**;
- limitatamente alle particelle 288 (in parte) -413 (in parte) **ricadono in zona E4-Zone agricole di tutela delle incisioni torrentizie**;
- la zona **E2** e la zona **E4** sono normate rispettivamente dagli artt. 39 e 41 e 39-44, delle Norme di Attuazione della Variante Generale di Revisione del P.R.G.;
- riguardo alle suddette particelle 67-285-286-288 (in parte) -413 (in parte), del Foglio n. 24, queste **ricadono nel Paesaggio Locale n.5 VALLE DEL SALITO senza livello di tutela** del Piano Paesaggistico della Provincia di Caltanissetta, approvato con Decreto Assessoriale n. 1858 del 02/07/2015 dell’Assessorato Regionale dei Beni Culturali e dell’Identità Siciliana, pubblicato sul supplemento ordinario della G.U.R.S. n.31 del 31/07/2015;
- limitatamente alle particelle 288 (in parte) - 413 (in parte), queste **ricadono nel Paesaggio Locale n.5 Valle del Salito con livello di tutela 3** del Piano Paesaggistico della Provincia di Caltanissetta, approvato con Decreto Assessoriale n. 1858 del 02/07/2015 dell’Assessorato Regionale dei Beni Culturali e dell’Identità Siciliana, pubblicato sul supplemento ordinario della G.U.R.S. n.31 del 31/07/2015;
- le suddette particelle 67 – 285 – 286 – 288 – 413 del Foglio 24 **sono sottoposte a Vincolo Idrogeologico e pertanto sono soggette** alle limitazioni derivanti dal **Regio Decreto Legislativo “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani” n. 3267 del 30/12/1923 e s.m.i.**;
- limitatamente alle particelle 67 (in parte) – 286 (in parte), i terreni **ricadono** in parte in zona a Pericolosità **P1** ed in parte in zona a Pericolosità **P3**, sulla base di quanto si evince dal P.A.I. –



Fiume Platani, approvato con Decreto dell’Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente n.87 del 27/03/2007, secondo il disposto dell’articolo 8 Capitolo I- “Assetto Geomorfologico” – disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica secondo le relative Norme di Attuazione;

- limitatamente alla particella 286 (in parte) del Foglio 24, tali terreni **ricadono** in zona a Pericolosità **P2**, sulla base di quanto si evince dal P.A.I. – Fiume Platani, approvato con decreto dell’Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente n. 87 del 27/03/2007, secondo il disposto dell’articolo 8 Capitolo I - “Assetto Geomorfologico” - disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica secondo le relative Norme di Attuazione;
- ai sensi del **D.P.R.S. n.109 del 15/04/2015**, è stata istituita una fascia di rispetto di 20 m intorno alle zone a **Pericolosità P3 e P4**, con limitazioni d’uso equivalenti ai siti di attenzione, in cui in parte **ricadono** le particelle 67 e 286 del Foglio 24.

È d’uopo puntualizzare inoltre che, secondo quanto si rileva dal Piano Regolatore Generale del Comune di Caltanissetta, adeguato al D.Dir. n. 570 del 19 Luglio 2005, Tav.P1 “Il territorio comunale zonizzazione c-631010”, i terreni su cui insiste il progetto rientrano in zona E2 verde agricolo dei feudi, fatta eccezione per un’esigua porzione di territorio ricadente in zona E4-Zone agricole di tutela delle incisioni torrentizie. Il territorio del campo agrivoltaico:

- **non** rientra in zone residenziali: zona A e B- la città esistente: A3 –centri storici delle campagne; A4- Complessi edilizi isolati e ville storiche; A5-Manufatti e fabbricati rurali di interesse storico-documentativo; B4-Edilizia esistente villaggio Santa Barbara; Br-Ambiti di edilizia rurale esistente e da completare; zone C-Aree di espansione: C1 ambiti di edilizia rada da completare; C2-Ambiti di edilizia rada; C3-Ambiti di edilizia Residenziale Pubblica; Cr- Zone di espansione dei borghi rurali;
- **non** rientra in zone produttive: zone D: D1- zone commerciali e produttive esistenti e da completare; DIV- Area commerciali conseguente a procedimento di variante ai sensi dell’art.37 del L.R. n.10/2000; D2-Zone per l’industria e l’artigianato; D3 zone commerciali; D4 Zone della centralità territoriale; D5-Zone fieristiche; DPI-Piano integrato; D.ASI-Aree normate dal Piano Regolatore dell’Area di Sviluppo Industriale;
- **non** rientra nel perimetro di aree normate dal PRG dell’A.S.I.- approvato con Decreto n.670 del 07/06/2006;
- **non** rientra in aree in cui sono presenti Attrezzature e Servizi di interesse locale e generale: F1- attrezzature sanitarie ed ospedaliere; F2 Parchi pubblici urbani e territoriali; F3 Attrezzature per l’istruzione; F4 Nodi intermodali; F5 Attrezzature ed impianti ferroviari; F6 Attrezzature cimiteriali; F7 impianti tecnologici; F8 Attrezzature commerciali ed amministrative; F9 Attrezzature militari; F10 Attrezzature giudiziarie e carcerarie; F11 Attrezzature ed impianti per lo sport; F12 Attrezzature culturali, museali ed istituzioni universitarie; F13 Attrezzature socio-assistenziali; F14 Attrezzature religiose; F15 Attrezzature per la protezione civile;

- **rientra** omogeneamente in zona E2 verde agricolo dei feudi con un'esigua porzione di territori ricadente in zona E4 zone agricole di tutela delle incisioni torrentizie;
- **non** rientra in zona E3.1 Aree boscate; E3.2 Aree artificialmente rimboschite; E5 zone agricole di tutela geomorfologica; E6 zone agricole di interesse archeologico; E7 aree di verde privato; non rientra in zone in cui sono presenti parchi territoriali agricoli: EF 1 Parco territoriale agricolo forestale; EF2 Parchi territoriali agricoli archeologici; EF3 Parchi territoriali agricolo del monte Sabbucina; EF5 Parco territoriale agrivoltaico naturalistico;
- **non** rientra in Parchi e riserve: EP verde a parco; EPRA –zona A di Riserva naturale; EPRB-Zona B di Riserva Naturale;
- **non** rientra in zone di verde stradale;
- **non** sono presenti aree di attenzione e vincoli: non è presente rischio geomorfologico; non sono presenti aree a rischio idraulico; non sono presenti vincoli archeologici diretti e indiretti;
- **non** rientra in fasce di rispetto: FR1 limite della fascia di rispetto dei complessi boscati; FR2 limite della fascia di rispetto delle aree artificialmente rimboschite; FR3 limite della fascia di rispetto di pozzo idropotabili; FR4 limite della fascia di arretramento inedificabile di impianti ed infrastrutture;
- **non** sono presenti Siti di Interesse Comunitario;
- **non** sono presenti borghi e masserie.

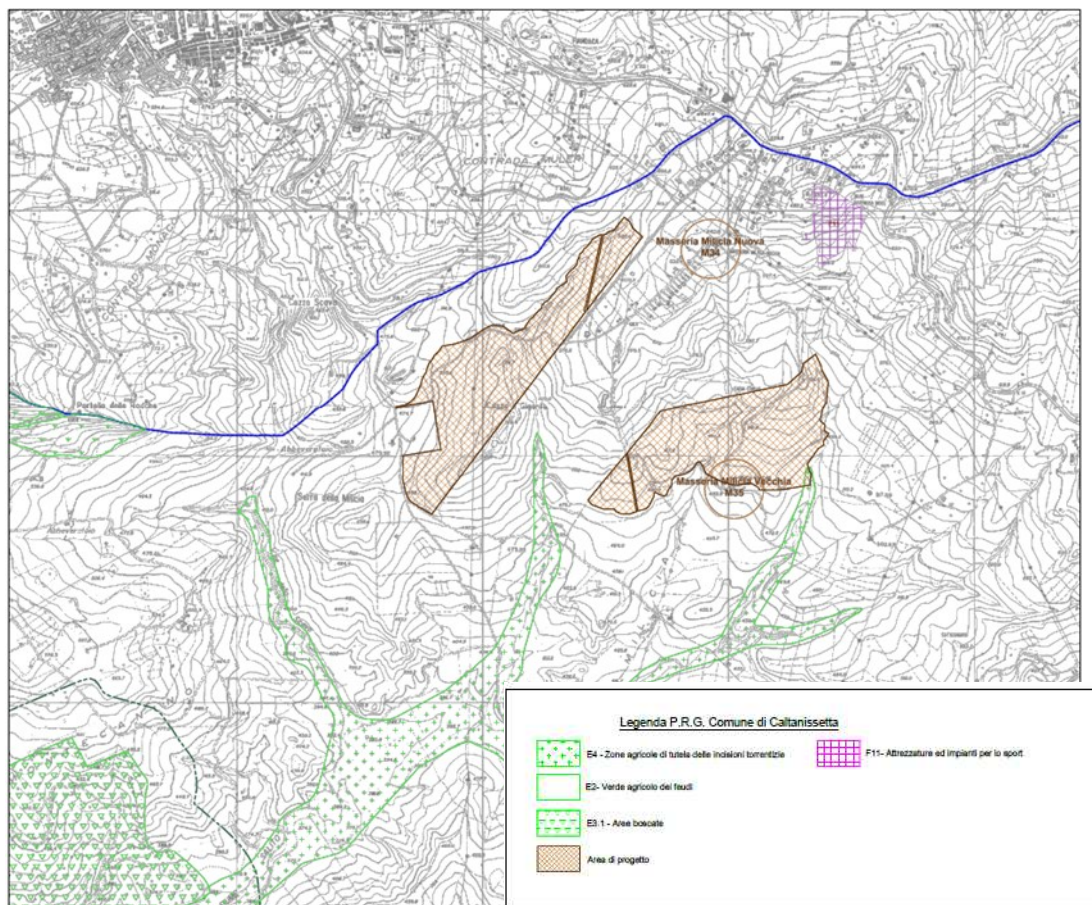


Figura 6 – Localizzazione dell'area d'impianto su stralcio del Piano Regolatore Generale del comune di Caltanissetta

Le aree sottoposte a vincolo di rispetto si dividono nelle seguenti categorie:

- vincolo paesaggistico
- vincolo cimiteriale
- vincolo di rispetto stradale
- vincolo di rispetto di elettrodotti ed acquedotti
- vincolo idrogeologico e da Piano di Assetto Idrogeologico
- vincolo di rispetto per impianti di depurazione.

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 è sottoposta in toto a Vincolo Idrogeologico, ai sensi del R.D.L. 3267/1923.

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.

Per quel che riguarda l’individuazione delle aree a Rischio Geomorfologico nel territorio in oggetto ci si è avvalsi delle informazioni e dei dati ricavati dalla consultazione della Carta della Geomorfologia e del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sicilia - Carta dei Dissesti. Sono state interpretate le carte tematiche del PAI in scala 1:10000.

Dall’esame della Cartografia tematica del PAI - Assetto Geomorfologico e Idraulico, dell’Autorità dei Bacini Regionali della Sicilia, nonché dallo studio del Servizio di consultazione (WMS) del P.A.I. Regione Siciliana – Dissesti geomorfologici, si evince che nell’area destinata al futuro impianto risultano essere presenti: un dissesto con pericolosità P0, identificato con codice 063-2CL-053, riconosciuta come “dissesti dovuti ad erosione accelerata”.



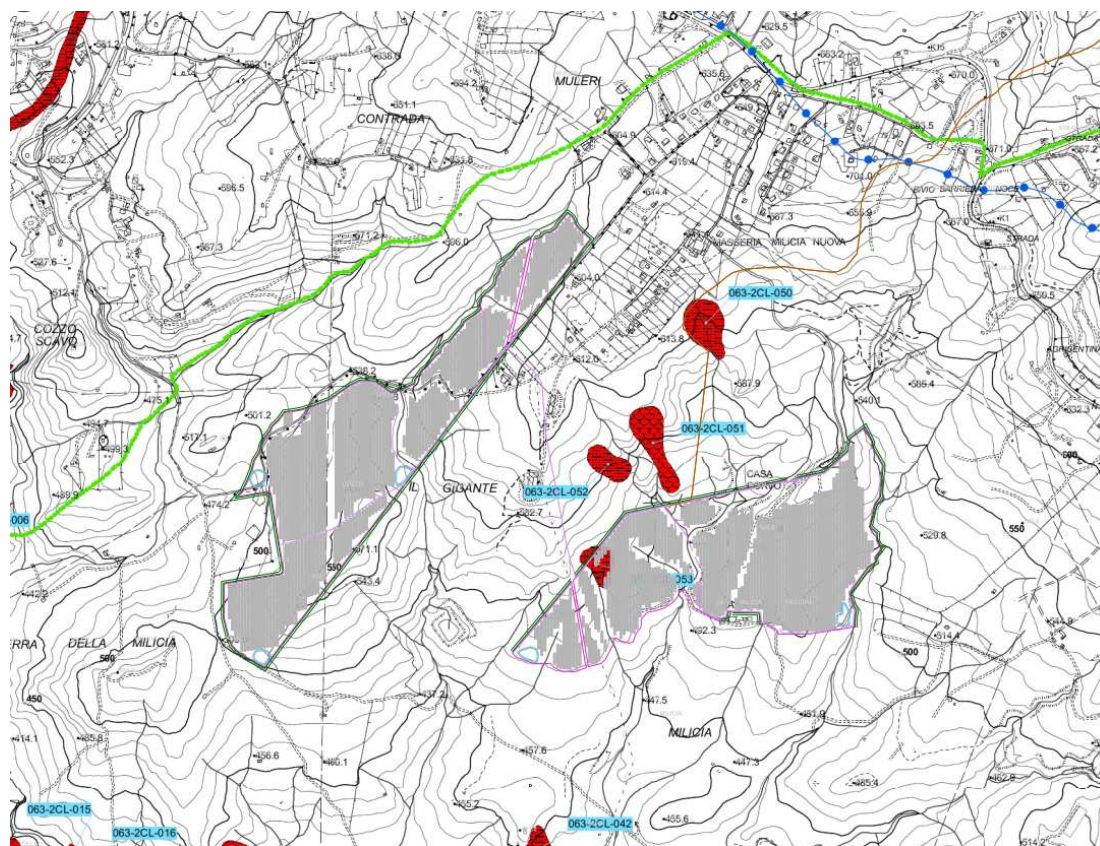


Figura 8 - Sovrapposizione delle aree di Progetto su stralcio carta Dissemi del PAI perimetrato dalla Regione Siciliana

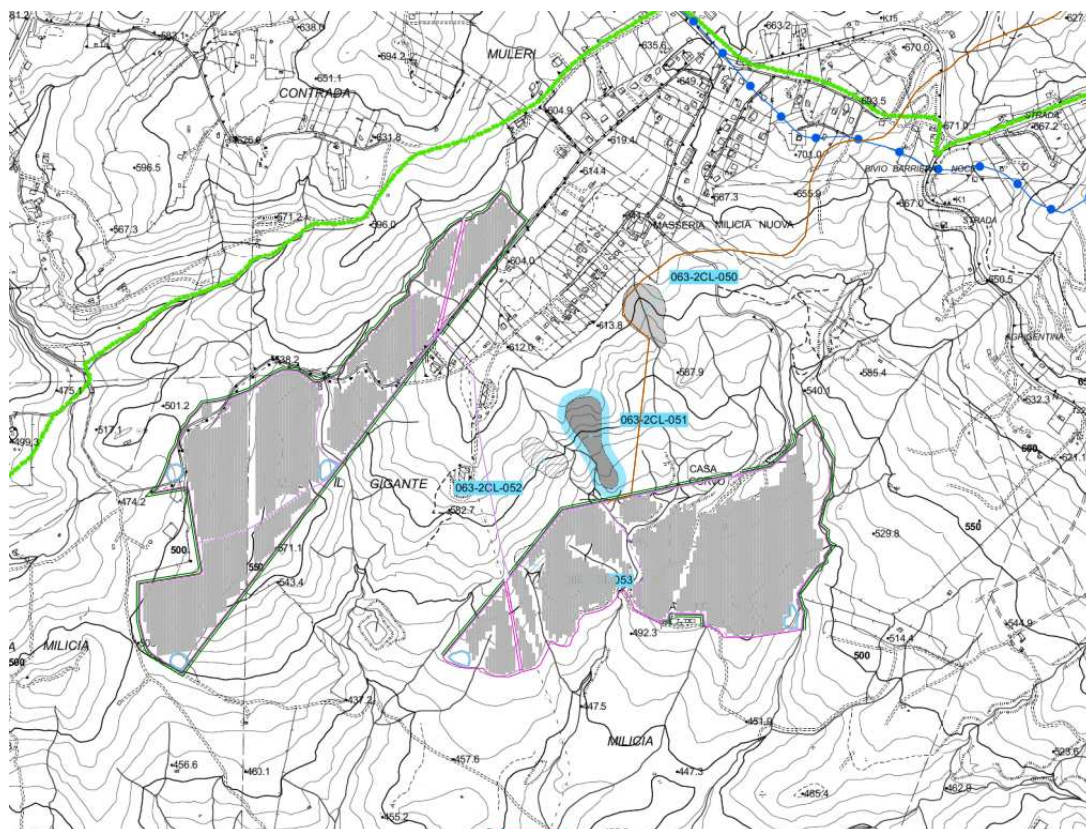


Figura 9 - Sovrapposizione delle aree di Progetto su stralcio carta Pericolosità e Rischio Geomorfológico del PAI perimetrato dalla Regione Siciliana



Il Rischio idraulico è assente.

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.

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**

Dal punto di vista geologico, osservando l’areale di progetto, questo è costituito da rocce sedimentarie di diversa natura ed età, che vanno dal miocene al messiniano e risulta essere costituito dalle seguenti litologie:

- a prevalente componente argillosa, afferenti alle argille marnose della “formazione di cattolica” e della “formazione terravecchia”;
- termini conglomeratici, afferenti alla “formazione terravecchia”;
- e termini gessosi litoidi, “formazione di cattolica”.

Per i litotipi interessati dalle opere, oltre ad una breve descrizione degli stessi, si riportano i principali parametri geotecnici, ai fini puramente indicativi per una stima di massima.

### ***Formazione di Pasquasia***

La Formazione di Pasquasia è costituita dalla sequenza di marne argillose ed argille sabbiose grigio scure con intercalazioni di sabbie fini, contenenti cristalli di gesso. la stessa, presenta nella porzione superiore un’alternanza di banchi di gesso balatino e gesso selenitico con marne argillose intercalate. In genere i singoli cristalli non presentano impurità, mentre tracce argillose sono evidenti fra i geminati come riempimento d’eventuali spazi lasciati fra un membro e l’altro durante la sedimentazione del gesso. I gessi selenitici sono sempre disposti in strati dello spessore singolo di oltre mezzo metro e si presentano frequentemente in potenti banchi. Oltre ai gessi a grossi cristalli, si trovano frequentemente anche strati di gesso cristallino ad individui medi e piccoli. i gessi balatini devono il loro nome al termine “balata” che significa forma o tavola o stecca: essi rappresentano una roccia ben conosciuta e ampiamente trattata in letteratura.

Dal punto di vista litotecnico si distinguono, pertanto, due differenti unità:

- unità gessosa;
- unità argillo-marnosa.

#### ***Litofacies conglomeratica della Formazione Terrevecchia***

Tali terreni sono costituiti da conglomerati poligenici con clasti arrotondati. Gli elementi si presentano variamente cementati. I clasti sono generalmente embricati, hanno dimensioni variabili da pochi centimetri a circa un metro e sono immersi in una matrice sabbiosa generalmente abbondante. Verso la sommità aumentano le intercalazioni di sabbia ed i ciottoli sono sempre di dimensioni inferiori e sempre meno embricati, fino a passare ad una zona costituita da arenarie con sporadiche intercalazioni argillose.

#### ***Litofacies argillo-marnose della Formazione Terrevecchia***

Si tratta d'argille, argille sabbiose o marnose di colore grigio-verdastro, spesso con cristalli di gesso e con intercalazioni di sottili livelli sabbiosi che ne evidenziano la stratificazione. Dal punto di vista mineralogico sono costituite da un'impalcatura di granuli sabbiosi in cui prevalgono gesso, calcite, dolomite, pirite, ossidi di ferro, mentre la frazione argillosa è costituita da caolinite, illite, montmorillonite e scarsa clorite. Esse contengono una microfauna studiata da Selli (1960) e D'Onofrio (1964) che ha permesso di riferire l'età della Formazione al Tortoniano superiore per la presenza di *Globorotalia scitula ventriosa*, *Nonion soldanii*, *Valvulineria saulcii*, *Anomalina flinti*, *Bolivina dentellata miltinensis*, *Cassidulina laevigata* e dal punto di vista batimetrico, ad una zona epibatiale.

L'area presenta il tipico carattere collinare del bacino solfifero, con depositi a comportamento differente; rigido per i gessi messiniani e tenero e coesivo relativamente ai depositi marnosi ed argillosi. Tale tipo di litologie conferiscono al paesaggio un aspetto morfologico vario, con valli incise e brusche ed aspre rotture di pendenza in corrispondenza degli affioramenti gessosi. Nei versanti argillosi le pendenze risultano mediamente di circa 8°, con accentuazione delle stesse in prossimità delle aste impluviali, dove le pendenze superano i 15° e dove i versanti presentano fenomeni di erosione diffusa e dissesti rappresentati da solchi di erosione e conseguente asportazione di porzioni di suolo, materiale fine e grossolano nel suo contorno significativo (“aree soggette ad erosione diffusa”). Laddove affiorano elementi gessosi l'uniformità del paesaggio viene interrotta da isolate rotture di pendenza, per via del carattere litoide dei depositi messiniani. nell'area di progetto contraddistinta dall'affioramento di litologie a matrice argillosa, si sono riconosciuti porzioni di versante caratterizzati da “fenomeni gravitativi superficiali”; si tratta per lo più di fenomeni di soliflusso che coinvolgono la copertura eluvio-coluviale. Da un punto di vista meccanico, tali dinamiche possono essere assimilate ad un colamento lento che coinvolge le porzioni più superficiali delle litologie presenti, rese fluide e molto viscoso dal contenuto in acqua e su porzioni di pendio pendii non particolarmente acclivi. Si sono inoltre riconosciute “aree soggette ad erosione diffusa” e vallecicole a V. Queste si riconoscono lungo gli impluvio ed in aree di scorrimento preferenziale delle

acque superficiali. Presentano un carattere ben marcato ed inciso, rappresentato da solchi di erosione di fondo e conseguenti fenomeni di instabilità, lungo gli stesi tratti, per fenomeni di scalzamento alla base delle incisioni. Nel contempo tali incisioni garantiscono il regolare deflusso delle acque.

Per via dei caratteri orografici, il drenaggio superficiale delle acque risulta buono, favorito dalla presenza di una rete impluviale di tipo sub-dendritico, con deflusso predominante in direzione Sud. Il regime fluviale è di tipo torrentizio; secchi per quasi tutto l'anno ed in occasione di precipitazioni intense possono generare un discreto deflusso ed originare forme di erosione.

La tipologia dei pannelli mediante pali infissi non comporta modificazione del deflusso naturale delle acque; 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.

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.

Dal punto di vista idrogeologico la zona è caratterizzata da affioramenti con permeabilità variabile e differente per tipologia. I litotipi presenti possono essere distinti nelle seguenti tipologie:

#### Rocce gessose

Sono costituite da gessi. Presenti in affioramento sotto forma affioramenti isolati, sono caratterizzati da buona permeabilità primaria e predominate secondaria.

#### Terreni conglomeratici

La permeabilità di tale gruppo, risulta apprezzabile. Presentano permeabilità primaria con variazioni laterali dei valori di permeabilità. Dalla consultazione dei dati Ispra (Terria Map) e dalla visione dei luoghi, non sono presenti pozzi; tale dato porta a dedurre che non sono presenti falde idriche apprezzabili. Sono rappresentate dalle litofacies arenaceo-sabbiosa della Formazione Terravecchia.

#### Terreni a componente pelitico-argillosa

Si tratta delle argille della Formazione Terravecchia e marne argillose ed argille sabbiose della Formazione Pasquasia. Risultano, nel complesso, da scarsamente permeabili. Una modesta permeabilità, si determina nei livelli più sabbiosi. Su tale litotipo risulta non essere presente falda idrica, e una modesta circolazione idrica si può istaurare tra il livello alterato ed il substrato integro. Dal punto di vista idrogeologico si è ritenuto opportuno distinguere quattro classi di permeabilità differenti, (Casagrande, Faden) funzione del Coefficiente di permeabilità e del tipo di filtrazione (primaria e secondaria).

- Terreni a permeabilità predominante secondaria (fratturazione) elevata
  - o Gessi, con  $10^{-1} < k > 10^{-3}$  cm/s;
- Terreni a permeabilità primaria (porosità) buona
  - o conglomeratici, con  $10^{-2} < k > 10^{-4}$  cm/s
- Terreni a permeabilità primaria da scarsa
  - o Argille, limi argillosi e marne con  $10^{-6} < k > 10^{-8}$  cm/s

## 6 - VERIFICHE IDROGEOLOGICHE ED IDRAULICHE

Per le verifiche idrauliche sono state effettuate mediante acquisizione dei dati di pioggia, mediante 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. I dati riguardano la Stazione Pluviometrica di Gangi, per diversi tempi di ritorno (20, 50, 100).

Il tempo di corrivazione  $t_c$ , considerazione della tipologia dei bacini, di tipo collinare si è applicato Turc, mediante la formula:

$$Tc = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{(Hm - H0)}}$$

Dove:

S è la superficie del bacino;

L è lunghezza asta principale;

Hm rappresenta l'altitudine media;

Ho la quota alla sezione di chiusura

Si è pertanto ottenuti un tempo di corrivazione pari a  $Tc = 0,85$  ore

### 6.1- COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

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, che determina un coefficiente di deflusso della porzione di suolo minore di quello allo stato attuale pari a 0,226

POST OPERAM – AREE NON IMPERMEABILIZZATE					
COMUNE	CALTANISSETTA				
STAZIONE PLUVIOMETRICA	CALTANISSETTA				
STAZIONE TERMOMETRICA	CALTANISSETTA				
PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA	P	512	mm		
PRECIPITAZIONE MESE + ARIDO	p	6,8	mm		
TEMPERATURA MEDIA ANNUA	T	14,47	°C		
TEMPERATURA MESE + ARIDO	t	26,5	°C		
	INDICE DI ARIDITA'			la	12,0
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Ca - acclività	> 35 %	0,22	5,00%	0,000	

IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO ECOCOMPATIBILE "BARRIERA NOCE" DA 50,0 MWP – CALTANISSETTA (CL) ALTA CAPITAL 15 S.R.L.

	10 - 35 %	0,12	10,00%	0,000	
	3,5 - 10 %	0,01	80,00%	0,010	
	< 3,5 %	0,00	5,00%	0,000	<b>0,031</b>
			100,00%		
<b>COEFFICIENTE</b>	<b>VALORE</b>	<b>COEFF. TABELLA</b>	<b>INCIDENZA</b>	<b>COEFF. CALCOL.</b>	<b>COEFF. ADOTTATO</b>
<b>Cp - permeabilità</b>	molto bassa	0,21	0,00%	0,210	
	mediocre	0,12	95,00%	0,000	
	buona	0,06	0,00%	0,000	
	elevata	0,03	5,00%	0,000	<b>0,116</b>
			100,00%		
<b>COEFFICIENTE</b>	<b>VALORE</b>	<b>COEFF. TABELLA</b>	<b>INCIDENZA</b>	<b>COEFF. CALCOL.</b>	<b>COEFF. ADOTTATO</b>
<b>Cv - vegetazione</b>	roccia	0,26	5,00%	0,000	
	pascolo	0,17	0,00%	0,170	
	coltivo	0,07	95,00%	0,000	
	bosco	0,03	0,00%	0,000	<b>0,080</b>
			100,00%		
<b>RISULTATI</b>					
$Cd = Ca + Cv + Cp$					
<b>COEFFICIENTE DI DEFLUSSO post</b>				<b>Cd</b>	<b>0,226</b>

Considerando un indice di copertura medio pari al 30%

$$\phi = 0.9 \times Imp + 0,2 \times Per = 0,9 \times 0,3 + 0,7 \times 0,7 = 0,41$$

## 6.2 – CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

I metodi di analisi idrologica dei bacini permettono di individuare i parametri a ed n che individuano le curve di possibilità pluviometrica specifiche della zona considerata, in funzione di differenti tempi di ritorno, mediante la seguente formula:

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

dove

hd = altezza di pioggia

d = durata della pioggia

T = tempo di ritorno

a ed n = parametri della curva di possibilità pluviometrica

STAZIONE PLUVIOMETRICA CALTANISSETTA	
a Tr 30	
a	n
61,0	0,27

Tabella 1 – parametri della curva di possibilità pluviometrica



Tr	h(t)
30	58,40

Tabella 2 – massima altezza prevista per i diversi tempi di ritorno

Per calcoli delle portate di deflusso, si è considerato, un coefficiente di deflusso pari a  $\phi = 0,42$ , in considerazione dell'orografia media dell'area e per terreni argillosi da poco permeabili ad impermeabili.

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.

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

$$Q = \frac{\phi \cdot h'_{tc} \cdot A}{3,6 \cdot Tc}$$

con

- $\phi =$  coefficiente di deflusso
- $h(t,T)$  altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)
- $S =$  superficie del bacino ( $km^2$ )
- $tc =$  tempo di corrivazione (ore)
- fattore di conversione che permette
- $3,6 =$  ottenere la  $Q_{max}$  in  $m^3/s$

Si è pertanto ottenuto un valore di portata massima  $Q(30) = 2,786$

### 6.3 – DIMENSIONAMENTO CANALE INTERNO

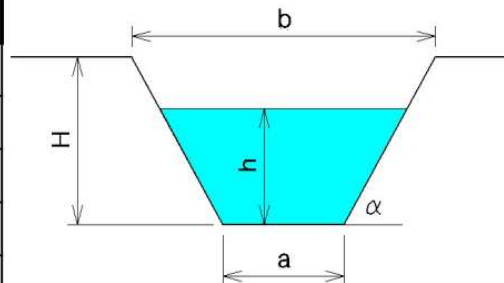
Come da progetto, le acque verranno immesse nell'invaso artificiale

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

forma

trapezoidale

<b>H</b>	⇒	<b>1,00</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	⇒	<b>0,70</b>	[m]
<b>b</b>	⇒	<b>1,20</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>0,70</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>2,0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>0,3</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



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

FORMULE (moto uniforme)			
Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri \cdot p}$	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		
<b>c</b>	⇒	<b>64,05</b>
<b>V</b>	⇒	<b>4,84 [m/sec]</b>
<b>Q</b>	⇒	<b>2,966 [m<sup>3</sup>/sec]</b>

## 6.4 – DIMENSIONAMENTO CANALE DI ATTRAVERSAMENTO

Da progetto si intendono eseguire tre attraversamenti di aste impluviali, per la viabilità interna.

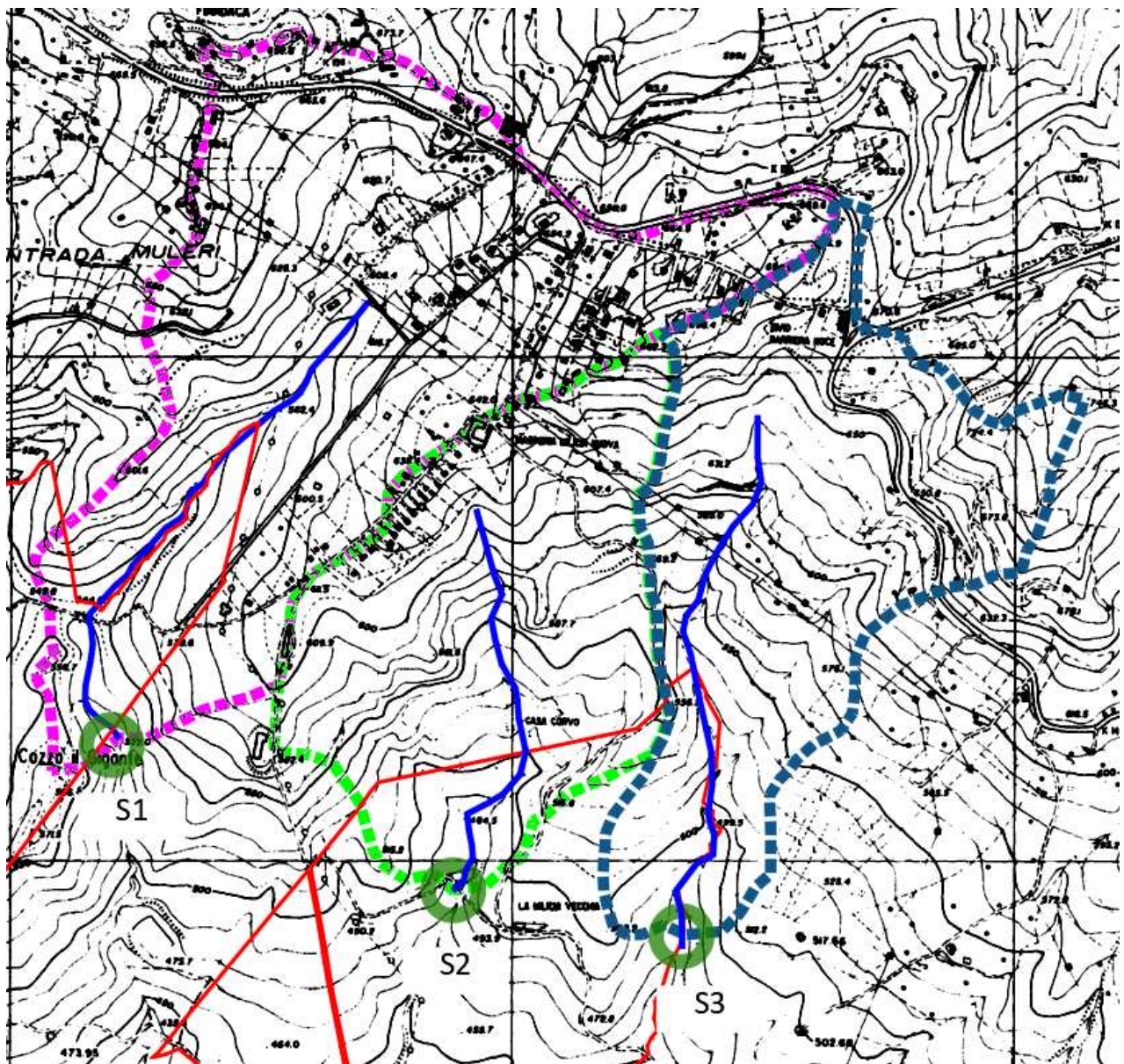


Figura 10 – Stralcio C.T.R. con individuazione bacini e sezioni di chiusura (attraversamenti)

Gli attraversamenti sono stati denominati come S1, S2 e S3

Per calcoli delle portate di deflusso, nonostante i bacini di alimentazione considerati, si è considerato cautelativamente un coefficiente di deflusso pari a  $\phi = 0,42$ .

Al fine di fornire i parametri utili per il dimensionamento delle opere di attraversamento lungo le tre 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 un tempo di ritorno pari a Tr 200 anni.

I parametri della curva di possibilità pluviometrica adottati sono stati pertanto  $a = 82,9$  ed  $n = 0,80$  (osservatorio acque Regione Sicilia", per l'intervallo temporale 1928 al 2012, relativi alla stazione pluviometrica di Caltanissetta).

STAZIONE PLUVIOMETRICA CALTANISSETTA	
a Tr 200	
a	n
82,9	0,28

Tabella 3 – parametri della curva di possibilità pluviometrica

### ATTRAVERSAMENTO S1

DATI MORFOMETRICI BACINO IDROGRAFICO	
S	⇒ 1,000 [Km <sup>2</sup> ] Superficie Bacino
L	⇒ 1,000 [Km] Lunghezza asta principale
Hm	⇒ 607,00 [m] Altezza media del Bacino s.l.m.m.
Ho	⇒ 522,00 [m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m.

Tr	h(t)
200	⇒ 76,36

Tabella 4 – massima altezza prevista per i diversi tempi di ritorno

Tempo di ritorno (anni)	Portate al colmo = Q <sub>c</sub> [mc/sec]
20	0,000
100	0,000
200	11,956

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  $Q_{(200)} \sim 12 \text{ mc/sec}$

## ATTRAVERSAMENTO S2

<b>S</b>	<b>0,550</b>	[Km <sup>2</sup> ] Superficie Bacino
<b>L</b>	<b>0,900</b>	[Km] Lunghezza asta principale
<b>Hm</b>	<b>597,00</b>	[m] Altezza media del Bacino s.l.m.m.
<b>Ho</b>	<b>480,00</b>	[m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m.

Tr	h(t)
<b>200</b>	<b>68,89</b>

Tabella 5 – massima altezza prevista per i diversi tempi di ritorno

	$Q_c$	portata al colmo
	$c$	<b>0,42</b> coefficiente di deflusso
dove	$h(t)$	massima precipitazione in mm al tempo t (vedi punto prec.)
	$S$	<b>0,55</b> [Km <sup>2</sup> ] Superficie Bacino
	$T_c$	<b>0,52</b> [ore] Tempo di corrivazione

Tempo di ritorno (anni)	Portate al colmo = $Q_c$ [mc/sec]
<b>20</b>	<b>0,000</b>
<b>100</b>	<b>0,000</b>
<b>200</b>	<b>8,571</b>
<b>500</b>	<b>0,000</b>

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  $Q_{(200)} \sim 8,6 \text{ mc/sec}$ .



## ATTRAVERSAMENTO S3

	⇒		
<b>S</b>	⇒	<b>0,650</b>	[Km <sup>2</sup> ] Superficie Bacino
<b>L</b>	⇒	<b>1,100</b>	[Km] Lunghezza asta principale
<b>Hm</b>	⇒	<b>605,00</b>	[m] Altezza media del Bacino s.l.m.m.
<b>Ho</b>		<b>465,00</b>	[m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m.

<b>Tr</b>	⇒	<b>h(t)</b>
<b>200</b>		<b>68,84</b>

Tabella 6 – massima altezza prevista per i diversi tempi di ritorno

	$Q_c$	⇒	portata al colmo
	$c$		<b>0,42</b> coefficiente di deflusso
dove	$h(t)$	⇒	massima precipitazione in mm al tempo t (vedi punto prec.)
	$S$	⇒	<b>0,65</b> [Km <sup>2</sup> ] Superficie Bacino
	$T_c$	⇒	<b>0,52</b> [ore] Tempo di corrivazione

Tempo di ritorno (anni)			Portate al colmo = $Q_c$ [mc/sec]
<b>20</b>		⇒	<b>0,000</b>
<b>100</b>		⇒	<b>0,000</b>
<b>200</b>		⇒	<b>10,145</b>
<b>500</b>		⇒	<b>0,000</b>

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  $Q(200) \sim 10,2 \text{ mc/sec}$ .

## 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.

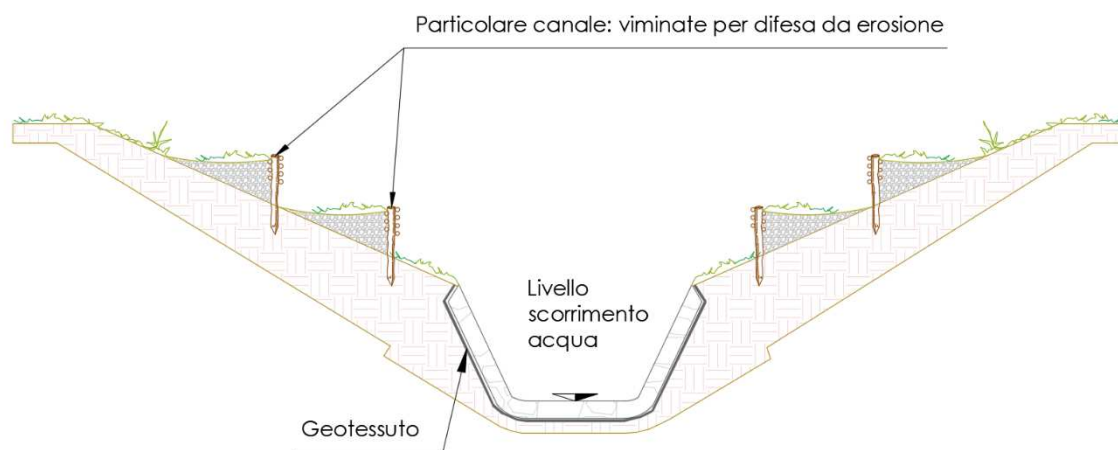


Figura 11 – Particolare dei sistemi di protezione dei canali già esistenti

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 tre vasche di laminazione, che garantiranno il rispetto dell'invarianza idraulica.

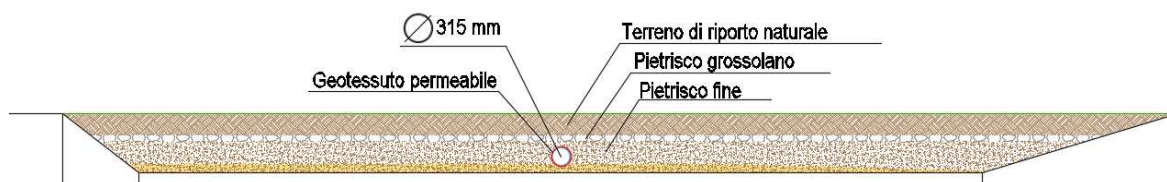


Figura 12 – Particolare costruttivo del sistema di canalizzazione drenante

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.

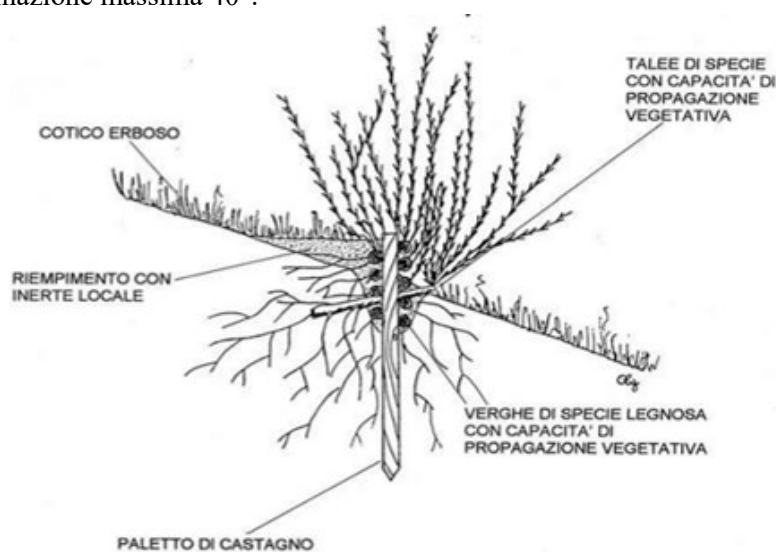


Figura 13 – Materasso di dissipazione

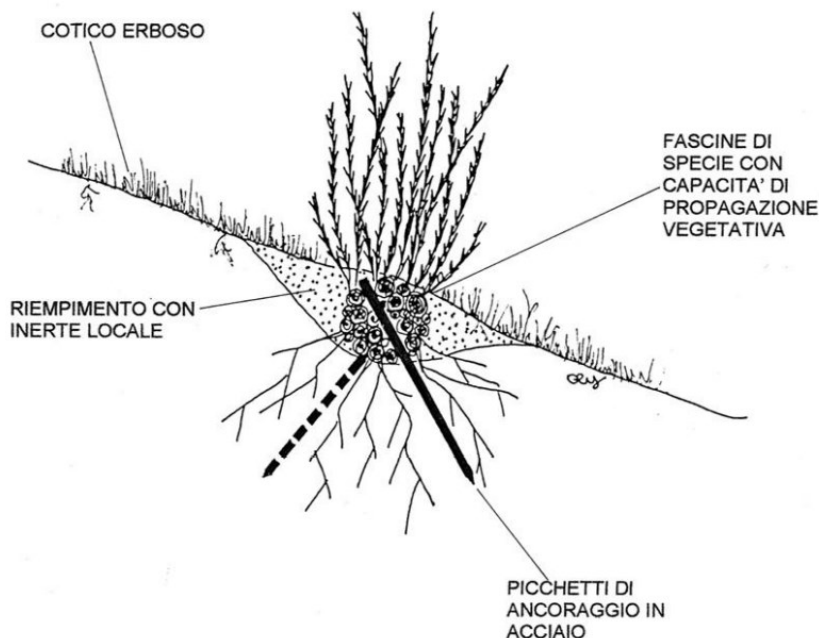
Nei versanti fortemente incisi e soggetti a fenomeni erosivi e movimento della coltre superficiale, si potrà operare con la realizzazione di viminate e/o fascinate, allo scopo di svolgere un consolidamento superficiale ed altresì anti erosivo e per mezzo delle piante, ed un immediato effetto di regimazione 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 viminate durante il periodo di riposo vegetativo. L'intervento suddetto svolgerà, inoltre un ruolo. Si può applicare su scarpate con inclinazione massima 40°.

Nelle *Viminate* (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 viminate 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  $\varnothing$  alla base non inferiore ai 2 – 4 cm; paletti in legno di conifere o castagno  $\varnothing$  5 ÷ 8 cm, L = 1,00 ÷ 1,50 m; picchetti di ferro  $\varnothing$  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 vaso 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 “*Barriera Noce*” nel territorio del Comune di Caltanissetta (CL).

### 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 vaso 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 vaso 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. 5 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 **14400 m<sup>3</sup>**.

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 stramazzo 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 DN300.

Ciò determinerà un tempo di svuotamento di ciascun invaso, pari a circa **2,7 ore  $\leq$  3 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:

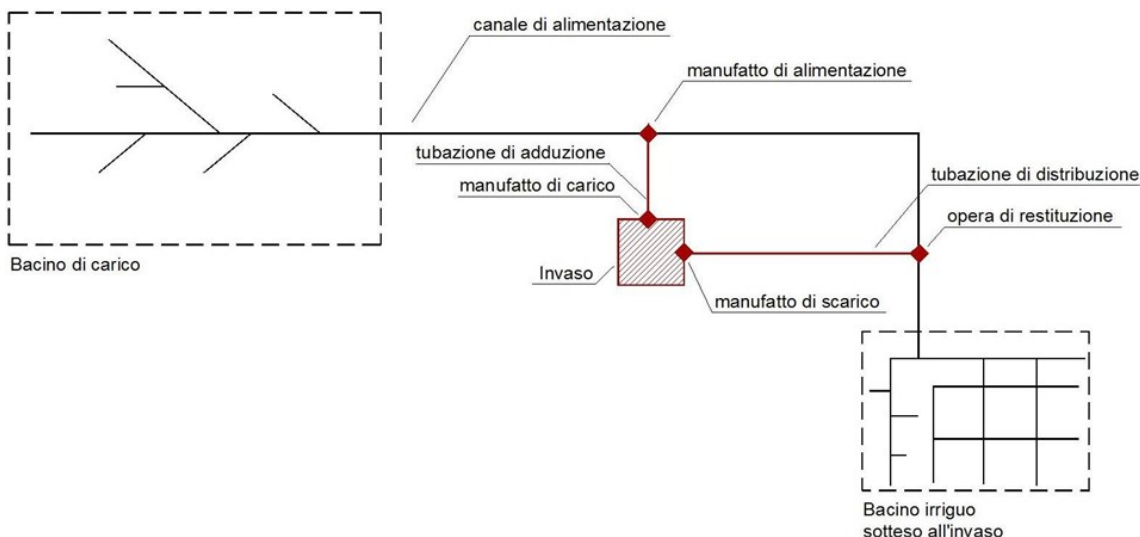


Figura 14 – Vasca di laminazione

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 consistono 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 contermine. 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 vasca 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.

### 8.3 REALIZZAZIONE DELL'OPERA DI SBARRAMENTO E DI DRENAGGIO

L'opera di sbarramento posta a valle dell'invaso è costituita da una briglia in terra battuta opportunamente dimensionata al contenimento della capacità massima dell'invaso e immersa nel substrato argilloso.

Predisposto il piano di posa (radice) della briglia, si procederà al riporto di argilla in strati di spessore massimo 50 cm opportunamente stesi e compattati con rullo compressore vibrante a zampa di montone (rullo bugnato); la bugnatura del rullo permetterà una interdigitazione degli strati successivi allo scopo di rendere più stabile il corpo della briglia e maggiore il rapporto di compressione dei materiali argillosi utilizzati.

I materiali utilizzati per la realizzazione della briglia saranno lavorati solo se in possesso delle caratteristiche fisico-meccaniche e tipologiche necessari all'ottenimento delle migliori condizioni statiche.

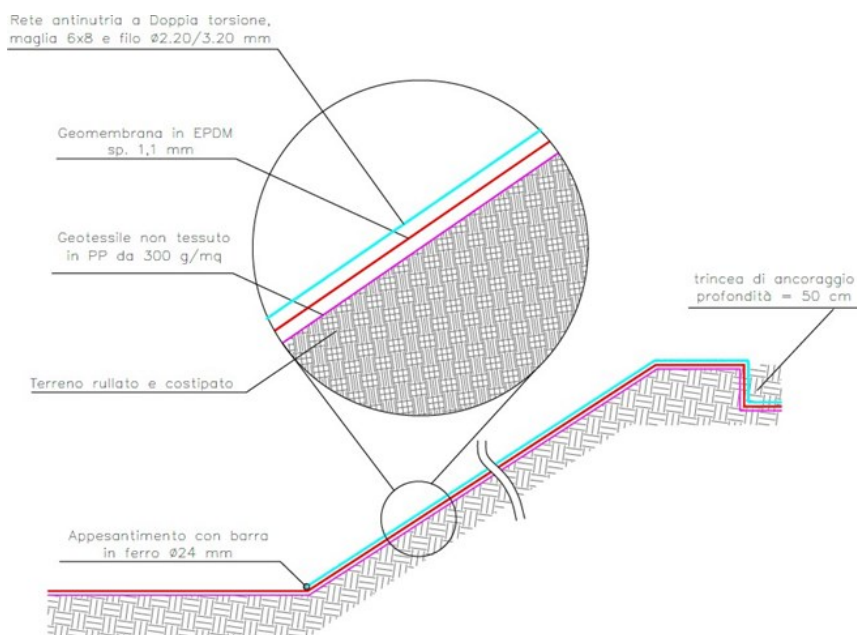
Ultimati i lavori di realizzazione del corpo della briglia in terra battuta, si procederà al riporto di materiale argilloso per la costituzione della vasca di accumulo idrico, procedendo in base alle sezioni di progetto, con rinfranco delle fiancate e del fondo con ulteriori 50 cm di argille opportunamente compattate.

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 apri a 300 grammi/mq;
- rete maglia 6 x 8 e filo  $\Phi$  2,20/3,20 mm; tale rete rimarrà tesa mediante l'utilizzo di una barra in ferro  $\Phi$  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 15- 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 rinverdite con semina a spaglio di essenza erbacea 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:

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

## 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:

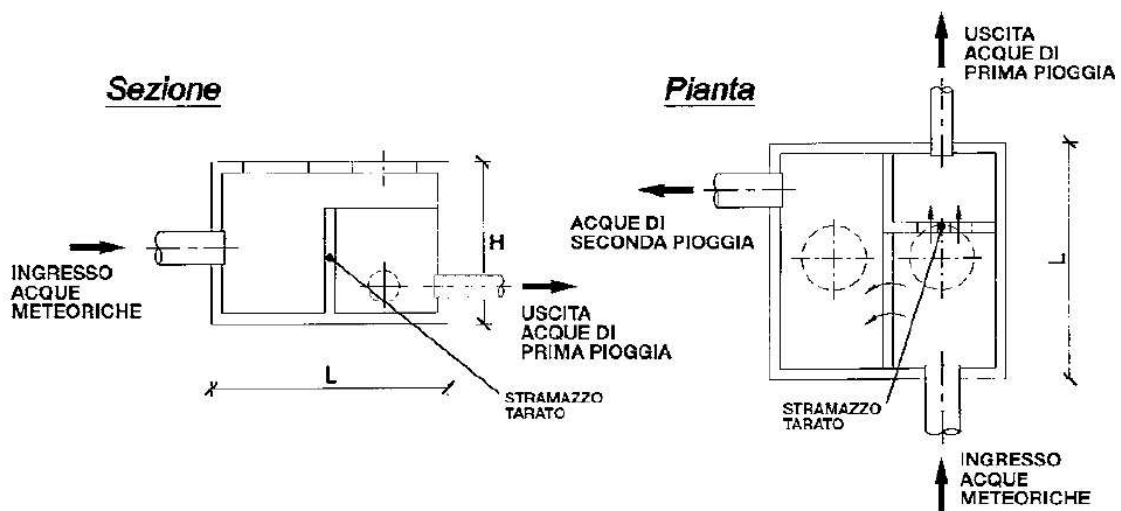
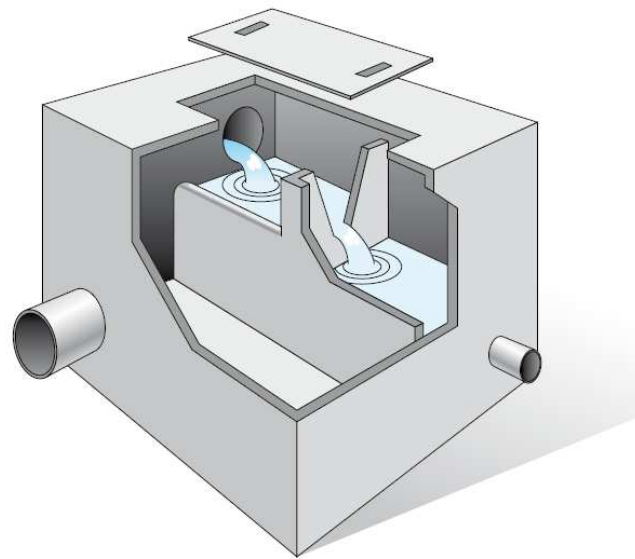


Figura 16 – Vasca di prima pioggia e scolmatori

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 oli 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 riavverte 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.

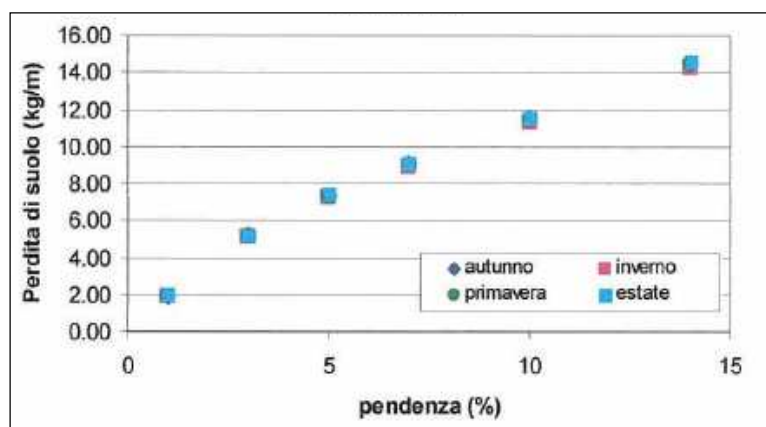


Figura 17 - Andamento stagionale della perdita di suolo per erosione in funzione della pendenza

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'innescò 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 18 - 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 ininfluenza 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, come il lago artificiale Trinità. 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 espone 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 “*Barriera Noce*”, 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 conci 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 idro-spurgo, viene spinta fuori la porzione di terreno rimasta all’interno del tubo.

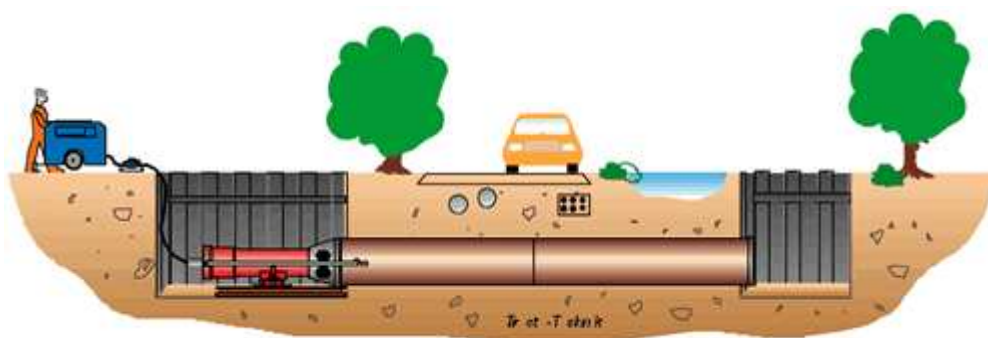


Figura 19 – Schematizzazione della tecnica di scavo in spingi-tubo

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 conci 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 livelletta 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.

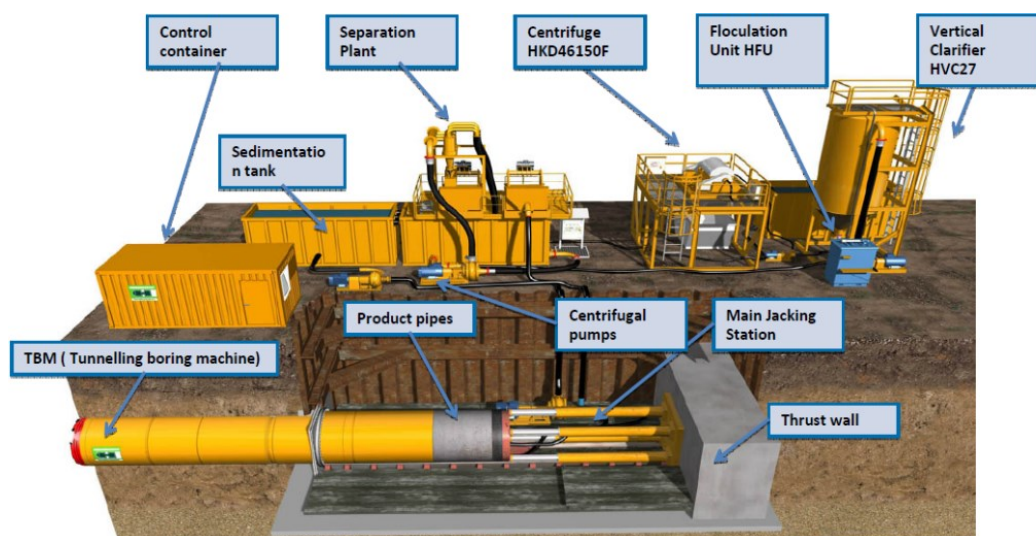


Figura 20 – Schema di funzionamento della tecnologia microtunnelling

### 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 21) 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.

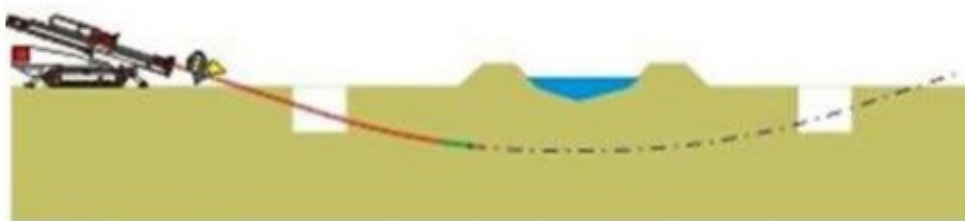


Figura 21 – Prima fase della tecnica di Trivellazione Orizzontale Controllata: esecuzione del foro pilota

#### ➤ 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 sedimento smosso. Tale operazione serve a stabilizzare il foro, oltre che a lubrificare l'alesatore e le aste.



Figura 22 – 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.

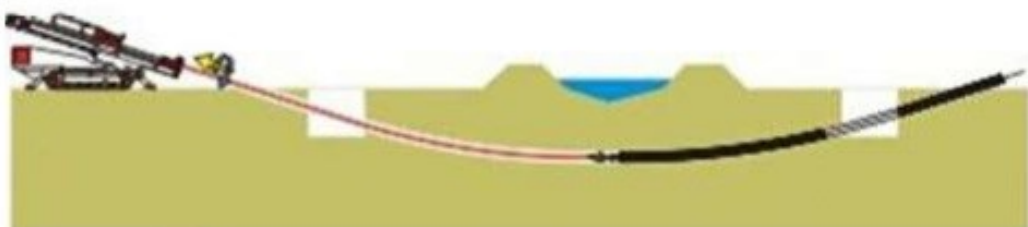


Figura 23 – Fase di Tiro



Figura 24 – Assetto Finale della Tubazione

## 12.1 DIMENSIONAMENTO 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 tombature e coperture dei corsi d'acqua" ed emanate ai sensi dell'Art. 8 delle Norme di attuazione del P.G.R.A.

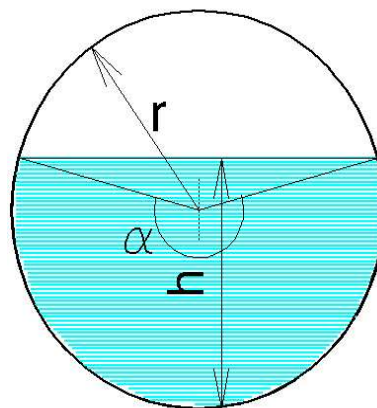
Facendo riferimento ai calcoli idraulici delle portate massime di piena per i vari sottobacini individuati (vedasi paragrafo 6 – Verifiche idrogeologiche ed idrauliche), si riporta di seguito il dimensionamento eseguito.

### - Dimensionamento ARMCO interferenze ID20, ID 21

#### CARATTERISTICHE SEZIONE

Dati noti:

<b>d</b>	⇒	<b>2,00</b>	DIAMETRO [m]
<b>r</b>	⇒	<b>1,00</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>1,33</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>1,0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>0,25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



#### CAPACITÀ DI SMALTIMENTO

Dati risultanti:

Angolo al centro	⇒	<b>218,9</b>	[°]
Contorno bagnato	⇒	<b>3,821</b>	[m]
Area di deflusso	⇒	<b>2,2249</b>	[m <sup>2</sup> ]
Raggio idraulico	⇒	<b>0,582</b>	[m]



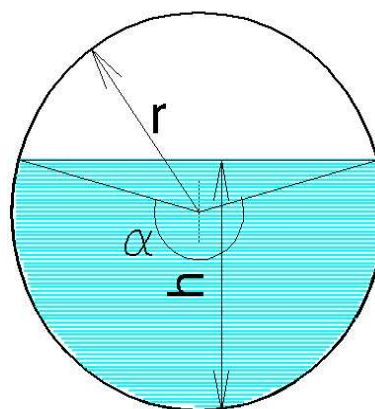
Risultati:

<b>c</b>	⇒	<b>75,32</b>	
<b>V</b>	⇒	<b>5,75</b>	[m/sec]
<b>Q</b>	⇒	<b>12,787</b>	[m <sup>3</sup> /sec]

**CAPACITÀ DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA CIRCOLARE (per varie altezze d'acqua)**

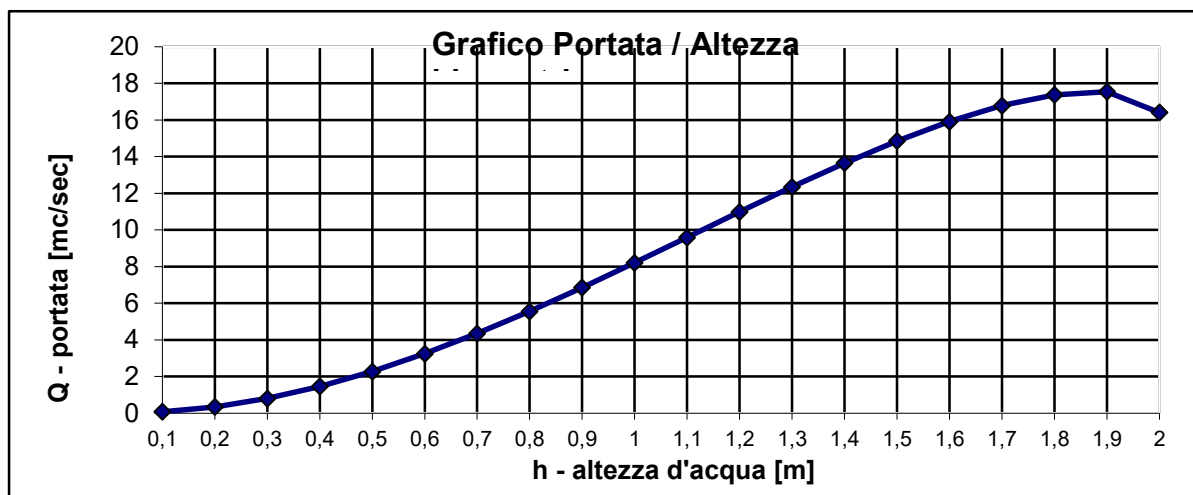
Caratteristiche sezione:

<b>d</b>	<b>2,00</b>	DIAMETRO [m]
<b>p</b>	<b>1,5%</b>	Pendenza
<b>m</b>	<b>0,25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



<b>h [m]</b>	<b>Q[m<sup>3</sup>/sec]</b>
0,10	0,076
0,20	0,343
0,30	0,806
0,40	1,456
0,50	2,275
0,60	3,247
0,70	4,348
0,80	5,558
0,90	6,853
1,00	8,206
1,10	9,592
1,20	10,982
1,30	12,345
1,40	13,647
1,50	14,852
1,60	15,914
1,70	16,779
1,80	17,368
1,90	17,541
2,00	16,412

**h = altezza d'acqua**  
**Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente**

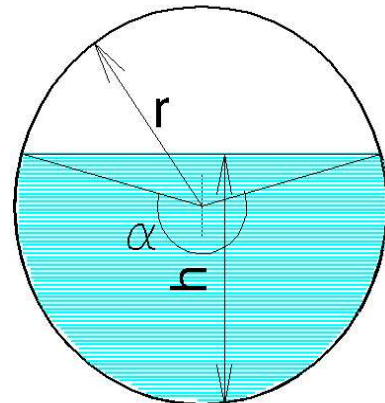


## - Dimensionamento ARMCO interferenze ID 7, ID 8, ID 9, ID 10, ID 11, ID 16

**CARATTERISTICHE SEZIONE**

Dati noti:

<b>d</b>	⇒	<b>1,80</b>	DIAMETRO [m]
<b>r</b>	⇒	<b>0,90</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>1,20</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>1,0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>0,25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

**CAPACITÀ DI SMALTIMENTO**

Dati risultanti:

Angolo al centro	⇒	<b>218,9</b>	[°]
Contorno bagnato	⇒	<b>3,439</b>	[m]
Area di deflusso	⇒	<b>1,8022</b>	[m <sup>2</sup> ]
Raggio idraulico	⇒	<b>0,524</b>	[m]

Risultati:

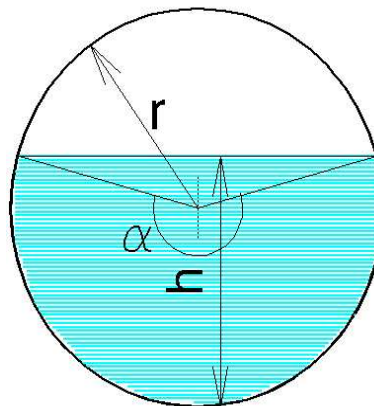
<b>c</b>	⇒	<b>74,33</b>	
<b>V</b>	⇒	<b>5,38</b>	[m/sec]
<b>Q</b>	⇒	<b>9,697</b>	[m <sup>3</sup> /sec]

**CAPACITÀ DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA CIRCOLARE (per varie altezze d'acqua)**

Caratteristiche sezione:

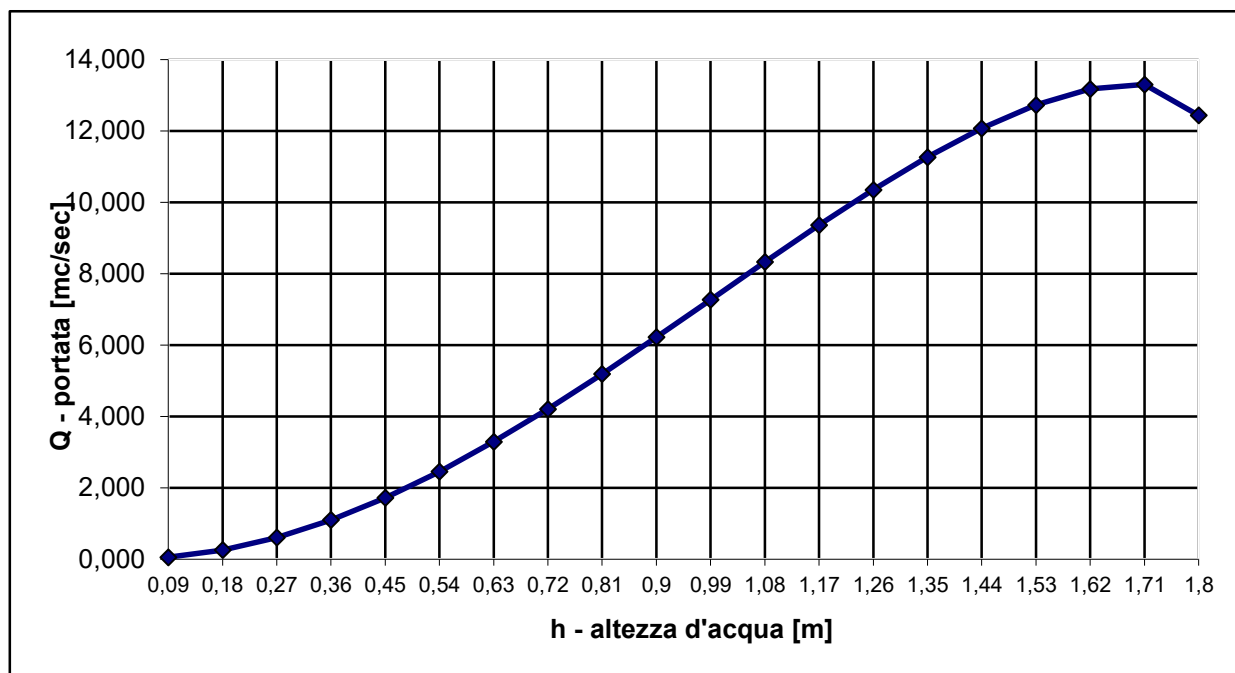
<b>d</b>	<b>1,80</b>	DIAMETRO [m]
<b>p</b>	<b>1,0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	<b>0,25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

<b>h [m]</b>	<b>Q[m<sup>3</sup>/sec]</b>
0,09	0,057
0,18	0,257
0,27	0,607
0,36	1,099
0,45	1,719
0,54	2,455
0,63	3,290
0,72	4,208
0,81	5,190
0,90	6,218
0,99	7,270
1,08	8,326
1,17	9,361
1,26	10,350
1,35	11,264
1,44	12,071
1,53	12,726
1,62	13,172
1,71	13,300
1,80	12,436



**h = altezza d'acqua**  
**Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente**

**Grafico Portata / Altezza**

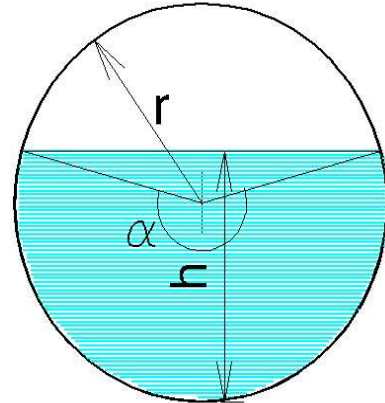


## - Dimensionamento ARMCO interferenze ID 14 e ID 15

**CARATTERISTICHE SEZIONE**

Dati noti:

<b>d</b>	⇒	<b>1,80</b>	DIAMETRO [m]
<b>r</b>	⇒	<b>0,90</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>1,20</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>1,0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>0,2</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

**CAPACITÀ DI SMALTIMENTO**

Dati risultanti:

Angolo al centro	⇒	<b>218,9</b>	[°]
Contorno bagnato	⇒	<b>3,439</b>	[m]
Area di deflusso	⇒	<b>1,8022</b>	[m <sup>2</sup> ]
Raggio idraulico	⇒	<b>0,524</b>	[m]

Risultati:

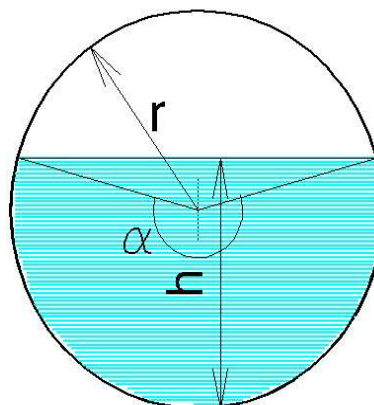
<b>c</b>	⇒	<b>78,35</b>	
<b>V</b>	⇒	<b>5,67</b>	[m/sec]
<b>Q</b>	⇒	<b>10,222</b>	[m <sup>3</sup> /sec]

**CAPACITÀ DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA CIRCOLARE (per varie altezze d'acqua)**

Caratteristiche sezione:

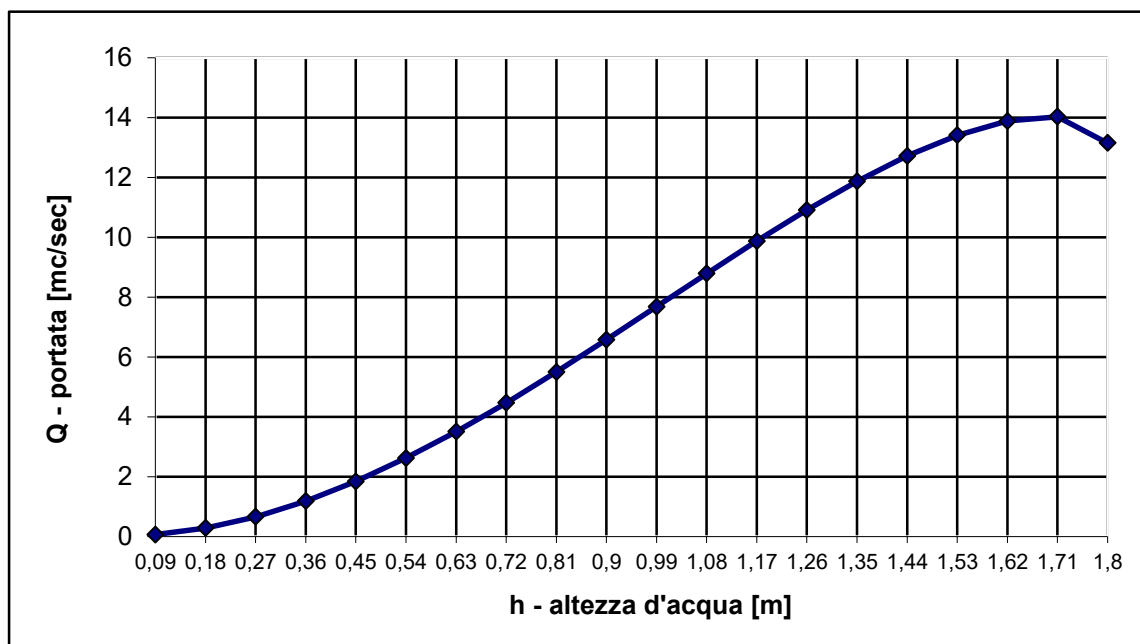
<b>d</b>	<b>1,80</b>	DIAMETRO [m]
<b>p</b>	<b>1,0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	<b>0,25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

<b>h [m]</b>	<b>Q[m<sup>3</sup>/sec]</b>
0,09	0,063
0,18	0,281
0,27	0,657
0,36	1,181
0,45	1,840
0,54	2,618
0,63	3,499
0,72	4,465
0,81	5,497
0,90	6,575
0,99	7,678
1,08	8,785
1,17	9,869
1,26	10,906
1,35	11,866
1,44	12,713
1,53	13,404
1,62	13,879
1,71	14,025
1,80	13,150

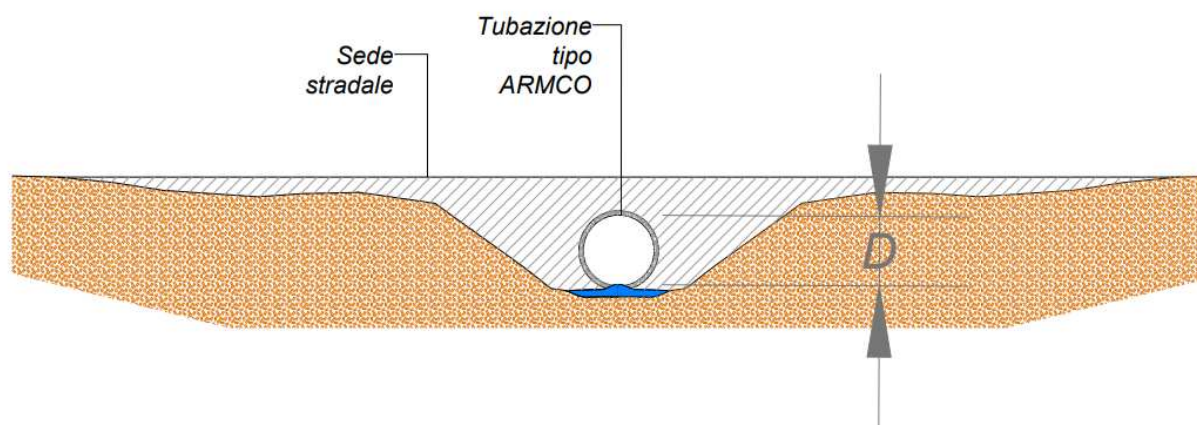


**h = altezza d'acqua**  
**Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente**

**Grafico Portata / Altezza**



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



### 13 - 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 “Barriera Noce” da 50,0 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.5 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.