



# ALTA CAPITAL 14

Alta Capital 14 S.r.l.  
 Corso Galileo Ferraris, 22  
 10121 Torino (TO)  
 P.Iva 12662160014  
 PEC altacapital14.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 "Monte della Grassa" da 40,075 MWp a Nicosia 94014 (EN).

## Studio di Impatto Ambientale

Cap \_ 11 \_ Studio di Impatto Ambientale \_  
 Relazione Tecnica idraulica illustrativa

### Revisione

n.	data	aggiornamenti
1		
2		
3		

### nome file

documento in idea\nicosia\monaco 2 \_vitale\paur\rs.06.sia.0114.a.0. cap\_11\_s.i.a.\_rel. tecnica idraulica illustrativa01.docx

### Elaborato

**RS 06 SIA**  
**0114 A0**

	data	nome	firma
redatto	09.06.2022	Giambrone	
verificato	09.06.2022	Falzone	
approvato	10.06.2022	Speciale	

DATA 10.06.2022



## **SOMMARIO**

<b>1 - PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2 - LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3 - STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE E RELATIVE NORME DI ATTUAZIONE .....</b>	<b>7</b>
<b>4 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE .....</b>	<b>9</b>
<b>5 - IDROLOGIA E VERIFICA IDRAULICA .....</b>	<b>10</b>
<b>6 - INTERVENTI DI PROTEZIONE SPONDALE BASATE SU TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA. ....</b>	<b>14</b>
<b>7 - GENERALITÀ SULLE OPERE DI PROGETTO .....</b>	<b>16</b>
<b>8 - VASCHE DI PRIMA PIOGGIA E REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE .....</b>	<b>22</b>
<b>9 - EFFETTI INDOTTI DAL PROGETTO COMPLESSIVO.....</b>	<b>25</b>
<b>10 - CONCLUSIONI .....</b>	<b>32</b>

## 1- PREMESSA

Il presente studio idrologico è relativo al progetto di realizzazione di un impianto Agrivoltaico Integrato Ecocompatibile denominato "Monte della Grassa", della potenza di 40,075 MWp connesso alla RNT, da realizzarsi nel territorio afferente al Comune di Nicosia (EN).

L'impianto, classificato come "Impianto non integrato", è di tipo grid-connected ed agrivoltaico integrato ecocompatibile e la modalità di connessione è in "Trifase in ALTA TENSIONE 150kV".

La potenza dell'impianto sarà pari a 40,075 MWp. La produzione stimata di circa 68.181,928 MWh di energia annua, deriva da 71.448 moduli posizionati sia su trackers che su strutture fisse, occupanti una superficie massima di circa 197.519 m<sup>2</sup>, che si avrà considerando la proiezione in pianta dei moduli fotovoltaici montati su strutture fisse e la proiezione massima dei moduli fotovoltaici sui tracker, ovvero quando l'angolo di rotazione del tracker sarà zero ( $\varphi=0$ ).

Il presente Studio è redatto a corredo dell'istanza presentata dalla ALTA CAPITAL 14 s.r.l. per l'attivazione del Procedimento Unico Autorizzatorio Regionale così come normato dall'art. 27 bis del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. (in particolare D. Lgs. 104/2017).

La società committente ha disposto allo scrivente progettista di considerare e valutare l'eventualità di realizzare, quali opere di mitigazione, interventi di protezione delle sponde sia dei corsi d'acqua che degli specchi d'acqua basate su tecniche di ingegneria naturalistica.

A tale scopo è stata condotta un'indagine preliminare, avente lo scopo di definire le caratteristiche idrogeologiche e idrologiche generali ed è stata condotta attraverso le seguenti fasi di studio:

1. rilevamento di campagna, al fine di ricostruire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche generali;
2. raccolta ed interpretazione di notizie bibliografiche e dati oggettivi pluviometrici;
3. analisi e sintesi dei dati ricavati;
4. studio delle tecniche di difesa spondale;
5. analisi delle essenze arboree e arbustive per la riforestazione
6. opere di drenaggio, captazione e allontanamento delle acque meteoriche.

## 2 - LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

I terreni sui quali sarà costruito l'impianto agrivoltaico in progetto ricadono nel territorio comunale di Nicosia (EN) a circa 10,93 km a Nord-Ovest dell'omonimo centro abitato, in una zona occupata da terreni agricoli e distante sia da agglomerati residenziali sia da case sparse. Il terreno si trova a circa 5,7 km a Sud di Castel di Lucio (ME), a 8,83 km a Nord-Est di Gangi (PA), a 16,85 km ad Ovest di Cerami (EN) ed a 14,89 km ad Ovest di Capizzi (ME). Inoltre il sito risulta accessibile dalla viabilità locale, costituita da strade statali, provinciali, comunali e vicinali. Nello specifico l'area adibita al futuro campo agrivoltaico è situata ad Ovest della SP 117, a Nord-Ovest della SP 20, a Nord della SS 120, ad Est della SP 60, infine a Sud della SP 176. Nella cartografia del Catasto Terreni l'area di impianto è compresa nel Foglio di Mappa n° 4.

Le particelle interessate sono distinte nella tabella sotto riportata, insieme all'estensione dei terreni indicata in m<sup>2</sup>:

Foglio	Particella	Superficie (m <sup>2</sup> )
4	33	612465
4	34	34
4	35	178890
4	36	23270
4	37	1490
4	158	44400
Totale area catastale in m <sup>2</sup>		728.481

I terreni interessati dal progetto sono iscritti in un triangolo che, nel sistema di coordinate UTM (Universale Trasversa di Mercatore), è indicato con precisione dai vertici A, B e C, mentre nel sistema di coordinate geografiche è individuato da uno span di latitudine e di longitudine:

<u>Vertice A:</u>	<u>Vertice B:</u>	<u>Vertice C:</u>
439027.49 m E	438399.44 m E	439526.37 m E
4187486.78 m N	4186806.12 m N	4186098.19 m N
37°49'57.97"N	37°49'35.73"N	37°49'13.03"N
14°18'25.58"E	14°18'0.10"E	14°18'46.41"E

Tali terreni non sono oggetto di vincolo naturalistico poiché non ricadono né in zona SIC/ZSC né in zona ZPS, secondo quanto si rileva dal Piano di Gestione Siti di Importanza comunitaria, Rete Natura 2000, Regione Sicilia. Solo alcune porzioni dei terreni sono soggette al vincolo delle aree boscate e su cui non si prevede l'installazione di pannelli o altre strutture del campo agrivoltaico. L'area del campo ricade inoltre in vincolo idrologico.

Di seguito si riportano in tabella le zone SIC/ZSC e ZPS più vicine ma situate al di fuori dell'impianto

agrivoltaico, riportando il codice del sito, la tipologia, il nome del sito, la distanza e l'orientamento rispetto al campo in progetto:

Codice del Sito	Tipologia di Sito	Nome del Sito	Distanza dal Campo agrivoltaico	Orientamento rispetto al Campo agrivoltaico
ITA030017	ZSC	Vallone Laccaretta e Urio Quattrocchi	13,1 km	Nord-Est
ITA060006	ZSC	Monte Sambughetti, Monte Campanito	1,1 km	Est
ITA060008	ZSC	Contrada Giammaiano	15 km	Est
ITA030043	ZPS	Monti Nebrodi		
ITA020040	ZSC	Monte Zimmara (Gangi)	7,2 km	Sud
ITA020041	ZSC	Monte San Calogero (Gangi)	8,3 km	Sud-Ovest
ITA020050	ZPS	Parco delle Madonie	11,1 km	Ovest
ITA020020	ZSC	Querceti sempreverdi di Geraci Siculo e Castelbuono	10,2 km	Ovest

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

- localizzazione del campo agrivoltaico su ortofoto (figura 1);
- localizzazione del campo agrivoltaico su CTR (figura 2);
- localizzazione del campo agrivoltaico su IGM (figura 3).

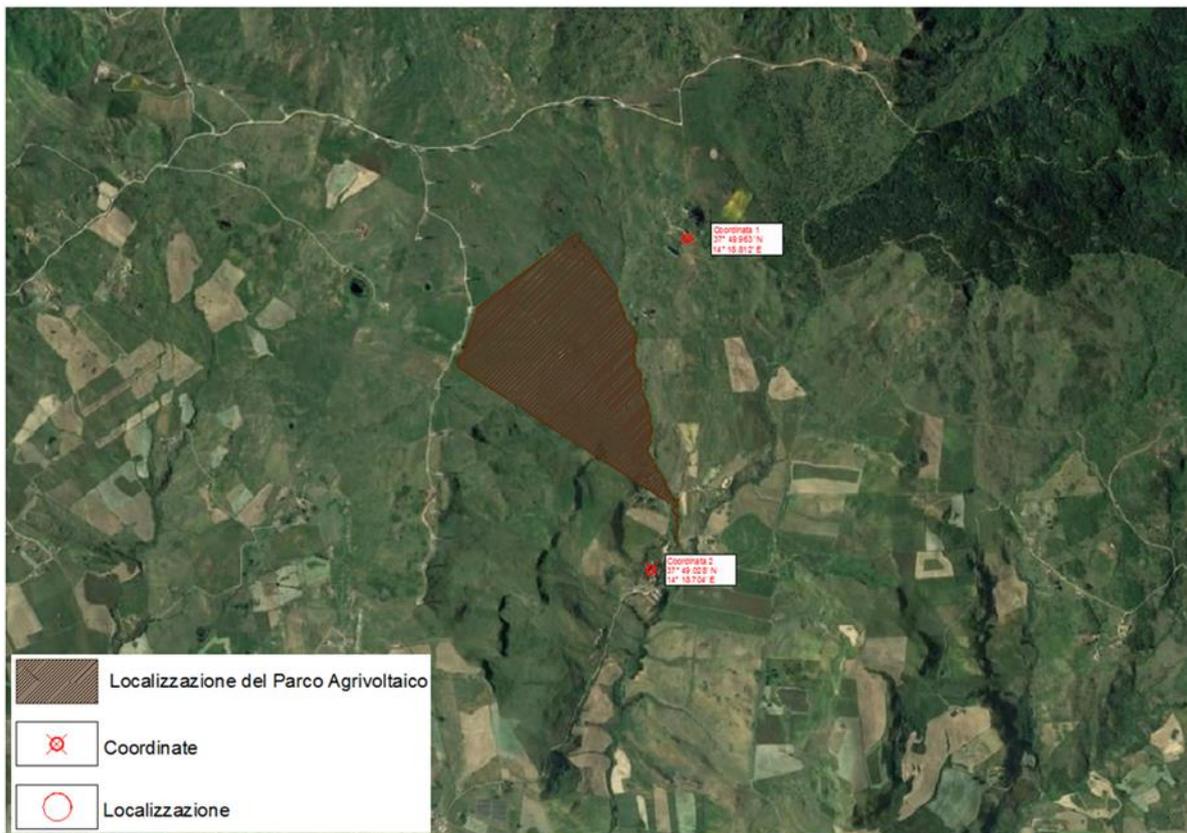


Figura 1 - Inquadramento dell'impianto su ortofoto

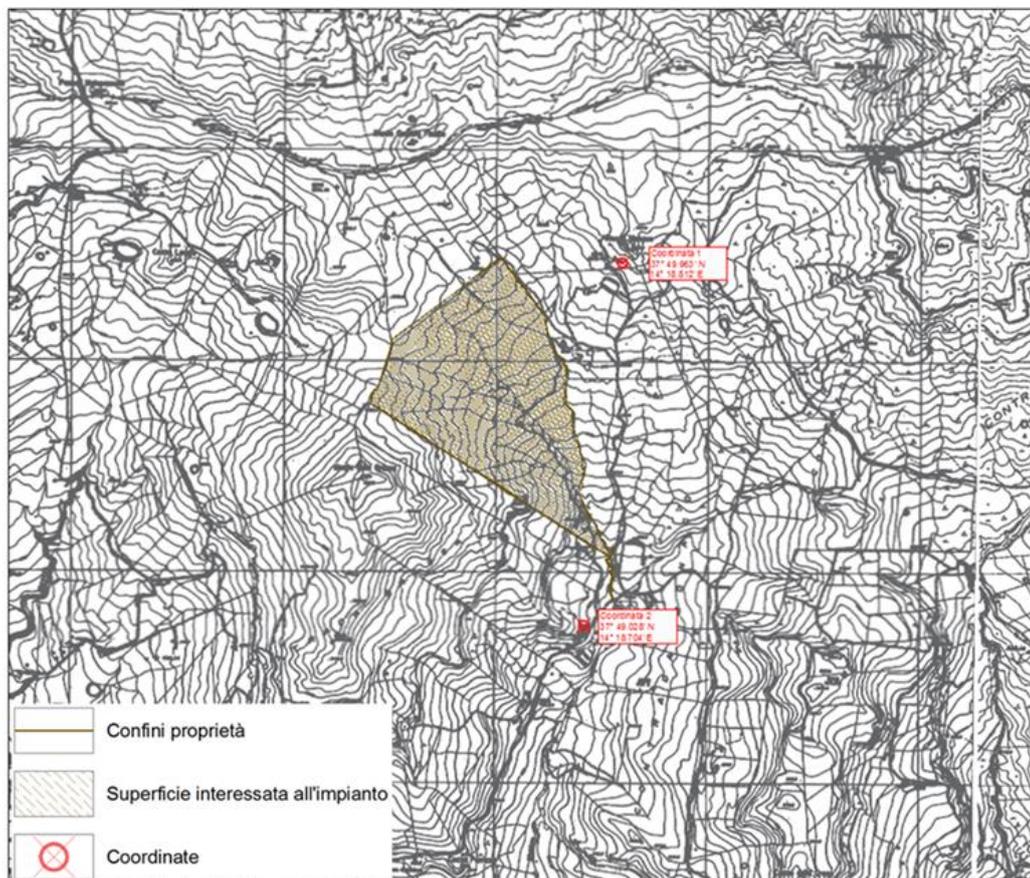


Figura 2 - Inquadramento dell'impianto su CTR

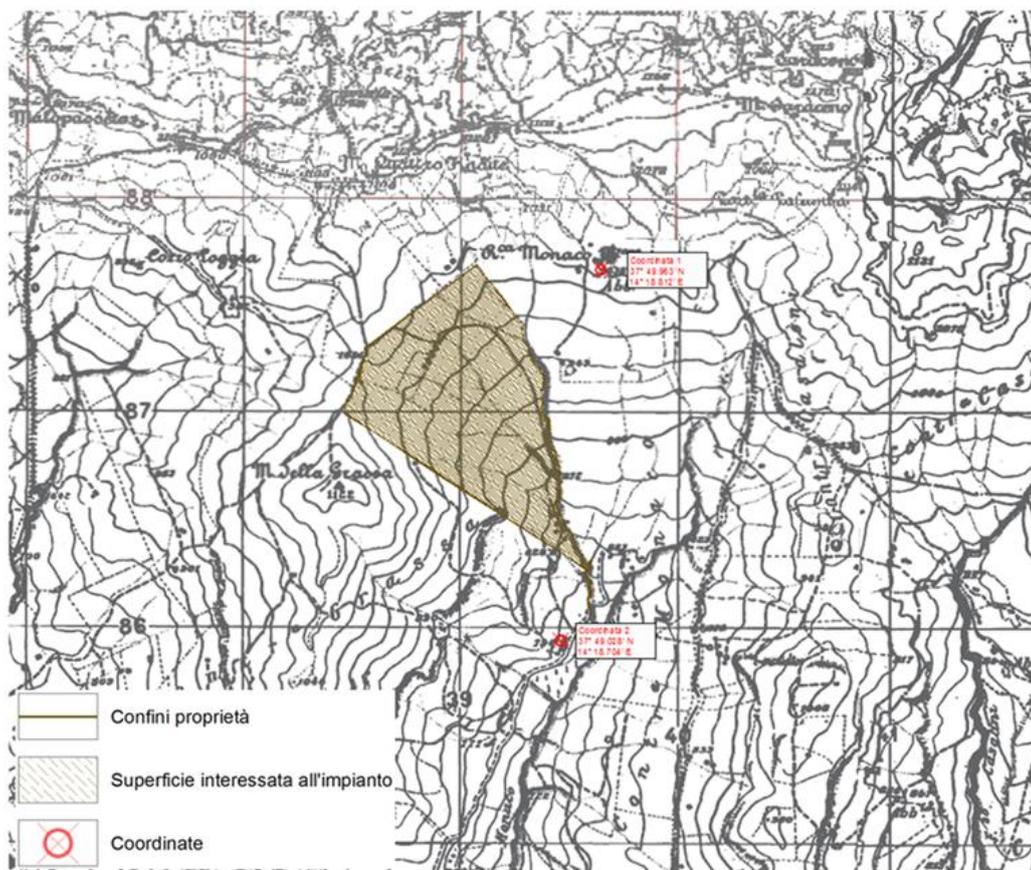


Figura 3 - Inquadramento dell'impianto su IGM

### 3 - STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE E RELATIVE NORME DI ATTUAZIONE

Come si evince dal Piano Regolatore Generale del Comune di Nicosia adeguato al D.D.G. n. 19 del 04 febbraio 2008, i terreni su cui insiste il progetto hanno una destinazione d'uso agricola "E".

Dalla consultazione Cartografia del PRG fornita dal comune di Nicosia si evince che le particelle interessate dal campo agrivoltaico:

- **non** ricadono in zone di conservazione ambientale: centro urbano, A5 emergenze monumentali sparse, A6 emergenze ambientali o paesaggistiche sparse, A7 emergenze archeologico industriali sparse;
- **non** ricadono in zone di completamento B1, in zona estensiva di completamento B2, in zone per l'edilizia pubblica, convenzionata ed agevolata B3, in aree già lottizzate B4;
- **non** ricadono in zone di espansione: zona intensa di espansione C1, zona semi-intensiva di espansione C2, zona estensiva di espansione C3, zona per l'edilizia pubblica, convenzionata ed agevolata C4, zona a villini C5;
- **non** ricadono in zone per insediamenti produttivi: zona turistico-alberghiera D1, zona artigianale D2, zona industriale artigianale D3; cave attive e non attive D4;

- **non** ricadono in zona a verde agricolo sottoposto a vincolo paesaggistico;
- **non** ricadono in zone per le attrezzature pubbliche di interesse generale: parchi urbani e territoriali F1, attrezzature sanitarie ed ospedaliere F2: area cimiteriale, impianti di depurazione R.S.U. discarica rifiuti solidi urbani, attrezzature ospedaliere, eliporto, macello, attrezzature per l'istruzione superiore all'obbligo F3;
- **non** ricadono in spazi pubblici riservati ad attività collettive, a verde pubblico e a parcheggio: aree per l'istruzione, attrezzature di interesse comune, aree per il verde pubblico attrezzato, aree per il verde pubblico attrezzato, attrezzature sportive, parchi e giardini (verde di rispetto e tutela ambientale, verde privato, bosco, fascia di rispetto boschivo);
- **non** ricadono in aree sottoposte a tutela ambientale: territori contermini ai fiumi torrenti e corsi d'acque, montagne per la parte eccedente, riserva, zona SIC, boschi e foreste, zone di interesse archeologico, zone di interesse paesaggistico.

In figura 4 è riportata la sovrapposizione del campo agrivoltaico su PRG del comune di Nicosia.

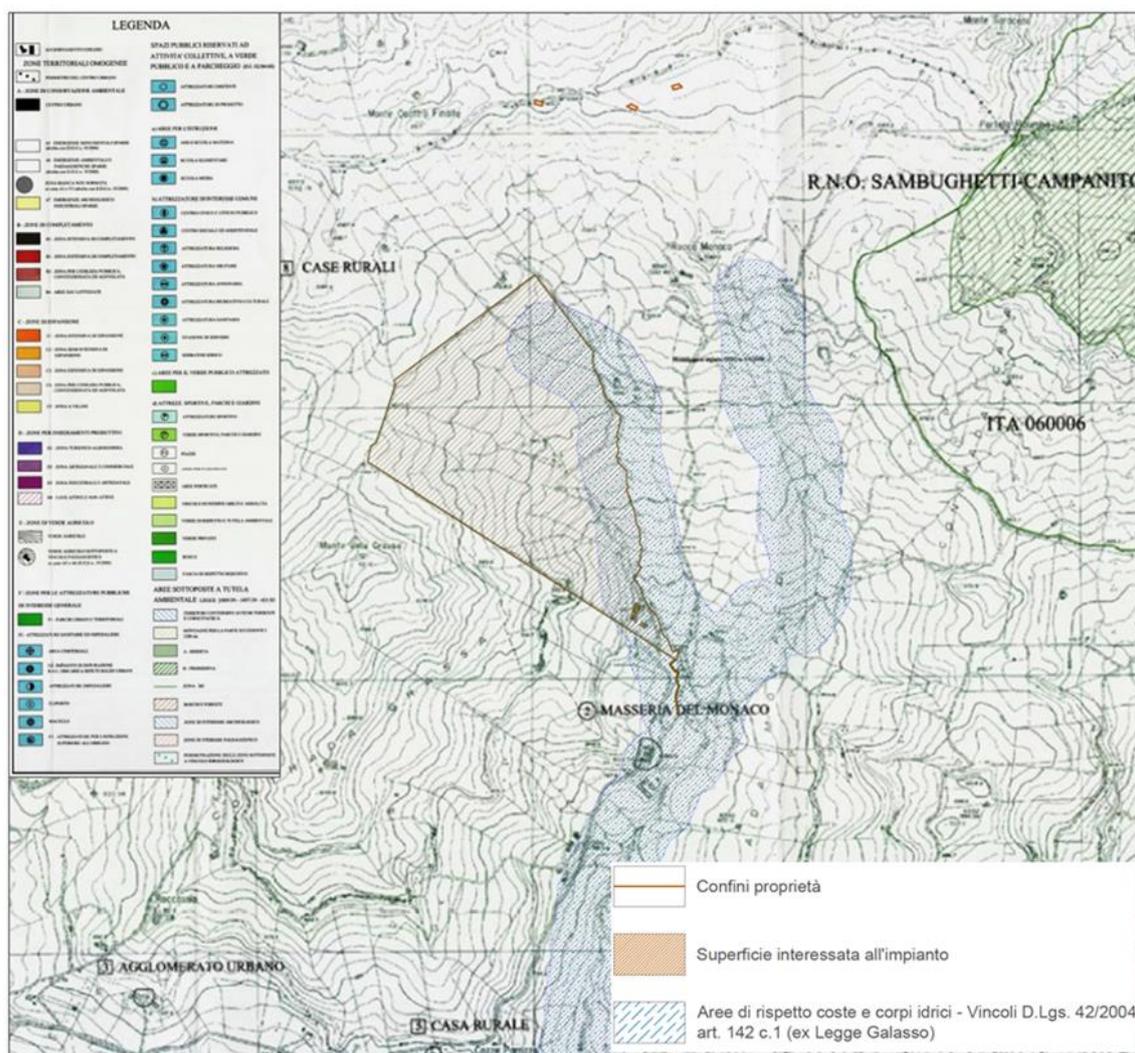


Figura 4 – Localizzazione dell'area d'impianto su stralcio del Piano Regolatore Generale del comune di Caltanissetta

Va comunque segnalato che una porzione del territorio adibita alla realizzazione del futuro campo agrivoltaico è sottoposta a vincolo sovraordinato - Vincolo Galasso (Legge 431/85) nonostante quest'ultimo non sia indicato nel PRG di Nicosia.

Dalla presa visione del Servizio di Consultazione (WMS) del PAI Regione Siciliana - Siti di Attenzione Geomorfologica, risulta che il territorio dell'impianto in progetto non risulta interessato da essi né nell'area del campo agrivoltaico né nelle sue immediate vicinanze.

Si specifichi che la zona si trova all'interno del Bacino Idrografico "Fiume Simeto" identificato con il codice R 19 094.

Sempre dall'esame del Servizio di Consultazione (WMS) del PAI Regione Siciliana - Dissesti Geomorfologici, si evince che il territorio destinato al futuro campo agrivoltaico è interessato dalle seguenti aree, sede di dissesto:

- Dissesto attivo dovuto ad "erosione accelerata" identificato con sigla 094-4NI-463, a Sud - Ovest di Rocca Monaco;
- Dissesto attivo dovuto a "franosità diffusa" identificato con sigla 094-4NI-476, a Sud- Ovest di Rocca Monaco;
- Dissesto attivo dovuto ad "erosione accelerata" identificato con sigla 094-4NI-475, a Sud-Ovest di Rocca Monaco;
- Dissesto attivo dovuto a "crollo e/o ribaltamento" identificato con sigla 094-4NI-477, in Contrada Grassa.

Marginalmente al confine meridionale del campo agrivoltaico, in territorio al di fuori del campo, è presente un'area interessata da deformazione superficiale lenta identificata con sigla 094-4NI-474, sita a Sud-Ovest di Rocca Monaco.

Non sono riconducibili nella zona fenomeni franosi dovuti a colamento rapido, sprofondamento, scorrimento, espansione laterale o deformazione gravitativa, colamento lento, calanco.

Per quanto concerne il Rischio geomorfologico, dall'analisi del Servizio di Consultazione (WMS) PAI-Regione Siciliana, si desume che l'area di progetto non è interessata da tale criticità.

In merito alla Pericolosità Geomorfologica, dalla presa visione del Servizio di Consultazione (WMS) PAI Regione Siciliana, si evince che il territorio del campo agrivoltaico è soggetto a tale criticità nelle regioni di spazio coincidenti con i dissesti geomorfologici:

- Pericolosità geomorfologica di livello 1 (in una scala da 1 a 4) identificata con sigla 094-4NI-463, a Sud - Ovest di Rocca Monaco;
- Pericolosità geomorfologica di livello 2 (in una scala da 1 a 4) identificata con sigla 094-4NI-476, a Sud - Ovest di Rocca Monaco;
- Pericolosità geomorfologica di livello 1 (in una scala da 1 a 4) identificata con sigla 094-4NI-475, a Sud-Ovest di Rocca Monaco;
- Pericolosità geomorfologica di livello 3 (in una scala da 1 a 4) identificata con sigla 094-4NI-477, in

Contrada Grassa.

Marginalmente al confine meridionale del campo agrivoltaico, in territorio al di fuori del campo, è presente un'area soggetta a Pericolosità Geomorfologica, identificata con sigla 094-4NI-474 ed ubicata a Sud-Ovest di Rocca Monaco.

In fase di progettazione dell'intervento si è stabilito di apportare miglioramenti alla parte d'area interessata da Dissesto e da Pericolosità Geomorfologica attraverso opere di bonifiche e regimentazione delle acque. Per il restante territorio del campo fotovoltaico non è necessario prevedere la realizzazione di interventi di regimentazione delle acque piovane a monte né di stabilizzazione delle coltri terrigene mobilitate, poiché la zona in questione non presenta altri fenomeni franosi attivi.

## **4 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE**

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

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

L'area impegnata si sviluppa su quote comprese tra circa 1020 e 800 m s.l.m., in un'area caratterizzata da pendenze variabili ma nel complesso spiccate. Ciò che emerge, dal punto di vista geomorfologico è un modellamento dei versanti legato ad una dinamica controllata dalle acque di ruscellamento. I processi erosivi sui terreni prevalentemente argillosi, per via della scarsa permeabilità genera i principali effetti morfogenetici, dando luogo a valli V incise per erosione di fondo. Si osservano forme afferibili a movimenti lenti superficiali e delle coltri detritiche di ricoprimento. Di sovente i dissesti si sviluppano lungo linee di deflusso delle acque superficiali di ruscellamento. Tali fenomeni, coinvolgono di sovente lo strato più alterato o il solo livello areato di suolo, a causa della saturazione dei terreni e rammollimento degli stessi.

Forme strutturali derivate, presenti in corrispondenza degli affioramenti litoidi messiniani, sono invece influenzate dall'erosione selettiva, in cui i fattori strutturali, sia pure in modo passivo, regolano i processi erosivi. Il fattore determinante nell'evoluzione morfologica è l'erosione selettiva per via del

contatto di rocce con differente grado di erodibilità, per cui i processi erosivi agiscono in maniera selettiva erodendo maggiormente le rocce più tenere. Alcune di queste forme sono le scarpate di "morfoselezione".

Come da Carta Geomorfologica-Idrogeologica, si è individuata un'area classificata come "Area a franosità diffusa", nella porzione centro meridionale dell'area impegnata. In tale areale i dissesti sono stati localizzati lungo gli impluvi e lungo le linee di deflusso delle acque. Si tratta perlopiù di fenomeni di soliflusso e di colamento superficiale della coltre. Nelle aree soggette a soliflusso, si riconoscono diffusi lobi per colamento. Tale fenomeno, da un punto di vista meccanico, può essere assimilato ad un colamento lento che coinvolge le porzioni più superficiali delle litologie presenti, rese fluide e molto viscoso dal contenuto in acqua e su porzioni di pendio pendii di modesta acclività. I colamenti superficiali, presentano tratti più riconoscibili, con superficie di rottura e corpo di facilmente distinguibili, ed impostati lungo le linee di deflusso e/o impluvi.

Su tale area, così come su tutto l'areale interessato dalle opere, si ritiene opportuno condurre analisi geognostiche puntuali allo scopo di caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni e individuare potenziali superfici di scivolamento. Si dovranno, inoltre, effettuare le verifiche di stabilità post-operam, con i carichi indotti sul deposito.

Fenomeni di "crollo", sono stati campiti in corrispondenza delle scarpate litoidi gessose e calcare fratturate. Le aree campite risultano corrispondere con le scarpate sub verticali presenti, nelle quali si processi gravitativi risultano attivi o potenziali e sono annoverabili come "crollo di detrito" (Warnes). Su tali scarpate, in fase esecutiva, verranno effettuate le condizioni dell'ammasso roccioso e la classificazione dello stesso secondo i metodi empirici, e prevedere eventuali interventi a protezione delle opere di progetto.

Lungo le aste impluviali presenti, caratterizzate da processi di "approfondimento" ed a luoghi contrassegnati da fenomeni erosivi, si consiglia di procedere con la messa in opera di sistemi antierosivi per la riduzione dell'erodibilità del materiale dell'alveo, mediante rivestimenti e soglie, con conseguente riduzione della mobilità del materiale solido costituente l'alveo. Per ciò che concerne l'utilizzo di specie arboree, queste dovranno essere poste lungo la sponda, al di fuori del potenziale contorno bagnato, al fine di determinare una riduzione dell'infiltrazione di acque di precipitazione per intercettazione e/o riduzione delle pressioni interstiziali all'interno della sponda per la funzione evapotraspirativa degli apparati radicali. Tali interventi avranno lo scopo di mitigare gli effetti erosivi ed i fenomeni di scalzamento che peraltro determinano i dissesti sui versanti.

Per ciò che concerne l'idonea profondità di infissione degli ancoraggi dei pannelli, in funzione della natura dei terreni e delle criticità geomorfologiche, e garantire la funzionalità delle opere di progetto si consiglia di condurre analisi geognostiche puntuali allo scopo di individuare esistenti e potenziali

superfici di scivolamento ed eseguire, altresì, le relative verifiche di stabilità post-operam.

Nei tratti di versante interessati da fenomeni gravitativi superficiali, si potrà intervenire mediante la realizzazione di fossi di guardia. Si tratta di scavi con sezione ad U o trapezoidale, realizzati appena a monte della nicchia di frana. Lo scopo di questi interventi è di intercettare le acque che scorrono sul versante allontanandole dall'area in frana. Al fine di ridurre l'impatto sul territorio si può ricorrere a rivestimenti in legname e/o pietrame. Tale tipologia di intervento potrà inoltre essere implementata con canali di drenaggio all'interno degli stessi corpi franosi.

Gli interventi suggeriti così come altre soluzioni di stabilizzazione del sito, potranno essere definiti in maniera dettagliata, soltanto a seguito di studi particolareggiati, atti a definire le corrette dinamiche dei dissesti.

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

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

La tipologia dei pannelli mediante pali infissi non comporta modificazione del deflusso naturale delle acque, non prevedendo impermeabilizzazioni dovute alle fondazioni; la dinamica di questa tipologia di impianti è legata allo scorrimento dell'acqua piovana lungo i pannelli e conseguente ricaduta della stessa nel terreno alla base di questi. Pertanto allo scopo di limitare gli effetti deleteri dovuti a fenomeni di ruscellamento concentrato, si consiglia di prevedere, nelle vie di scaturigine delle acque di scolo dei pannelli, la messa in opera di drenaggio superficiale ed altresì indirizzato lungo le vie del naturale deflusso; i sistemi di drenaggio potranno essere costituiti da canali rivestiti con "stuoia" o "feltro".

Dal punto di vista idrogeologico l'area di progetto è caratterizzata principalmente da terreni classificati come "Terreni a componente pelitico-argillosa", costituite dai depositi argillosi. Risultano, nel complesso, impermeabili. Una modesta permeabilità, si determina nei livelli più superficiale. Su tali litotipi risulta non essere presente falda idrica, e una modesta circolazione idrica si può istaurare tra il livello alterato ed il substrato integro.

In definitiva, il drenaggio delle acque, allo stato naturale dei luoghi, è garantito dal ruscellamento superficiale, testimoniato da una rete impluviale di tipo dendritico, lungo impluvi ben marcati, con regime torrentizio che garantisce il deflusso naturale delle acque. 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.

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

## 5 – IDROLOGIA E VERIFICA IDRAULICA

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, 100, 200).

<i>Tr 20</i>		<i>Tr 100</i>		<i>Tr 200</i>	
<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
42,9	0,28	55,8	0,28	61,3	0,28

Tabella 1 – Parametri  $a$  ed  $n$  per i diversi tempi di ritorno

Il tempo di corrivazione  $T_c$ , considerando la tipologia dei bacini di tipo collinare, è stato determinato secondo la formula:

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

dove:

**S** = superficie del bacino;

**L** = lunghezza dell'asta principale;

**Hm** = altitudine media;

**Ho** = quota alla sezione di chiusura.

Le altezze critiche di pioggia sono state definite tramite la formula che definisce la curva di probabilità pluviometrica per i vari tempi di ritorno:

$$h_t = at^n$$

in cui:

$h(t)$  = massima precipitazione in mm al tempo  $t$

$t$  = tempo di progetto (ore) = tempo di corrivazione

$a$  = fattore della curva relativo ad un determinato  $Tr$

$n$  = esponente della curva relativo ad un determinato  $Tr$

$Tr$  = tempo di ritorno (20, 100, 200 anni)

In considerazione del fatto che il progetto prevede il passaggio stradale di servizio e cavidotti, si è reso necessario uno studio idraulico puntuale. Le stesse verifiche sono state eseguite lungo gli impluvi principali, nelle sezioni di chiusura dei bacini considerati, laddove è attesa la massima portata di deflusso, nonché nei sottobacini su sezioni intermedie.

Si è determinata la  $Q_{max}$  (portata di piena/colmo) attese per diversi tempi di ritorno, adottando il Metodo Razionale:

$$Q = \frac{\varphi \cdot h'_{Tc} \cdot A}{3.6 \cdot Tc}$$

in cui:

$\varphi$  = coefficiente di deflusso

$h_{(t, T)}$  = altezza critica di pioggia con i tempi di ritorno

$A$  = superficie del bacino (km<sup>2</sup>)

$T_c$  = tempo di corrivazione (ore)

**3,6** = fattore di conversione che permette di ottenere  $Q_{max}$  in m<sup>3</sup>/sec

La scelta delle sezioni di verifica è stata effettuata fatta lungo gli impluvi principali nelle sezioni di chiusura dei bacini considerati, laddove è attesa la massima portata di deflusso.

Sono stati individuati n. 2 bacini idrografici e relative aste impluviali che interessano direttamente l'area di progetto e denominate rispettivamente **S1** ed **S2**.

Per ogni bacino si sono determinate le altezze critiche di pioggia e le relative portate di colmo per i diversi tempi di ritorno (20, 100, 200).

Il coefficiente di deflusso adottato, è stato pari a **0,4** ed ottenuto considerando gli interventi previsti e le nuove superfici impermeabili.

#### BACINO S1

CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO				PORTATE MASSIME DI PIENA		
Superficie del Bacino	S =	0,15	Km <sup>2</sup>	tc (ore) = <b>0,23</b>		
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,38	Km	Tr (anni)	h(t,T) (mm)	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /sec)
Altitudine sezione considerata	H0 =	890	m (s.l.m.)	<b>20</b>	28,53	<b>2,042</b>
Altitudine media bacino	Hm =	1005	m (s.l.m.)	<b>100</b>	37,11	<b>2,656</b>
				<b>200</b>	40,77	<b>2,918</b>

## BACINO S2

CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO				PORTATE MASSIME DI PIENA		
Superficie del Bacino	S =	0,60	Km <sup>2</sup>	tc (ore) = <b>0,54</b>		
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	1,0	Km	Tr (anni)	h(t,T) (mm)	Qmax (m <sup>3</sup> /sec)
Altitudine sezione considerata	H0 =	890	m (s.l.m.)	<b>20</b>	36,03	<b>4,484</b>
Altitudine media bacino	Hm =	1005	m (s.l.m.)	<b>100</b>	46,86	<b>5,833</b>
				<b>200</b>	51,48	<b>6,408</b>

## 6 - INTERVENTI DI PROTEZIONE SPONDALE BASATE SU TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

I calcoli effettuati non desterebbero particolari necessità di porre in atto opere di difesa spondale per la limitazione dei fenomeni erosivi; è chiaro, però, che la sporadica coltivazione dei terreni circostanti e l'assenza di forestazione o alberi coltivati comportano maggiori ruscellamenti e portate di punta più abbondanti.

Per limitare i fenomeni erosivi 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. Quest'ultima consiste nella ricostituzione degli habitat propri del corso d'acqua, agendo sul piano morfologico, sulle caratteristiche di alveo e sponde e sulle tipologie vegetazionali presenti. Volendo dare una sintetica definizione, si può dire che *"l'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnico-scientifica che studia le modalità di utilizzo, come materiali da costruzione, di piante viventi, di parti di piante o addirittura di biocenosi vegetali, spesso in unione con materiali non viventi, come pietrame, terra, legname, acciaio"* (Schiechtl).

Si tenta di valorizzare l'effetto stabilizzante che alcune specie vegetali sono in grado di esercitare sul suolo. Così, ad esempio, una specie dotata di apparato radicale ben sviluppato può assolvere funzioni di consolidamento del terreno, contribuendo contemporaneamente ad un miglioramento del drenaggio; una specie a chioma ampia può contribuire alla riduzione dell'effetto della pioggia battente su suoli facilmente erodibili se nudi; cespugli ben radicati e con ramificazione buona possono essere abbinati ad opere di difesa spondale come elementi protettivi e nel contempo con funzione di rallentamento della corrente. L'adozione di queste tipologie consente un migliore inserimento degli interventi riducendone l'impatto naturalistico ed estetico-paesaggistico. Inoltre il carattere fortemente interdisciplinare della materia consente di fornire risposte ad ampio spettro e con effetto multifunzionale. A seconda del modo e del tipo di costruzione, possono assumere importanza primaria gli effetti riportati di seguito (da Schiechtl-Stern, modificata):

- *Tecnico*: Protezione dell'area della sponda da erosione superficiale, causata dalla corrente, dalle precipitazioni, dal vento e dal gelo. Aumento di stabilità delle sponde per la creazione di un sistema

fibrorinforzato terreno-radice e per l'effetto drenante delle piante.

- *Ecologico*: Bilanciamento degli estremi di temperatura e di umidità nello strato aereo vicino al terreno e con ciò creazione di condizioni favorevoli allo sviluppo della vegetazione. Miglioramento del bilancio idrico del terreno (drenaggio o immagazzinamento) tramite l'intercettazione, l'evaporazione, l'evapotraspirazione e la capacità di immagazzinamento. Preparazione del terreno e formazione di humus a seguito della caduta e della decomposizione dei resti vegetali. Con ciò in sintesi, ovvero miglioramento della flora e della fauna del terreno e del contenuto di sostanza trofica. Creazione di macro e micro ambienti naturali divenuti ormai rari, nuovi biotopi per animali e piante, possibilità di affermazione di cenosi autoctone;

- *Economico*: Diminuzione delle spese di costruzione e di manutenzione;

- *Estetico-Paesaggistico*: Inserimento delle costruzioni e delle opere nel paesaggio. Recupero delle aree paesaggisticamente degradate.

I principi e le tecniche dell'ingegneria naturalistica possono essere applicati lungo i corsi d'acqua, nelle zone umide e sui versanti adiacenti ai corsi d'acqua con le seguenti finalità:

*Corsi d'acqua*: gli interventi possono riguardare il consolidamento delle sponde, con relativo rinverdimento; azioni per limitare il trasporto solido o per rallentare la corrente; costruzione di briglie e pennelli; creazione di rampe di risalita per agevolare la presenza dell'ittiofauna.

*Zone umide*: realizzazione di ambienti idonei alla sosta ed alla riproduzione degli animali.

*Versanti*: consolidamento ed inerbimento di pendici, sistemazione di frane.

Gli interventi di mitigazione dell'impatto ambientale o di rinaturalizzazione realizzati con tecniche di ingegneria naturalistica trovano applicazione ad entrambi i succitati livelli e possono essere utilizzati in abbinamento alle tecniche tradizionali o da soli. Nel nostro specifico caso si è scelto di agire su entrambi i livelli secondo solo tecniche naturalistiche.

Soltanto per brevi tratti in corrispondenza della sezione iniziale e finale dei bacini considerati, laddove sono attesi i massimi valori di portata (e quindi di velocità) è prevista la realizzazione di gabbionate che avrebbero la duplice funzione di proteggere dall'erosione e di mantenere costante la sezione idraulica degli impluvi all'imbocco ed allo sbocco dell'invaso progettato.

## **7 - GENERALITÀ SULLE OPERE DI PROGETTO**

Gli interventi idraulici previsti nel caso in specie riguardano le aste impluviali e si prefiggono la loro stabilizzazione e quella delle sponde, limitando al minimo i fenomeni erosivi, specie quelli localizzati.

### **7.1 Strutture di base**

Per strutture di base si intendono, qui, quelle strutture che vengono utilizzate in maniera ricorrente in vari tipi di sistemazioni. Le strutture di base nel caso specifico riguardano i rivestimenti.

Questi ultimi sono strutture per la protezione dall'erosione senza alcuna funzione di sostegno e sono caratterizzati dall'aver uno spessore trascurabile rispetto alle altre due dimensioni possono essere permeabili o impermeabili, rigide, flessibili o realizzate con materiali sciolti. Queste opere richiedono una progettazione attenta alle condizioni idrodinamiche che possono determinare sollecitazioni eccessive sulla struttura e processi di escavazione in grado di causare scalzamento o aggiramento delle opere.

I rivestimenti vengono utilizzati sia sulle sponde che sul fondo degli alvei ed hanno un'influenza sul regime della corrente che è essenzialmente legata alla variazione della scabrezza in funzione del materiale di cui sono costituiti.

Per limitare l'impatto ambientale per le modifiche che possono apportare alla permeabilità all'acqua e dalla vegetazione e per le modifiche che apportano agli habitat sia acquatici che terrestri, si agirà combinando materiali inerti e materiali vivi secondo appunto le tecniche dell'ingegneria naturalistica.

I rivestimenti, infatti, grazie al loro spessore ridotto offrono ottime opportunità di inserimento ambientale. Sia che si tratti di materiali organici o meno, risulta abbastanza semplice combinarli con la vegetazione e garantire il mantenimento della permeabilità delle sponde.

A differenza dei materiali inorganici quelli a base naturale debbono essere necessariamente abbinati a materiali vivi poiché degradandosi non offrono protezione a lungo termine.

La vegetazione può essere combinata alla parte inerte del rivestimento in varie forme:

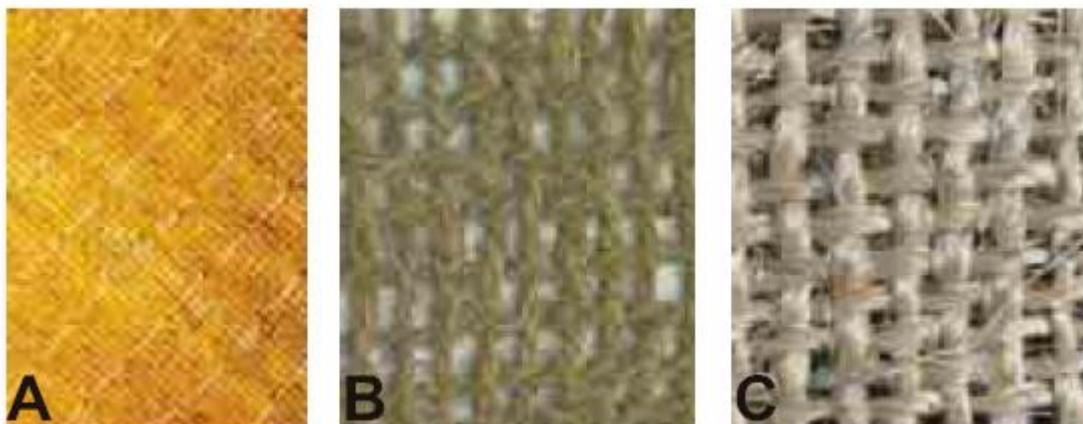
- Talee
- Piante a radice nuda
- Piante in vaso
- Rizomi
- Per seme
- Inerbimenti con stuoie, reti e biostuoie.

Le biostuoie sono costituite da fibre di natura vegetale tenute assieme da retine poliolefiniche o a loro volta a base organica. Data la natura biodegradabile sono usate solo sopra il livello dell'acqua e sono caratterizzate da una resistenza alle tensioni di trascinamento poco significativa e sono da considerarsi unicamente una protezione rispetto al ruscellamento ed all'impatto delle gocce di pioggia, azione desiderata nel nostro caso.

Il rinforzo degli apparati radicali (Turf-reinforcement) è un rivestimento flessibile in cui il materiale inerte viene compenetrato dalle radici delle piante erbacee e ne costituisce il rinforzo permanente; rappresenta un sistema combinato molto efficace, in grado di incrementare notevolmente la resistenza alle tensioni di trascinamento delle piante erbacee. Si ottiene mediante la posa di una geostuoia tridimensionale costituita da filamenti di materiali sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene o altro), aggrovigliati in modo da formare uno strato molto deformabile dello spessore di 10-20 mm, caratterizzato da un indice dei vuoti molto elevato (> 90%).

Il rinforzo rende più resistente il geosintetico, conferendo gli una maggiore capacità di consolidamento superficiale del terreno se abbinato ad idonee chiodature con picchetti lunghi.

Il sistema di rivestimento spondale delle aste di bacino, costituito dal materiale combinato con le piante, avrà così una resistenza alle tensioni di trascinamento molto più alta rispetto a quella delle piante da sole. Per l'individuazione dei materiali più idonei si usano degli abachi che consentono di determinare le tensioni ammissibili di tali sistemi sia in presenza di vegetazione che non ed in relazione alla durata dell'evento di piena (vedi dati pluviometrici raccolti nei capitoli precedenti).



**Figura 5 - A) Biostuoia in fibre di cocco: le fibre sono intrappolate tra due retine pololefiniche che hanno la doppia funzione di impedire la dispersione del cocco e di conferire maggiore resistenza meccanica al geosintetico. Generalmente le retine sono fotodegradabili, in modo da scomparire una volta esauritasi la funzione protettiva della biostuoia. B) Georete in fibre di cocco. Un materiale caratterizzato da una elevata curabilità e da una buona resistenza meccanica. C) Georete in agave, ha una resistenza meccanica superiore rispetto al cocco ma possiede una durabilità inferiore**



**Figura 6 - A sinistra - geostuoia tridimensionale in fibre di polipropilene. A destra georete tridimensionale rinforzata con una rete metallica a doppia torsione a maglie esagonali.**



**Figura 7 - Sponde di una fiumara rivestite con geostuoia tridimensionale rinforzata e rinverdita.**

## **7.2 Messa a dimora di talee**

Si realizza mediante infissione nel terreno o nelle fessure tra massi di una scogliera di talee legnose e/o ramaglie di specie vegetali con capacità di propagazione vegetativa.

Le piante più usate per questa tecnica sono certamente i salici, ma questi non sono adatti ai nostri ambienti. In ambiente mediterraneo, in alternativa, si utilizzano il ligustro, l'oleandro e le tamerici, specie quest'ultima resistente a condizioni alterne di forte aridità e presenza di sali nel terreno.

Questa tecnica ha un effetto consolidante che è tanto più marcato quanto maggiore è la profondità cui vengono infisse le talee che assolvono anche a una funzione di drenaggio, dovuto ad assorbimento e traspirazione del materiale vivo impiegato.

La piantagione di talee verrà qui utilizzata per la rivegetazione e stabilizzazione delle superfici spondali di neoformazione e svolgerà una azione inizialmente puntuale e dibassa efficacia ma estesa e coprente dopo lo sviluppo (6 mesi-1/2 anni). Questa tecnica si addice a sponde a pendenza limitata come nel caso e sul suo substrato non litoide e non particolarmente serico; infatti essa non può essere invece applicata in presenza di regimi torrentizi con correnti e trasporto solido particolarmente elevati.

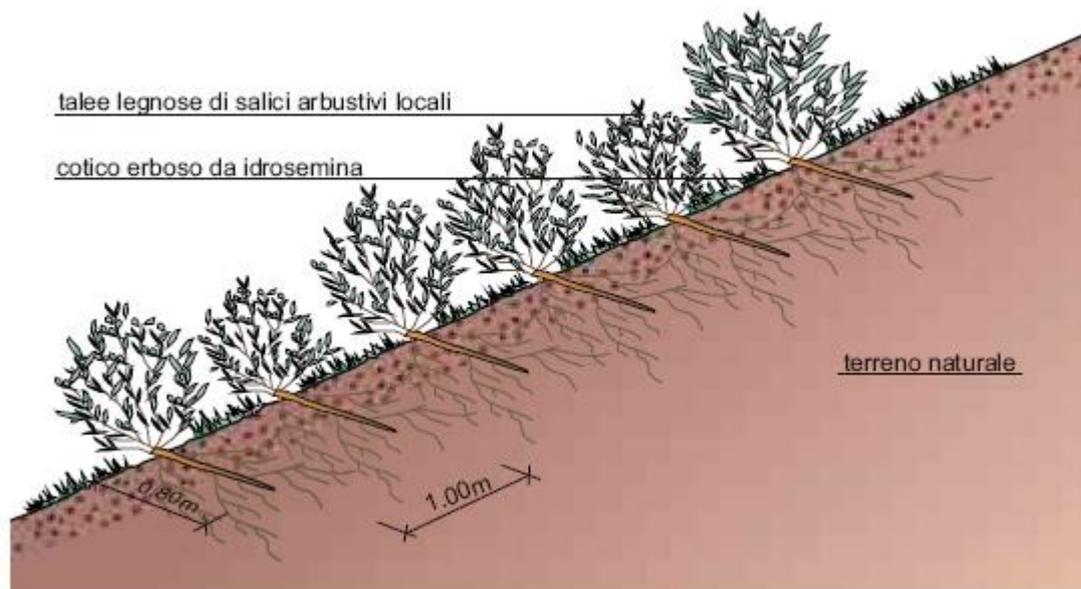


Figura 8 - La sezione mostrala disposizione delle piante nella messa a dimora di talee. Il terreno deve consentire l'infissione per almeno 50-80 cm le talee debbono essere inclinate leggermente sull'orizzontale.

La messa a dimora di talee andrà eseguita nel periodo di riposo vegetativo e come tutti gli interventi con materiali vivi richiederà della manutenzione: saltuarie potature di irrobustimento e sfoltimento per evitare popolamenti monospecifici. La messa a dimora di talee si effettua impiegando getti non ramificati, di 2 o più anni,  $d= 1-5$  cm,  $L = 0,50 - 0,80$  m, di piante legnose e in genere arbustive con capacità di propagazione legnosa; per le tamerici vengono usate di preferenza le ramaglie in fronda mentre la talea vera e propria ha minori capacità di rigetto. Le talee vengono infisse nel terreno lasciandole sporgere al massimo per un quarto della loro lunghezza e comunque non più di 10-15 cm. La densità di impianto in genere varia tra 2 e 10 talee per mq a seconda delle necessità di consolidamento.

### 7.3 Piantazione di arbusti

Consiste nella messa a dimora di giovani arbusti autoctoni di produzione vivaistica in zolla o in vasetto. Generalmente le piante utilizzate sono a comportamento pioniero appartenenti agli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito. Questa tecnica ha una funzione consolidante: con il tempo si forma un fitto reticolo radicale di protezione dall'erosione; la piantazione di arbusti inoltre contribuisce ad aumentare la biodiversità, grazie anche all'instaurarsi di un ambiente idoneo ad ospitare numerose specie animali. Questa tecnica è adatta a superfici a bassa pendenza con presenza di suolo organico e può essere abbinata alle stuoie e ai rivestimenti.

Le piante, di altezza minima compresa tra 0,30 e 0,80 m e accompagnate da certificazione di origine del seme o materiale da propagazione, come disposto anche dalla Regione Siciliana, vengono poste a dimora in buche di dimensioni prossime a quelle dell'apparato radicale o della zolla avendo cura, se necessario, di apportare terreno vegetale, fibra organica, fertilizzanti ed ammendanti. Le piante possono essere disposte in ragione di 1 esemplare ogni 3-20 mq. Le piante a radice nuda potranno essere trapiantate solo durante il

periodo di riposo vegetativo, mentre per quelle in zolla, contenitore o fitocella il trapianto potrà essere effettuato anche in altri periodi tenendo conto delle stagionalità locali e con esclusione dei periodi di estrema aridità estiva o gelo invernale.

Con riferimento alla Tabella 28C del Piano Forestale Regionale - Formazioni riparie, saranno previste le piantumazioni di talee e arbusti di macchie a leccio tipici della Sicilia occidentale, Asparago spinoso, Sommacco tripartito, Rosmarino e Timo arbustivo.

Macro categorie	CATEGORIE	TIPI	VARIANTI	Distribuzione			
		13.2	fruticeti ad <i>Astragalus nebrodensis</i> e <i>Prunus sp. pl.</i> , e <i>Juniperus hemisphaerica</i>	Madonie			
		13.3	formazioni pioniere a <i>Genista aetnensis</i>	Etna			
	14	macchie e garighe degli ambienti mesici e/o caldo-aridi	14.1	macchie a leccio	14.1.1	macchia a leccio con <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Rhamnus alaternus</i> , <i>Phillyrea latifolia</i> e <i>Pistacia terebinthus</i> (su vulcaniti)	Pendici dei Monti Iblei, Sicani, Madonie e Monti di Palermo.
				14.1.2	macchia a leccio con <i>Viburnum tinus</i> e <i>Laurus nobilis</i> (su carbonatico)	Pendici dei versanti costieri della Sicilia N-Occ.	
				14.1.3	macchia a leccio con <i>Phillyrea latifolia</i> , <i>Celtis sp. pl.</i> , <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Rhamnus alaternus</i> , <i>Pistacia terebinthus</i> (su vulcaniti)	Pendici dei Monti Iblei ed Etna	
		14.2	macchie di alberi ed arbusti sclerofillici dei substrati acidofili	14.2.1	macchie dei substrati acidofili con <i>Quercus suber</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Erica arborea</i> e <i>multiflora</i> , <i>Cistus sp.pl.</i> , <i>Olea europea var. sylvestris</i> , <i>Callitome infesta</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Genista sp.pl.</i> , <i>Spartium junceum</i>	Habitat potenziali dei quecceti sempreverdi e caducifogli termofili	
				14.2.2	macchie dei substrati acidofili con <i>Zelkova sicula</i>	Buccheri (SR) (M. Iblei)	
		14.3	macchie a olivastro ( <i>Olea europea var. sylvestris</i> )	14.3.1	macchia a olivastro con <i>Quercus suber</i> e <i>Quercus pubescens s. l.</i>	Monti Iblei, pendici rocciose carbonatiche, versanti mammosargillosi degli ambienti caldi della Sicilia, Agrigentino	
				14.3.2	macchie a olivastro con <i>Euphorbia dendroides</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Anagyris foetida</i>	Vegetazione termoxericadelle pendici rocciose carbonatiche	
				14.3.3	facies ad <i>Artemisia arborescens</i>	Versanti mammosargillosi degli ambienti caldi della Sicilia	
				14.3.4	facies a <i>Phlomis fruticosa</i>	Iblei, Agrigentino	

Tabella 28.A del Piano Forestale Regionale - Tipi forestali e preforestali siciliani (La Mantia et al.)

## 8 - VASCHE DI PRIMA PIOGGIA E REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE

Nel Parco agrivoltaico di progetto sono previste delle aree non permeabili sedi delle trasformazioni MT/AT (un piazzale con un trasformatore da 50 MW 30/150kV).

Il calcolo qui condotto è riferito al dimensionamento dei manufatti necessari al trattamento delle acque di prima pioggia dei piazzali in calcestruzzo che si intendono 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).*

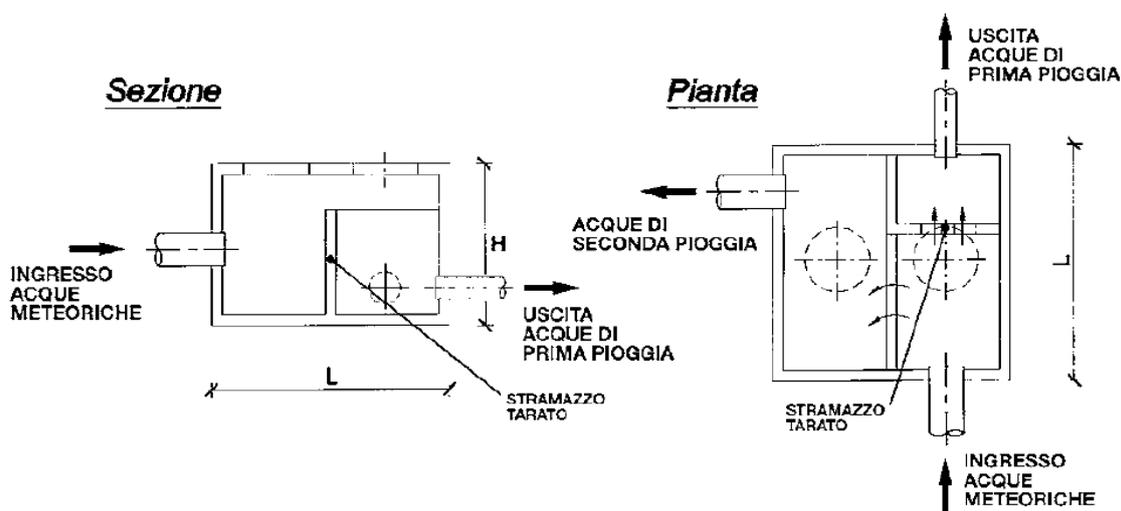
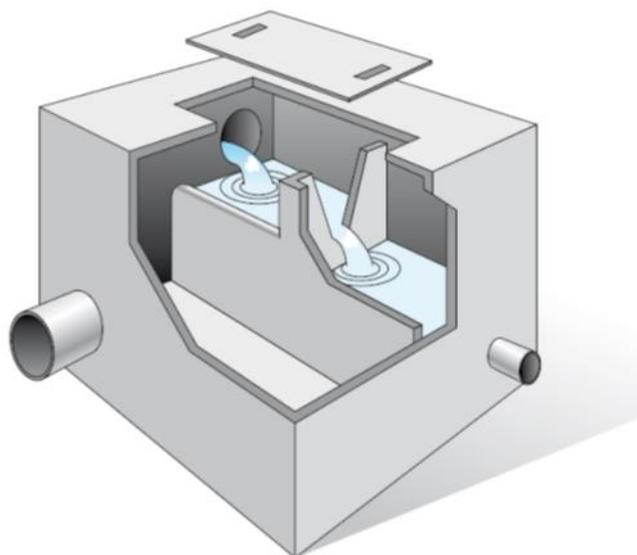
*3) Alle acque meteoriche di dilavamento deve essere destinata una apposita rete di raccolta e convogliamento, munita, nei casi di cui al comma 2, di un sistema di alimentazione delle vasche di prima pioggia che le escluda automaticamente a riempimento avvenuto; la rete deve essere dimensionata sulla 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.

## 8.1 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 tipo rappresentate nelle immagini sotto riportate.



Si prevede quindi la collocazione di scolmatori monoblocco parallelepipedi per acque di prima pioggia costituiti da una vasca monoblocco parallelepipeda in calcestruzzo armato ad alta resistenza per assicurare una assenza totale di perdite e di infiltrazioni nel terreno, con copertura completamente carrabile e chiusini di ispezione in calcestruzzo. Tali vasche sono state dimensionate con coefficiente di afflusso pari a 1, cioè il coefficiente per le superfici coperte, lastricate o impermeabilizzate. Le acque di prima pioggia il cui

inquinamento è dato dalle sabbie, dagli olii e da idrocarburi, vengono separate dalle successive acque di pioggia il cui inquinamento è pressoché irrilevante, da uno stramazzo tarato tipo "Cipolletti", studiato secondo il "coefficiente udometrico" che confronta il "coefficiente di afflusso orario" tenuto conto di una precipitazione di pioggia pari a 15 minuti sull'area del bacino e il "coefficiente di ritardo" che tiene conto dell'area del bacino stesso, della pendenza della rete e dell'invaso.

Secondo i dati riportati nel Capitolo 4 la portata di acqua piovana massima è di 135.86 mm/h a 100 anni.

Si determina quindi come 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.

### **8.3 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 riazzera 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.

## **9 – 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'erosibilità 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'impoverimento 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 processi, 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.

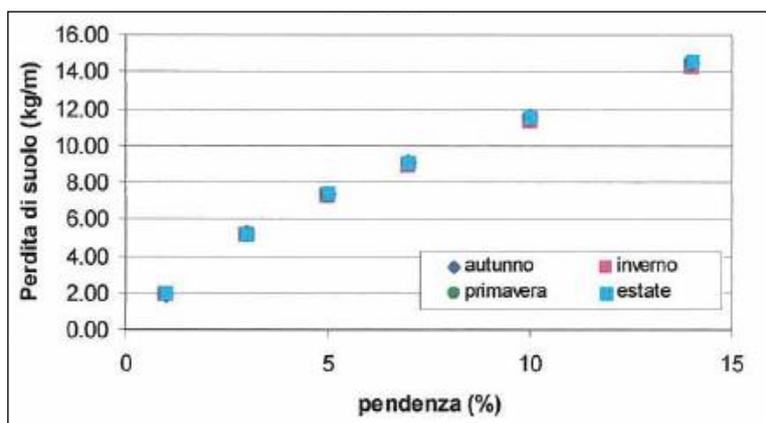


FIGURA 9 - ANDAMENTO STAGIONALE DELLA PERDITA DI SUOLO PER EROSIONE IN FUNZIONE DELLA PENDENZA

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 gli impluvi limitrofi, 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'insorgere 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 10 - 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. 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 coltura erbacea sull'interfila dei pannelli con funzionalità antierosiva 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 nutritive e dalla mineralizzazione della sostanza organica.

## **10- CONCLUSIONI**

Per quanto esposto e argomentato nella presente relazione idrologica ed alla luce degli interventi di rinaturalizzazione dei luoghi e di difesa spondale del reticolo idrografico, oggetto di progetto, si considera totalmente compatibile l'installazione dell'impianto agrivoltaico in progetto con l'assetto idrogeologico, idrologico e geomorfologico locale.