



OTTOBRE 2022

## FLYNIS PV 6 S.r.L.

**IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO  
COLLEGATO ALLA RTN**

**POTENZA NOMINALE 35,42 MW**

**LOCALITÀ SPARAGNOGNA**

**COMUNE DI REGALBUTO (EN)**

**Mantovana**

**PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO  
AGRIVOLTAICO**

**Relazione Agronomica**

**Progettisti (o coordinamento)**

Ing. Laura Maria Conti n. ordine Ing. Pavia 1726

**Codice elaborato**

2983\_5211\_RE\_VIA\_R04\_Rev0\_Relazione Agronomica

## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2983_5211_RE_VIA_R04_Rev0_Relazion e Agronomica	10/2022	Prima emissione	L. Cuscito / E.G. Forni/ E. Bronzini	E. Santoro	L.Conti

## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine Ing. Pavia 1726
Corrado Pluchino	Project Manager	Ordine Ing. Milano A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico acustico/ambientale n. 71
Marco Corrù	Coordinamento SIA	
Giulia Peirano	Architetto	Ordine Arch. Milano n. 20208
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine Ing. Torino 9583J
Sergio Alifano	Architetto	
Paola Scaccabarozzi	Ingegnere Idraulico	
Enzo Baldi	Ingegnere Idraulico	
Michela Zurlo	Ingegnere Civile	
Matthew Piscedda	Perito Elettrotecnico	
Matteo Cuda	Naturalista	
Andrea Fanelli	Perito Elettrotecnico	

### Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)





<b>Nome e cognome</b>	<b>Ruolo nel gruppo di lavoro</b>	<b>N° ordine</b>
Leonardo Cuscito	Perito Agrario laureato	Periti Agrari della provincia di Bari, n° 1371
Eliana Santoro	Agronomo	
Emanuela Gaia Forni	Dott.ssa Scienze e Tecnologie Agrarie	
Edoardo Bronzini	Agronomo	
Salvatore Palillo	Geologo	Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia, n°2243
Luigi Casalino	Indagini geotecniche	Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia, n°2244
Filippo Ianni	Relazione Archeologica	Elenco degli operatori abilitati alla redazione del documento di valutazione archeologica nel progetto preliminare di opera pubblica, n. 7; Archeologo di I fascia, n. 1219.

**Montana S.p.A.**

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)



IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	

<b>PREAMBOLO</b> .....	<b>1</b>
<b>1. AGRIVOLTAICO</b> .....	<b>2</b>
<b>2. PRINCIPI DELLA SOLUZIONE AGRIVOLTAICA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. IL PASCOLO E LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE RINNOVABILE</b> .....	<b>6</b>
<b>3. QUADRO NORMATIVO DELL'AGRIVOLTAICO</b> .....	<b>9</b>
<b>4. L'AGRICOLTURA IN SICILIA</b> .....	<b>16</b>
<b>4.1. SUPERFICI, COLTIVAZIONI ED ALTRE ATTIVITÀ AGRICOLE</b> .....	<b>16</b>
<b>4.2. PRODOTTI DI QUALITÀ</b> .....	<b>18</b>
<b>4.3. INCENTIVI E SOSTEGNO ALL'AGRICOLTURA REGIONALE</b> .....	<b>18</b>
<b>5. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO</b> .....	<b>20</b>
<b>5.1. INQUADRAMENTO CATASTALE</b> .....	<b>20</b>
<b>5.2. ASPETTI PEDOLOGICI E AGRONOMICI</b> .....	<b>22</b>
<b>5.3. INQUADRAMENTO CLIMATICO</b> .....	<b>24</b>
<b>5.4. MODALITÀ DI CONDUZIONE ED ATTIVITÀ AGRICOLA - STATO DI FATTO</b> .....	<b>28</b>
<b>6. PROGETTO AGRIVOLTAICO</b> .....	<b>29</b>
<b>6.1. COMPONENTE FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>29</b>
<b>6.2. COMPONENTE AGRONOMICA</b> .....	<b>32</b>
6.2.1. PROPOSTA PROGETTUALE .....	32
6.2.2. SCELTA DELLE SPECIE .....	33
6.2.3. OPERAZIONI COLTURALI .....	37
6.2.4. GESTIONE DELLE SUPERFICI .....	38
6.2.5. SOSTENIBILITÀ PRODUTTIVA DELLE SUPERFICI .....	41
<b>7. MONITORAGGIO AGRO-PASTORALE</b> .....	<b>45</b>
<b>8. ANALISI ECONOMICA</b> .....	<b>47</b>
<b>8.1. ANALISI ECONOMICA STATO DI FATTO</b> .....	<b>47</b>
<b>8.2. ANALISI ECONOMICA PRATO-PASCOLO PERMANENTE</b> .....	<b>48</b>
<b>8.3. ANALISI ECONOMICA MONITORAGGIO AGRONOMICO</b> .....	<b>49</b>
<b>9. CONFORMITÀ ALLE LINEE GUIDA DEL MITE</b> .....	<b>50</b>
<b>10. CONCLUSIONI</b> .....	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>56</b>
<b>ALLEGATI</b> .....	<b>59</b>
<b>ALLEGATO 1- STIMA PRODUCIBILITÀ IMPIANTO OTTIMIZZATO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA</b> .....	<b>59</b>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 1 di 60

## Preambolo

La presente relazione viene redatta su incarico conferito dalla società FlyRen Development S.r.l. – in rappresentanza della società FLYNIS PV 6 Srl, al fine di valutare le potenzialità e gli aspetti agronomici di un progetto di produzione agro-energetica sostenibile (c.d. Agrivoltaico) con le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale complessiva: 35,417 MWp
- Superficie catastale interessata: 93,55 ha
- Superficie di impianto recintata: 63,55 ha
- Superficie destinata all'attività agricola: 60,12 ha
- Classificazione architettonica: impianto a terra
- Ubicazione: Regione Sicilia | Località Sparagnogna Comune di Regalbuto (EN)
- Particelle superficie catastale disponibile: Fg. n° 96 P.Ile n° 18, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231; Fg. n°100 P.Ile n° 6, 11, 38, 52, 66, 68, 70, 72, 73, 89, 90, 103,105, 106,107, 108, 111, 112,114;115 Fg. n° 101 P.Ile n°28,33, 34, 35.
- Particelle superficie di impianto recintata: Particelle superficie catastale disponibile: Fg. n° 96 P.Ile n° 18, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231; Fg. n°100 P.Ile n° 6, 11, 38, 52, 66, 68, 70, 72, 73, 89, 90, 103, 105, 106, 107, 108, 111, 112, Fg. n° 101 P.Ile n°28, 33, 34, 35.
- Ditta committente: FLYNIS PV 6 Srl

L'elaborato è finalizzato a:

1. introdurre e illustrare il concetto di *agrivoltaico*;
2. descrivere l'area di intervento progettuale;
3. illustrare gli interventi di carattere agronomico previsti in ottica di utilizzo plurimo (agro-energetico) della risorsa suolo e gli accorgimenti gestionali da adottare.
4. Valutare la conformità del progetto rispetto alle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" pubblicate dal MiTE il 18 giugno 2022.

Tale documento costituisce parte integrante e sostanziale della documentazione presentata per l'istanza di VIA (artt. 23-25 del D.Lgs.152/2006).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 2 di 60

## 1. Agrivoltaico

Secondo l'ultimo rapporto dell'European Environment Agency (EEA,2022), l'Unione Europea ha raggiunto l'obiettivo 2020 di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, raggiungendo il 20% in meno rispetto al 1990. Tra i fattori chiave che hanno consentito tale miglioramento rientra "la diffusione delle energie rinnovabili, l'uso di combustibili fossili a minore intensità di carbonio e il miglioramento dell'efficienza energetica, i cambiamenti strutturali nell'economia, la minore domanda di riscaldamento dovuta agli inverni più caldi in Europa", così come anche gli effetti del COVID-19.

Come più approfonditamente illustrato nello Studio di Impatto Ambientale, la strada da percorrere risulta però ancora lunga, nell'ambito del Green Deal europeo nel settembre 2020 la Commissione Europea ha infatti proposto di:

- innalzare dal 40% al 55% la riduzione entro il 2030 delle emissioni nette di gas climalteranti rispetto ai livelli del 1990;
- portare la produzione di energia prodotta da fonti rinnovabili ad una quota di almeno il 32%;
- incrementare di almeno il 32,5% l'efficienza energetica.

I nuovi scenari europei condivisi a dicembre 2020 comportano la necessità di rivedere al rialzo gli obiettivi nazionali del PNIEC<sup>1</sup>, elaborato a fine 2019. Il nuovo traguardo in termini di energia rinnovabile dovrà raggiungere quota 65000 MW invece dei 51000 MW previsti: un incremento di circa 42406 MW rispetto ai 22594 MW installati in Italia a fine 2021 (GSE, 2022). I nuovi scenari impongono di triplicare la potenza di fotovoltaico installata in Italia entro il 2030, ma il ritmo di crescita è ancora troppo lento. Se la crescita non subirà un'accelerazione al 2030 la potenza installata da eolico e fotovoltaico sarà di poco superiore ai 50 GW, rendendo impossibile l'obiettivo (ulteriormente aumentato con il PTE<sup>2</sup>, il Piano per la transizione ecologica) di un installato totale di rinnovabili tra i 125 e i 130 GW. Queste cifre saranno raggiungibili solo alimentando il tasso di installazione, raggiungendo per l'eolico circa 1,75 GW/anno contro gli 0,38 GW/anno di oggi e per il fotovoltaico circa 5,6 GW/anno contro gli 0,73 GW/anno<sup>3</sup>.

Il ruolo dell'energia prodotta dal settore fotovoltaico (FV) è fondamentale dal momento che in larghissima misura il gap potrà essere coperto da nuova capacità collegata alla fonte solare. La tecnologia fotovoltaica ha raggiunto un grado di maturità tecnologica che, unitamente alla diminuzione dei costi<sup>4</sup>, alla crescita di

<sup>1</sup> Piano nazionali integrati per l'energia e il clima: obiettivo fissato per i PNIEC degli Stati membri richiedeva una riduzione del 40%, pari al doppio di quella stabilita per il 2020: -20%, il nuovo target prevede di quasi triplicarla.

<sup>2</sup> nuovo strumento di programmazione nazionale (D.L 1° marzo 2021 n. 22 (Disposizioni urgenti in materia di riordino delle attribuzioni dei ministeri), convertito con modificazioni dalla Legge 22 aprile 2021, n. 55). Secondo il Pte, la generazione di energia elettrica dovrà dismettere l'uso del carbone entro il 2025 e provenire nel 2030 per il 72% da fonti rinnovabili, fino a sfiorare livelli prossimi al 95-100% nel 2050. Il Pte riporta come dato rilevante che l'Italia beneficia di un irraggiamento solare superiore del 30-40% rispetto alla media europea, ma che questi vantaggi energetico-ambientali sono stati ostacolati da difficoltà autorizzative che hanno frenato gli investitori e la crescita del settore.

<sup>3</sup> <https://www.itismagazine.it/news/26947/energie-rinnovabili-il-ritmo-della-crescita-e-ancora-lento/>

<sup>4</sup> La tecnologia fotovoltaica, è attualmente la FER più "economica" e alla latitudine Italiana anche quella con il maggior potenziale (Mancini *et al.*,2020).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 3 di 60

produttività dei moduli e alla quasi integrale possibilità di riciclo dei materiali, la rende un valido sostituto delle fonti fossili nella generazione di energia elettrica.

Uno dei principali fattori limitanti alla diffusione di tali impianti risiede però nella disponibilità di superfici utili. La tecnologia fotovoltaica richiede infatti, a differenza ad esempio dell'eolico, di un maggiore sviluppo areale. Il progressivo aumento della popolazione mondiale (che secondo l'ultimo report delle Nazioni Unite, si prevede arriverà a 9,7 Miliardi nel 2050) porta con sé, oltre all'incremento di domanda in termini di energia, anche un aumento della domanda in termini di cibo e quindi di terre coltivabili. Il raggiungimento degli obiettivi in termini di produzione da FV è quindi in contrasto con gli obiettivi di sviluppo sostenibile e recupero dell'utilizzo del suolo delle Nazioni Unite (Herrick and Abrahamse, 2019). La risposta a questa apparente conflitto è rappresentata da quelle che vengono definite le installazioni *agrivoltaiche*, progettate in modo da consentire la coltivazione dell'area sottostante l'infrastruttura energetica e consentendo quindi di perseguire simultaneamente gli obiettivi di riduzione delle emissioni e di recupero dei suoli (Reasoner *et al*, 2022).

È fondamentale considerare che per raggiungere i nuovi obiettivi al 2030 occorrerà prevedere un utilizzo di superficie agricola tra i 30.000-40.000 ettari - valore comunque inferiore allo 0,5% della Superficie Agricola Totale per cui è necessario proporre tecnologie e progetti che assicurino la compatibilità tra gli obiettivi energetici e climatici e gli obiettivi di tutela del paesaggio, di qualità dell'aria e dei corpi idrici, di salvaguardia della biodiversità e di tutela del suolo (Legambiente, 2020).

Un impianto agrivoltaico può essere definito come "[...] *un impianto fotovoltaico, che nel rispetto dell'uso agricolo e/o zootecnico del suolo, anche quando collocato a terra, non inibisce tale uso, ma lo integra e supporta garantendo la continuità delle attività pre-esistenti ovvero la ripresa agricola e/o zootecnica e/o biodiversità sulla stessa porzione di suolo su cui insiste l'area di impianto, contribuendo così ad ottimizzare l'uso del suolo stesso con ricadute positive sul territorio in termini occupazionali, sociali ed ambientali.*"<sup>5</sup> Si tratta quindi di una soluzione di "solar sharing", poiché la risorsa radiativa proveniente dal sole viene ripartita fra il processo di coltivazione e quello di generazione energetica.

Tale approccio costituisce una valida alternativa a un sistema agricolo intensivo in un'ottica di sostenibilità a lungo termine. È importante sottolineare, pertanto, che non si tratta di una soluzione finalizzata al mero utilizzo di terreni agricoli per l'installazione d'impianti alimentati da energia rinnovabile, bensì una concreta possibilità capace di contribuire alla progressiva decarbonizzazione (quindi anche del sistema produttivo agricolo) attraverso l'integrazione delle energie rinnovabili. Sappiamo infatti che l'agricoltura intensiva è concausa dell'inquinamento e del riscaldamento globale: in generale si è stimato che l'agricoltura è stata responsabile nel 2015 del 6,9% delle emissioni totali di gas serra (espressi in CO<sub>2</sub> equivalente) ed è pertanto la terza fonte di emissioni di gas serra dopo il settore energetico e il settore dei processi industriali<sup>6</sup>.

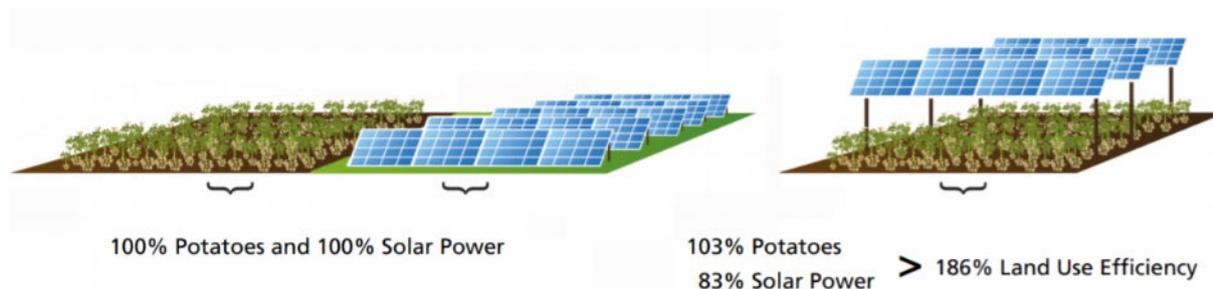
Esistono svariati sistemi che consentono di combinare la produzione agricola con altri sistemi produttivi, vedasi, per esempio, i sistemi *agroforestali* che prevedono la coltivazione di colture arboree ed erbacee sulla stessa superficie. È ampiamente provato come l'utilizzo simultaneo di una stessa superficie, per fini diversi,

<sup>5</sup> Demofonti- 4 Agosto2021- Gdl Agro-fotovoltaico. <https://www.italiasolare.eu/eventi/>

<sup>6</sup> <https://www.controlsecurityambiente.com/inquinamento-causato-dalle-coltivazioni-agricole-intensive/>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 4 di 60

consenta di aumentare il Rapporto di Suolo Equivalente (Land Equivalent Ratio, LER<sup>7</sup>, **Figura 1**) rispetto all'impiego della stessa superficie per un'unica produzione (Fraunhofer, 2020; Valle *et al.*, 2017).



**Figura 1.** Aumento del LER attraverso l'utilizzo combinato della superficie (Fraunhofer, 2020)

Dupraz (2011) ha dimostrato come l'agrivoltaico rappresenti una soluzione valida e innovativa per superare la competizione rispetto all'uso del suolo. Diversi studi, mirati alla valutazione tecnica economica di questo sistema (Schindele *et al.*, 2020) e all'analisi della compatibilità tra la coltivazione agraria e l'installazione di pannelli in molteplici casi reali (Aroca-Delgado *et al.*, 2018), dimostrano come **l'agrivoltaico aumenti l'efficienza d'uso del suolo consentendo la coltivazione e la produzione di energia in simultanea, sfruttando la sinergia tecno-ecologica-economica dei due sistemi.**

Secondo uno studio dell'*Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile* (ENEA), infatti, gran parte del terreno al di sotto dei pannelli solari (fino al 80-90% in alcuni casi virtuosi) può essere lavorato con le comuni macchine agricole. I vantaggi in termini di consumo di suolo sono perciò evidenti e promettenti.<sup>8</sup>

In questi termini l'agrivoltaico rappresenta una "nuova opportunità in ambito agricolo laddove, tramite modelli "win-win", si esaltino le sinergie tra produzione agricola e generazione di energia" (M. Iannetta, responsabile della Divisione ENEA di Biotecnologie e Agroindustria),

Si riportano, in sintesi, i risultati ottenibili con questo tipo di approccio progettuale (Marrou H. *et al.*, 2013; Weselek A. *et al.*, 2019):

- **sinergia dei risultati:** è possibile conseguire esiti produttivi ed economici che sono superiori alla semplice somma dei risultati che potrebbero essere ascritti alle soluzioni semplici, ossia singolarmente od isolatamente applicate. Cfr indice LER (*Land Equivalent Ratio*) superiore all'unità;

<sup>7</sup> LAND EQUIVALENT RATIO (LER): rapporto tra la superficie in coltura unica e la superficie in consociazione necessaria per ottenere la stessa resa a parità di gestione. È la somma delle frazioni delle rese in consociazione divise per le rese in coltura unica. <http://www.fao.org/3/x5648e/x5648e0m.htm>

<sup>8</sup> <https://www.futuraenergie.it/2021/03/08/agrovoltico-i-vantaggi-del-fotovoltaico-in-agricoltura/>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 5 di 60

- **ottimizzazione della scelta colturale:** attraverso una razionale ed efficace individuazione delle colture agrarie e/o attività zootecniche che possano manifestare la piena espressione del risultato produttivo atteso;
- **diversificazione del sistema agro-ecologico:** coltivazione in regimi non convenzionali (quali biologico, agricoltura conservativa, agricoltura sostenibile) finalizzata al raggiungimento di obiettivi di compatibilità ambientale e sostenibilità ecologica sommati a indirizzi di diversificazione ecologica ("*greening*") mediante la realizzazione di plurimi elementi d'interesse ecologico ("*ecological focus area*") ed elementi caratteristici del paesaggio, per costituire una sorta di "rete ecologica" aziendale capace di connettersi a quella territoriale mediante la realizzazione di fasce tampone, margini inerbiti, siepi arboreo-arbustive ed altre infrastrutture ecologiche;
- **coerenza con gli orientamenti normativi nazionali e comunitari:** leggi n.34,51 e 91 del 2022, L. 108 del 2021, Green Deal, PNIEC, PTE;
- **creazione di un nuovo modello paesaggistico:** grazie alla gamma di miglioramenti ambientali, alla rifunzionalizzazione di tipo agro-ecologico, nonché all'adozione di un design impiantistico che permette di coniugare con successo la disponibilità delle risorse con le esigenze della società attuale, si arriva alla definizione un "nuovo modello tradizionale", tramandabile da una generazione alla successiva, grazie al successo e alla stabilità di alcune soluzioni tecniche. La tradizione viene in tal modo "tradotta" per mantenerla vitale, assegnando ad essa nuove finalità entro nuove contestualizzazioni.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 6 di 60

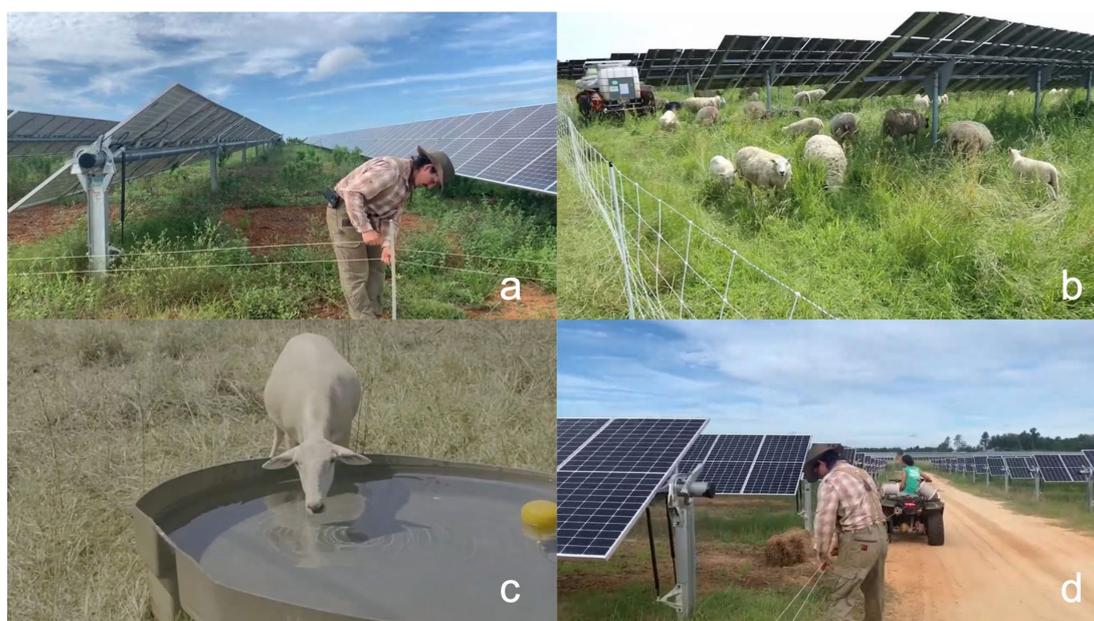
## 2. Principi della soluzione agrivoltaica

### 2.1. Il pascolo e la produzione di energia da fonte rinnovabile

La creazione dei cosiddetti *pascoli (o fattorie) solari* rappresenta una buona soluzione di agrivoltaico, perché consente di ovviare alla competizione nell'uso del suolo tra la produzione di energia e l'agricoltura (Andrew 2021b). Queste soluzioni prevedono la semina di un prato destinato al foraggio verde per il bestiame che pascola nell'area di impianto o raccolto per la fienagione.

Studi recenti (Andrew,2022), mirati a confrontare diversi tipi di prati per composizione specifica (mix composti da leguminose e graminacee, da solo leguminose o da leguminose, graminacee e altre specie erbacee) coltivati sulle superfici occupate da pannelli fotovoltaici sia in termini di produzione del manto vegetale sia dell'effetto sul bestiame (pecore), dimostrano che il prato di leguminose risulta meno produttivo e persistente (anche in condizioni di pieno irraggiamento), ma che la diminuzione in % di materia secca in condizioni di semi-ombreggiamento è minore per questo tipo di prati. Le analisi condotte sul bestiame confermano che la componente fotovoltaica offre particolari benefici in condizioni siccitose.

A titolo esemplificativo, in **Figura 2** si illustra la conduzione di un impianto agrivoltaico in Georgia, Stati Uniti, nel quale alla produzione fotovoltaica si abbina il pascolo di ovini<sup>9</sup>.



**Figura 2.** Esempio operativo di agrivoltaico con pascolamento di ovini. Nella prima immagine e a seguire: a) definizione delle aree di pascolo con una recinzione provvisoria; b) pascolamento degli ovini nel lotto perimetrato; c) sistemazione di un abbeveratoio mobile; d) rimozione della recinzione per l'installazione in altre aree di pascolamento.

Dal punto di vista operativo, l'area dell'impianto viene suddivisa in parcelle che, delimitate da una recinzione provvisoria (e mobile), permettono un pascolamento progressivo all'interno dell'intero appezzamento per evitare che alcune porzioni vengano sfruttate più di altre. Gli ovini, dopo aver brucato la parcella, vengono in

<sup>9</sup> <https://blog.whiteoakpastures.com/blog/regenerative-energy>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 7 di 60

seguito spostati in un'area di pascolamento successiva e la recinzione provvisoria viene rimossa per essere posizionata nella nuova porzione.

La soluzione agrivoltaica abbinata al pascolamento permette di conseguire svariati benefici di carattere agro-zootecnico. La presenza di animali, infatti, consente di contenere la proliferazione di specie infestanti che molto spesso, se non opportunamente gestite, si sviluppano anche al di sotto dei moduli fotovoltaici, riducendo e/o evitando eventuali decrementi dell'efficienza provocata dall'ombreggiamento degli stessi. Inoltre, la presenza animale favorisce la riduzione dell'impiego di diserbanti di origine chimica (**Figura 3**), assicurando una gestione più sostenibile dell'attività agricolo-zootecnica.



**Figura 3.** Crescita non controllata dalle erbe infestanti in un impianto fotovoltaico.

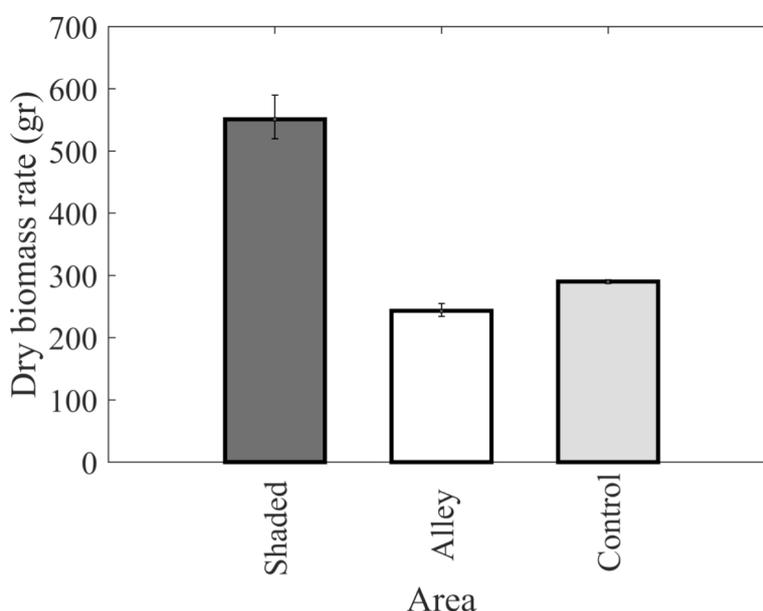
In aggiunta, la coesistenza fotovoltaico-pascolamento può consentire una diminuzione dei costi dell'attività zootecnica, in quanto la tecnologia fotovoltaica (tracker + modulo) è in grado di fornire un rifugio artificiale al bestiame, riducendo di fatto il costo iniziale della realizzazione dell'infrastruttura apposita per il ricovero del bestiame. Il pascolamento permette inoltre di evitare le operazioni di fienagione (taglio e/o raccolta del foraggio), diminuendo così il costo della manodopera impiegata per la gestione del cotico erboso presente sotto i pannelli.

Gli studi di Andrew (2021a, 2021b), che hanno confrontato la crescita degli agnelli e la produzione foraggera del pascolo in un sistema tradizionale e in uno agrivoltaico, dimostrano come il bestiame allevato nel pascolo solare sia sottoposto a minore stress termico registrando una relativa diminuzione nel consumo idrico, grazie al microclima più fresco e mite creato all'ombra dei pannelli. Inoltre, gli animali hanno beneficiato delle strutture per ripararsi non solo dal sole, ma anche dal vento e dai predatori. I risultati dello studio hanno infine registrato una effettiva diminuzione della fitomassa prodotta dalla semina del prato, tuttavia accompagnata da un aumento della qualità del foraggio, che ha conseguito una nascita primaverile degli agnelli simile a quella dei pascoli aperti. Per concludere, i risultati hanno confermato che la produttività del terreno potrebbe essere aumentata combinando il pascolo delle pecore con la produzione di energia solare, incentivando la realizzazione dei sistemi agrivoltaici.

Adeh *et al.* (2018) hanno confrontato gli effetti ambientali dei pannelli solari installati in un pascolo non irrigato, sottoposto a stress idrico frequente, quantificando i cambiamenti del microclima, dell'umidità del suolo, dell'uso dell'acqua e della produttività della biomassa (**Figura 4**) dovuti alla presenza dei pannelli solari. I risultati mostrano differenze significative per temperatura media dell'aria, umidità relativa, velocità e direzione del vento e umidità del suolo. Le aree sotto i pannelli solari hanno mantenuto un'umidità del suolo

più elevata per tutto il periodo di osservazione, si è registrato un aumento significativo della biomassa (+90%) ed infine le porzioni sotto i moduli fotovoltaici sono risultate significativamente più efficienti dal punto di vista idrico (+328%).

I ricercatori statunitensi hanno così confermato che le aree sotto i pannelli solari hanno un microclima diverso rispetto alle aree esposte: le piante in pieno sole consumano la risorsa idrica più in fretta e, una volta terminata, appassiscono, mentre quelle protette dai moduli utilizzano l'acqua più lentamente e sono quindi meno soggette a stress idrico. I ricercatori concludono anche che non tutte le colture sono indicate per i sistemi agrivoltaici e che la ricerca in questo campo ha bisogno di ulteriori studi. Tuttavia, recenti studi, permettono di affermare che i pascoli semi-aridi con inverni umidi risultano essere i candidati ideali per sistemi agrivoltaici, supportati anche dai notevoli guadagni in termini di produttività.



**Figura 4.** Confronto della biomassa secca nei tre luoghi di campionamento dello studio di Adeg *et al.* (2018): all'ombra dei pannelli (*shaded*), nelle aree aperte tra i pannelli (*alley*) e nell'area di controllo al di fuori dell'impianto agrivoltaico (*control*).

Gli studi condotti dimostrano come i risultati ottenibili dai "pascoli solari" siano generalmente positivi, sia in termini di produzione foraggera, sia di benessere animale e confermano come i risultati ottenibili non dipendano solo dalla soluzione progettuale proposta, ma siano fortemente influenzati dal contesto in cui si sviluppano. La ricerca in questo campo necessita ancora di ulteriori approfondimenti, anche in ragione dell'attuale contesto climatico caratterizzato sempre più spesso da eventi meteorici straordinari per i quali le colture e gli animali potranno sempre più giovare dell'effetto protettivo dei pannelli contro gli eventi estremi quali, ad esempio, grandine e temperature molto elevate. Lo sviluppo di progetti di questo tipo costituisce quindi un fattore fondamentale.

### 3. Quadro normativo dell'agrivoltaico

Come meglio illustrato nello SIA sviluppato per la presente istanza, le Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) e, tra queste, in particolare, il fotovoltaico, rivestono ormai un ruolo chiave nella "transizione energetica" (Figura 5) volta al contenimento del c.d. *Global Warming* e della necessaria progressiva decarbonizzazione del processo di produzione di energia.

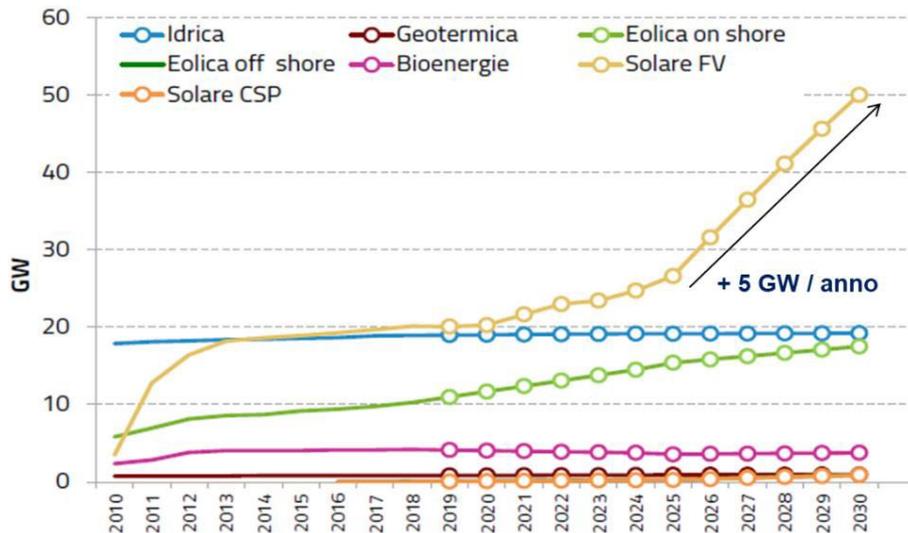


Figura 5. Stima prospettica dell'incremento atteso di installazione di impianti di produzione energetica da FER. Fonte: PNIEC.

A livello internazionale lo sviluppo di impianti agrivoltaici viene presentato per la prima volta tra le linee di azione di Agenda 2030, adottata dall'ONU nel 2015 e recepita immediatamente dall'Unione Europea. L'UE ha finora incentivato notevolmente l'utilizzo dei pannelli fotovoltaici per produrre energia "pulita", ma solo recentemente si sta lavorando su direttive o regolamenti che disciplinino o diano indicazioni tecniche precise riferite a questa tipologia di impianti "ibridi". La Commissione europea intende attuare iniziative di sostegno all'interno della strategia sulla biodiversità europea al fine di accelerare la transizione a un nuovo sistema alimentare sostenibile. La Commissione ha inoltre già proposto di integrare l'agrivoltaico nella Climate Change Adaptation Strategy in via di approvazione, e risultano varie proposte per l'inserimento del connubio agro-energetico nelle Agende europee in materia di transazione energetica (Unitus, 2021).

Per quanto riguarda l'Italia, come sintetizzato dal Report di Elettricità Futura e Confagricoltura (2021)<sup>10</sup>, "[...] nell'ipotesi quindi di dover installare 50 GW di nuova potenza fotovoltaica in meno di nove anni (rispetto ai 21,6 GW realizzati in circa quindici anni), è ragionevole supporre che lo sviluppo atteso dovrà essere assicurato soprattutto dagli impianti a terra, mentre le installazioni su coperture continueranno presumibilmente a crescere con lo stesso ritmo riscontrato ad oggi". Si consideri che al 2030, in un'ipotesi di ubicazione su suolo di 35 GW di impianti solari, si renderà necessaria una superficie complessiva inferiore allo 0.5% della

<sup>10</sup> Elettricità Futura e Confagricoltura, 2021. Impianti FV in aree rurali: sinergie tra produzione agricola ed energetica.

superficie agricola totale nazionale. A tal proposito, viene sottolineato come “[...] *la crescita attesa del fotovoltaico al 2030 dovrà prevedere un più ampio coinvolgimento degli agricoltori e dovrà valutare l’inserimento a terra, su aree agricole, degli impianti FV soprattutto attraverso soluzioni impiantistiche in grado di integrare la produzione di energia in ambito agricolo e di contribuire, se ne ricorrano le condizioni, a rilanciarne l’attività nei terreni abbandonati non utilizzabili o non utilizzati in ambito rurale*”.

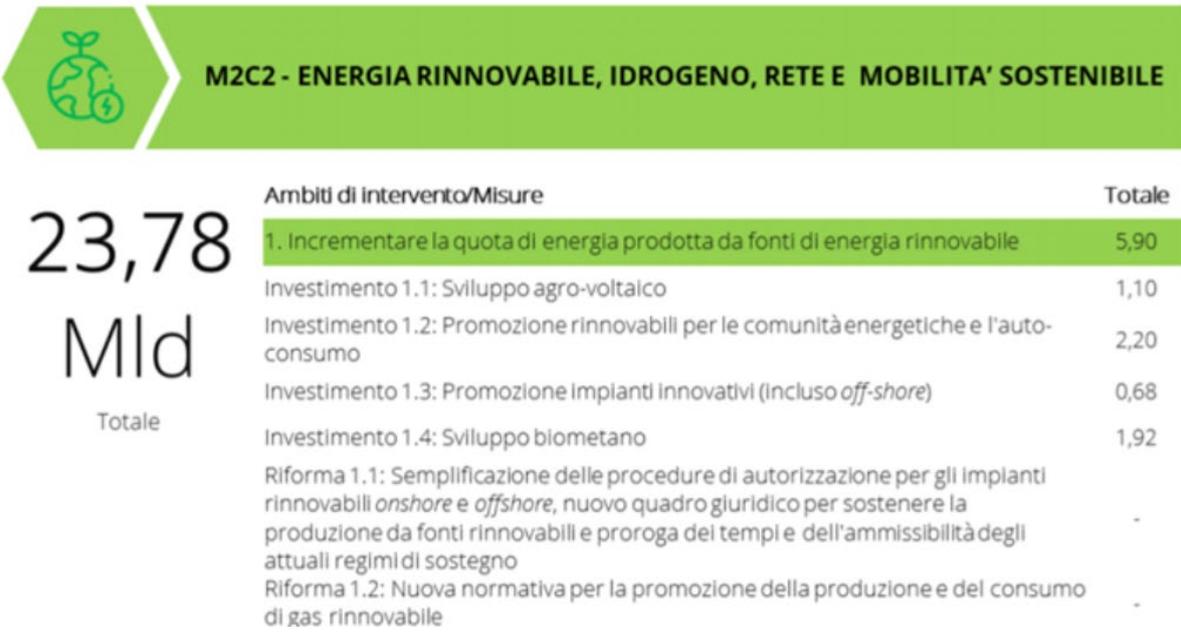
Queste asserzioni permettono di chiarire **due elementi essenziali**, finora spesso ritenuti controversi:

- gli impianti fotovoltaici utility-scale non comportano forme di “consumo” del suolo: il suolo è infatti, in grado di mantenere e addirittura migliorare la propria fertilità intesa come funzione di abitabilità e nutrizione;
- la filiera agricola e quella energetica non sono in contrapposizione ma possono divenire fattori sinergici in cui la componente energetica funge da motore di sviluppo rurale e di crescita/stabilità di comparti a maggior fragilità.

Nonostante l’evidente e riconosciuta potenzialità, il quadro normativo risulta oggi ancora piuttosto frammentario e talvolta discordante, ma finalmente dal 2022 si sta lavorando per arrivare a una definizione condivisa e condivisibile di “Impianto agrivoltaico”.

Fino a quest’anno la diffusione di questa tipologia di impianti è stata limitata dall’assenza di un sistema incentivante, ma il “Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)”, inserisce l’agrivoltaico (se in possesso di determinati requisiti) tra le produzioni di energia rinnovabile incentivabili e comincia a dare indicazioni rispetto alle caratteristiche che deve avere un progetto per essere definito “Agrivoltaico”.

Il PNRR, infatti, nella sua versione definitiva trasmessa alla UE, prevede stanziamenti superiori al miliardo di euro per lo “Sviluppo Agrivoltaico” (e relativi monitoraggi) e una capacità produttiva di 2,43 GW. Proprio allo sviluppo dell’agrovoltaico viene dedicato il primo punto della missione Energia Rinnovabile, Idrogeno, Rete e Mobilità Sostenibile (M2C2) (**Figura 6**).



**Figura 6.** Componente M2C2 “Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile”

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 11 di 60

In Italia, il **D. Lgs. 28/2011** ha introdotto gli incentivi statali su impianti fotovoltaici in ambito agricolo che:

- utilizzino soluzioni innovative;
- siano sollevati da terra (in modo da non compromettere l'attività agricola);
- abbiano sistemi di monitoraggio per verificarne l'impatto ambientale.

Nel corso degli anni sono state introdotte deroghe (Decreto-Legge n° 1/2012, successivamente convertito in Legge con la L. 27/2012) all'articolo 65, comma 1 del D.Lgs. 28/2011<sup>11</sup>, che disponeva il divieto agli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole di poter accedere agli incentivi statali per le FER.

Solo nel 2020, l'**art. 56, comma 8-bis della Legge n. 120 del 2020** (conversione del D.L. 76/2020) amplia la possibilità di accesso agli incentivi introducendo dopo il comma 1:

- comma 1-bis *"Il comma 1 non si applica agli impianti solari fotovoltaici da realizzare su aree dichiarate come siti di interesse nazionale purché siano stati autorizzati ai sensi dell'articolo 4, comma 2, del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 2812, e in ogni caso l'accesso agli incentivi per tali impianti non necessita di ulteriori attestazioni e dichiarazioni"*;
- comma 1-ter *"Il comma 1 non si applica altresì agli impianti solari fotovoltaici da realizzare su discariche e lotti di discarica chiusi e ripristinati, cave o lotti di cave non suscettibili di ulteriore sfruttamento per le quali l'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione abbia attestato l'avvenuto completamento delle attività di recupero e ripristino ambientale previste nel titolo autorizzatorio nel rispetto delle norme regionali vigenti (...) e in ogni caso l'accesso agli incentivi per tali impianti non necessita di ulteriori attestazioni e dichiarazioni"*;

e finalmente nel 2021 con l'**art. 31, comma 5, legge n. 108 del 2021** (conversione del D.L. 77/2021) vengono ufficialmente inseriti gli impianti agrivoltaici:

- comma 1-quater ***"Il comma 1 non si applica agli impianti agrovoltaici che adottino soluzioni integrative innovativa con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione"***;
- comma 1-quinquies (poi così modificato dall'art. 11, comma 1, lettera a, Legge n. 34 del 2022): *"l'accesso agli incentivi per gli impianti di cui al comma 1-quater è inoltre subordinato alla contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio, da attuare sulla base di linee guida adottate dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, in collaborazione con il Gestore dei servizi energetici (GSE) (...), che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate"*.

Infine, l'**art. 9 della Legge n. 34 del 22 aprile 2022** "Semplificazioni per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili" prevede l'estensione della Procedura Abilitativa Semplificata (PAS), in particolare: *"[...] Per l'attività di costruzione ed esercizio di impianti fotovoltaici di potenza fino a 20 MW e delle relative opere di*

<sup>11</sup> comma 1: *"Agli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole, non è consentito l'accesso agli incentivi statali di cui al decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28"*.

<sup>12</sup> Il comma 2 art. 4 si riferisce alle all'Autorizzazione Unica (D.Lgs. 387/2003), alla Procedura Abilitativa Semplificata (D.Lgs. 28/2011)

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 12 di 60

*connessione alla rete elettrica di alta e media tensione localizzati in aree a destinazione industriale, produttiva o commerciale nonché in discariche o lotti di discarica chiusi e ripristinati ovvero in cave o lotti di cave non suscettibili di ulteriore sfruttamento, e delle relative opere connesse e infrastrutture necessarie, per i quali l'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione abbia attestato l'avvenuto completamento delle attività di recupero e di ripristino ambientale previste nel titolo autorizzatorio nel rispetto delle norme regionali vigenti, si applicano le disposizioni di cui al comma 1. Le medesime disposizioni di cui al comma 1 si applicano ai progetti di nuovi impianti fotovoltaici da realizzare nelle aree classificate idonee ai sensi dell'articolo 20 del decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 199, ivi comprese le aree di cui al comma 8 dello stesso articolo 20, di potenza fino a 10 MW, **nonché agli impianti agro-voltaici di cui all'articolo 65, comma 1-quater, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 27, che distino non più di 3 chilometri da aree a destinazione industriale, artigianale e commerciale**".*

La nuova formulazione dell'**art. 11 della Legge n. 34 del 2022** sopprime inoltre definitivamente il vincolo del 10 % di copertura della superficie agricola totale ai fini dell'accesso agli incentivi statali per gli impianti agrovoltaici con montaggio dei moduli sollevati da terra e possibilità di rotazione e per quelli che adottino altre soluzioni innovative.

Il Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria (CREA) ha contribuito con le proprie *"Considerazioni connesse allo sviluppo del sistema agrivoltaico"* all'esame del D.L. 17/2022, prima della conversione in legge. Dal testo di questo approfondimento emergono numerose informazioni preziose utili ad inquadrare gli impianti agrovoltaici nel contesto degli aiuti economici derivanti dalla Politica Agricola Comune (PAC). L'ente sottolinea che occorre prediligere impianti che non vadano a sottrarre in maniera permanente suolo all'attività agricola - ed anzi favorire con l'installazione di essi il ripristino della piena funzionalità agro-biologica del suolo - ha riflessi anche in quello che è il mantenimento dei titoli PAC. Dal punto di vista procedurale e regolatorio, infatti, il mantenimento dei suddetti aiuti comunitari è legato principalmente al prosieguo dell'attività primaria, potendo integrare altre attività "accessorie", purché esse non vadano ad ostacolare l'attività agricola in sé. Da qui, dunque, il bisogno di uno strutturato iter progettuale della componente agronomica, con uno sguardo alle nuove tecnologie dell'agricoltura di precisione e digitale, integrando anche accorgimenti tecnici che possano permettere un miglioramento quali-quantitativo delle colture in ottica di ottimizzazione dell'uso delle risorse (ad esempio la componente idrica) e limitazione degli sprechi.

Alfine di contribuire alla definizione di "agrovoltaico", il *"Position Paper - Sistemi AGRO-FOTOVOLTAICI"*<sup>13</sup>, sottoscritto da ANIE Rinnovabili, Elettricità Futura e Italia Solare (ANIE,2022), definisce gli indicatori minimi per qualificare ed etichettare come tale un sistema agrovoltaico, ovvero la coesistenza nel progetto di tutte le tre condizioni di seguito riportate:

- la fattibilità dell'attività agricola del sistema deve essere asseverata da parte di un tecnico competente, sia in fase autorizzativa, sia annualmente;

<sup>13</sup> <https://www.italiasolare.eu/wp-content/uploads/2022/03/AR-EF-IS-Position-Paper-Agrovoltaico.pdf>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 13 di 60

- l'esecuzione del monitoraggio ed il controllo dei fattori della produzione, le cui modalità devono essere scelte in base alla tipologia di attività esercitata;
- il limitare la superficie non utilizzabile ai fini agricoli (ovvero le porzioni di suolo non più disponibili dopo l'installazione dei moduli, come ad esempio quelle occupate dalle strutture di sostegno) a non più del 30% della superficie totale del progetto.

Lo stesso documento contribuisce anche a definire alcuni criteri incrementali definiti "Plus" - la cui presenza si auspica possa essere presa in considerazione per l'assegnazione di una priorità di ammissione del progetto, nonché di sostegno finanziario, rispetto ad altri dello stesso ambito energetico, che misurano un più elevato livello di integrazione dell'attività di produzione di energia da fonte fotovoltaica sulle superfici vocate alla produzione primaria, quali ad esempio:

- l'utilizzo di strumenti digitali facenti parte della sfera dell'agricoltura di precisione (o agricoltura 4.0);
- il miglioramento dell'utilizzo della risorsa idrica mediante accorgimenti tecnico-agronomici che si traduca in un aumento del valore d'uso del suolo;
- l'utilizzo di misure di mitigazione ambientali atti a favorire un miglior inserimento dell'impianto nel contesto agricolo e rurale;
- la tutela della biodiversità, delle specie di interesse agrario, del suolo dai fenomeni erosivi e l'uso di colture identitarie del territorio o specie zootecniche autoctone.

Infine, è recentissima (28 giugno 2022) la pubblicazione da parte del **MiTE** (Ministero della Transizione Ecologica) delle "**Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici**" (MiTE,2022). Tale documento è stato prodotto da un gruppo di lavoro composto da **CREA** (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria), **GSE** (Gestore dei servizi energetici S.p.A.), **ENEA** (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) ed **RSE** (Ricerca sul sistema energetico S.p.A), coordinato dallo stesso MiTE.

Le linee guida redatte chiariscono e definiscono le **caratteristiche minime ed i requisiti** da soddisfare affinché un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola possa essere definito "**agrivoltaico**":

- **REQUISITO A:** *Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;*
- **REQUISITO B:** *Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale;*
- **REQUISITO D:** *per quanto concerne la continuità dell'attività agricola, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate;*

Nello stesso documento vengono inoltre descritti i **requisiti "plus"** che un impianto deve soddisfare per essere definito "**impianto agrivoltaico avanzato**", diventando meritevole dell'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche, come stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies del DL n. 1/2012, nonché quelli per l'accesso ai contributi del PNRR (esclusi quelli ulteriori soggettivi o tecnici, premiali e di priorità che potranno essere definiti successivamente):

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 14 di 60

- **REQUISITO D:** l'azienda deve essere dotata di un adeguato sistema di monitoraggio che consenta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico anche in termini di risparmio idrico;
- **REQUISITO E:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Tali Linee Guida rappresentano in Italia ad oggi, il riferimento non solo per poter definire cosa renda un impianto che usa la tecnologia fotovoltaica "agrivoltaico", ma anche per identificare elementi concreti e quantificabili che consentono di distinguere tra diversi tipi di impianti agrivoltaici, identificando tra questi quali possano/potranno o meno accedere ai contributi statali e del PNRR.

Entrando nel dettaglio i requisiti minimi che un progetto "agrivoltaico" come quello proposto deve possedere per essere definito tale sono:

- **A.1 Superficie minima coltivata:** garantire il prosieguo dell'attività agricola su una superficie non inferiore al 70% della superficie totale dell'area oggetto di intervento;
- **A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR - Land Area Occupation Ratio):** il rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto fotovoltaico e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico deve essere non superiore al 40%;
- **B.1.a Esistenza e resa della coltivazione:** bisogna accertare la destinazione produttiva agricola dei fondi rustici destinati al progetto, valutando e confrontando il valore della produzione agricola media ante intervento con quello della produzione agricola ipotizzata per il sistema agrivoltaico, ad esempio esprimendola in €/ha o €/UBA.
- **B.1.b Mantenimento dell'indirizzo produttivo:** garantire il mantenimento dell'indirizzo produttivo dello stato di fatto o l'eventuale passaggio ad uno dal valore economico più elevato. Andrebbero mantenute comunque le produzioni DOP e IGP;
- **B.2 Producibilità elettrica minima:** garantire che la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico (espressa in GWh/ha/anno) non sia inferiore al 60% rispetto a quella di un impianto fotovoltaico standard idealmente realizzato sulla stessa area;
- **D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola:** monitorare attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo - con cadenza stabilita - l'esistenza e la resa della coltivazione, nonché il mantenimento dell'indirizzo produttivo proposto.

Come anticipato le Linee Guida forniscono non solo le definizioni, ma anche gli elementi e i concetti necessari per definire le componenti del sistema che possono essere utilizzate per la verifica della conformità di un impianto al concetto di *agrivoltaico* quali:

- **"Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico ( $S_{pv}$ ):** somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice)."

Tale superficie è riferibile alla somma di tutte le superfici dei moduli fotovoltaici proiettate ortogonalmente al terreno.

- **"Superficie di un sistema agrivoltaico ( $S_{tot}$ ):** area che comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico."

Tale superficie è riferibile alla superficie delle singole tessere che vanno a comporre la totalità del Sistema Agrivoltaico proposto.

Il MiTE introduce anche il concetto di **tessera**, che nel presente lavoro è stato considerato come un gruppo di pannelli con caratteristiche omogenee (i.e. una strada interna che cambia il pitch divide l'impianto in due

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 15 di 60

tessere) che vanno a comporre la totalità del Sistema Agrivoltaico e sottolinea che i requisiti minimi devono essere soddisfatti distintamente da ciascuna tessera.

Oltre alla definizioni in termini di superfici, il MiTE introduce gli elementi per la descrizione e definizione di un impianto anche dal punto di vista spaziale, considerando il **sistema agrivoltaico** "come un "pattern spaziale tridimensionale", composto dall'impianto agrivoltaico, e segnatamente, dai moduli fotovoltaici e dallo spazio libero tra e sotto i moduli fotovoltaici, montati in assetti e strutture che assecondino la funzione agricola, o eventuale altre funzioni aggiuntive, spazio definito "**volume agrivoltaico**" o "**spazio poro**".

Utilizzando la definizione del MiTe per "**spazio poro**" si intende: "*spazio dedicato all'attività agricola, caratterizzato dal volume costituito dalla superficie occupata dall'impianto agrivoltaico (superficie maggiore tra quella individuata dalla proiezione ortogonale sul piano di campagna del profilo esterno di massimo ingombro dei moduli fotovoltaici e quella che contiene la totalità delle strutture di supporto) e dall'altezza minima dei moduli fotovoltaici rispetto al suolo;*"

Quanto definito dal MiTE rappresenta pre-condizione preziosissima per definire o meno la possibilità di accesso ai contributi del PNRR, "fermo restando che, nell'ambito dell'attuazione della misura Missione 2, Componente 2, Investimento 1.1 "Sviluppo del sistema agrivoltaico", come previsto dall'articolo 12, comma 1, lettera f) del decreto legislativo n. 199 del 2021, potranno essere definiti ulteriori criteri in termini di requisiti soggettivi o tecnici, fattori premiali o criteri di priorità".

## 4. L'agricoltura in Sicilia

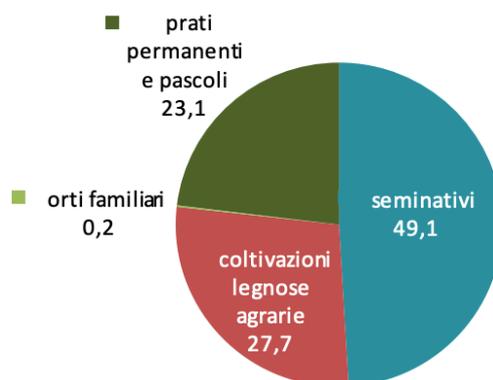
### 4.1. Superfici, coltivazioni ed altre attività agricole

La Regione Sicilia ha un'estensione totale di ha 2.583.255, di cui poco meno del 60% (ha 1.549.417) destinata all'attività agricola (SAT, superficie agricola totale); la SAU (superficie agricola utile) invece, costituisce il 53% del totale (ha 1.387.521), contro il 42% della media italiana. Tali superfici rappresentano rispettivamente il 9,1% ed il 10,8% del totale nazionale.

In Sicilia inoltre sono presenti il 13,6% delle Aziende Agricole e Zootecniche dell'intera Nazione (Regione seconda solo alla Puglia), le quali hanno un'estensione media di ha 6,3 (SAU).<sup>14</sup>

La ripartizione in termini percentuali della Superficie Agricola Utile (SAU) è riportata in **Figura 7**. Il 49,1% della SAU è destinata a colture seminative (tra le più rappresentative: frumento duro, circa ha 264.000 - avena, circa ha 7.600 - orzo, circa ha 4.800).<sup>15</sup>

Poco meno del 30% della SAU è investita dalle specie legnose agrarie perenni (olivicoltura, circa ha 140.000 - viticoltura circa ha 122.000 - agrumicoltura, circa ha 129.000 - frutta secca a guscio, circa ha 50.000 - alberi da frutto, circa ha 20.000 (Badami *et al.*, 2017); la restante parte è destinata ai prati permanenti e ai pascoli, che contribuiscono a soddisfare il fabbisogno alimentare del comparto zootecnico regionale.



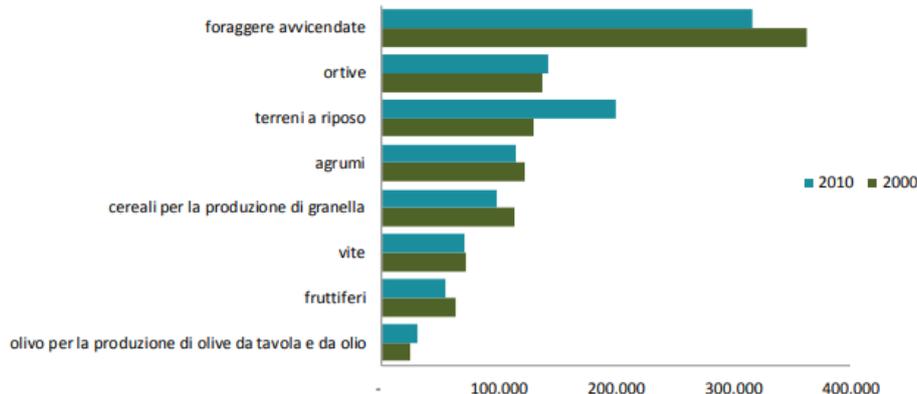
**Figura 7.** Ripartizione (%) delle coltivazioni nel suolo agricolo siciliano. Fonte:

[https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0\\_censimento\\_agricoltura\\_in\\_Sicilia\\_Risultati\\_definitivi.pdf](https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0_censimento_agricoltura_in_Sicilia_Risultati_definitivi.pdf)

Analizzando i valori assoluti della SAU per tipo di coltivazione (**Figura 8**) dell'ultimo censimento, emerge come le colture ortive siano in espansione rispetto al 2000. La Sicilia occupa infatti un posto di rilievo per questo comparto in Italia, soprattutto per quanto riguarda i volumi di produzione. (Badami *et al.*, 2017).

<sup>14</sup> [https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0\\_censimento\\_agricoltura\\_in\\_Sicilia\\_Risultati\\_definitivi.pdf](https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0_censimento_agricoltura_in_Sicilia_Risultati_definitivi.pdf)

<sup>15</sup> <http://dati.istat.it/> (dati 2021)



**Figura 8.** SAU per tipo di coltivazione. Sicilia, Anni 2000 e 2010, valori assoluti. Fonte:

[https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0\\_censimento\\_agricoltura\\_in\\_Sicilia\\_Risultati\\_definitivi.pdf](https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0_censimento_agricoltura_in_Sicilia_Risultati_definitivi.pdf)

Le coltivazioni maggiormente rappresentative dell'orticoltura siciliana sono: il pomodoro, il peperone, la melanzana, la zuccina, il carciofo e la patata, sia in termini di superfici investite che di produzione. Tra le altre specie coltivate sul territorio regionale, quelle principalmente prodotte in pieno campo sono: fava fresca, fagiolo e fagiolino, pisello, aglio e scalogno, carota, cipolla, cavoli (tra cui cavolo cappuccio e cavolo verza), cavolfiore e cavolo broccolo, finocchio, indivia, lattuga, radicchio o cicoria, spinacio, cetriolo da mensa, cocomero, fragola, melone e pomodoro da industria (Badami *et al.*, 2017).

Per quanto riguarda le principali coltivazioni legnose agrarie sul territorio siciliano al primo posto come numero di aziende e superficie si trova l'olivo (circa 140.000 aziende), seguito dalla vite con circa 40.000 aziende e dagli agrumi (fonte ISTAT, 6° censimento agricoltura). I fruttiferi, principalmente costituiti da frutto a guscio come mandorlo e nocciolo seguiti da frutta fresca ricoprono circa 54.300 ha con circa 36.000 aziende.

Per quanto concerne l'attività zootecnica, il comparto regionale mostra un'ampia varietà nella consistenza del bestiame, sia in termini di numerosità sia di specie animali. Infatti, si contano circa 375.000 capi tra bovini e bufalini, 765.000 ovcaprini e circa 46.000 capi per le specie suine.<sup>16</sup>

Secondo le rilevazioni del Sistema d'informazione Nazionale sull'Agricoltura Biologica (SINAB), la Sicilia detiene il primato nazionale nell'ambito della conduzione in regime biologico: è infatti la prima Regione italiana per SAU vocata a questa tipologia di agricoltura (ha 385.356 totali), oltre che per dimensione media aziendale e per incremento del numero degli operatori impiegati (10.596 in totale<sup>17</sup>). Inoltre, in ambito europeo, detiene il primato per superficie di vigneti condotti in tale regime.

<sup>16</sup> <http://dati.istat.it/> (dati al 1° dicembre 2021)

<sup>17</sup> SINAB 2020 – BIO in cifre - Dati Nazionali sul biologico anni 2018 e 2019 Fonte: <https://www.sinab.it/sites/default/files/share/BIO%20IN%20CIFRE%202020.pdf>

**Infografica 1**  
DISTRIBUZIONE REGIONALE DELLE SUPERFICI BIOLOGICHE IN ITALIA  
ANNO 2019  
VALORI IN ETTARI



**Figura 9.** Distribuzione regionale delle superfici condotte in biologico in Italia. Fonte: <https://www.sinab.it/sites/default/files/share/BIO%20IN%20CIFRE%202020.pdf>

## 4.2. Prodotti di qualità

La Regione vanta inoltre dati significativi in valore relativi al comparto delle produzioni agro-alimentari certificate DOP e IGP: l'isola infatti conta ben 36 prodotti a marchio comunitario<sup>18</sup>. Tra i più rinomati ricordiamo per il comparto dell'agrumicoltura l'arancia rossa di Sicilia (IGP) e quella di Ribera (DOP) ed i limoni (IGP di Siracusa e dell'Etna; per il comparto formaggi si menziona il Pecorino Siciliano (DOP), la Provola dei Nebrodi (DOP) ed il Ragusano (DOP); per il comparto delle produzioni orto-frutticole spicca il pistacchio Verde di Bronte (DOP) ed il pomodoro di Pachino (IGP).

## 4.3. Incentivi e sostegno all'agricoltura regionale

L'agricoltura regionale, ancora spiccatamente convenzionale – con l'eccezione del dato relativo alla conduzione in biologico, è sostenuta da un articolato e ben strutturato sistema di finanziamenti e agevolazioni, ovvero il già citato **Programma di Sviluppo Rurale (PSR) per la Regione Sicilia 2014-2022**.

Nello specifico, (coerentemente con la conduzione dei terreni agricoli in regime biologico) l'**Operazione 10.1c "Conversione e mantenimento dei seminativi in pascoli permanenti"** della **Sottomisura 10.1 "Pagamenti per impegni agro-climatico-ambientali"** della **Misura 10 "Pagamenti agro-climatico ambientali**, supporta pratiche atte a tutelare la biodiversità attraverso la riduzione delle superfici agricole destinate a colture

<sup>18</sup> Elenco dei Prodotti DOP, IGP e STG (aggiornato ad aprile 2022) Fonte: <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/2090>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 19 di 60

seminative attraverso la loro conversione in pascoli permanenti. Tale azione consente infatti di ridurre l'impatto negativo del settore primario su flora e fauna spontanee, in virtù dell'abbattimento dell'uso di fitofarmaci e fertilizzanti di origine chimica. La conversione delle superfici in pascoli permanenti contribuisce inoltre a migliorare la risorsa suolo per quanto concerne la dotazione in sostanza organica e preservandolo dai fenomeni di erosione.

## 5. Inquadramento dell'area di intervento

### 5.1. Inquadramento catastale

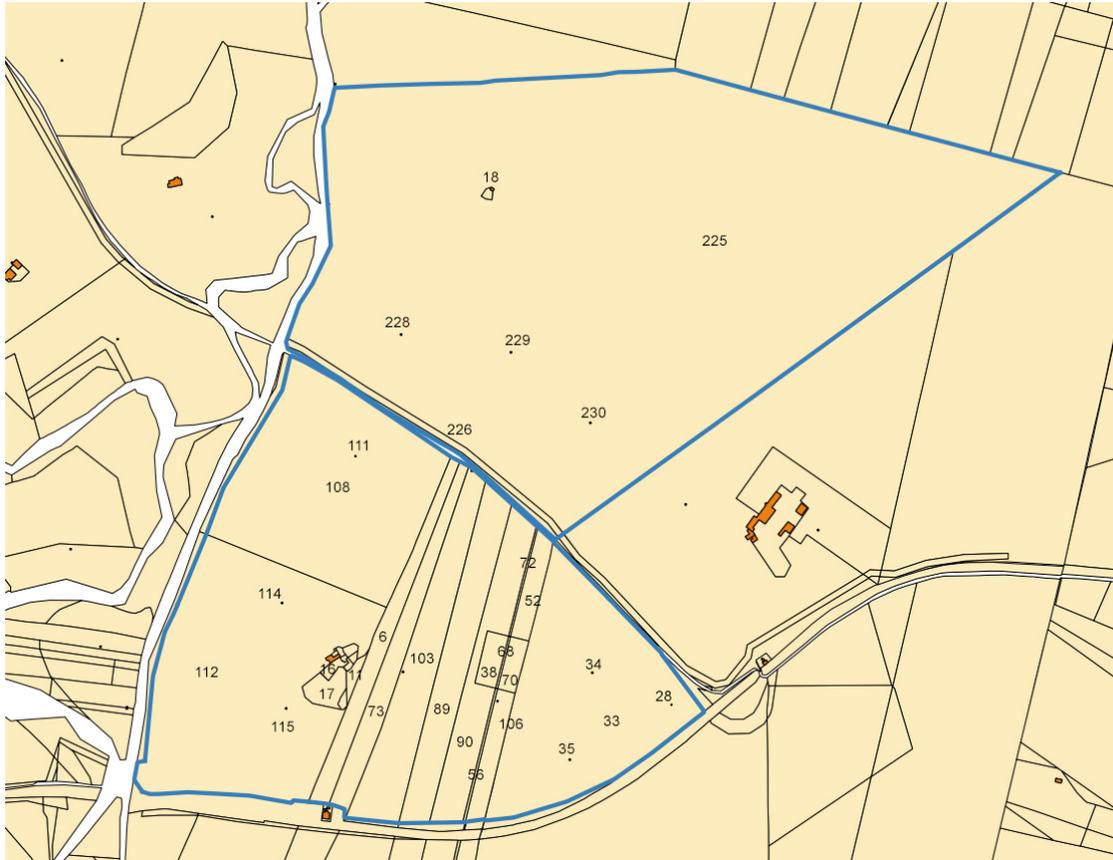
I fondi rustici interessati dall'intervento - riferibile all'area di impianto – si trovano in località Sparagnona e sono distinti in Catasto Terreni del Comune di Regalbuto (EN), le cui caratteristiche sono riassunte in **Tabella 1**.

**Tabella 1.** Particellare dell'area oggetto di intervento

COMUNE	FOGLIO N°	P.LLA N°	SUP. CAT. ha
Regalbuto (EN)	96	18	0,0232
Regalbuto (EN)	96	225	52,3227
Regalbuto (EN)	96	226	0,5453
Regalbuto (EN)	96	227	0,231
Regalbuto (EN)	96	228	0,0005
Regalbuto (EN)	96	229	0,0005
Regalbuto (EN)	96	230	0,0005
Regalbuto (EN)	96	231	0,0005
Regalbuto (EN)	100	6	1,545
Regalbuto (EN)	100	11	0,1016
Regalbuto (EN)	100	38	0,293
Regalbuto (EN)	100	52	0,52
Regalbuto (EN)	100	66	0,077
Regalbuto (EN)	100	68	0,025
Regalbuto (EN)	100	70	0,25
Regalbuto (EN)	100	72	0,047

COMUNE	FOGLIO N°	P.LLA N°	SUP. CAT. ha
Regalbuto (EN)	100	73	1,64
Regalbuto (EN)	100	89	2,5533
Regalbuto (EN)	100	90	2,263
Regalbuto (EN)	100	103	3,0093
Regalbuto (EN)	100	105	0,0005
Regalbuto (EN)	100	106	0,6195
Regalbuto (EN)	100	107	0,0005
Regalbuto (EN)	100	108	8,8979
Regalbuto (EN)	100	111	0,0005
Regalbuto (EN)	100	112	10,7461
Regalbuto (EN)	100	114	0,0005
Regalbuto (EN)	100	115	0,0005
Regalbuto (EN)	101	28	0,0004
Regalbuto (EN)	101	33	7,844
Regalbuto (EN)	101	34	0,0005
Regalbuto (EN)	101	35	0,0005
<b>TOTALE</b>			<b>93,55</b>

Si riporta di seguito (**Figura 10**) uno stralcio dell'inquadramento catastale, riferibile all'area di impianto del progetto agrivoltaico.

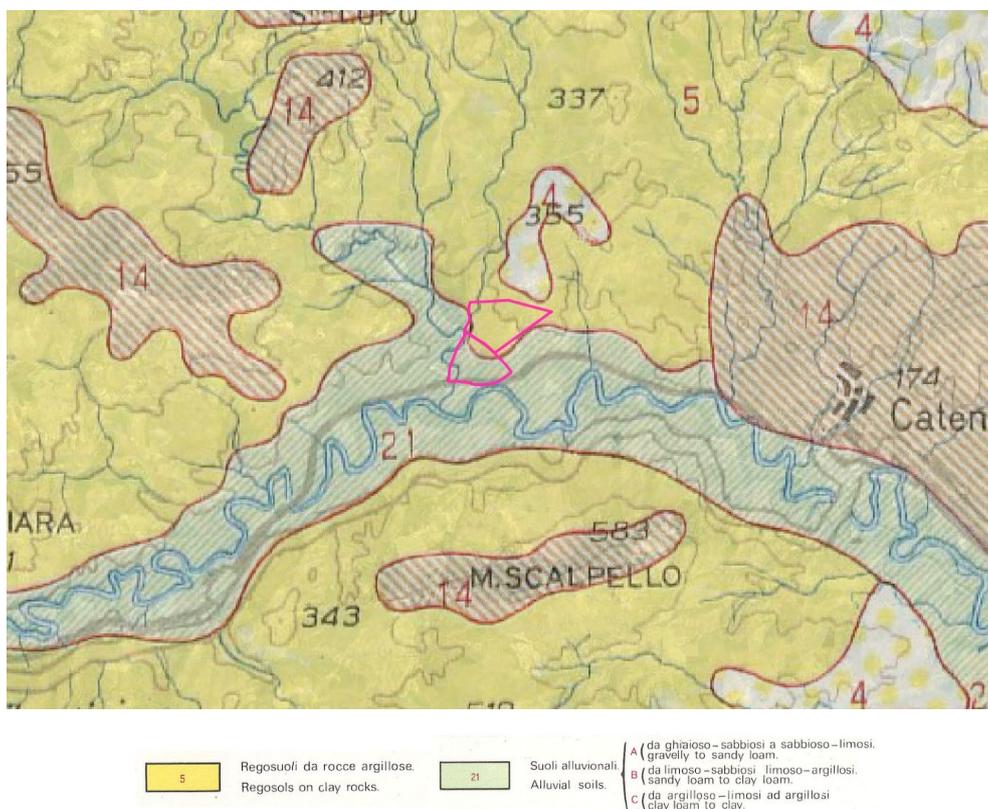


**Figura 10.** Inquadramento catastale dell'area oggetto di intervento.

## 5.2. Aspetti pedologici e agronomici

La pedogenesi siciliana è profondamente influenzata dalle differenti formazioni litologiche da cui i suoli si sono evoluti, ma anche dalle condizioni climatiche tipicamente mediterranee e dall'azione dell'uomo, che da millenni ha sottoposto i suoli dell'isola ad una intensa attività agricola, alterandone nel corso del tempo le caratteristiche naturali. Il quadro pedologico dell'isola risulta pertanto essere costituito da una grande varietà di suoli che spazia da tipi pedologici meno evoluti a quelli più evoluti.

I suoli della regione sono stati analizzati e mappati nella "Carta dei suoli della Sicilia 1:250.000" (Ballatore G.P, Fierotti G., 1967) secondo la quale, nell'area di progetto si riscontrano dei "Regosuoli da rocce argillose" (Associazione n°5) e dei "Suoli alluvionali" (Associazione n° 21) (Figura 11).



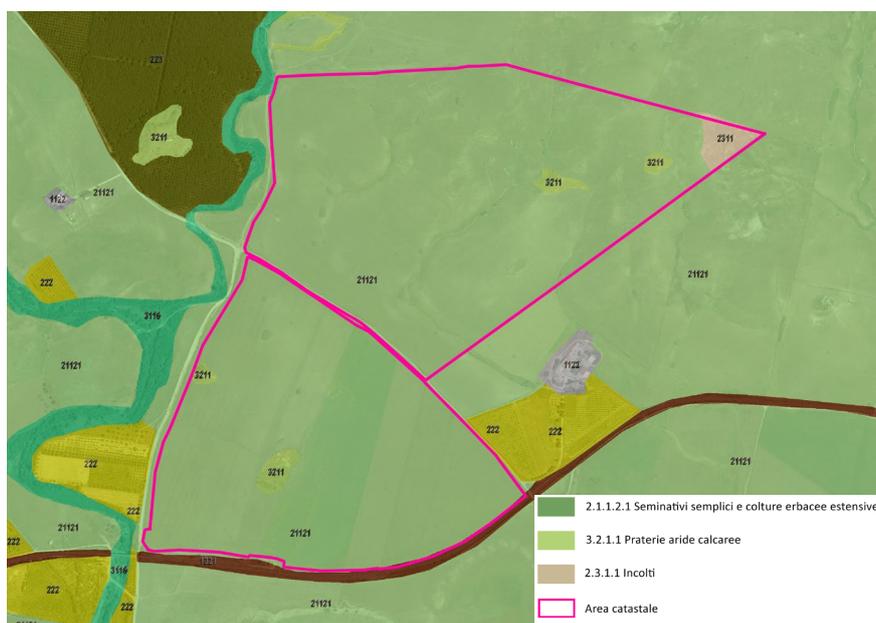
**Figura 11.** Estratto della "Carta dei Suoli della Sicilia 1:250.000" (Ballatore G.P, Fierotti G., 1967). Evidenziata in magenta l'area catastale oggetto di intervento.

I suoli dell'associazione n° 5 "Regosuoli da rocce argillose" sono i più diffusi nella regione Sicilia. Il loro profilo è sempre del tipo (A)-C o Ap-C, con un colore variabile dal grigio chiaro allo scuro. Il solum ha uno spessore variabile nel range di pochi cm fino a 70-80 cm di profondità. Il contenuto medio di argilla ammonta al 50% (con minimi del 25% e massimi del 75%); i carbonati sono presenti mediamente con valori del 10-15%. Il potassio risulta presente in quantità elevata, quella di sostanza organica, azoto e potassio invece discrete o scarse. Il pH oscilla tra valori compresi tra 7,0 e 8,3 (da neutro a moderatamente alcalino). Riassumendo, i suoli in oggetto risultano prevalentemente argillosi o argilloso-calcarei, impermeabili o semi-permeabili. La potenzialità produttiva di questi suoli è giudicabile come discreta o buona; la vocazione produttiva è limitata alla cerealicoltura od alla coltivazione di specie destinate all'alimentazione zootecnica.

I suoli dell'associazione n° 21 "Suoli alluvionali" sono caratterizzati da un profilo Ap-C con notevole potenza. Lo spessore dei sedimenti può raggiungere anche gli 80 m. La struttura può variare dal ciottoloso al sabbioso molto permeabile fino all'argilloso compatto ed impermeabile. La loro natura rende difficile il poter indicare valori medi di pH e contenuto in sostanze: da un punto di vista generale risultano essere suoli con discreto contenuto di sostanza organica a reazione sub-alcalina, carenti dei tre principali elementi nutritivi (N-P-K). Il loro intrinseco valore agronomico nel complesso può essere giudicato da buono ad ottimo (con eventuali interventi di bonifica in caso di affioramento della fase salina e miglioramento della tessitura).

Secondo la classificazione dell'uso del suolo di **Corine**<sup>19</sup> del 2018 (**Figura 12**), le aree sono collocate prevalentemente in "seminativi non irrigui" individuati col codice **21121** (Seminativi semplici e colture erbacee estensive) e, in piccola parte "praterie aride calcaree" con il codice **3211**. Marginalmente nel vertice nord-est è presente un'area riferibile ad una zona incolta, distinta con il codice "incolti" **2311**.

Per quanto riguarda la classe d'uso del suolo *Seminativo*, ovvero la classe **211**, essa può rispecchiare una grande varietà colturale. In certe situazioni di morfologia e di suolo poveri, il seminativo, generalmente semplice o scarsamente arborato, confina e si alterna con il pascolo, o l'incolto, senza che si possano tracciare limiti razionali tra i due, mancando in molti casi anche le tipiche forme geometriche dei territori agricoli. In zone collinari, prevale il seminativo arborato con frequenza anche alta di legnose, tipicamente olivo, mandorlo, carrubo.



**Figura 12.** Tipo di uso del suolo secondo la classificazione CORINE (2018) relativa all'area oggetto di studio (perimetro catastale nella disponibilità del proponente magenta)

<sup>19</sup> Programma CORINE (COoRdination of INformation on the Environment – Decisione 85/338/EEC). <https://groupware.sinanet.isprambiente.it/uso-copertura-e-consumo-di-suolo/library/copertura-del-suolo/corine-land-cover>

### 5.3. Inquadramento climatico

Ricerche scientifiche riferite allo studio dell'andamento della temperatura media in Italia dal 1961 al 2006 mostrano, per la **porzione centrale del territorio italiano, un aumento delle temperature medie annue a partire dall'inizio del XX secolo, con un tasso più elevato dopo il 1980** (0,060 °C/anno - Aruffo e DiCarlo, 2019). Un'ulteriore evidenza del lavoro mostra come i trend di innalzamento termico siano maggiormente influenzati dal maggior riscaldamento riscontrato in estate e in primavera rispetto a quello rilevato in inverno e autunno. A tal proposito, Fioravanti *et al.* (2016) indicano che, dal 1978 al 2011, l'Italia ha sperimentato ondate di calore crescenti ad un ritmo medio di 7.5 giorni/decennio. Inoltre, Amendola *et al.* (2019) sottolineano come tale incremento medio (in Italia, e nei paesi del Mediterraneo in generale), sia superiore alla media globale.

Per quanto concerne le **precipitazioni**, inoltre, diversi studi hanno evidenziato come si verifichi, rispetto al passato, una **riduzione del numero di eventi a intensità medio-bassa a parità di apporti medi annuali** (e.g. Brunetti *et al.*, 2004; Todeschini, 2012). A tal proposito, il numero totale dei giorni di pioggia risulterebbe effettivamente diminuito, soprattutto negli ultimi 50 anni, con trend differenti rispetto alla localizzazione geografica (-6 giorni/secolo al Nord e -14 giorni/secolo per Centro e Sud). **Ne consegue una generale tendenza, per tutte le regioni italiane, a un aumento dell'intensità delle precipitazioni e una riduzione della loro durata** (Brunetti *et al.*, 2006).

Al netto dei trend di macro-scala, limitando l'analisi ai **dati relativi al comune di Regalbuto**, è possibile sintetizzare quanto segue: **i)** la temperatura media annuale è pari a 15,37°C, **ii)** luglio è il mese più caldo dell'anno, con una temperatura media di 25,6°C, mentre **iii)** gennaio è il più freddo, con una temperatura media massima di 6,9°C<sup>20</sup>.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	6.9	7.2	10.1	13.2	17.8	22.7	25.6	25.5	21.1	17.3	12.4	8.4
Temperatura minima (°C)	3.1	3	5.4	8	12.1	16.5	19	19.5	16.4	13.2	8.8	5
Temperatura massima (°C)	11.2	11.8	15.1	18.5	23.3	28.5	31.7	31.6	26.2	22.1	16.7	12.5
Precipitazioni (mm)	84	77	76	76	52	39	12	30	63	77	72	77
Umidità(%)	83%	80%	73%	68%	60%	53%	49%	51%	66%	74%	80%	84%
Giorni di pioggia (g.)	9	8	8	9	6	4	2	3	7	8	8	9
Ore di sole (ore)	4.9	5.5	7.5	9.0	10.7	12.0	12.4	11.3	8.8	7.2	5.6	4.7

Data: 1991 - 2021 Temperatura minima (°C), Temperatura massima (°C), Precipitazioni (mm), Umidità, Giorni di pioggia. Data: 1999 - 2019: Ore di sole

**Figura 13.** Tabella climatica Comune di Regalbuto (EN)<sup>21</sup>

<sup>20</sup> <https://it.climate-data.org/europa/italia/sicily/regalbuto-768294/>

<sup>21</sup> <https://it.climate-data.org/europa/italia/sicily/regalbuto-768294/>

Per quanto riguarda il dato relativo alle precipitazioni nel Comune di Regalbuto, la stagione più piovosa dura mediamente 6,8 mesi, estendendosi da fine settembre a metà aprile (probabilità di precipitazione del 17%). Il mese con il maggior numero di giorni piovosi è novembre, con una media di almeno 1 mm di precipitazioni (8,9 giorni l'anno).

Il mese con la maggiore quantità di pioggia è dicembre, con una media di 62mm. Il mese con la minore quantità di pioggia è invece luglio, con una media di 3 mm.

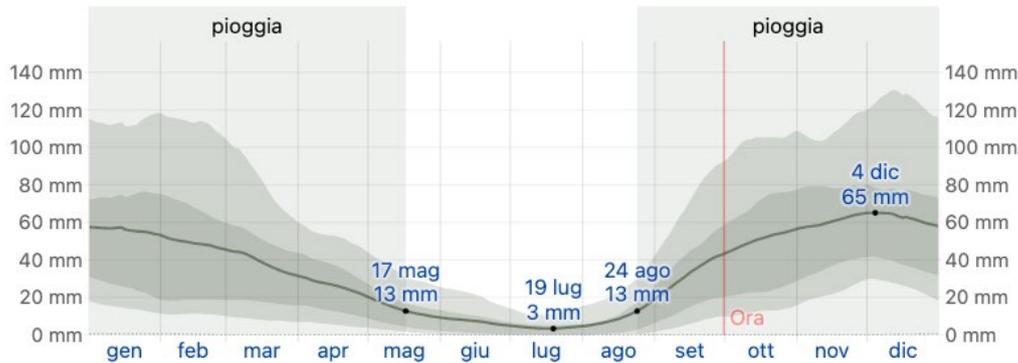


Figura 14. Precipitazioni medie mensili nel Comune di Regalbuto<sup>22</sup>

Ulteriore parametro meteo-climatico di interesse da analizzare è il dato anemometrico. Nella Figura 15, viene riportata la direzione oraria media del vento di Regalbuto, che varia notevolmente durante l'anno, in termini generali il vento è più spesso da nord (5,3 mesi) a cavallo tra la fine di aprile e l'inizio di ottobre e da ovest nel mese di ottobre (3,1 settimane). Il grafico trascura le ore in cui la velocità media del vento è inferiore a 1,6 km/h.

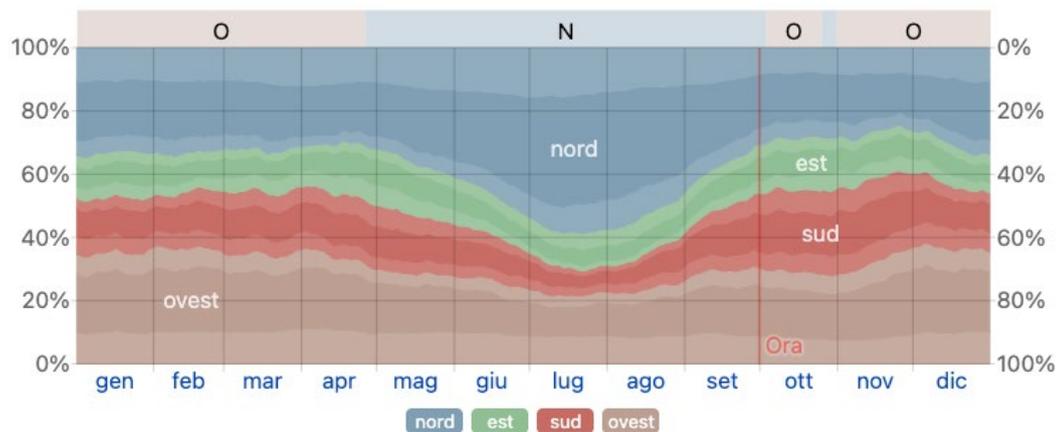
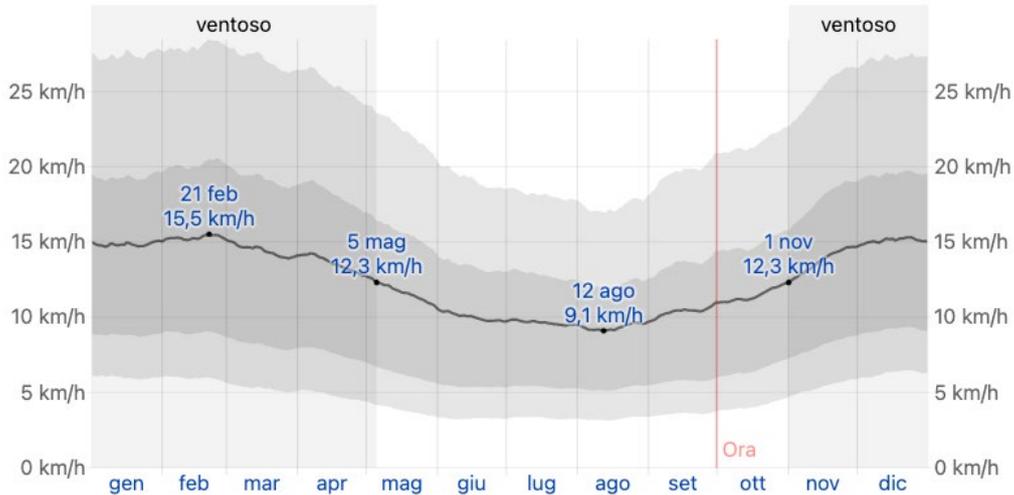


Figura 15. Direzione oraria media del vento di Regalbuto. Le aree del grafico a colorazione attenuata sono la percentuale di ore passate nelle direzioni intermedie implicite (nord-est, sud-est, sud-ovest e nord-ovest).<sup>23</sup>

<sup>22</sup> <https://it.weatherspark.com/y/76372/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Regalbuto-Italia-tutto-l'anno>

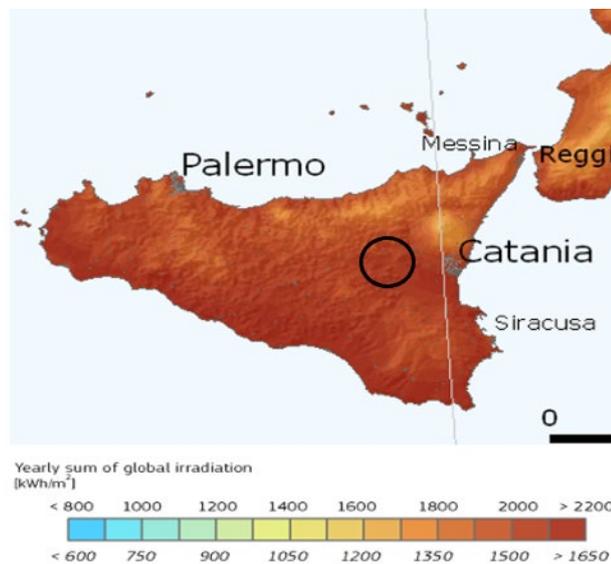
<sup>23</sup> <https://it.weatherspark.com/y/76372/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Regalbuto-Italia-tutto-l'anno>

In termini quantitativi, invece, il **grafico in Figura 16** fornisce il **dettaglio, su base giornaliera, dei valori medi orari di velocità del vento e dei relativi percentili: 25° - 75° e 10° - 90°** (su due fasce di diversa gradazione di grigio). Il periodo mediamente più ventoso è riferibile alla terza settimana di febbraio 15,5 km/h.



**Figura 16.** Medie delle velocità orarie del vento su matrice giornaliera nel comune di Regalbuto. La riga nera rappresenta il valor medio, mentre le fasce a diversa tonalità di grigio sono i diversi percentili: 25° - 75° e 10° - 90°.<sup>24</sup>

In termini di irraggiamento, le **aree designate per la realizzazione degli impianti godono di una buona insolazione (Figura 17)** dove la maggior parte dei territori beneficiano di un **irraggiamento solare annuo cumulato con valori superiori ai 1350 kWh/m<sup>2</sup>** (Joint Research Center, 2018).<sup>25</sup>

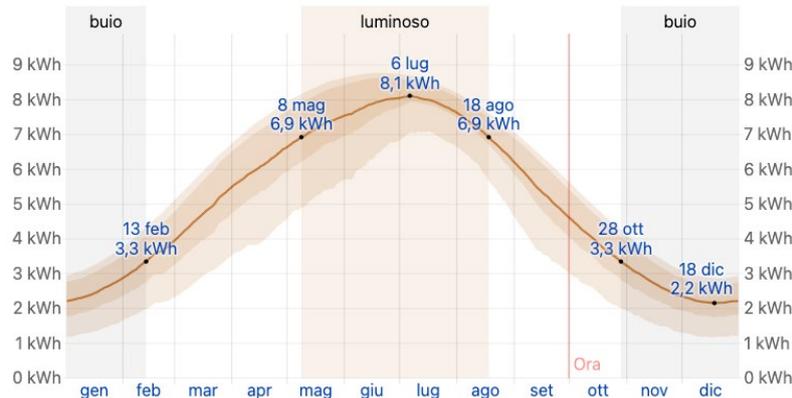


**Figura 17.** Irraggiamento solare globale nella Regione Sicilia - sommatoria annua (kWh/m<sup>2</sup>).

<sup>24</sup> <https://it.weatherspark.com/y/76372/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Regalbuto-Italia-tutto-l'anno>

<sup>25</sup> Joint Research Centre (2018). [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system/pvgis-data-download/country-and-regional-maps\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system/pvgis-data-download/country-and-regional-maps_en).

Nella **Figura 18** si riporta l'energia solare a onde corte incidente totale giornaliera, che raggiunge la superficie del suolo in un'ampia area, tenendo in considerazione le variazioni stagionali nella durata delle ore diurne, l'elevazione del sole sull'orizzonte e l'assorbimento da parte delle nuvole e altri elementi atmosferici. La radiazione delle onde corte include luce visibile e raggi ultravioletti. Si evince che **a Regalbuto il periodo più luminoso dell'anno dura poco più di 3 mesi, con un'energia a onde corte incidente giornaliera media per metro quadrato superiore a 7,9 kWh, con picchi di 8,1 kWh (luglio).**

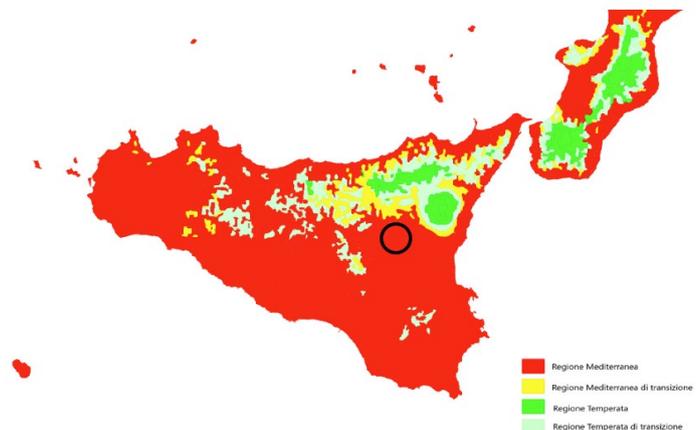


**Figura 18.** Energia solare a onde corte incidente media (kWh/m<sup>2</sup>) nel comune di Regalbuto.

Volendo addivenire a una classificazione climatica, quindi, è possibile definire il clima della zona di interesse (secondo la classificazione di Köppen e Geiger – Kottek *et al.*, 2006) come **caldo e temperato, con estate secca e temperatura media del mese più caldo superiore a 24,4°C.**

Un ulteriore riscontro climatico è rappresentato dalle diverse Regioni fitoclimatiche della Sicilia evidenziate in

**Figura 19.** La macro-area di riferimento ricade nella zona "Regione Mediterranea", caratterizzata da un termotipo "meso mediterraneo" ed un ombrotipo "secco" (parametro derivante dal rapporto tra la somma delle precipitazioni dei mesi estivi e la somma delle temperature medie dei mesi estivi - indice ombrotermico)<sup>26</sup>.



**Figura 19.** Stralcio carta fitoclimatica d'Italia - Sicilia<sup>27</sup>.

**Ne risulta, quindi, che il Comune di Regalbuto sia caratterizzato da un clima caldo e temperato, con piogge ben distribuite e periodi di siccità compresi prevalentemente nel periodo estivo.**

<sup>26</sup> <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2014.891472>

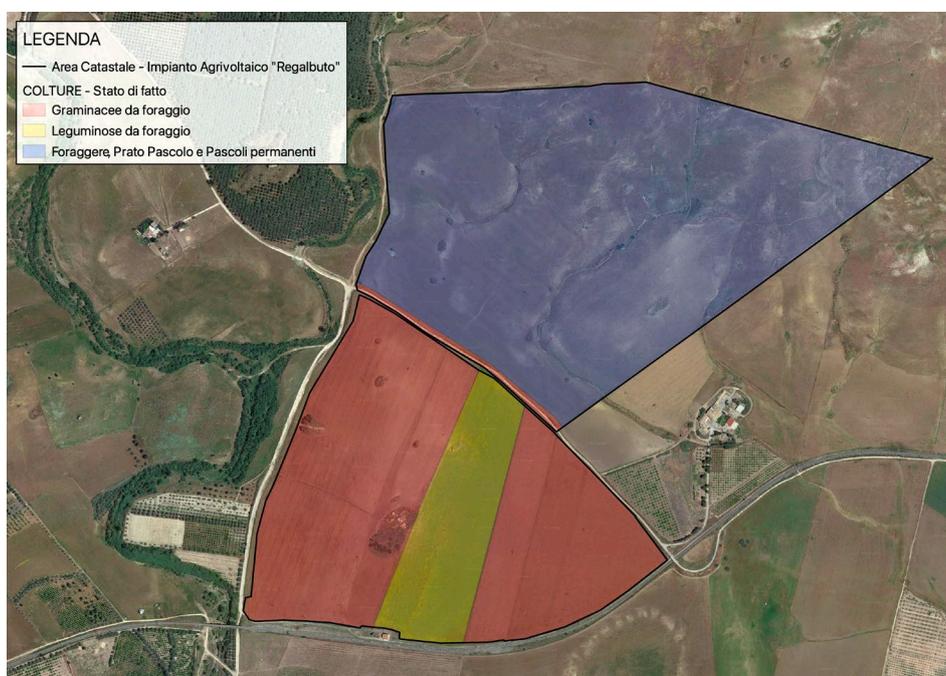
<sup>27</sup> [http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms\\_ogc/WMS\\_v1.3/Vettoriali/Carla\\_fitoclimatica.map](http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/Vettoriali/Carla_fitoclimatica.map)

#### 5.4. Modalità di conduzione ed attività agricola - stato di fatto

L'area oggetto di studio risulta attualmente condotta da 4 soggetti differenti:

- Ditta individuale "Bellone Andrea", intestataria di regolare fascicolo aziendale AGEA e titolare di regolare partita IVA n° 01118510864 - Codice ATECO 01-11-40 "Coltivazioni miste di cereali, legumi da granella e semi", iscritta alla Camera di Commercio di Enna con n° REA EN 60798;
- Ditta individuale "Bellone Giuseppina", intestataria di regolare fascicolo aziendale AGEA e titolare di regolare partita IVA n° 01239030867 - Codice ATECO 01-11-10 "Coltivazioni di cereali (escluso il riso)";
- Ditta individuale "Bellone Salvatore", intestataria di regolare fascicolo aziendale AGEA e titolare di regolare partita IVA n° 00579270869 - Codice ATECO 01-30-0 "Coltivazioni agricole associate all'allevamento di animali", iscritta alla Camera di Commercio di Enna con n° REA EN 48563;
- Ditta individuale "Sollima Giuseppe", intestataria di regolare fascicolo aziendale AGEA e titolare di regolare partita IVA n° 00524210879 - Codice ATECO 01-23-00 "Coltivazione di agrumi", iscritta alla Camera di Commercio di Catania con n° REA CT 222818;

L'indirizzo produttivo della superficie oggetto di studio - indicato in **Figura 20** - è riferibile per lo più **alla coltivazione di specie seminatrici a ciclo autunno-vernino e leguminose foraggere** destinate al pascolamento diretto di capi ovini (ed alla eventuale raccolta), e in minor parte a pascoli permanenti. Tutte le superfici oggetto di studio (concesse in affitto a terzi) sono destinate dunque al foraggiamento della consistenza zootecnica degli allevatori locali (affittuari delle stesse). Le operazioni colturali sono eseguite da contoterzisti. La pratica agricola sull'area oggetto di studio è condotta **senza il ricorso all'irrigazione**.



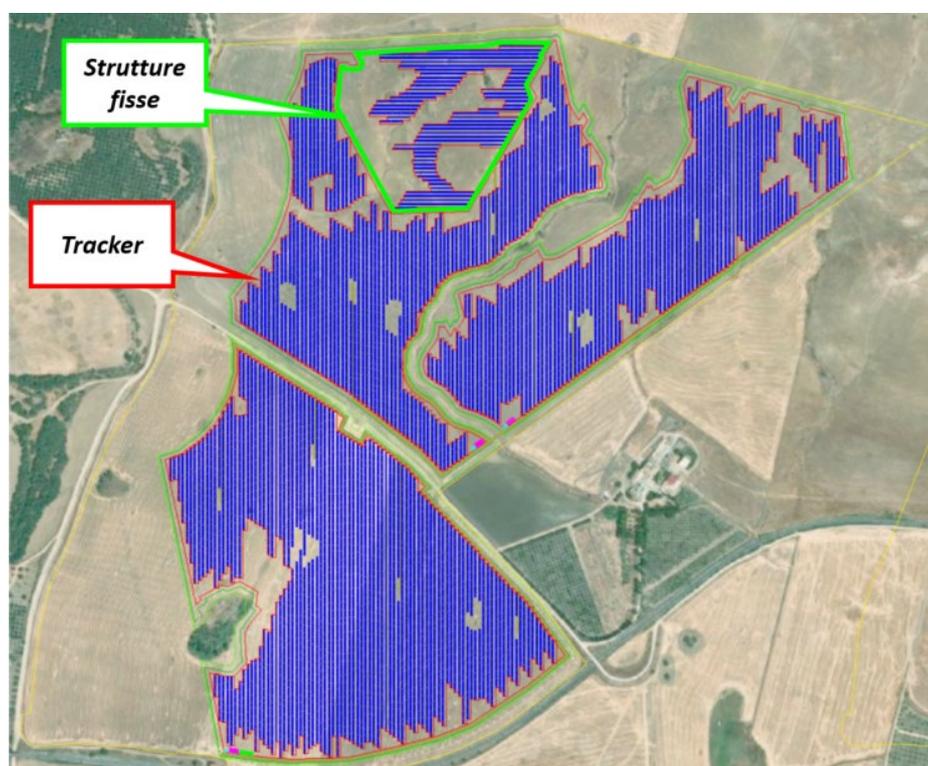
**Figura 20.** Categorizzazione delle superfici oggetto di studio per colture praticate allo stato di fatto

## 6. Progetto Agrivoltaico

Come illustrato in precedenza, la progettazione di un impianto agrivoltaico parte dall'analisi combinata delle esigenze agronomiche con quelle tecnologico-energetiche dell'installazione fotovoltaica, per addivenire ad un progetto finale che valorizzi le rese di entrambe le componenti, nel rispetto dell'ambiente in cui si inserisce e delle relative risorse.

### 6.1. Componente fotovoltaica

Il sistema fotovoltaico proposto prevedere l'utilizzo di **due distinte tipologie di strutture di sostegno e di relativi moduli (Figura 21)**; tale scelta si è resa necessaria in considerazione della morfologia del territorio e nello specifico del terreno oggetto di studio, caratterizzato da pendenze rilevanti in alcune zone dalla superficie considerata.

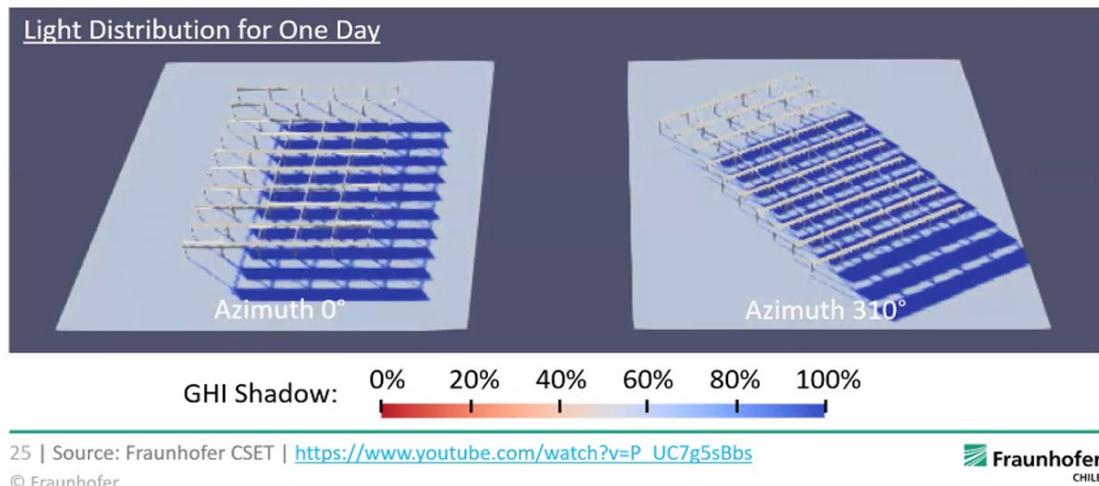


**Figura 21.**Rappresentazione del layout do progetto, con evidenza dell'area occupata dai pannelli su strutture fisse (contorno verde) e su tracker (contorno rosso)

**La porzione più consistente dell'area oggetto di studio** sarà interessata dall'installazione di **inseguitori solari monoassiali a singola vela con moduli bifacciali**, che ruotano di 60° sull'asse est-ovest seguendo l'andamento del sole. L'utilizzo di moduli di nuova generazione, posizionati su sistemi di supporto ad inseguimento (tracker), è stata effettuata in ragione del fatto che:

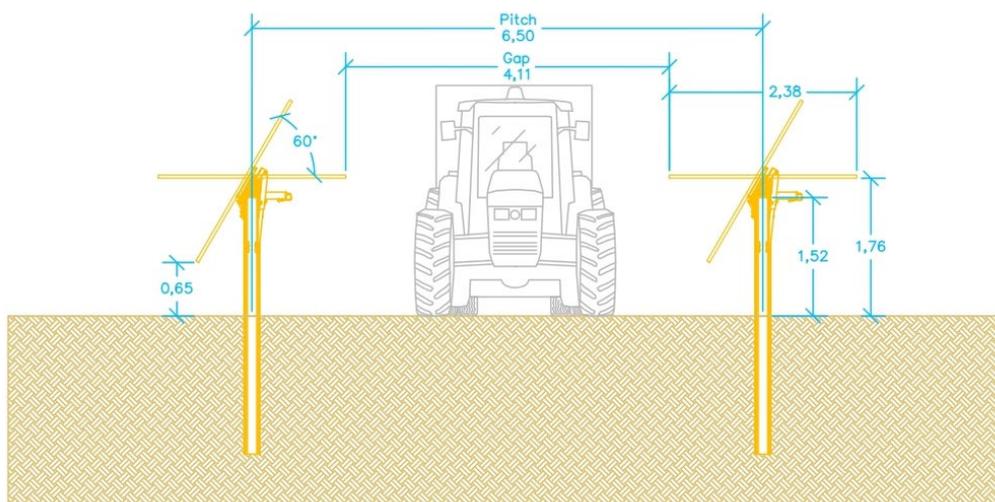
- consentono di coltivare la superficie interessata dall'installazione fotovoltaica, poiché non si creano zone d'ombra concentrata, grazie alla lenta rotazione da est a ovest permessa dal sistema ad inseguimento solare (**Figura 22**);

- il distanziamento utilizzato in questo tipo di progetti permette il passaggio delle normali macchine ed attrezzature agricole: a titolo di esempio, l'omologazione dei trattori consente una larghezza massima della macchina di 2,55 m e la distanza tra le file di pannelli, ancorché variabile, è superiore;
- è possibile regolare l'inclinazione dei tracker in relazione sia alle eventuali esigenze delle colture (in funzione dello stadio fenologico), sia alla necessità di effettuare operazioni colturali che richiedano il passaggio di attrezzi con altezza superiore alla minima distanza del pannello dal suolo.



**Figura 22.** Distribuzione della zona d'ombra sotto i pannelli durante il giorno. FCR CSET: Light Simulation for Agrivoltaics plant with azimuth of 0° and -30° (Central Chile).

Le strutture metalliche di supporto sono disposte lungo l'asse nord-sud su file parallele opportunamente distanziate tra loro con un interasse (distanza palo-palo, denominata "pitch") pari a m 6,50 per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti e, come di seguito evidenziato, consentire il passaggio dei mezzi agricoli. L'altezza del nodo di rotazione è pari a m 1,52 dal piano di campagna (**Figura 23**), mentre l'altezza libera inferiore è pari a m 0,65.

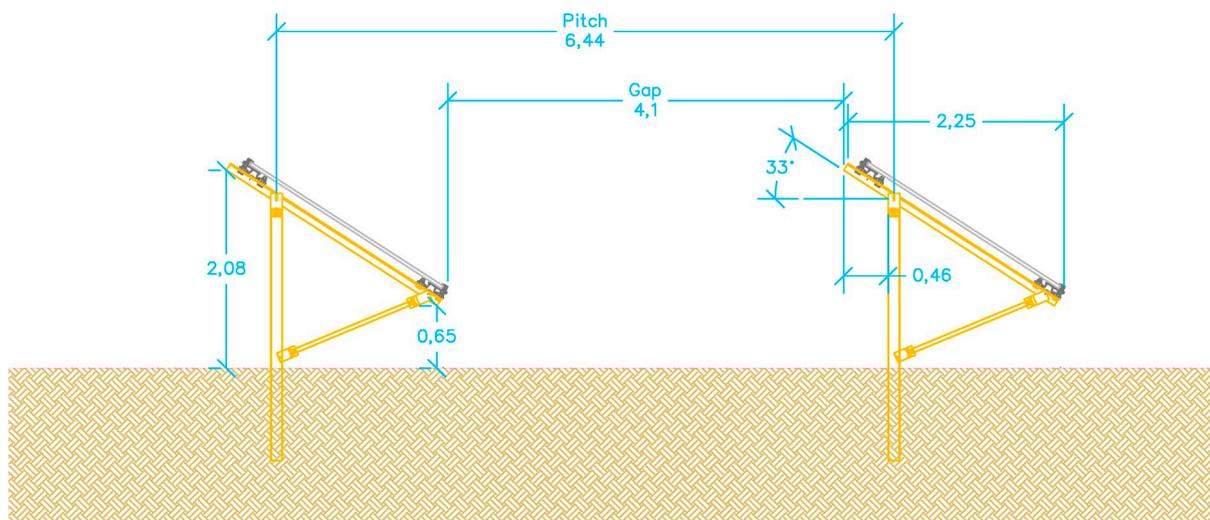


**Figura 23.** Vista dei tracker in sezione con particolare del passaggio di un mezzo agricolo

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 31 di 60

Il layout proposto consente di avere, nel momento di massima apertura - Zenith solare - una fascia di larghezza di m 4,11, completamente libera dalla copertura dei moduli tra le stringhe (distanza vela-vela, denominata "gap").

Una superficie minore del sistema agrivoltaico sarà invece interessata dall'installazione di **moduli di tipo monofacciale** sorretti da **strutture fisse** con vela singola orientate a sud con inclinazione pari a 33°. La scelta di non utilizzare i tracker è stata fatta in considerazione della morfologia della porzione che andranno ad occupare. Sono previste strutture di supporto di altezza pari a m 1,84 dal piano di campagna. I pali infissi nel terreno (per una profondità stimata di m 0,97) non necessiteranno di plinti/fondazioni in cemento. L'altezza massima delle stringhe sarà pari a m 2,21 dal piano di campagna; l'altezza minima delle medesime sarà pari a m 0,65 (**Figura 24**).



**Figura 24.** Vista dei moduli fissi in sezione.

Il pitch minimo è di m 6,44, distanza che anche in questo caso, porta ad un gap pari a m 4,10, ampiamente sufficiente per le ordinarie attività agricole e per la movimentazione dei mezzi meccanici.

La componente energetica dell'intero impianto agrivoltaico è stata quindi progettata perseguendo il duplice obiettivo:

- ottimizzare la produzione di energia
  - riducendo gli effetti degli ombreggiamenti per
- ottimizzare la produzione agropastorale garantendo
  - l'agevole passaggio delle macchine agricole;
  - il prosieguo dell'attività pastorale, offendo ai capi ricovero e riparo.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 32 di 60

## 6.2. Componente agronomica

Al fine di soddisfare oltre al fabbisogno di energia da fonti rinnovabili, la salvaguardia dei servizi ecosistemici, e la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica agropastorale locale, si prevede che l'intera superficie interessata dai pannelli sia destinata alla **semina di un prato-pascolo polifita permanente** per il pascolamento libero degli ovini. Il progetto agropastorale proposto è scaturito dall'analisi dello stato di fatto dell'area d'intervento ed è stato elaborato nell'ottica di promuovere attività in linea con lo sviluppo del settore agricolo regionale e con le politiche agricole regionali, con particolare riferimento al PSR e alla Misura 10.1c del PSR della Regione Sicilia (illustrata nel **capitolo 4.3**).

### 6.2.1. Proposta progettuale

Le superfici oggetto di studio sono risultate attualmente destinate alla coltivazione di specie da foraggio per l'alimentazione di capi ovini allevati per la produzione di latte e carne.

Il presente progetto propone:

- A. la conversione delle superfici a seminativo in prato-pascolo permanente;**
- B. il mantenimento ed il miglioramento delle superfici a pascolo permanente.**

La conversione di queste superfici in pascoli permanenti e successivo mantenimento **(A)** oltre a essere in linea con l'Operazione 10.1c del PSR della Regione Sicilia (vedasi **Capitolo 4.3**), garantirà:

- il ripristino della fertilità naturale del suolo dopo anni di coltivazione di specie depauperanti<sup>28</sup>;
- il miglioramento della micro/macro porosità, della capacità di ritenzione idrica e del microbiota naturali del suolo;
- la riduzione della compattazione degli strati più superficiali del terreno causata dal ricorrente passaggio dei mezzi impiegati nelle lavorazioni dei fondi rustici.

Il miglioramento ed il mantenimento delle superfici già investite a pascolo permanente **(B)** porterà invece effetti positivi in termini di qualità e quantità di foraggio fresco nella disponibilità dei capi che pascolano le superfici.

Si prevede di gestire il prato nel rispetto della definizione comunitaria di "prato permanente", contenuta nell'art. 4, paragrafo 1, lettera h), del **Regolamento dell'Unione Europea n° 1307/2013 del Parlamento Europeo e del Consiglio**<sup>29</sup> (UE), prendendo in considerazione i due elementi chiave per classificare le superfici agricole come riportate nel Decreto Ministeriale n. 6513 del 18 novembre:

- impiego di specie classificate come "erba o altre piante erbacee da foraggio", tutte tradizionalmente rinvenute nei pascoli naturali o solitamente comprese nei miscugli di sementi per pascoli o prati nello Stato membro, utilizzati o meno per il pascolo degli animali (art. 4, paragrafo 1, lettera i) del reg. 1307/2013);
- successione per 5 anni consecutivi fuori rotazione.

<sup>28</sup> Le colture depauperanti sono quelle che assorbono dal terreno grandi quantità di sostanze nutritive - in particolar modo azoto - tra cui frumento, orzo, avena e segale.

<sup>29</sup> <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:347:0608:0670:IT:PDF>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 33 di 60

Il Regolamento Europeo (che abroga il regolamento (CE) n° 73/2009 del Consiglio) definisce:

*h) "prato permanente e pascolo permanente" (congiuntamente denominati "prato permanente"): terreno utilizzato per la coltivazione di erba e di altre piante erbacee da foraggio, naturali (spontanee) o coltivate (seminate), e non compreso nell'avvicendamento delle colture dell'azienda da cinque anni o più; (...)"*

*i) "erba o altre piante erbacee da foraggio": tutte le piante erbacee tradizionalmente presenti nei pascoli naturali o solitamente comprese nei miscugli di sementi per pascoli o prati nello Stato membro, utilizzati o meno per il pascolo degli animali.*

La **Corte di Giustizia europea** si è espressa il 2 ottobre 2014<sup>30</sup> - relativamente alla **Causa C-47/13** (Martin Grund contro Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein) circa la definizione di "pascolo permanente, chiarendo che tale definizione è valida anche in caso di semina di altre specie rispetto a quelle già presenti e che *"il fatto di passare, su una stessa superficie, da un certo tipo di pascolo a un altro non può essere considerato come un «avvicendamento delle colture»"* e non compromette la possibilità di considerare anche il nuovo pascolo come "permanente":

*"(...) tale definizione non fa alcuna menzione del fatto che arare la terra e seminarla con una varietà di pianta erbacea da foraggio diversa da quella fino ad allora coltivata esclude, di per sé, la qualificazione come «pascolo permanente». Tale definizione non stabilisce neppure una distinzione fra l'erba e talune piante erbacee da foraggio, di modo che tutte le erbe e tutte le altre piante erbacee da foraggio rientrano in una sola e medesima categoria che non si suddivide a sua volta. Tutte le varietà di piante erbacee da foraggio sono considerate equivalenti alla luce di tale disposizione, dal momento che la scelta della varietà specifica di pianta erbacea da foraggio prodotta sui terreni interessati, in quanto tale, non ha alcuna rilevanza ai fini della qualificazione di tali terreni come «pascolo permanente».*

*Dall'altro lato, l'obiettivo di conservazione dei pascoli permanenti enunciato al considerando 7 del regolamento n.73/2009 è inteso anche a indicare che il fatto di passare, su una stessa superficie, da un certo tipo di pascolo a un altro non può essere considerato come un «avvicendamento delle colture» ai sensi dell'articolo 2, lettera c), del regolamento n. 1120/2009, il quale esclude la qualificazione come «pascolo permanente» contenuta nel suddetto articolo."*

### 6.2.2. Scelta delle specie

Per il popolamento erbaceo si ipotizza un mix di **60% leguminose e 40% graminacee**, al fine di mantenere una elevata biodiversità vegetale. Tale inerbimento favorisce inoltre una maggiore biodiversità microbica e della mesofauna del terreno, nonché quella della fauna selvatica che trova rifugio nel prato. Inoltre contribuisce al miglioramento dei suoli in virtù delle proprietà anti-erosive del manto erboso, all'utilizzo di piante azotofissatrici e alla riduzione della diffusione di specie infestanti. È prevedibile un miglioramento della struttura del suolo in virtù degli apparati radicali fittonanti e molto sviluppati in profondità che sono capaci di sviluppare alcune specie designate (leguminose).

<sup>30</sup> [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:62013CJ0047\\_SUM&from=PL](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:62013CJ0047_SUM&from=PL)

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 34 di 60

Il prato-pascolo permanente è definibile **polifita** poiché il mix da impiegare sarà composto da **cinque o più specie** - come già accennato appartenenti al patrimonio floristico spontaneo regionale adatte al contesto pedoclimatico interessato, integrato con specie che possano conferire allo stesso tempo anche un altro valore foraggero. La soluzione proposta, oltre ai vantaggi già elencati, favorisce la stabilità del biota e la conservazione/aumento della sostanza organica del terreno, poiché non prevede, per definizione, alcuna rotazione e lavorazioni annuali (come avviene invece nei seminativi tradizionali); allo stesso tempo, consente la produzione di foraggio verde utile al pascolamento. Il cotico erboso permanente consentirà infine un agevole passaggio dei mezzi meccanici che verranno utilizzati per la pulizia periodica dei pannelli fotovoltaici anche in condizioni di elevata umidità del suolo.

Tra le specie più adatte alle condizioni pedoclimatiche del sito in esame, nonché ad alto valore foraggero ed in linea con le essenze spontanee tipiche del territorio regionale (inserirle nell' Allegato 11 del PSR Sicilia 2014-2020<sup>31</sup>, sono state selezionate le seguenti:

- **Veccia comune** (*Vicia sativa* L.) - 25%;
- **Sulla** (*Hedysarum coronarium* L.) - 25%;
- **Trifoglio bianco** (*Trifolium repens* L.) - 10%;
- **Festuca rossa** (*Festuca rubra* L.) - 15%;
- **Erba mazzolina** (*Dactylis glomerata* L.) - 15%;
- **Festuca alta** (*Festuca arudinacea* Schreb.) - 10%;

Per le colture foraggere appartenenti alla **famiglia delle Papilionacee** (dette anche Fabacee o comunemente Leguminose) sono state seleziona specie riconosciute universalmente per il loro alto valore foraggero, l'elevata capacità di ricaccio e la loro capacità di migliorare il terreno arricchendolo di azoto e migliorandone la struttura.

La **veccia comune (Figura 25)** è una foraggera considerata un'ottima essenza in virtù dell'alto contenuto in proteine, dell'elevata appetibilità e la buona digeribilità. Nelle consociazioni assume una rilevante importanza in quanto dotata di cirri agli apici delle foglie, i quali le consentono di arrampicarsi sugli steli delle altre specie risolvendo il problema connesso al suo portamento tipicamente prostrato. Tale condizione si rivela utile nel caso sia previsto lo sfalcio e la raccolta del prato, riducendo la perdita di biomassa in campo rispetto alla coltura pura.



**Figura 25.** Veccia comune Fonte:

<https://www.eagff.ch/it/conoscere-le-piante-di-prati-e-pascoli/leguminose/caratteristiche-specifiche/veccia-comune#gallery-1>

<sup>31</sup> <http://www.psr Sicilia.it/2014-2020/>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 35 di 60

La **sulla** (**Figura 26**) è una foraggera tra le più importanti negli ambienti mediterranei, conosciuta per il suo elevato grado di rusticità ed idonea sia allo sfalcio che al pascolamento severo. Il suo habitus xerofilo le permette di sopravvivere in situazioni di penuria di acqua - seppur non eccessive e prolungate, che comprometterebbero una riduzione della sua capacità di ricaccio ed un peggioramento del valore nutritivo della biomassa - tipiche dell'ambiente della Regione Sicilia. È riconosciuta anche per le sue spiccate proprietà mellifere.



**Figura 26.** Sulla Fonte: Foto J.G. Gabarròn - [www.josenaturaleza.blogspot.it](http://www.josenaturaleza.blogspot.it)

Il **trifoglio bianco** (**Figura 27**) è insieme all'erba medica la leguminosa da foraggio più diffusa al Mondo. È una specie perenne - costituente naturale dei pascoli e dei prati permanenti di tutta la regione del Mediterraneo - adattata a sopravvivere ad ogni latitudine ed in tutte le situazioni pedoclimatiche, in virtù della sua capacità di moltiplicazione per via vegetativa - generando stoloni, ovvero fusti secondari capaci di differenziare radici, da cui si generano nuove piantine - e dalla sua capacità di autorisemina. Queste caratteristiche conferiscono alla specie una spiccata capacità di resistere al calpestio prodotto dal pascolo dei capi di bestiame, rendendo particolarmente idonea a tale impiego. È anch'essa una specie mellifera, impollinata abitualmente dall'ape domestica (*Apis mellifera* L.), da cui dipende strettamente per la fecondazione dei fiori.



**Figura 27.** Trifoglio bianco Fonte: [https://usercontent.one/wp/antropocene.it/wp-content/uploads/2019/06/Trifolium\\_repens.jpg](https://usercontent.one/wp/antropocene.it/wp-content/uploads/2019/06/Trifolium_repens.jpg)

Per le colture foraggere appartenenti alla famiglia delle Poacee (dette comunemente Graminacee) sono state selezionate specie adatte al pascolo - specificatamente ovino - caratterizzate da una buona persistenza, dalla loro portanza e per il fatto che non provocano meteorismo negli animali.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 36 di 60

La festuca rossa (**Figura 28**) è una foraggera "tappezzante" dall'ottima qualità ma dalla modesta produttività, caratterizzata dalla piccola taglia delle piante, che formano cotici densi ed omogenei. Tale specie risulta essere molto persistente ed adatta al pascolamento. In virtù di tali caratteristiche è aggiunta ai miscugli complessi per costituire il "fondo" della cotica, soprattutto nelle condizioni ove il loglio inglese troverebbe condizioni sfavorevoli allo sviluppo (in particolare la siccità).



**Figura 28.** Festuca rossa Fonte: [https://usercontent.one/wp/antropocene.it/wp-content/uploads/2019/06/Festuca\\_rubra-800x445.jpg?media=1660111276](https://usercontent.one/wp/antropocene.it/wp-content/uploads/2019/06/Festuca_rubra-800x445.jpg?media=1660111276)

L'erba mazzolina (**Figura 29**) è una graminacea foraggera dalla spiccata capacità di ricaccio, con una longevità compresa tra i 5 e gli 8 anni ed un'elevata produttività. Ha una discreta resistenza alla siccità ed è poco sensibile all'ombreggiamento. L'appetibilità del foraggio prodotto risulta molto buona e ben si presta ad essere parte di miscugli oligofiti e polifiti con trifoglio bianco e sulla.



**Figura 29.** Erba mazzolina Fonte: [https://st3.depositphotos.com/6987128/34875/i/450/depositphotos\\_348753812-stock-photo-meadow-blooms-valuable-fodder-grass.jpg](https://st3.depositphotos.com/6987128/34875/i/450/depositphotos_348753812-stock-photo-meadow-blooms-valuable-fodder-grass.jpg)

La festuca alta (**Figura 30**) è una foraggera caratterizzata dall'estrema rusticità, capace di adattarsi ad ogni tipologia di terreno e a condizioni di forte siccità. È tra le graminacee più produttive e fra le più longeve, essendo capace di creare cotici erbosi caratterizzati da cespi fitti, robusti e rigogliosi durevoli dai 6 ai 10 anni. Si presta bene allo sfalcio e alla consociazione con il trifoglio bianco.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 37 di 60



**Figura 30.** Festuca alta Fonte: <https://thumbs.dreamstime.com/b/la-festuca-arundinacea-93279549.jpg>

Il cotico erboso derivante dal mix ipotizzato sarà caratterizzato da:

- biomassa in continua evoluzione e fioriture scalari durante tutto il periodo di pascolamento delle greggi;
- sfruttamento di tutta la colonna di terra per la radicazione, avendo le varie specie diverse caratteristiche degli apparati radicali;
- scarsa competitività delle varie essenze l'una con le altre in termini di risorsa idrica e nutrienti, nonché capacità di alcune di arricchire il terreno favorendo lo sviluppo di altre;
- una buona capacità di risemina il che concorrerà a garantire una certa persistenza delle specie nel tempo, da gestire ad hoc con risemine e trasemine.

### 6.2.3. Operazioni colturali

Le operazioni necessarie alla messa in atto della proposta progettuale cominceranno verosimilmente appena ultimata la fase di posa dei moduli fotovoltaici, riassumibili come di seguito:

#### A) Conversione delle superfici a seminativo in prato-pascolo permanente:

- 1- concimazione;
- 2- lavorazione superficiale;
- 3- semina.

La **concimazione d'impianto** (1) verrà effettuata apportando al terreno una quantità massima di 90 kg/ha di unità di fosforo totale, mediante spandiconcime granulare. In virtù del fatto che le superfici sono già attualmente soggette a pascolamento, si ipotizza che l'apporto di fosforo non supererà i 50 kg/ha. Tale elemento è infatti ampiamente restituito al terreno attraverso le deiezioni e le orine degli animali che vi pascolano. Non è prevista concimazione azotata in quanto l'equilibrio di tale elemento nel terreno sarà garantito dal fatto che il mix di essenze foraggere scelto comprende specie azotofissatrici (leguminose) e poiché non ammissibile dalla Operazione 10.1c del PSR regionale.

La **lavorazione meccanica superficiale** (2) consisterà in un'erpatura leggera (5-15 cm), al fine di sminuzzare le zolle superficiali, rendere piana la superficie dell'arativo ed interrare il concime minerale precedentemente distribuito, predisponendo così il terreno alla successiva semina. Tale lavorazione verrà eseguita da un erpice a dischi indipendenti di modeste dimensioni (3 metri circa) trainato da trattore anch'esso di modeste

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 38 di 60

dimensioni (larghezza di 1,65 metri circa - tipologia da frutteto): la scelta di tali macchine si rende necessaria al fine di garantire un agevole passaggio tra le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici.

La **semina** (3) delle essenze foraggere - vedasi **Capitolo 6.2.2**- avverrà nel mese di settembre mediante seminatrice da frumento (con una densità di semina di 80 kg/ha, il minimo ammesso dalla Misura 10.1c). L'epoca di semina è ipotizzata in settembre - mese ottimale per la semina del prato permanente in considerazione della zona designata per l'intervento, caratterizzato da un clima mediterraneo con inverni miti, che possono consentire una buona germinazione autunnale anche per le leguminose.

#### **B) Mantenimento e miglioramento delle superfici a pascolo permanente:**

- 1- strigliatura;
- 2- semina.

La **strigliatura** (1) verrà effettuata con l'utilizzo di attrezzo strigliatore o erpice a catena al fine di migliorare l'aerazione superficiale del suolo, consentendo inoltre di spargere le feci dei capi ovini che pascolano le superfici in modo da evitare eccessi e carenze nutritive nelle varie zone e favorendo l'assimilazione delle stesse da parte del terreno.

La **semina** (2) delle essenze foraggere - vedasi **Capitolo 6.2.2** - avverrà nel mese di settembre mediante seminatrice da frumento (con una densità di semina di 80 kg/ha). L'epoca di semina è ipotizzata in settembre - mese ottimale per la semina del prato stabile in virtù considerazione della zona designata per l'intervento, caratterizzato da un clima mediterraneo con inverni miti, che possono consentire una buona germinazione autunnale anche per le leguminose.

Si specifica infine che non è previsto il ricorso alla pratica dell'irrigazione.

#### **6.2.4. Gestione delle superfici**

Il prato permanente destinato al pascolo è un'entità biologica quasi sempre inizialmente eterogenea per la diversità delle piante componenti, ma che varia nel tempo in base all'insieme delle condizioni ambientali e antropiche e, in particolare, alle modalità di utilizzazione da parte del bestiame (più o meno ben controllato e gestito).

Tra le operazioni previste per il mantenimento del manto erboso si ipotizza una **trasemina** al terzo anno, impiegando una quantità di seme dimezzata rispetto a quella utilizzata alla semina di impianto. Tale pratica consiste l'apporto periodico di un'ulteriore quantità di sementi per rivitalizzare il prato e ristabilizzarne la qualità e la quantità in percentuale di ogni specie impiegata. Il mix sarà stabilito sulla base dei risultati del monitoraggio agro pastorale (vedasi **Capitolo 7**), non escludendo la possibilità di far variare la composizione delle specie che lo compongono al fine di limitare fenomeni di stanchezza.

Sempre in riferimento ai dati raccolti con il monitoraggio, ci si riserva la possibilità di ricorrere a lavorazioni più profonde quali l'**arieggiatura** - da effettuare con ripper o ripuntatore - al fine di decompattare meccanicamente il suolo, aumentandone l'arieggiamento e la capacità di infiltrazione delle acque.

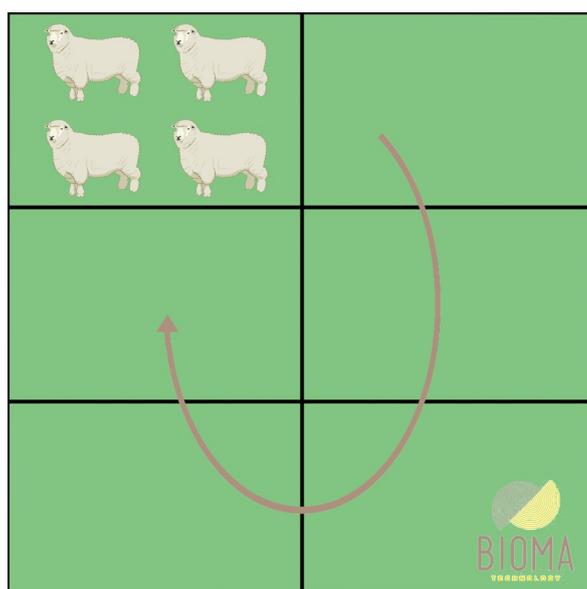
La composizione floristica dei pascoli e, conseguentemente, il loro valore foraggero, è infatti molto variabile non solo in dipendenza delle condizioni ambientali, ma anche della modalità di sfruttamento. Accanto a pascoli caratterizzati da residui secchi erbacei di vegetazioni precedenti, la cosiddetta necromassa - spesso

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 39 di 60

ricca di infestanti ed il cui decadimento è anche dovuto alla mancata od errata utilizzazione per un insufficiente carico di bestiame -, ne esistono altri degradati a seguito del sovraccarico di bestiame e del sovrapascolamento protratto nel tempo, che non permette la ricostituzione del cotico erboso. In particolare, il sovrapascolamento può portare ad un continuo e sistematico impoverimento delle specie più appetite e alla diffusione di quelle di minor pregio o addirittura infestanti/dannose. Gli animali esercitano una notevole pressione sulle essenze da essi maggiormente gradite, pascolandole con intensità superiore, mentre utilizzano in minima parte le essenze non pabulari: ciò determina una propagazione eccessiva di queste ultime a discapito delle prime. Il risultato di questo insieme di condizioni è il degrado lento, costante ed inesorabile dei cotici erbosi, con l'invasione di infestanti erbacee poliennali e arbustive ed il diradamento delle essenze pabulari.

Sulle zone che risulteranno meno pascolate ci si riserva la possibilità di eseguire la **raccolta del seme in loco** - mediante aspirazione o spazzolamento<sup>32</sup> - al fine di creare una scorta di sementi utili per le successive trasemine, risparmiando il costo di acquisto delle stesse.

Per una gestione ottimale del prato, è prevista una gestione del **pascolamento in rotazione (Figura 31)**, suddividendo l'area in appositi settori.



**Figura 31.** Pascolamento a rotazione di 6 settori.

Questo sistema consente al gregge di utilizzare un'area o un settore di pascolo (tanca) per un periodo controllato di tempo per poi essere dislocato su altri settori fino a tornare su quello di partenza. Tale gestione è inoltre già di per sé agevolata dal fatto che l'area di impianto risulta progettualmente suddivisa in diversi lotti (aree recintate), apportando i seguenti benefici:

<sup>32</sup> La raccolta del seme mediante aspiratori portatili permette l'effettuazione di tale operazione su prati ripidi ed irregolari. La raccolta del seme mediante spazzolamento è effettuata da apposito ed economico macchinario trainato, con una resa che raggiunge il 75%.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 40 di 60

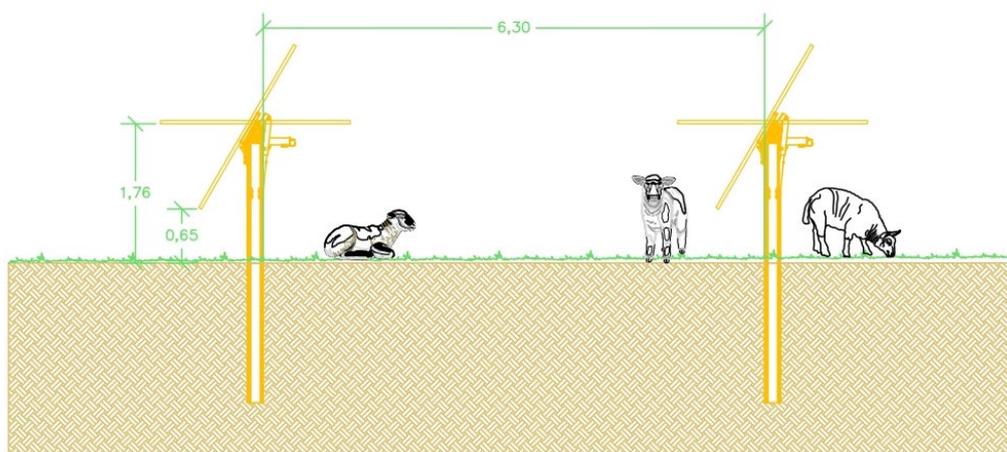
- possibilità di scegliere l'epoca ottimale per il consumo delle specie vegetali presenti: le graminacee vanno pascolate quando sono ancora nella fase di accestimento o da inizio levata, per evitare un evidente decadimento della qualità (più fibra, meno protidi, minore appetibilità, maggiori scarti) e compromettere il futuro ricaccio (la presenza di steli blocca lo sviluppo di nuovi germogli di accestimento).
- la quantità di foraggio consumato è più elevata, cosa che fa salire notevolmente il coefficiente di utilizzazione;
- il bestiame può essere diviso in gruppi omogenei per esigenze alimentari (animali in produzione, animali giovani, ecc.), esercitando quindi un certo controllo sul razionamento dei singoli individui;

Il pascolo così condotto porterà alla creazione di un **sistema estensivo a elevata biodiversità** e qualità e rispetto allo stato attuale, l'intervento consentirà di:

- prevenire le situazioni di degrado ed erosione, grazie all'infittimento del cotico con piante perenni e auto riseminanti (es. trifoglio);
- incrementare la disponibilità di foraggio fresco ed il valore nutritivo dello stesso (rispetto allo stato di fatto);
- migliorare la qualità foraggera del pascolo, consentendo quindi una probabile riduzione della necessità di ricorrere all'uso di mangimi concentrati.

Il pascolamento, al contempo, favorirà l'incremento della produzione e l'emissione di nuovi steli (riducendo la taglia), contenendo di fatto i fenomeni di allettamento, senescenza e marcescenza del cotico erboso, oltre a sopperire alle esigenze nutritive del prato grazie alle deiezioni dei capi, che saranno periodicamente sparse (in quanto la presenza di deiezioni concentrate in certi punti del campo è un ostacolo ad un corretto ributto del cotico erboso).

L'installazione fotovoltaica si integrerà quindi in modo sinergico al contesto rurale sopra descritto (**Figura 32**), consentendo la continuazione dell'utilizzo agro-zootecnico dell'intera area sottesa ai pannelli, **garantendo riparo ai capi** (dalle alte temperature estive e dalle più basse della stagione invernale) che pascoleranno l'area e migliorando la qualità e la quantità del foraggio fresco nella disponibilità degli stessi.



**Figura 32.** Sezione dell'area destinata a prato permanente con particolare degli ovini che pascolano l'area tra le strutture dell'impianto fotovoltaico

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 41 di 60

L'intera superficie di progetto verrà gestita escludendo il ricorso a prodotti chimici di sintesi - fertilizzanti e fitofarmaci - offrendo ai capi che pascoleranno le superfici un ambiente quanto più naturale possibile. La scelta delle specie dalle ottime proprietà mellifere contribuirà a caratterizzare in maniera positiva la proposta progettuale, offrendo ai bottinatori nutrimento garantito da fioriture abbondanti e scalari sull'intera superficie dell'impianto agrivoltaico.

#### **6.2.5. Sostenibilità produttiva delle superfici**

Il progetto proposto ha come obiettivo il mantenimento dell'indirizzo produttivo aziendale, ovvero la conduzione dei fondi rustici oggetto di intervento per il foraggiamento - per lo più attraverso pascolamento diretto - degli animali di proprietà di allevatori locali (come esposto nel **Capitolo 5.4**). L'intervento propone una conversione delle superfici attualmente coltivate a foraggiere annuali in prato-pascolo polifita permanente, nonché un miglioramento di quelle già destinate al pascolamento diretto attraverso scelte di natura tecnica ed agronomica.

### 6.2.5.1. Stato di fatto

La destinazione colturale - le cui informazioni derivano da fascicolo AGEA, riferite alla sola superficie agricola e non la totalità catastale - delle particelle oggetto di intervento è riassunta come di seguito in **Tabella 2**:

**Tabella 2.** Categorizzazione produttiva delle porzioni delle particelle oggetto di intervento

Foglio n°	Particella n°	Porzione	Destinazione	Superficie ha	
100	108		FRUMENTO DURO	8,8979	
	109		FRUMENTO DURO	0,2641	
	110		FRUMENTO DURO	0,0115	
	112		FRUMENTO DURO	1,07461	
	113		FRUMENTO DURO	0,3109	
	90		FRUMENTO DURO	2,2603	
	38		FRUMENTO DURO	0,2930	
	68		FRUMENTO DURO	0,0250	
	66		FRUMENTO DURO	0,0770	
	106		FRUMENTO DURO	0,6195	
	70		FRUMENTO DURO	0,2500	
	72		FRUMENTO DURO	0,0470	
	52		FRUMENTO DURO	0,5200	
	73		CECE	1,6400	
	6		CECE	1,5450	
	11	AA		CECE	0,0343
		AB		PRATO POLIFITA	0,0673
	89		CECE	2,5533	
	103		CECE	3,0093	
101	33		FRUMENTO DURO	7,8440	
96	18		VECCIA	0,0232	
	225	AA	ORZO	49,5086	
		AB	PRATO POLIFITA	2,8131	
	226		FRUMENTO DURO	0,5453	
227		FRUMENTO DURO	0,2310		
TOTALE superficie agricola (Telerilevamento - info da fascicoli AGEA)				<b>84,4652<sup>33</sup></b>	

TOTALE PRATO-PASCOLO (MONOSPECIE)	<b>81,5848</b>
TOTALE PRATO POLIFITA (PASCOLO)	<b>2,8804</b>

<sup>33</sup> Si specifica che vi è una discrepanza tra la superficie catastale indicata nel **Capitolo 5.1** - derivante da visura su portale SISTER - e quella telerilevata da AGEA, riferibile alla sola superficie agricola utilizzata (SAU).

La produzione unitaria media calcolata in **UF** (Unità Foraggere)<sup>34</sup> derivante dalle diverse tipologie di colture in atto sulle superfici oggetto di studio è stata calcolata come di seguito, utilizzando i dati forniti dal RICA in **Tabella 3**.

**Tabella 3.** Produzioni unitarie medie e corrispondenti unità foraggere per quintale delle principali colture foraggere -  
Fonte: dati RICA

PRODUZIONI UNITARIE MEDIE E CORRISPONDENTI UNITA' FORAGGERE PER QUINTALE DELLE PRINCIPALI COLTURE FORAGGERE									
FORAGGI VERDI	g/ha		UF/q	UFL/q	UFC/q	Superficie ha	UF	UFL	UFC
	MIN	MAX							
prato-pascolo	120	160	14	16	15	81,58	159897	182739	171318
prato polifita non irriguo	180	240	13	16	15	2,88	7862	9677	9072
<b>TOTALE</b>						<b>84,46</b>	<b>167759</b>	<b>192416</b>	<b>180390</b>

Allo stato di fatto, le superfici oggetto di studio garantiscono una resa di **192.416 Unità Foraggere Latte** ad anno, equivalenti ad una resa di **180.390 Unità Foraggere Carne** ad anno.

Tali rese in UF sono sufficienti ad alimentare mediamente circa **345 capi** di pecore da latte o **285 capi** di pecore da carne, come calcolato di seguito utilizzando i dati forniti dal RICA in **Tabella 4**.

**Tabella 4.** Calcolo del fabbisogno alimentare espresso in UF per tipologia di specie - Fonte: dati RICA

FABBISOGNO DELLE SPECIE ANIMALI DI INTERESSE ZOOTECNICO ESPRESSO IN UF-UFL-UFC PER CAPO/ANNO									
OVICAPRINI	UF		UFL		UFC		Consistenza Zootecnica	UF Aziendali	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX			
pecore da latte			508	609			<b>345</b>	<b>192683</b>	
pecore da carne pero vivo kg 50-80					557	696	<b>285</b>	<b>178553</b>	

### 6.2.5.2. Proposta progettuale

Sull'intera superficie recintata (ha 63,55, di cui ha 60,12 effettivamente occupata da destinata all'attività agro-zootecnica) interessata dal progetto agrivoltaico verrà perpetrata l'attività agro-pastorale. Le superfici attualmente occupate da colture seminative verranno convertite a pascolo permanente.

Le superfici già destinate al pascolamento della consistenza zootecnica verranno migliorate dal punto di vista della quantità e della qualità del foraggio fresco producibile sulle stesse.

<sup>34</sup> In zootecnica, l'UF (Unità Foraggere) è un'unità di misura convenzionale basata sull'equivalenza del valore nutritivo dei foraggi rispetto a 1kg di amido, orzo o avena. Può essere catalogata anche in UF (tradizionale), UFL (Latte - esprime il valore nutritivo degli alimenti per i capi destinati alla produzione di latte) e UFC (Carne - esprime il valore nutritivo degli alimenti per i soggetti in accrescimento rapido all'ingrasso).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 44 di 60

I capi allevati continueranno a pascolare l'intera area recintata, interessata dall'installazione dei moduli fotovoltaici.

La produzione unitaria media calcolata in **UF** (Unità Foraggere) derivante dall'intera superficie di progetto è stata calcolata come di seguito utilizzando i dati forniti dal RICA in **Tabella 5**.

**Tabella 5.** Produzioni unitarie medie e corrispondenti unità foraggere per quintale delle principali colture foraggere -  
Fonte: dati RICA

PRODUZIONI UNITARIE MEDIE E CORRISPONDENTI UNITA' FORAGGERE PER QUINTALE DELLE PRINCIPALI COLTURE FORAGGERE									
FORAGGI VERDI	g/ha		UF/g	UFL/g	UFC/g	Estensione Aziendale ha	UF Aziendali	UFL Aziendali	UFC Aziendali
	MIN	MAX							
prato polifita non irriguo	180	240	13	16	15	60,12	164128	202003	189378

La proposta progettuale modificherà la resa delle superfici oggetto di studio, garantendo una produzione di **202.003 Unità Foraggere Latte** ad anno, equivalenti a **189.378 Unità Foraggere Carne** ad anno.

Tale resa in UF è sufficiente ad alimentare circa **360 capi di pecore da latte** o **300 capi di pecore da carne**, come calcolato di seguito utilizzando i dati forniti dal RICA in **Tabella 6**.

**Tabella 6.** Calcolo del fabbisogno alimentare espresso in UF per tipologia di specie - Fonte: dati RICA

FABBISOGNO DELLE SPECIE ANIMALI DI INTERESSE ZOOTECNICO ESPRESSO IN UF-UFL-UFC PER CAPO/ANNO									
OVICAPRINI	UF		UFL		UFC		Consistenza Aziendale	UF Aziendali	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX			
pecore da latte			508	609			360	201360	
pecore da carne peso vivo kg 50-80					557	696	300	187950	

I calcoli della produttività foraggera sopra indicati sono riferiti alla sola area recinta - al netto della sottrazione delle aree non agricole (locali tecnici, superfici relative all'ingombro dei pali di sostegno delle strutture fotovoltaiche e superfici sottostanti la parte bassa al di sotto dei moduli fissi nell'area nord).

**Il potenziale produttivo dell'area recintata (ha 63,55, di cui ha 60,12 destinati all'attività agro-zootecnica) post intervento è maggiore del 9,5% rispetto a quello attuale dell'intera area agricola (ha 84,46).**

Si sottolinea quindi che l'area esterna alla superficie recintata potrà garantire altresì unità foraggere ulteriori nella disponibilità dei capi ovini.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 45 di 60

## 7. Monitoraggio agro-pastorale

In conformità alle "Linee Guida per l'Applicazione dell'Agro-fotovoltaico in Italia" (Unitus, 2021) si prevede l'installazione, già in fase Ante-Operam, di una stazione agrometeorologica. Per poter controllare lo stato quali-quantitativo della componente/fattore ambientale biota, nonché la sua evoluzione nello spazio e nel tempo, è di fondamentale importanza la conoscenza dei parametri ambientali. A tale scopo, la stazione sarà dotata dei seguenti sensori di controllo: temperatura e umidità del suolo e dell'aria, precipitazione, velocità e direzione del vento, radiazione solare totale, evapotraspirazione e bagnatura fogliare. La raccolta dei dati meteo proseguirà anche durante la fase di esercizio dell'impianto (corso d'opera).

La disponibilità di tali dati consentirà anche di monitorare l'andamento delle produzioni in termini di benessere animale.

Per quanto concerne il **benessere degli ovini** e la conseguente qualità delle produzioni, si prevede di:

- utilizzare i dati meteo per il monitoraggio dell'**indice di disagio** (THI -Temperature Humidity Index), al fine di prevedere eventuali rischi di stress termico;
- effettuare rilievi vegetazionali per la stima del **valore pastorale (VP)** del pascolo, al fine di garantire la corretta alimentazione dei capi.

Il monitoraggio dell'**indice di disagio** si basa sul fatto che le temperature elevate possono compromettere il benessere animale. Ciò è dovuto agli effetti dello stress termico (Heat stress - HS), che si manifesta con alterazioni delle funzioni fisiologiche (riproduzione, accrescimento) con conseguente peggioramento della qualità e quantità delle produzioni (Peana *et al.*, 2006a; Cannas, 2015 Lowe *et al.*, 2002; Di Giuseppe *et al.*, 2008).

Lo stress termico sta diventando un problema sempre più diffuso a livello mondiale, non solo per le zone caratterizzate da climi caldi, ma anche per le zone temperate a causa delle sempre più frequenti ondate di calore. Nel 2018 in Australia l'HS, dovuto al progressivo innalzamento della temperatura, ha causato la morte di 2900 pecore<sup>35</sup> evento che ha portato la comunità scientifica a prestare sempre più attenzione a questo aspetto e allo sviluppo di strategie utili alla sua mitigazione.

La valutazione dello stress termico può essere valutata attraverso quello che viene definito l'indice di disagio THI -Temperature Humidity Index, calcolato sui valori orari di temperatura e umidità relativa, secondo la formula di Kelly e Bond:

$$THI = (1.8 \cdot T + 32) - (0.55 - 0.55 \cdot (H)/100) \cdot ((1.8 \cdot T + 32) - 58)$$

Dove: T=temperatura [°C]; H=umidità dell'aria [%]

Valori crescenti dell'indice individuano livelli di stress crescente e una maggiore condizione di disagio e rischio per gli animali. Per gli ovini, sono stati considerati i seguenti valori: THI<68 termoneutralità; 68≤THI<72 lieve disagio; 72≤THI<75 disagio; 75≤THI<79 allerta; 79≤THI<84 pericolo e THI≥84 emergenza (Di Giuseppe *et al.*, 2008; Peana *et al.*, 2006b). Un recente studio di Lowe *et al.* (2022), mostra che negli ovini uno stress termico

<sup>35</sup><https://www.theguardian.com/world/2018/apr/05/disgusting-death-of-2900-australian-sheep-on-ship-to-middle-east-sparks-investigation#:~:text=About%20%2C400%20sheep%20died%20on,showed%20dead%20and%20decaying%20sheep.>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 46 di 60

di breve durata non compromette la qualità della carne, ma conferma che un eccessivo calore prolungato può avere effetti negativi anche su questa componente. Il monitoraggio in continuo delle condizioni meteo e dell'indice THI risulterà un supporto utile per valutare il rischio dell'incorrere di situazioni rischiose per gli animali. Zhang *et al.*, 2020 riportano tra le misure utili a prevenire l'HS la creazione di zone ombreggiate e protette e strategie nutrizionali.

Nell'ottica di **monitorare e migliorare le proprietà del prato-pascolo polifita** non solo in termini di proprietà foraggere, ma anche di conservazione del cotico e di potenziamento della biodiversità, verrà periodicamente effettuato uno studio della vegetazione finalizzato a descrivere la stessa dal punto di vista floristico e bio-ecologico e a evidenziarne i dinamismi e le relazioni con l'attività pastorale (Gusmeroli e Pozzoli, 2003). I risultati dei rilievi consentiranno di mettere in atto le operazioni necessarie al miglioramento della composizione specifica.

Il campionamento del manto erboso verrà effettuato una prima volta in fase ante-operam solo sulle aree attualmente a pascolo, al fine di valutare esattamente le specie da impiegare per la prima trasemina, e poi una volta ogni 2-3 anni sull'intera superficie. Il rilievo verrà condotto con il metodo indicato da Bolzan (2009) che prevede di effettuare un rilievo in primavera (maggio) e uno in autunno (ottobre) di ciascun anno di campionamento, in modo da consentire una valutazione più approfondita di eventuali variazioni stagionali nella composizione floristica. La metodologia fitopastorale impiegata è quella dell' **analisi lineare**<sup>36</sup>, proposta da Daget & Poissonet (1969), che prevede il rilevamento della composizione vegetazionale delle risorse pascolive su 2 transetti di 25 m. Dalla composizione vegetazionale, con opportuni coefficienti, si otterrà il **Valore Pastorale (VP)**<sup>37</sup>, che si è rilevato essere un buon indice della qualità complessiva della prateria, sia dal punto di vista produttivo che della composizione floristica (Daget & Poissonet, 1969; Baldoni e Giardini, 2002). Rispetto ad altri metodi, quali la valutazione foraggera o la capacità di carico, presenta infatti migliore rappresentatività e minore onerosità operativa (Baldoni e Giardini, 2002). Tale indice fornirà indicazioni sull'adeguatezza foraggera del prato e consente di valutare la necessità di riequilibrare la presenza delle specie attraverso operazioni di trasemina.

<sup>36</sup> Il metodo dell'analisi lineare prevede il censimento delle specie presenti all'interno di un'area definita come una porzione di terreno di estensione contenuta in cui le condizioni ecologiche sono omogenee e caratterizzate da una vegetazione uniforme.

<sup>37</sup> Per il calcolo di VP viene utilizzato l'indice specie specifico ISI che varia da 0 (specie di nessun interesse foraggero) a 5 (specie ottima per qualità, appetibilità e produttività) (Roggero et al., 2002). Il VP può variare da 0 a 100 e sulla base di tale valore le aree prative possono essere classificate in tre categorie: pascoli di scarsa qualità (PV ≤ 5), media qualità (15 < PV < 25), buona qualità (PV > 25) (Bolzan, 2009).

## 8. Analisi economica

### 8.1. Analisi economica stato di fatto

Come illustrato nel Capitolo 5.4, l'intera superficie catastale è vocata alla coltivazione di specie seminate a ciclo autunno-vernino e leguminose foraggere destinate al pascolamento diretto di capi ovini (ed alla eventuale raccolta), e in minor parte a pascoli permanenti. Per il conto economico relativo allo stato di fatto è stata utilizzata la superficie riconducibile alla SAU (Superficie Agricola utilizzata) espressa in **Tabella 2 (Capitolo 6.2.5.1)** occupata da prato-pascolo monospecie (**ha 81,54**).

**Tabella 7.** Analisi economica stato di fatto

COSTI DI COLTIVAZIONE				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Aratura	ha	120,00 €	81,54	9.784,80 €
Erpicatura-Semina	ha	100,00 €	81,54	8.154,00 €
Acquisto sementi Frumento Duro (120 kg/ha)	kg	1,20 €	2792,40	3.350,88 €
Acquisto sementi Orzo (120 kg/ha)	kg	0,75 €	5940,00	4.455,00 €
Acquisto sementi Cece (100 kg/ha)	kg	3,00 €	880,00	2.640,00 €
Concimazione copertura	ha	80,00 €	81,54	6.523,20 €
Acquisto fertilizzante	ha	110,00 €	72,77	8.004,70 €
Trattamento fitosanitario	ha	80,00 €	81,54	6.523,20 €
Acquisto prodotti fitosanitari	ha	50,00 €	72,77	3.638,50 €
<b>TOTALE</b>				<b>53.074,28 €</b>

RICAVI				
Ricavo	UM	Importo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Affitto superfici	ha	837,00 € <sup>38</sup>	81,54	<b>68.248,98 €</b>

REDDITO	
TOTALE COSTI	53.074,28 €
TOTALE RICAVI	68.248,98 €
<b>REDDITO NETTO</b>	<b>15.174,70 €</b>

Il **reddito medio annuo totale stimato** considerando tali superfici (**ha 81,54**) ammonta a **€ 186,10 / ha**.

<sup>38</sup> Rilevazione EUROSTAT, Aprile 2020 - Canone di affitto medio per ettaro a seminativo e/o pascolo permanente in Italia

## 8.2. Analisi economica prato-pascolo permanente

Come illustrato nel **Capitolo 6.2.1**, il presente progetto prevede due distinti interventi a seconda dell'attuale stato di fatto delle due diverse tipologie di superfici. Il conto economico è sintetizzato di seguito in **Tabella 9**.

**Tabella 8.** Analisi economica proposta progettuale

COSTI DI COLTIVAZIONE 1° ANNO - A. CONVERSIONE SUPERFICI SEMINATIVE IN PRATO-PASCOLO PERMANENTE				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Acquisto Perfosfato semplice - 50 kg/ha di P) <sup>39</sup>	ha	95,00 €	53,92	5.122,40 €
Spandimento concime	ha	90,00 €	53,92	4.852,80 €
Epicatura (Interramento concime e preparazione letto di semina)	ha	80,00 €	53,92	4.313,60 €
Acquisto sementi Mix foraggero (80 kg/ha)	ha	800,00 €	53,92	43.136,00 €
Semina	ha	70,00 €	53,92	3.774,40 €
TOTALE				<b>61.199,20 €</b>

COSTI DI COLTIVAZIONE 1° ANNO - B. MIGLIORAMENTO DELLE SUPERFICI A PASCOLO PERMANENTE				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Strigliatura (Interramento concime e preparazione letto di semina)	ha	80,00 €	6,20	496,00 €
Acquisto sementi Mix foraggero (80 kg/ha)	ha	800,00 €	6,20	4.960,00 €
Semina	ha	70,00 €	6,20	434,00 €
TOTALE				<b>5.890,00 €</b>

COSTI DI COLTIVAZIONE ACCESSORI				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Acquisto sementi Mix foraggero (40 kg/ha)	ha	400,00 €	60,12	24.048,00 €
Trasemina	ha	70,00 €	60,12	4.208,40 €
Arieggiatura (Ripper)	ha	250,00 €	60,12	15.030,00 €
TOTALE				<b>43.286,40 €</b>

RICAVID				
Ricavo	UM	Importo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Affitto superfici	ha	837,00 €	60,12	<b>50.320,44 €</b>

<sup>39</sup> <https://www.agrimag.it/prodotto/perfosfato-semplce-0-19-0/>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 49 di 60

REDDITO	
TOTALE COSTI	110.375,60 €
TOTALE RICAVI - 5 Annualità	251.602,20 €
<b>REDDITO NETTO</b>	<b>141.226,60 €</b>
<b>REDDITO NETTO MEDIO ANNUO</b>	<b>28.245,32 €</b>

Il **reddito medio annuo totale stimato** considerando la superficie destinata all'attività agro-zootecnica (**ha 60,12**) ammonta a **€ 479,71 / ha**.

### 8.3. Analisi economica monitoraggio agronomico

Come indicato nel **Capitolo 7**, si prevede l'installazione di una stazione agrometeorologica in campo per la quale si stimano i costi indicati in **Tabella 9**, ottenuti ipotizzando una vita dell'impianto di 25 anni e la licenza al Sistema di Supporto Decisionale.

**Tabella 9.** Analisi economica estimativa per il monitoraggio agrometeo delle coltivazioni

STRUMENTAZIONE MONITORAGGIO	COSTO (€)
Stazione agrometeorologica dotata di: · Temperatura/umidità · Pluviometro · Anemometro (velocità/direzione vento) · Radiazione solare globale/evapotraspirazione · Bagnatura fogliare	3.500,00 €
Manutenzione stazione (costo annuo 250 €x 25 anni)	6.250,00 €
Licenza DSS (costo annuo 1000 €/anno x 25 anni)	25.000,00 €
<b>TOTALE</b>	<b>34.750,00 €</b>

Nelle diverse fasi di monitoraggio si prevede la figura di un Agronomo che monitori i dati rilevati in campo (monitoraggi, stato fitosanitario, fenologia, operazioni di campo), i risultati produttivi ottenuti e fornisca indicazioni tecniche di conduzione attraverso report specifici, per un impegno totale di circa 2 giorni l'anno.

Fase progettuale*	Monitoraggio meteorologico		Raccolta/ gestione/ analisi dati DSS	Monitoraggio qualità delle produzioni	Importo (€)	
			Agronomo*	Agronomo*		
Ante Operam	Installazione stazione meteo	€ 3.500,00			€ 3.500,00	
Corso d'Opera						
Post Operam	Fase di esercizio	Manutenzione e licenza SW DSS	€ 31.250,00	€ 7.875,00	€ 7.875,00	€ 47.000,00
	Fase di dismissione					
<b>TOTALE</b>					<b>€ 50.500,00</b>	

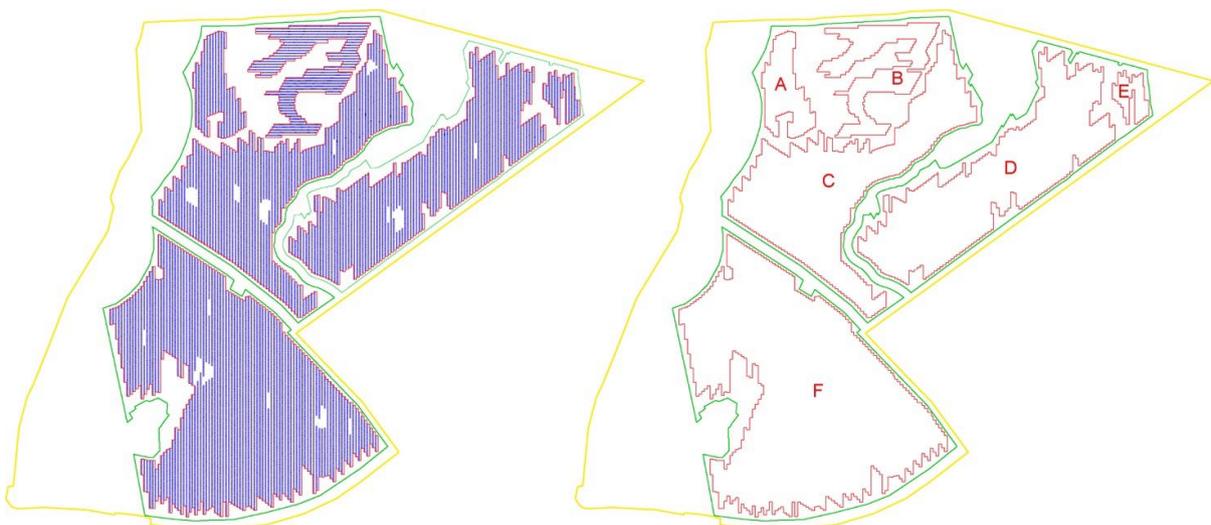
\*è stato considerato un agronomo Senior per un costo giornaliero di 350€/giorno

## 9. Conformità alle Linee Guida del MiTE

In questo capitolo si analizza la conformità del progetto rispetto alle Linee Guida del MiTE (**Capitolo 3**).

Al fine di agevolare la comprensione si riportano di seguito come sono stati calcolati i parametri utilizzati per la valutazione per il progetto proposto:

- **Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico ( $S_{pv}$ ):** è stata considerata l'area riferibile alla somma di tutte le superfici dei moduli fotovoltaici proiettate ortogonalmente al terreno. Il numero dei moduli fotovoltaici impiegati per la tessera "B" è stato moltiplicato per l'area proiettata del singolo modulo, coincidente con l'estensione del modulo stesso inclinato di 33° in quanto il progetto prevede l'impiego di strutture fisse. Per quanto riguarda invece le tessere "A,C,D,E,F" il numero di moduli è stato moltiplicato per l'estensione del modulo stesso in quanto il progetto proposto prevede l'impiego di tracker.
- **Superficie di un sistema agrivoltaico ( $S_{tot}$ ):** per ottenere tale parametro si è fatto riferimento alla superficie delle singole tessere che vanno a comporre la totalità del Sistema Agrivoltaico proposto.
- **Tessere:** le tessere sono state identificate considerando la proiezione dei moduli fissi inclinati di 33° per la tessera "B" e la proiezione ortogonale dei tracker inclinati di 90° per le tessere "A,C,D,E,F" oltre ad un offset (a sud per i fissi e ad est per i tracker) di ogni stringa pari al *gap*.
- **Superficie agricola:** per ciascuna tessera, l'area effettivamente utilizzata per l'attività agricola è stata calcolata sottraendo alla  $S_{tot}$  la superficie "agricola non utilizzabile" calcolata come la superficie che si ottiene moltiplicando: per quanto riguarda i moduli fissi, la larghezza compresa tra il margine esterno sud dei pannelli e il limite nord delle strutture di supporto per la lunghezza di ciascuna stringa; per quanto riguarda i tracker invece moltiplicando la larghezza delle strutture di supporto per la lunghezza di ciascuna stringa. Il pascolo continuerà anche al di sotto del lato nord dei moduli fissi, così come l'attività agricola al di sotto dei tracker, avendo impiegato strutture di sostegno di tipo orientabili all'occorrenza per l'esecuzione delle operazioni colturali, con un pitch minimo a garantire il passaggio delle macchine agricole più ingombranti.
- L'impianto agrivoltaico proposto risulta composto da 6 distinte tessere, rappresentate in **Figura 33**, a seguire si riportano le valutazioni effettuate per ciascuna tessera.



**Figura 33.** Distribuzione spaziale delle tessere della proposta agrivoltaica

### Requisito A - L'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"

L'impianto è stato progettato in modo tale da non compromettere la continuità dell'attività primaria, garantendo al contempo una sinergia della stessa con l'attività di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile e ciascuna tessera rientra nei valori indicati nelle linee guida. In **Tabella 10** si riportano le specifiche di ciascuna tessera.

**Tabella 10.** Calcoli per la verifica di conformità al Requisito A delle Linee Guida del MiTE

VOCE	TESSERA A	TESSERA B	TESSERA C
Superficie vela fissa proiettata	0	84,96	0
Superficie Tracker proiettato	88,11	0	88,11
Lunghezza stringa vela fissa (m)	0	36,78	0
Lunghezza stringa tracker (m)	37,02	0	37,02
N° stringhe vela fissa	0	131	0
N° stringhe tracker	73	0	423
Larghezza struttura di supporto (m)	0,20	0,20	0,20
Lunghezza Totale stringhe (m)	2702,46	4818,18	15659,46
Superficie totale moduli proiettati ( $S_{pv}$ ) (m2)	6432,03	11129,76	37270,53
Superficie totale Tessera ( $S_{tot}$ ) (m2)	17672,84	30427,83	105273,09
Superficie non Agricola Tessera (m2)	540,49	8894,36	3131,89
Superficie Agricola Tessera ( $S_{agr}$ ) (m2)	17132,35	21533,47	102141,2
<b>A.1 Rapporto <math>S_{agricola} / S_{tot}</math> (m2)</b>	<b>96,9</b>	<b>70,77</b>	<b>97,0</b>
<b>A.2 LAOR %</b>	<b>36,4</b>	<b>36,6</b>	<b>35,4</b>

VOCE	TESSERA D	TESSERA E	TESSERA F
Superficie vela fissa proiettata	0	0	0
Superficie Tracker proiettato	88,11	88,11	88,11
Lunghezza stringa vela fissa (m)	0	0	0
Lunghezza stringa tracker (m)	37,02	37,02	37,02
N° stringhe vela fissa	0	0	0
N° stringhe tracker	437	26	854
Larghezza struttura di supporto (m)	0,20	0,20	0,20
Lunghezza Totale stringhe (m)	16177,74	962,52	31615,08
Superficie totale moduli proiettati ( $S_{pv}$ ) (m2)	38504,07	2290,86	75245,94
Superficie totale Tessera ( $S_{tot}$ ) (m2)	106397,83	6022,69	211010,32
Superficie non Agricola Tessera (m2)	3235,55	192,5	6323,02
Superficie Agricola Tessera ( $S_{agr}$ ) (m2)	103162,28	5830,19	204687,3
<b>A.1 Rapporto <math>S_{agricola} / S_{tot}</math> (m2)</b>	<b>96,9</b>	<b>96,8</b>	<b>97,0</b>
<b>A.2 LAOR %</b>	<b>36,2</b>	<b>38,0</b>	<b>35,7</b>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 52 di 60

○ **A.1 Superficie minima coltivata ( $S_{agricola} \geq 0,7 \times S_{tot}$ ):**

Il prosieguo dell'attività agricola sarà garantito su una superficie di:

- Tessera A:  $S_{agricola}$  ha 1,7132 pari al **96,9%** della  $S_{tot}$  (ha 1,7672)
- Tessera B:  $S_{agricola}$  ha 2,1533, pari al **70,8%** della  $S_{tot}$  (ha 3,0427)
- Tessera C  $S_{agricola}$  ha 10,2141, pari al **97,0%** della  $S_{tot}$  (ha 10,5273)
- Tessera D  $S_{agricola}$  ha 10,3162, pari al **96,9%** della  $S_{tot}$  (ha 10,6397)
- Tessera E  $S_{agricola}$  ha 0,5830, pari al **96,8%** della  $S_{tot}$  (ha 0,6022)
- Tessera F  $S_{agricola}$  ha 20,4687, pari al **97,0%** della  $S_{tot}$  (ha 20,4687)

**Si specifica inoltre che l'attività agricola continuerà su alcune superfici comprese nell'area recintata esterne alle superfici delle singole tessere.** L'area totale destinata all'attività primaria (vedasi **Preambolo**) continuerà su una superficie totale di **ha 60,12**.

○ **A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR - Land Area Occupation Ratio  $\leq 40\%$ ):**

Il progetto Agrivoltaico proposto è caratterizzato da una configurazione (distanza tra i moduli, tipologia dei moduli, tipologia delle strutture di sostegno di tipo "tracker", ecc.) tale da garantire la continuità dell'attività agricola. Le scelte progettuali e la componente fotovoltaica impiegata - le cui caratteristiche tecniche sono riassunte nel **Capitolo 6.1** e più ampiamente indicate negli elaborati tecnici, garantirà il soddisfacimento di tale requisito.

Nello specifico:

- $S_{pv}$  Tessera A  $m^2$  6432,03 pari al **36,4%** della  $S_{tot}$  Tessera A (ha 1,7672)
- $S_{pv}$  Tessera B  $m^2$  11129,76 pari al **36,6%** della  $S_{tot}$  Tessera B (ha 3,0427)
- $S_{pv}$  Tessera C  $m^2$  37270,53 pari al **35,4%** della  $S_{tot}$  Tessera C (ha 10,5273)
- $S_{pv}$  Tessera D  $m^2$  38504,07 pari al **36,2%** della  $S_{tot}$  Tessera D (ha 10,6397)
- $S_{pv}$  Tessera E  $m^2$  2290,86 pari al **38,0%** della  $S_{tot}$  Tessera D (ha 0,6022)
- $S_{pv}$  Tessera F  $m^2$  75245,94 pari al **35,7%** della  $S_{tot}$  Tessera D (ha 20,4687)

Volendo quindi esprimere un unico valore di **LAOR medio** per l'impianto proposto risulta:

$$S_{pvTOT} = S_{pvA} + S_{pvB} + S_{pvC} + S_{pvD} + S_{pvE} + S_{pvF} = 170873,19 \text{ m}^2$$

$$S_{totTOT} = S_{totA} + S_{totB} + S_{totC} + S_{totD} + S_{totE} + S_{totF} = 476804,6 \text{ m}^2$$

**Land Area Occupation Ratio Medio = 35,8%**

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 53 di 60

## **Requisito B - Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli**

Come più volte descritto, l'impianto agrivoltaico è stato progettato per perseguire l'obiettivo di realizzare una condizione di integrazione tra il sistema agricolo ed il sistema di produzione di energia elettrica, massimizzando il potenziale produttivo dei due sottosistemi.

Nello specifico:

- **B.1.a Esistenza e resa della coltivazione:** come analizzato e calcolato nel **Capitolo 8**, il valore del reddito medio ante intervento ammonta a **186,10 €/ha**, inferiore al valore atteso di **479,71 €/ha** per i primi 5 anni successivi alla messa in opera dell'impianto agrivoltaico. Da un punto di vista di produttività delle superfici espressa in Unità Foraggere (**Capitolo 6.2.5**), il presente progetto garantirà un aumento del **9,5%** rispetto allo stato di fatto.
- **B.1.b Mantenimento dell'indirizzo produttivo o passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato:** il presente progetto garantirà il **mantenimento dell'indirizzo produttivo** attualmente in corso, ovvero la coltivazione di specie foraggere, aumentando redditività e capacità produttiva delle superfici;
- **B.2 Producibilità elettrica minima:** considerando che (come evidenziato nella stima della producibilità dell'impianto proposto facente parte della documentazione tecnica) la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico risulta pari a 69,376 GWh/anno, corrispondente a 1,09 GWh/ha/anno (ottenuta dividendo per l'area recintata la producibilità dei moduli fissi (4026 MWh/anno) sommata a quella dei tracker pari (65,35 GWh/anno)) e che un impianto ottimizzato per la produzione di energia elettrica (a parità di area occupata e tecnologia impiegata) può garantire una produttività di 87,77 GWh/anno (82,48 GWh/anno per i tracker e 5,29 GWh/anno per i fissi vedasi Allegato 1 alla presente), pari a 1,38 GWh/ha/anno, **il sistema proposto risulta in grado di garantire una producibilità del 79% rispetto a quella di un impianto fotovoltaico idealmente realizzabile sulla stessa area.**

### **Requisito D ed E - i sistemi di monitoraggio**

L'attività di monitoraggio è necessaria a garantire la continuità dell'attività agricola proposta, nello specifico:

- **D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agropastorale:** il valore pastorale del pascolo ed il mantenimento dell'attività agropastorale proposta verrà monitorata annualmente attraverso l'utilizzo di un DSS, il monitoraggio dell'indice di disagio delle greggi e la redazione di una relazione tecnica asseverata da parte di un professionista abilitato.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 54 di 60

## 10. Conclusioni

Considerata la necessità urgente di produzione da fonti rinnovabili, il progetto agrivoltaico qui proposto si pone l'obiettivo di integrare il nuovo impianto fotovoltaico alla conduzione agro-zootecnica in atto, perseguendo la massimizzazione dei benefici derivanti dalla sinergia delle due attività.

In termini **agronomici** si è proceduto alla strutturazione di un piano finalizzato a:

- assicurare continuità all'indirizzo produttivo in atto sull'appezzamento in oggetto (**coltivazione di specie graminacee e leguminose, destinate al foraggiamento diretto dei capi ovini di proprietà di allevatori locali**), nonché nell'areale di riferimento, adattandola al contesto progettuale dell'impianto agrivoltaico, attraverso una gestione orientata e maggiormente efficace del ciclo "agro-energetico";
- sfruttare positivamente le conoscenze esistenti che testimoniano come la presenza della componente energetica di progetto comporti spesso miglioramenti per le colture sottostanti in termini di **riduzione della radiazione incidente**, con **conseguente riduzione dell'evapotraspirazione** e quindi condizioni più favorevoli per lo sviluppo della coltura, nonché **benefici diretti per gli animali che pascoleranno l'area**;
- garantire un ricavo derivante dalla concessione in affitto delle superfici pascolive ad allevatori locali, **perpetrando tale pratica** già in atto;
- concretizzare il mutuo beneficio tra la componente agrivoltaica e l'ecosistema, in quanto le scelte delle specie del mix designato per la creazione del prato-pascolo permanente (costituito da essenze mellifere quali sulla, trifoglio e veccia per il 60% del totale) e l'inserimento delle misure di mitigazione paesaggistico-ambientali favoriranno il **mantenimento dell'equilibrio in termini di presenza dell'entomofauna** e fornirà **habitat naturali e riparo per altre specie animali** quali uccelli, roditori, rettili, ecc. (specie arboree ed arbustive delle fasce di mitigazione, nonché i pannelli stessi);
- migliorare l'attuale attività agricola, attuando una conversione ed un mantenimento delle superfici pascolive che possa garantire un **miglior utilizzo del suolo e delle risorse**, garantendo ai capi foraggio fresco migliore dal punto di vista quali-quantitativo.
- continuare a percepire il sostegno della PAC, vista la prosecuzione della pratica agro-pastorale attualmente in atto, nonché l'allineamento della proposta progettuale all' **Operazione 10.1c** del PSR della Regione Sicilia (vedi **Capitolo 4.3**), come auspicato dal CREA nelle "Considerazioni connesse allo sviluppo del sistema agrivoltaico" per l'esame del D.L. 17/2022 prima della conversione in legge (vedere **Capitolo 3**).

**Come ampiamente argomentato nel Capitolo 9, il progetto proposto soddisfa pienamente i requisiti minimi definiti dal MiTE nelle Linee Guida per poter definire un impianto "Agrivoltaico".**

Si specifica inoltre che il progetto proposto adempie **ulteriori parametri** degni di menzione, quali:

- l'utilizzo di moduli fotovoltaici ad alta efficienza;
- la configurazione spaziale studiata *ad hoc* per le specifiche esigenze colturali;
- l'adozione di tecniche produttive e scelte colturali che garantiranno una redditività più alta rispetto allo stato di fatto;

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 55 di 60

- l'impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della biodiversità del sito oggetto di intervento, quali l'utilizzo di specie mellifere e l'esclusione del ricorso a prodotti chimici di sintesi per la conduzione dei fondi agricoli;
- l'impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della qualità dei suoli, come il mantenimento della copertura vegetale del suolo durante il corso dell'anno;
- l'attenzione all'integrazione paesaggistica dell'impianto agrivoltaico, perseguito con le misure di mitigazione messe in atto meglio largamente argomentate nel SIA.

In fase di progettazione si è quindi lavorato sul **binomio agricoltura-energia**, al fine di applicare il c.d. *Sustainable Agriculture Concept*, volto a garantire che la componente fotovoltaica non sia in conflitto con le pratiche agricole in progetto, atte a contribuire non solo al mantenimento, ma anche al miglioramento della produzione foraggera derivante dalle stesse, vedasi **Capitolo 6.2.1.**

A completamento di quanto descritto, vale la pena richiamare alcuni aspetti trattati nel SIA (al quale si rimanda per tutti gli approfondimenti) relativi alla componente suolo e risorse naturali che vanno ad integrare i benefici sopraesposti quali:

- a livello progettuale-realizzativo le opere sono state concepite senza l'uso di materiali cementizi e/o bituminosi, fatto salvo per i soli basamenti dei trasformatori e delle cabine di consegna e sezionamento che saranno rimossi a fine vita;
- l'impianto non sarà fonte di emissioni significative: né di tipo acustico/luminoso (fatta salva l'illuminazione automatica di emergenza), né di tipo climalterante, inquinante o polveroso;
- l'area di progetto sarà protetta dalle intrusioni involontarie attraverso una ordinaria recinzione perimetrale. Tale recinzione, tuttavia, sarà dotata di varchi per il passaggio della fauna di piccola e media taglia al fine di consentirne la libera circolazione;
- il progetto prevede la messa a dimora di fasce di mitigazione perimetrali di tipo arboreo/arbustivo, che contribuiranno all'inserimento armonico del progetto nel paesaggio.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 56 di 60

## Bibliografia

- Adeh H. E, Selker JS, Higgins CW (2018) Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. PLoS ONE 13(11): e0203256. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>
- Amendola, S., Maimone, F., Pelino, V., & Pasini, A. (2019). New records of monthly temperature extremes as a signal of climate change in Italy. *International Journal of Climatology*, 39: 2491-2503.
- Andrew A.C., Bionaz M., Smallman M.A., Hasan D., Graham M., Rosati A., Higgins C. and Ates A. (2022). Seasonal Herbage and Lamb Production from Grass, Herbal Ley and Legume Pastures Established Within Solar Arrays.
- Andrew A.C., Higgins C.W., Bionaz M., Smallman M.A., Ates A. (2021b). Pasture Production and Lamb Growth in Agrivoltaic System. AIP Conference Proceedings 2361, 080001 (2021); <https://doi.org/10.1063/5.0055174>
- Andrew A.C., Higgins C.W., Smallman M.A., Graham M. and Ates S. (2021a). Herbage Yield, Lamb Growth and Foraging Behavior in Agrivoltaic Production System. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:659175. doi: 10.3389/fsufs.2021.659175.
- Aroca-Delgado, R., Perez-Alonso, J., Jesus Callejon-Ferre, A. & Velazquez-Marti, B. (2018) Compatibility between crops and solar panels: an overview from shading systems. *Sustainability* 10, 743
- Aruffo, E., & Di Carlo, P. (2019). Homogenization of instrumental time series of air temperature in Central Italy (1930–2015). *Climate Research*, 77: 193-204.
- Ballatore e Fierotti (1967). Carta dei Suoli della Sicilia. Università degli Studi di Palermo <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/carta-dei-suoli-della-sicilia>
- Badami G., Caracci M., Costanzo D. (2017), Le filiere agroalimentari siciliane. Analisi puntuale e tendenze del settore ad uso delle imprese agricole e dell'utenza pubblica, Antipodes, Palermo;
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F., & Nanni, T. (2004). Changes in daily precipitation frequency and distribution in Italy over the last 120 years. *Journal of Geophysical Research*, 109, D05102. doi:10.1029/2003JD004296.
- Cannas A. (2015). Alimentazione e benessere animale. [http://sardegnaagricoltura.it/documenti/14\\_43\\_20151104133617.pdf](http://sardegnaagricoltura.it/documenti/14_43_20151104133617.pdf).
- Daget, P., Poissonet, J., (1969). "Analyse phytologique des prairies. Applications agronomiques." CNRS CEPE, Montpellier, doc. 48, 66 pp.
- Di Giuseppe E., Esposito S., Quaresima S., Sorrenti S., Beltramo M.C. (2008) - Caratterizzazione del territorio italiano per il rischio di stress termici per gli allevamenti bovini da latte. 11° Convegno Nazionale di Agrometeorologia AIAM - S.Michele all'Adige (TN)
- Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Nogier A., Ferard Y (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 36: 2725-2732.
- EEA, 2022. Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2020 and inventory report 2022. Submission to the UNFCCC Secretariat. <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-1>.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 57 di 60

Fioravanti, G., Piervitali, E. & Desiato, F. (2016). Recent changes of temperature extremes over Italy: an index-based analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 123: 473–486.

Fraunhofer ISE (2020) Agrivoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/APV-Guideline.pdf>

GSE (2022). Rapporto Statistico 2020 - Energia da Fonti Rinnovabili in Italia [https://www.gse.it/documenti\\_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Rapporto%20Statistico%20GSE%20-%20FER%202020.pdf](https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Rapporto%20Statistico%20GSE%20-%20FER%202020.pdf)

Gusmeroli F. e Pozzoli M.L (2003). "Vegetazione dell'Alpe mola e sua relazione con l'attività pastorale (Brescia, Lombardia)". *Natura Bresciana, Ann. Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia*, 33, 37-61.

Herrick J.E., Abrahamse T. (2019). Land Restoration for Achieving the Sustainable Development Goals; A think piece of the International. Resource Panel; United Nations Environment Programme: Nairobi, Kenya.

Kottek, M., Grueser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 15 (3), pp. 259-263.

Legambiente (2020). Agrivoltaico: le sfide per un'Italia agricola e solare. <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2020/11/agrivoltaico.pdf>.

Lowe T. E. , Gregory N.G. , Fisher A.D., Payne S. R. (2002) The effects of temperature elevation and water deprivation on lamb physiology, welfare, and meat quality. *Australian Journal of Agricultural Research* 53, 707-714

Marrou H., Guillioni L., Dufour L., Dupraz C., Wery J. (2013) Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels?. *Agricultural and Forest Meteorology* 177: 117–132

Peana I., Fois G., Di Maur C., Carta M., Gaspa M., Cannas A. (2006a) Influenza dello stress da caldo sulla produzione di latte in ovini di razza sarda. 9° Convegno Nazionale di Agrometeorologia AIAM -Torino (TO)

Reasoner M., Ghosh A. (2022) Agrivoltaic Engineering and Layout Optimization Approaches in the Transition to Renewable Energy Technologies: A Review. *Challenges* 2022, 13, 43. <https://doi.org/10.3390/challe13020043>.

Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, Petra Högy, a., Goetzberger, A., Weber, E., (2020) Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications, *Applied Energy*, Volume 265, 114737

Todeschini, S. (2012). Trends in long daily rainfall series of Lombardia (northern Italy) affecting urban storm water control. *International Journal of Climatology*, 32: 900–919.

Unitus (2021) Linee Guida per l'Applicazione dell'Agro-fotovoltaico in Italia. ISBN 978-88-903361-4-0. <http://www.unitus.it/it/dipartimento/dafne>

Unitus (2021) Linee Guida per l'Applicazione dell'Agro-fotovoltaico in Italia. ISBN 978-88-903361-4-0. <http://www.unitus.it/it/dipartimento/dafne>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 58 di 60

Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., Högy B., (2019). Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. Agron. Sustain. Dev. 39, 35  
<https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>

Zhang M., Dunshea F.R., Warner R.D., DiGiacomo K., Osei-Amponsah R., Chauhan S.S. (2020). Impacts of heat stress on meat quality and strategies for amelioration: a review. International Journal of Biometeorology:  
<https://doi.org/10.1007/s00484-020-01929-6>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 59 di 60

## Allegati

**Allegato 1- Stima producibilità impianto ottimizzato per la produzione di energia elettrica**

# PVsyst - Rapporto di simulazione

## Sistema connesso in rete

---

Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

Inseguitori campo singolo, con indetreggiamento

Potenza di sistema: 43.43 MWc

Regalbuto - Italia

**Autore**

Montana S.p.a. (Italy)



# Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

Montana S.p.a. (Italy)

## PVsyst V7.2.19

VC5, Simulato su  
05/10/22 19:33  
con v7.2.19

### Sommario del progetto

#### Luogo geografico

Regalbuto

Italia

#### Ubicazione

Latitudine 37.58 °N

Longitudine 14.64 °E

Altitudine 180 m

Fuso orario UTC

#### Parametri progetto

Albedo 0.20

#### Dati meteo

Regalbuto

PVGIS api TMY

### Sommario del sistema

#### Sistema connesso in rete

#### Orientamento campo FV

##### Orientamento

Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S

Asse dell'azimut 0 °

#### Inseguitori campo singolo, con indetreggiamento

#### Algoritmo dell'inseguimento

Calcolo astronomico

Backtracking attivato

#### Ombre vicine

Ombre lineari

#### Informazione sistema

##### Campo FV

Numero di moduli

66808 unità

Pnom totale

43.43 MWc

##### Inverter

Numero di unità

13 unità

Pnom totale

34.58 MWac

Rapporto Pnom

1.256

#### Bisogni dell'utente

Carico illimitato (rete)

### Sommario dei risultati

Energia prodotta 82.48 GWh/anno Prod. Specif. 1899 kWh/kWc/anno Indice rendimento PR 85.88 %

### Indice dei contenuti

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Definizione ombre vicine - Diagramma iso-ombre	5
Risultati principali	6
Diagramma perdite	7
Grafici speciali	8



**Parametri principali**

**Sistema connesso in rete**

**Inseguitori campo singolo, con indetreggiamento**

**Orientamento campo FV**

**Orientamento**

Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S

Asse dell'azimut 0 °

**Algoritmo dell'inseguimento**

Calcolo astronomico

Backtracking attivato

**Campo con backtracking**

N. di eliostati 225 unità

Campo (array) singolo

**Dimensioni**

Distanza eliostati 5.00 m

Larghezza collettori 2.38 m

Fattore occupazione (GCR) 47.7 %

Phi min / max +/- 55.0 °

**Strategia Backtracking**

Limiti phi +/- 61.3 °

Distanza tavole backtracking 5.00 m

Larghezza backtracking 2.38 m

**Modelli utilizzati**

Trasposizione Perez

Diffuso Importato

Circumsolare separare

**Orizzonte**

Orizzonte libero

**Ombre vicine**

Ombre lineari

**Bisogni dell'utente**

Carico illimitato (rete)

**Sistema bifacciale**

Modello

Calcolo 2D

eliostati illimitati

**Geometria del modello bifacciale**

Distanza eliostati 5.00 m

ampiezza eliostati 2.38 m

GCR 47.7 %

Altezza dell'asse dal suolo 1.77 m

**Definizioni per il modello bifacciale**

Albedo dal suolo 0.20

Fattore di Bifaccialità 70 %

Ombreg. posteriore 5.0 %

Perd. Mismatch post. 10.0 %

Frazione trasparente della tettoia 0.0 %

**Caratteristiche campo FV**

**Modulo FV**

Costruttore

Canadian Solar Inc.

Modello

CS7N-650MB-AG 1500V

(definizione customizzata dei parametri)

Potenza nom. unit. 650 Wp

Numero di moduli FV 66808 unità

Nominale (STC) 43.43 MWc

Moduli 2386 Stringhe x 28 In serie

**In cond. di funz. (50°C)**

Pmpp 39.89 MWc

U mpp 949 V

I mpp 42026 A

**Potenza PV totale**

Nominale (STC) 43425 kWp

Totale 66808 moduli

Superficie modulo 207529 m²

**Inverter**

Costruttore

SMA

Modello

Sunny Central 2660 UP (Preliminary)

(definizione customizzata dei parametri)

Potenza nom. unit. 2660 kWac

Numero di inverter 13 unità

Potenza totale 34580 kWac

Voltaggio di funzionamento 880-1325 V

Rapporto Pnom (DC:AC) 1.26

**Potenza totale inverter**

Potenza totale 34580 kWac

Numero di inverter 13 unità

Rapporto Pnom 1.26



## PVsyst V7.2.19

VC5, Simulato su  
05/10/22 19:33  
con v7.2.19

## Perdite campo

## Perdite per sporco campo

Fraz. perdite 2.0 %

## Fatt. di perdita termica

Temperatura modulo secondo irraggiamento

Uc (cost) 29.0 W/m<sup>2</sup>KUv (vento) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s

## Perdite DC nel cablaggio

Res. globale campo 0.37 mΩ

Fraz. perdite 1.5 % a STC

## LID - Light Induced Degradation

Fraz. perdite 2.0 %

## Perdita di qualità moduli

Fraz. perdite -0.4 %

## Perdite per mismatch del modulo

Fraz. perdite 2.0 % a MPP

## Perdita disadattamento Stringhe

Fraz. perdite 0.1 %

## Fattore di perdita IAM

Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Profilo definito utente

20°	40°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.990	0.960	0.920	0.840	0.720	0.000

## Perdite cablaggio AC

## Linea uscita inv. sino al trasformatore MT

Tensione inverter 600 Vac tri

Fraz. perdite 0.00 % a STC

## Inverter: Sunny Central 2660 UP (Preliminary)

Sezione cavi (13 Inv.) Rame 13 x 3 x 2000 mm<sup>2</sup>

Lunghezza media dei cavi 0 m

## Perdite AC nei trasformatori

## Trafo MV

Tensione rete 20 kV

## Perdite di operazione in STC

Potenza nominale a STC 42421 kVA

Perdita ferro (Connessione 24/24) 40.70 kW

Fraz. perdite 0.10 % a STC

Resistenza equivalente induttori 3 x 0.09 mΩ

Fraz. perdite 1.04 % a STC



Parametri per ombre vicine

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

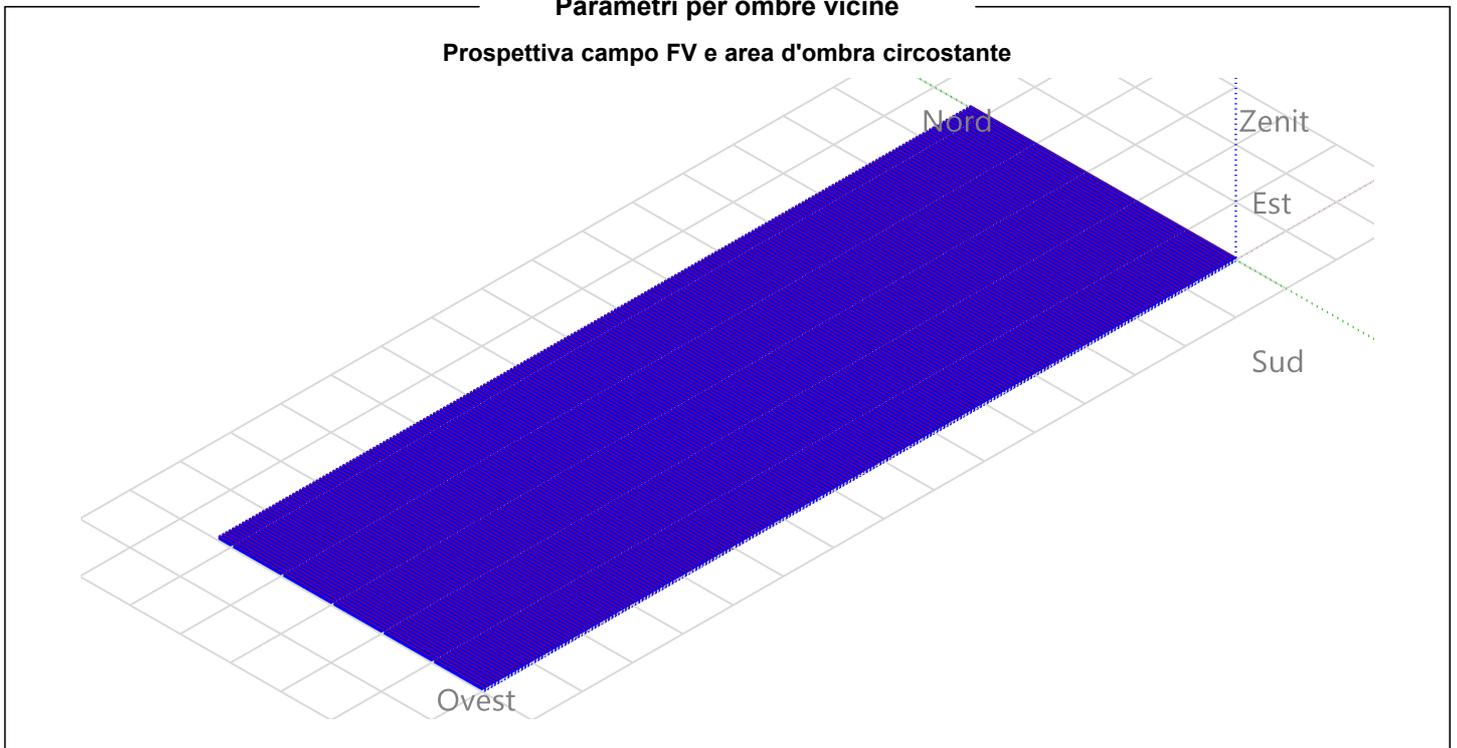
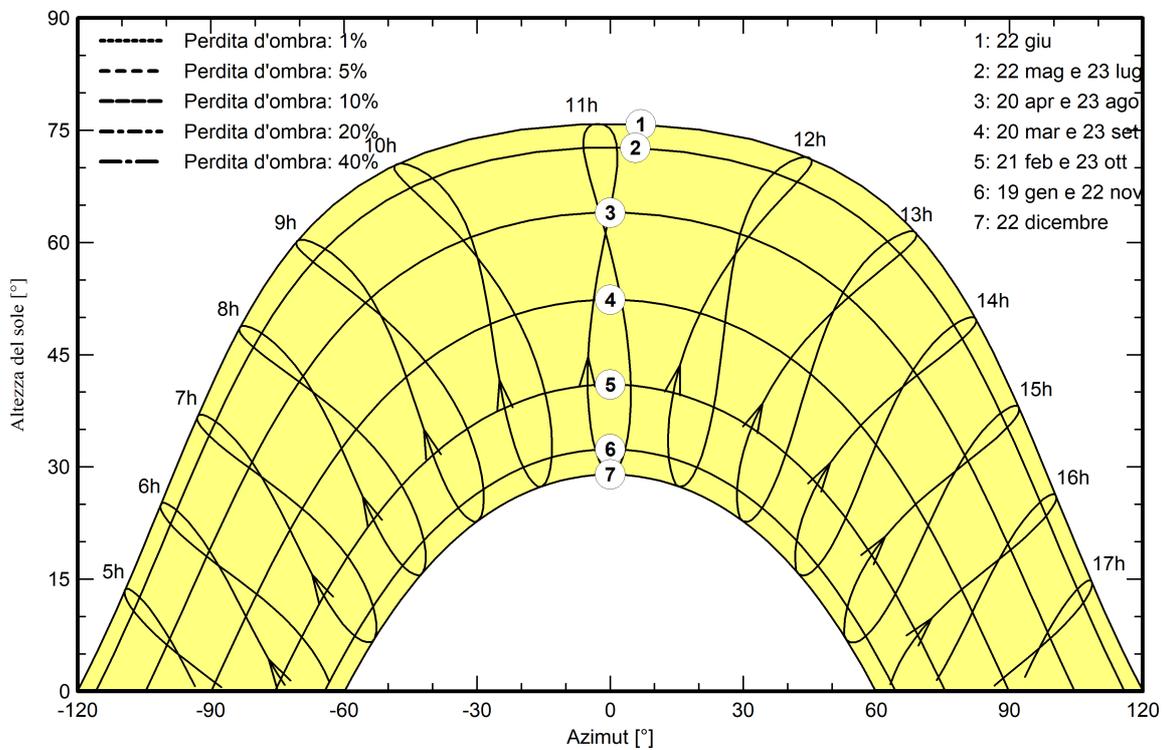


Diagramma iso-ombre

Orientamento #1





# Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

PVsyst V7.2.19

VC5, Simulato su  
05/10/22 19:33  
con v7.2.19

Montana S.p.a. (Italy)

## Risultati principali

### Produzione sistema

Energia prodotta 82.48 GWh/anno

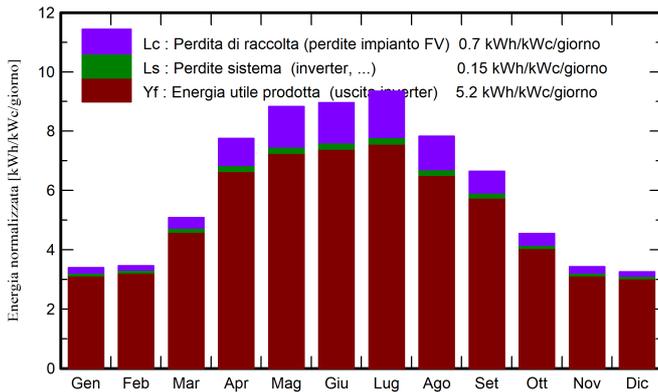
Prod. Specif.

1899 kWh/kWc/anno

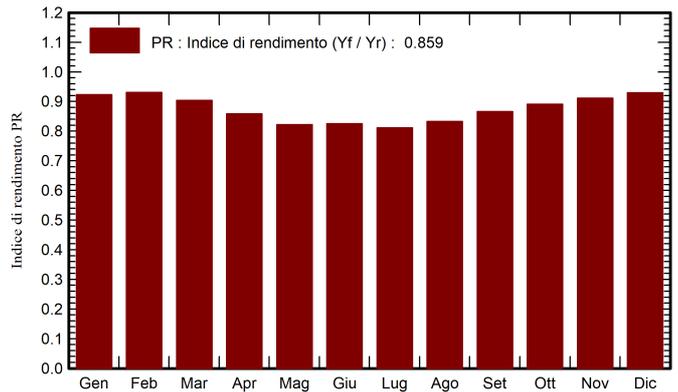
Indice di rendimento PR

85.88 %

### Produzione normalizzata (per kWp installato)



### Indice di rendimento PR



## Bilanci e risultati principali

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	GWh	GWh	ratio
Gennaio	79.9	31.80	9.62	105.1	100.4	4.34	4.21	0.923
Febbraio	76.8	41.77	7.07	97.0	92.1	4.04	3.92	0.930
Marzo	126.7	60.89	10.67	157.8	150.7	6.38	6.20	0.904
Aprile	182.9	64.19	13.99	232.5	223.2	8.93	8.66	0.858
Maggio	216.5	67.02	19.46	273.7	263.4	10.07	9.77	0.822
Giugno	213.4	70.66	22.08	269.0	258.9	9.93	9.64	0.825
Luglio	226.3	63.78	25.74	289.7	279.3	10.50	10.20	0.811
Agosto	192.5	63.04	26.28	242.7	233.3	9.04	8.78	0.833
Settembre	154.9	54.42	21.77	199.3	191.4	7.72	7.50	0.866
Ottobre	110.9	49.65	18.21	140.9	134.8	5.61	5.45	0.891
Novembre	80.1	33.65	13.35	103.0	98.3	4.20	4.08	0.912
Dicembre	75.5	29.55	7.13	101.0	96.3	4.19	4.07	0.929
Anno	1736.4	630.41	16.34	2211.8	2122.1	84.92	82.48	0.859

### Legenda

GlobHor Irraggiamento orizzontale globale

DiffHor Irraggiamento diffuso orizz.

T\_Amb Temperatura ambiente

GlobInc Globale incidente piano coll.

GlobEff Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre

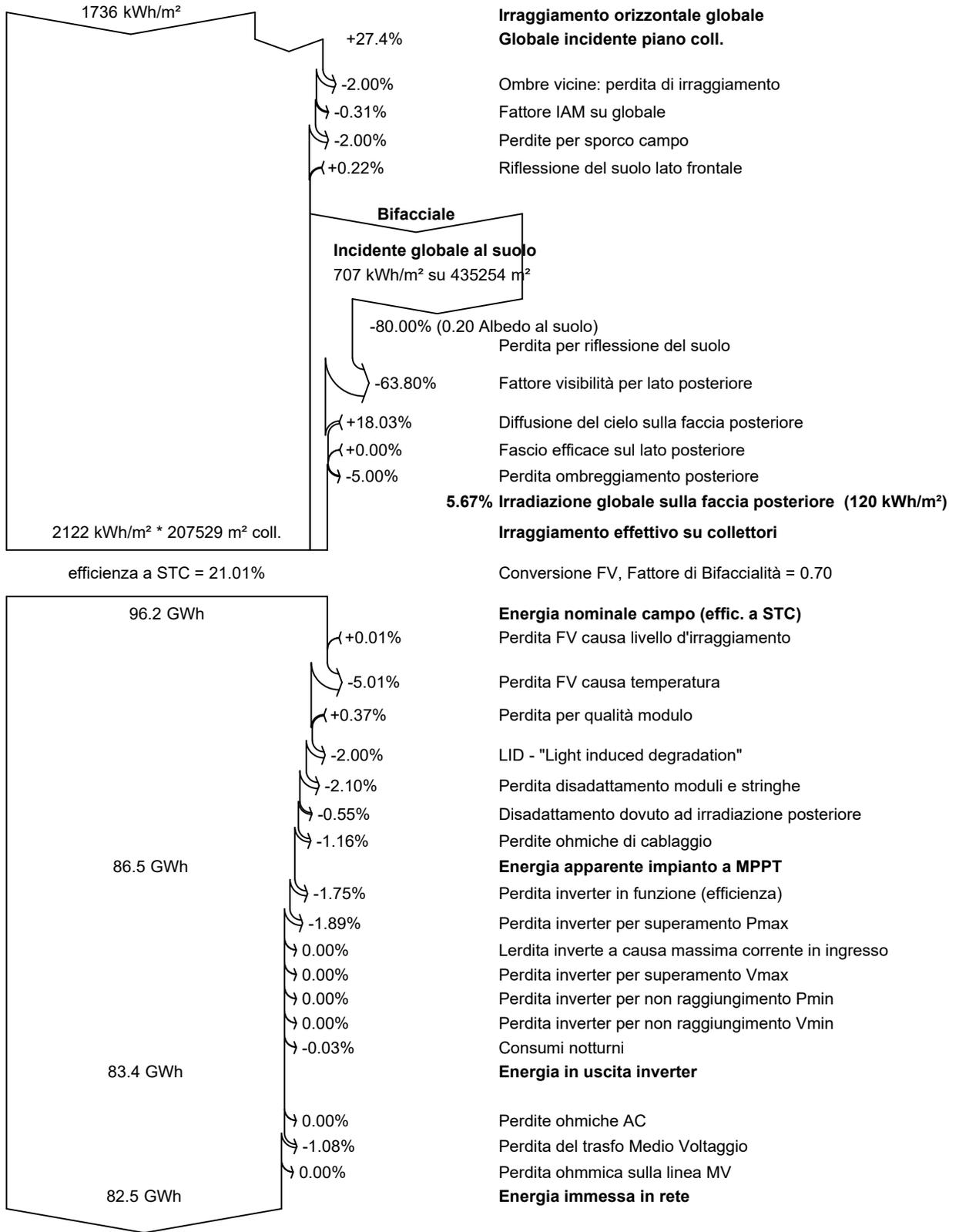
EArray Energia effettiva in uscita campo

E\_Grid Energia immessa in rete

PR Indice di rendimento



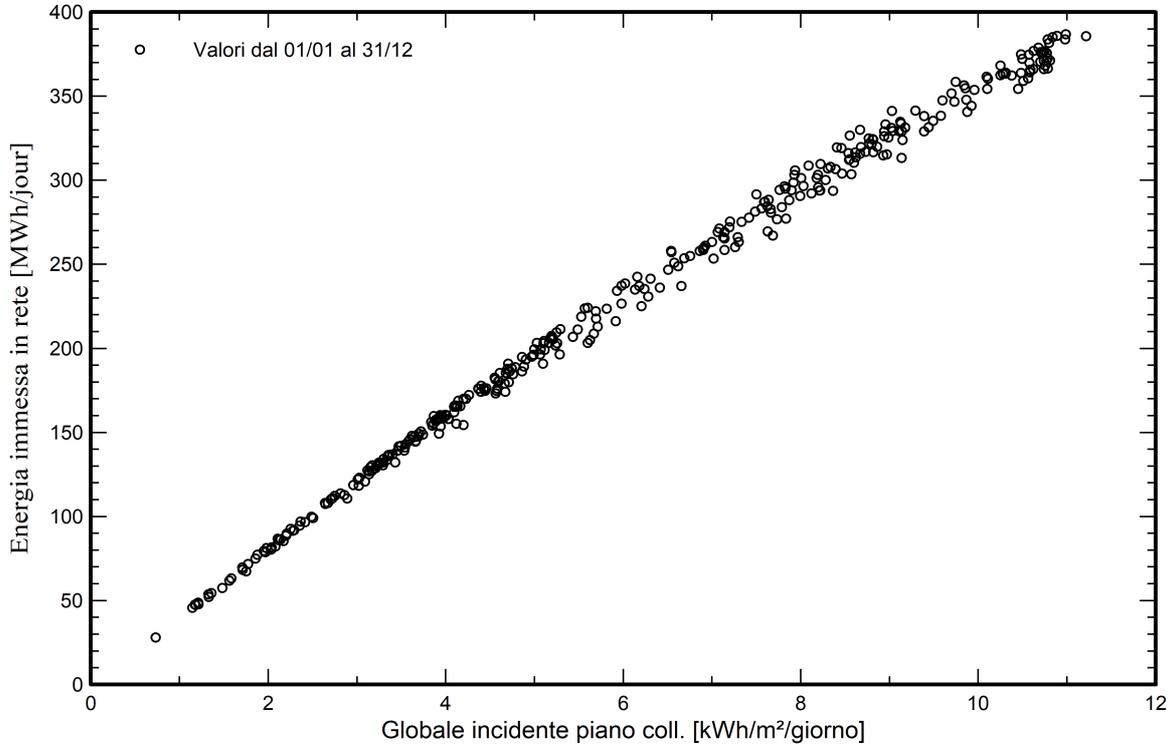
Diagramma perdite



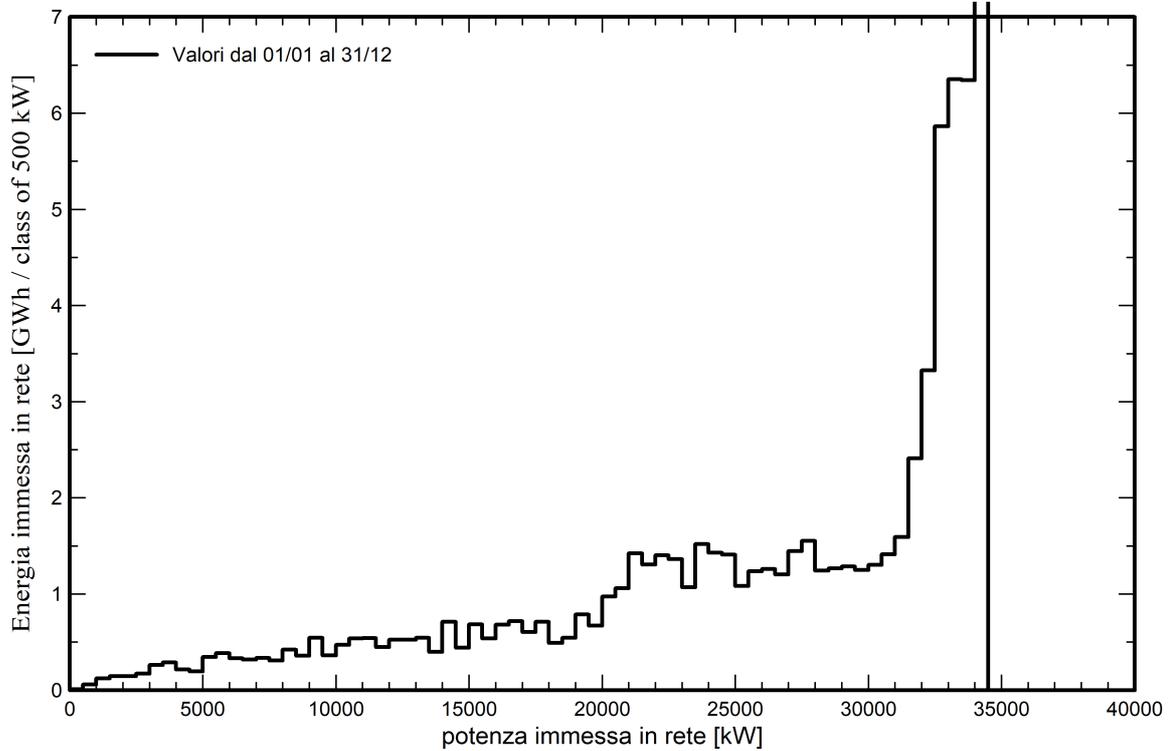


Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



# PVsyst - Rapporto di simulazione

## Sistema connesso in rete

---

Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

sheds a schieramento singolo

Potenza di sistema: 3167 kWc

Regalbuto - Italia

**Autore**

Montana S.p.a. (Italy)



# Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

Montana S.p.a. (Italy)

## PVsyst V7.2.19

VC4, Simulato su  
05/10/22 19:37  
con v7.2.19

### Sommario del progetto

<b>Luogo geografico</b> Regalbuto Italia	<b>Ubicazione</b> Latitudine 37.58 °N Longitudine 14.64 °E Altitudine 180 m Fuso orario UTC	<b>Parametri progetto</b> Albedo 0.20
<b>Dati meteo</b> Regalbuto PVGIS api TMY		

### Sommario del sistema

<b>Sistema connesso in rete</b> <b>Orientamento campo FV</b> Piano fisso Inclinazione/azimut 30 / 0 °	<b>sheds a schieramento singolo</b> <b>Ombre vicine</b> Ombre lineari	<b>Bisogni dell'utente</b> Carico illimitato (rete)
<b>Informazione sistema</b> <b>Campo FV</b> Numero di moduli 4872 unità Pnom totale 3167 kWc	<b>Inverter</b> Numero di unità 1 unità Pnom totale 2660 kWac Rapporto Pnom 1.191	

### Sommario dei risultati

Energia prodotta 5.29 GWh/anno	Prod. Specif. 1669 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR 84.00 %
--------------------------------	---------------------------------	------------------------------

### Indice dei contenuti

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Definizione ombre vicine - Diagramma iso-ombre	5
Risultati principali	6
Diagramma perdite	7
Grafici speciali	8



# Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

Montana S.p.a. (Italy)

PVsyst V7.2.19

VC4, Simulato su  
05/10/22 19:37  
con v7.2.19

## Parametri principali

<b>Sistema connesso in rete</b>	<b>sheds a schieramento singolo</b>	
<b>Orientamento campo FV</b>	<b>Configurazione sheds</b>	<b>Modelli utilizzati</b>
Orientamento	N. di shed	Trasposizione
Piano fisso	64 unità	Perez
Inclinazione/azimut	Campo (array) singolo	Diffuso
30 / 0 °	<b>Dimensioni</b>	Circumsolare
	Spaziatura sheds	separare
	Larghezza collettori	
	Fattore occupazione (GCR)	
	Banda inattiva alto	
	Banda inattiva basso	
	<b>Angolo limite ombreggiamento</b>	
	Angolo limite profilo	
<b>Orizzonte</b>	<b>Ombre vicine</b>	<b>Bisogni dell'utente</b>
Orizzonte libero	Ombre lineari	Carico illimitato (rete)

## Caratteristiche campo FV

<b>Modulo FV</b>	<b>Inverter</b>
Costruttore	Costruttore
Canadian Solar Inc.	SMA
Modello	Modello
CS7N-650MB-AG 1500V	Sunny Central 2660 UP (Preliminary)
(definizione customizzata dei parametri)	(definizione customizzata dei parametri)
Potenza nom. unit.	Potenza nom. unit.
650 Wp	2660 kWac
Numero di moduli FV	Numero di inverter
4872 unità	1 unità
Nominale (STC)	Potenza totale
3167 kWc	2660 kWac
Moduli	Voltaggio di funzionamento
174 Stringhe x 28 In serie	880-1325 V
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>	Rapporto Pnom (DC:AC)
Pmpp	1.19
2909 kWc	
U mpp	
949 V	
I mpp	
3065 A	
<b>Potenza PV totale</b>	<b>Potenza totale inverter</b>
Nominale (STC)	Potenza totale
3167 kWp	2660 kWac
Totale	Numero di inverter
4872 moduli	1 unità
Superficie modulo	Rapporto Pnom
15134 m <sup>2</sup>	1.19

## Perdite campo

<b>Perdite per sporco campo</b>	<b>Fatt. di perdita termica</b>	<b>Perdite DC nel cablaggio</b>
Fraz. perdite	Temperatura modulo secondo irraggiamento	Res. globale campo
2.0 %	Uc (cost)	5.1 mΩ
	Uv (vento)	Fraz. perdite
	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s	1.5 % a STC
<b>LID - Light Induced Degradation</b>	<b>Perdita di qualità moduli</b>	<b>Perdite per mismatch del modulo</b>
Fraz. perdite	Fraz. perdite	Fraz. perdite
2.0 %	-0.4 %	2.0 % a MPP
<b>Perdita disadattamento Stringhe</b>		
Fraz. perdite		
0.1 %		
<b>Fattore di perdita IAM</b>		
Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Profilo definito utente		
20°	40°	60°
1.000	1.000	1.000
65°	70°	75°
0.990	0.960	0.920
80°	85°	90°
0.840	0.720	0.000



**PVsyst V7.2.19**

VC4, Simulato su  
05/10/22 19:37  
con v7.2.19

**Perdite cablaggio AC**

**Linea uscita inv. sino al trasformatore MT**

Tensione inverter 600 Vac tri  
Fraz. perdite 0.00 % a STC

**Inverter: Sunny Central 2660 UP (Preliminary)**

Sezione cavi (1 Inv.) Rame 1 x 3 x 3000 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza cavi 0 m

**Perdite AC nei trasformatori**

**Trafo MV**

Tensione rete 20 kV

**Perdite di operazione in STC**

Potenza nominale a STC 3095 kVA  
Perdita ferro (Connessione 24/24) 2.48 kW  
Fraz. perdite 0.08 % a STC  
Resistenza equivalente induttori 3 x 1.45 mΩ  
Fraz. perdite 1.25 % a STC



Parametri per ombre vicine

Prospettiva campo PV e area d'ombra circostante

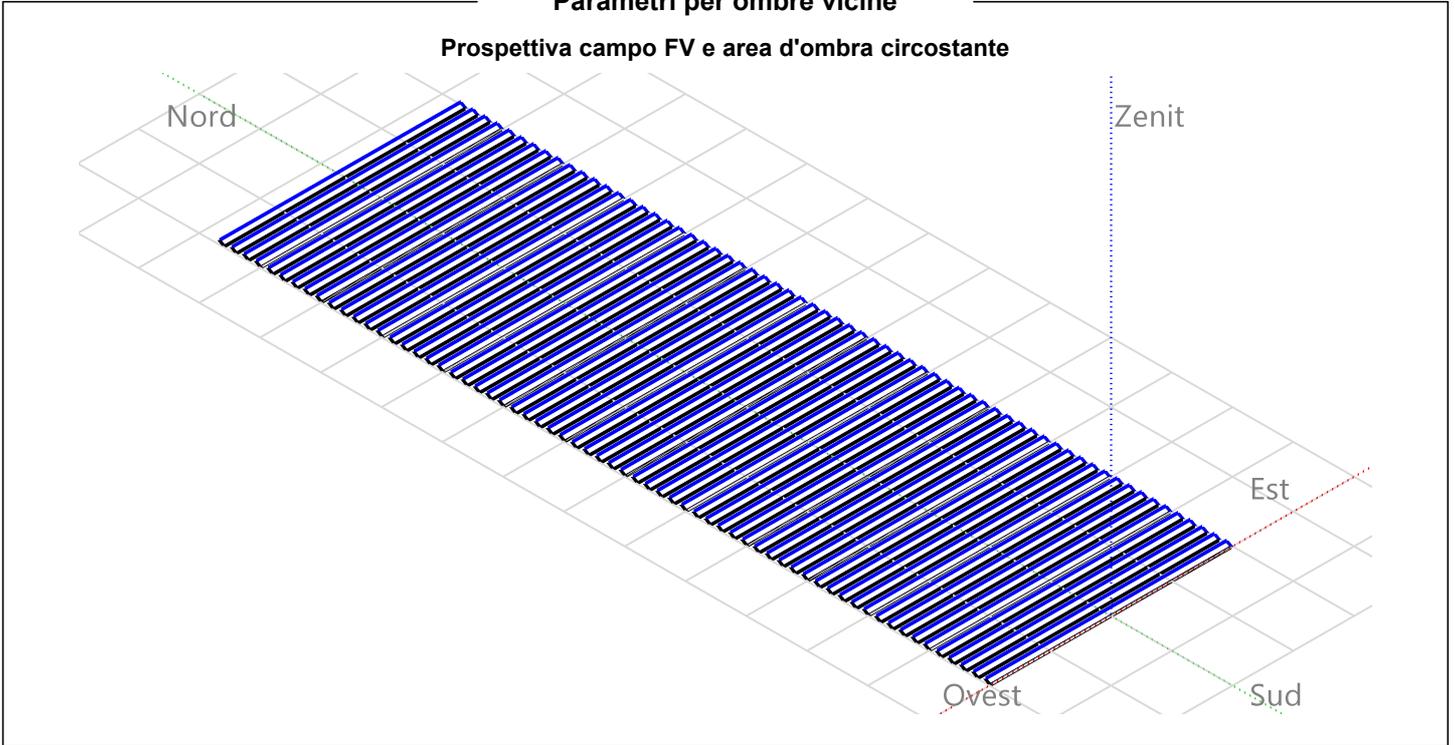
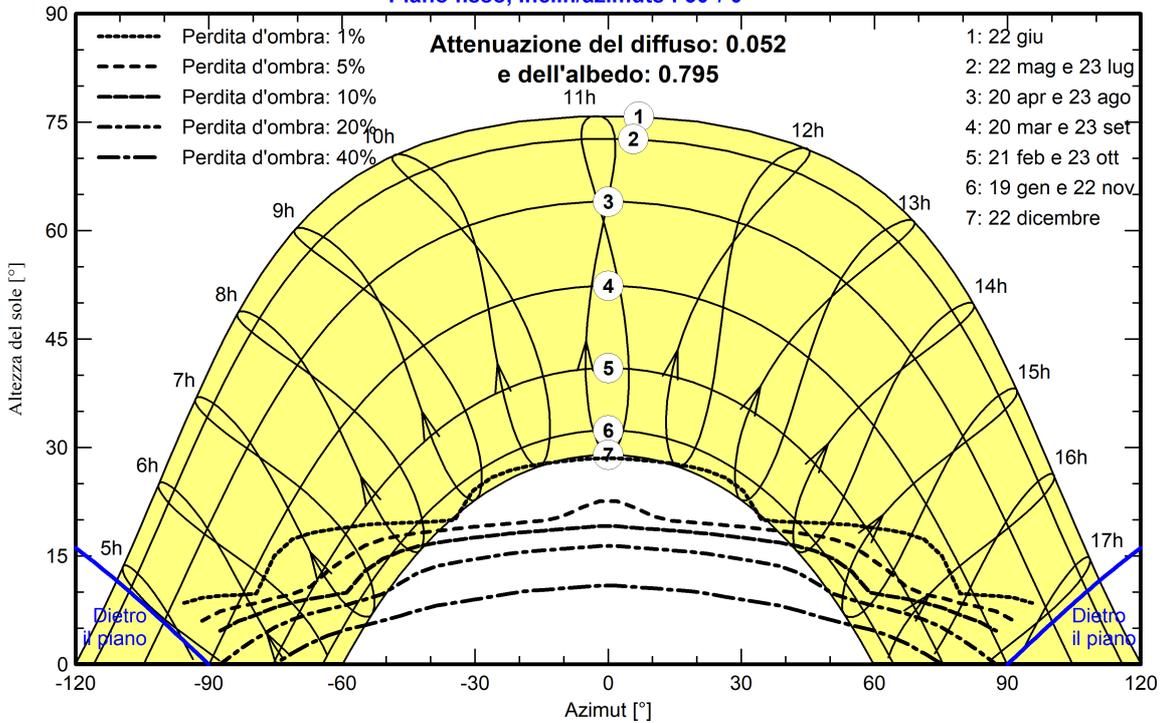


Diagramma iso-ombre

Orientamento #1

Piano fisso, Incl./azimuts : 30°/ 0°





# Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

PVsyst V7.2.19

VC4, Simulato su  
05/10/22 19:37  
con v7.2.19

Montana S.p.a. (Italy)

## Risultati principali

### Produzione sistema

Energia prodotta

5.29 GWh/anno

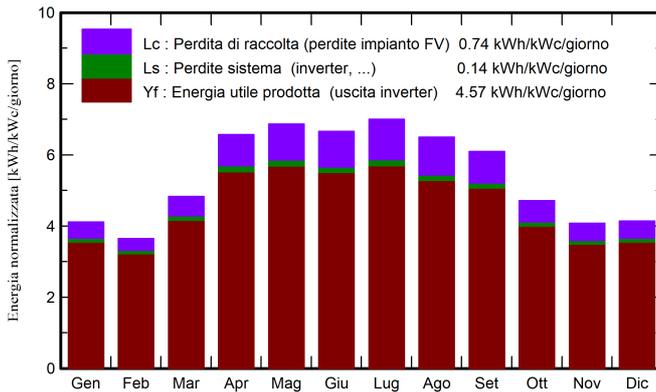
Prod. Specif.

1669 kWh/kWc/anno

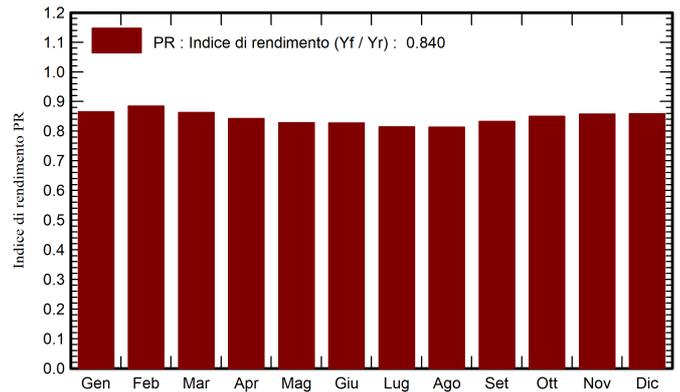
Indice di rendimento PR

84.00 %

### Produzione normalizzata (per kWp installato)



### Indice di rendimento PR



## Bilanci e risultati principali

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	GWh	GWh	ratio
Gennaio	79.9	31.80	9.62	127.4	119.5	0.359	0.349	0.865
Febbraio	76.8	41.77	7.07	102.2	96.7	0.295	0.286	0.885
Marzo	126.7	60.89	10.67	149.8	142.6	0.421	0.409	0.862
Aprile	182.9	64.19	13.99	197.1	188.2	0.542	0.526	0.842
Maggio	216.5	67.02	19.46	213.0	203.4	0.575	0.559	0.828
Giugno	213.4	70.66	22.08	199.8	190.1	0.539	0.523	0.827
Luglio	226.3	63.78	25.74	217.0	207.0	0.576	0.560	0.814
Agosto	192.5	63.04	26.28	201.5	192.5	0.534	0.519	0.814
Settembre	154.9	54.42	21.77	182.8	174.8	0.496	0.482	0.832
Ottobre	110.9	49.65	18.21	146.1	139.3	0.405	0.393	0.850
Novembre	80.1	33.65	13.35	122.2	115.2	0.342	0.332	0.857
Dicembre	75.5	29.55	7.13	128.4	118.5	0.360	0.349	0.858
Anno	1736.4	630.41	16.34	1987.3	1887.9	5.444	5.286	0.840

### Legenda

GlobHor Irraggiamento orizzontale globale

DiffHor Irraggiamento diffuso orizz.

T\_Amb Temperatura ambiente

GlobInc Globale incidente piano coll.

GlobEff Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre

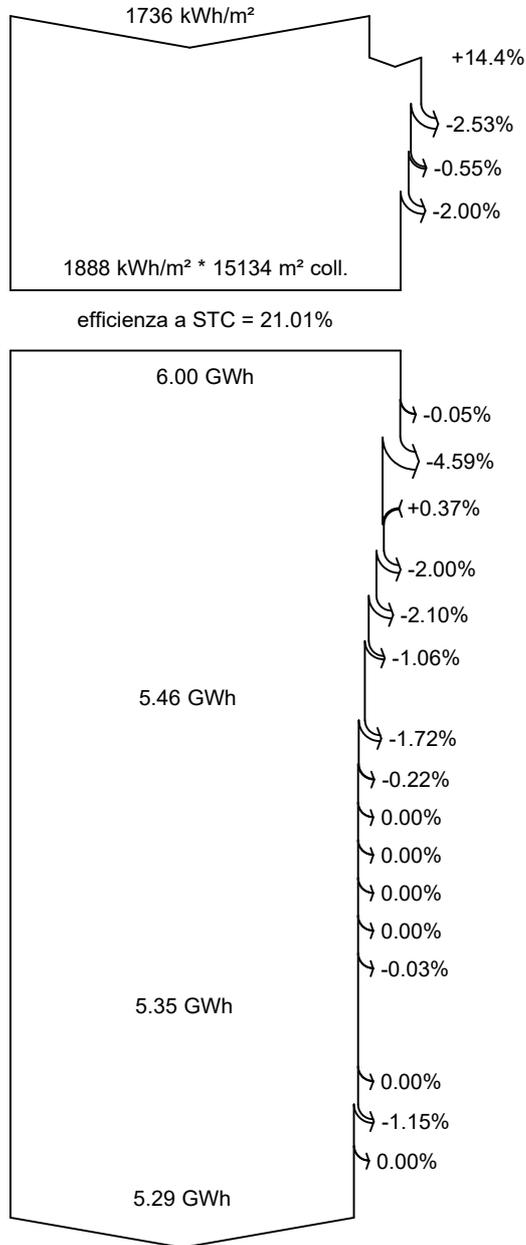
EArray Energia effettiva in uscita campo

E\_Grid Energia immessa in rete

PR Indice di rendimento



**Diagramma perdite**



**Irraggiamento orizzontale globale**

**Globale incidente piano coll.**

Ombre vicine: perdita di irraggiamento

Fattore IAM su globale

Perdite per sporco campo

**Irraggiamento effettivo su collettori**

Conversione FV

**Energia nominale campo (effic. a STC)**

Perdita FV causa livello d'irraggiamento

Perdita FV causa temperatura

Perdita per qualità modulo

LID - "Light induced degradation"

Perdita disadattamento moduli e stringhe

Perdite ohmiche di cablaggio

**Energia apparente impianto a MPPT**

Perdita inverter in funzione (efficienza)

Perdita inverter per superamento Pmax

Perdita inverte a causa massima corrente in ingresso

Perdita inverter per superamento Vmax

Perdita inverter per non raggiungimento Pmin

Perdita inverter per non raggiungimento Vmin

Consumi notturni

**Energia in uscita inverter**

Perdite ohmiche AC

Perdita del trasfo Medio Voltaggio

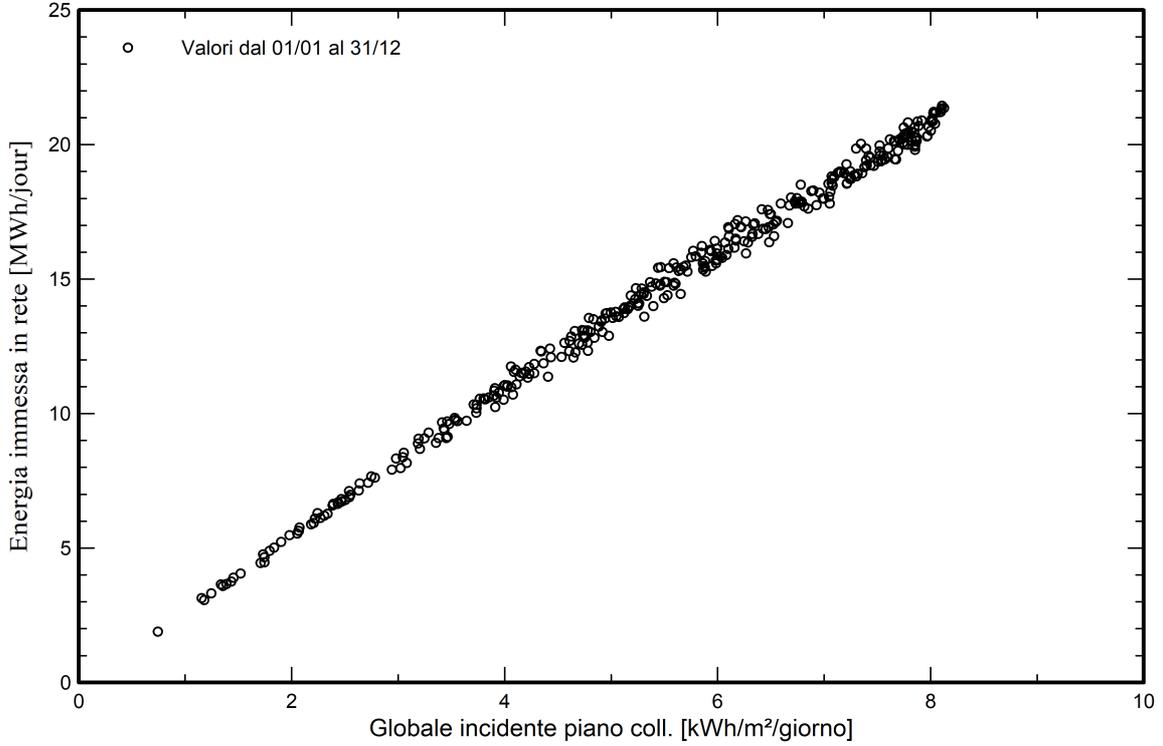
Perdita ohmmica sulla linea MV

**Energia immessa in rete**

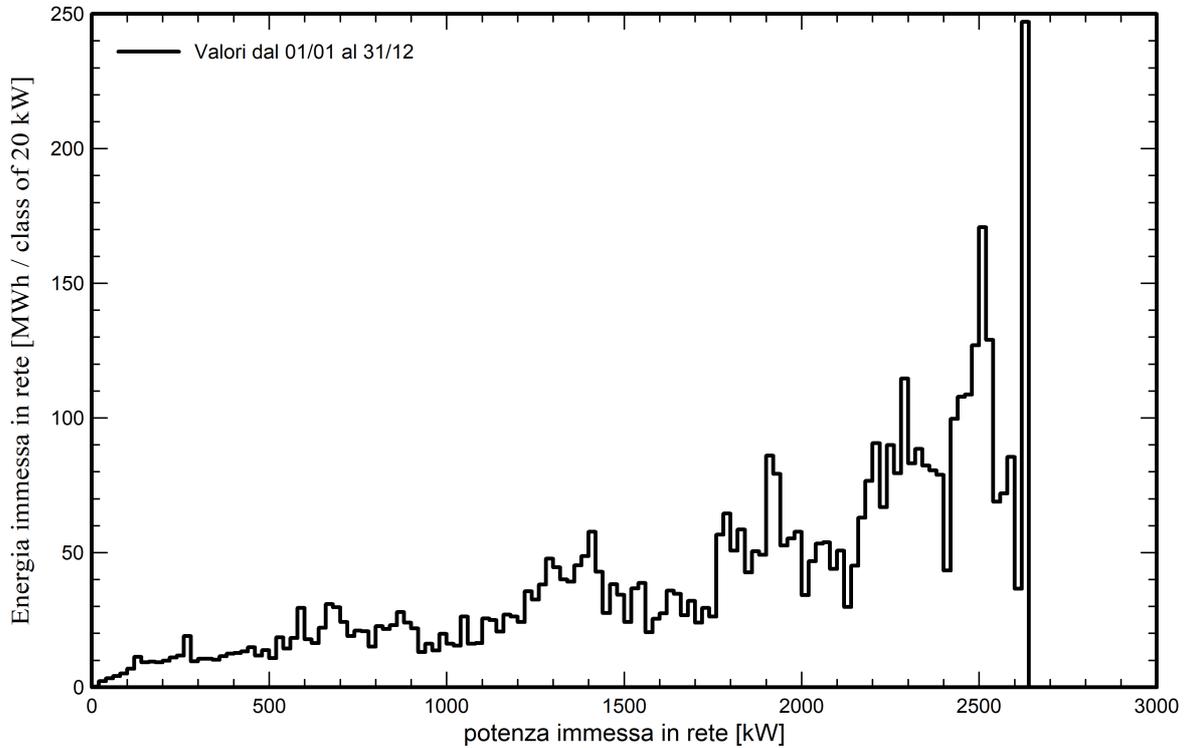


Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	

<b>PREAMBOLO</b> .....	<b>1</b>
<b>1. AGRIVOLTAICO</b> .....	<b>2</b>
<b>2. PRINCIPI DELLA SOLUZIONE AGRIVOLTAICA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. IL PASCOLO E LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE RINNOVABILE</b> .....	<b>6</b>
<b>3. QUADRO NORMATIVO DELL'AGRIVOLTAICO</b> .....	<b>9</b>
<b>4. L'AGRICOLTURA IN SICILIA</b> .....	<b>16</b>
<b>4.1. SUPERFICI, COLTIVAZIONI ED ALTRE ATTIVITÀ AGRICOLE</b> .....	<b>16</b>
<b>4.2. PRODOTTI DI QUALITÀ</b> .....	<b>18</b>
<b>4.3. INCENTIVI E SOSTEGNO ALL'AGRICOLTURA REGIONALE</b> .....	<b>18</b>
<b>5. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO</b> .....	<b>20</b>
<b>5.1. INQUADRAMENTO CATASTALE</b> .....	<b>20</b>
<b>5.2. ASPETTI PEDOLOGICI E AGRONOMICI</b> .....	<b>22</b>
<b>5.3. INQUADRAMENTO CLIMATICO</b> .....	<b>24</b>
<b>5.4. MODALITÀ DI CONDUZIONE ED ATTIVITÀ AGRICOLA - STATO DI FATTO</b> .....	<b>28</b>
<b>6. PROGETTO AGRIVOLTAICO</b> .....	<b>29</b>
<b>6.1. COMPONENTE FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>29</b>
<b>6.2. COMPONENTE AGRONOMICA</b> .....	<b>32</b>
6.2.1. PROPOSTA PROGETTUALE .....	32
6.2.2. SCELTA DELLE SPECIE .....	33
6.2.3. OPERAZIONI COLTURALI .....	37
6.2.4. GESTIONE DELLE SUPERFICI .....	38
6.2.5. SOSTENIBILITÀ PRODUTTIVA DELLE SUPERFICI .....	41
<b>7. MONITORAGGIO AGRO-PASTORALE</b> .....	<b>44</b>
<b>8. ANALISI ECONOMICA</b> .....	<b>46</b>
<b>8.1. ANALISI ECONOMICA STATO DI FATTO</b> .....	<b>46</b>
<b>8.2. ANALISI ECONOMICA PRATO-PASCOLO PERMANENTE</b> .....	<b>47</b>
<b>8.3. ANALISI ECONOMICA MONITORAGGIO AGRONOMICICO</b> .....	<b>48</b>
<b>9. CONFORMITÀ ALLE LINEE GUIDA DEL MITE</b> .....	<b>49</b>
<b>10. CONCLUSIONI</b> .....	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>55</b>
<b>ALLEGATI</b> .....	<b>58</b>
<b>ALLEGATO 1- STIMA PRODUCIBILITÀ IMPIANTO OTTIMIZZATO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA</b> .....	<b>58</b>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 1 di 59

## Preambolo

La presente relazione viene redatta su incarico conferito dalla società FlyRen Development S.r.l. – in rappresentanza della società FLYNIS PV 6 Srl, al fine di valutare le potenzialità e gli aspetti agronomici di un progetto di produzione agro-energetica sostenibile (c.d. Agrivoltaico) con le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale complessiva: 35,417 MWp
- Superficie catastale interessata: 93,55 ha
- Superficie di impianto recintata: 63,55 ha
- Superficie destinata all'attività agricola: 60,12 ha
- Classificazione architettonica: impianto a terra
- Ubicazione: Regione Sicilia | Località Sparagnogna Comune di Regalbuto (EN)
- Particelle superficie catastale disponibile: Fg. n° 96 P.Ile n° 18, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231; Fg. n°100 P.Ile n° 6, 11, 38, 52, 66, 68, 70, 72, 73, 89, 90, 103,105, 106,107, 108, 111, 112,114;115 Fg. n° 101 P.Ile n°28,33, 34, 35.
- Particelle superficie di impianto recintata: Particelle superficie catastale disponibile: Fg. n° 96 P.Ile n° 18, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231; Fg. n°100 P.Ile n° 6, 11, 38, 52, 66, 68, 70, 72, 73, 89, 90, 103, 105, 106, 107, 108, 111, 112, Fg. n° 101 P.Ile n°28, 33, 34, 35.
- Ditta committente: FLYNIS PV 6 Srl

L'elaborato è finalizzato a:

1. introdurre e illustrare il concetto di *agrivoltaico*;
2. descrivere l'area di intervento progettuale;
3. illustrare gli interventi di carattere agronomico previsti in ottica di utilizzo plurimo (agro-energetico) della risorsa suolo e gli accorgimenti gestionali da adottare.
4. Valutare la conformità del progetto rispetto alle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" pubblicate dal MiTE il 18 giugno 2022.

Tale documento costituisce parte integrante e sostanziale della documentazione presentata per l'istanza di VIA (artt. 23-25 del D.Lgs.152/2006).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 2 di 59

## 1. Agrivoltaico

Secondo l'ultimo rapporto dell'European Environment Agency (EEA,2022), l'Unione Europea ha raggiunto l'obiettivo 2020 di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, raggiungendo il 20% in meno rispetto al 1990. Tra i fattori chiave che hanno consentito tale miglioramento rientra "la diffusione delle energie rinnovabili, l'uso di combustibili fossili a minore intensità di carbonio e il miglioramento dell'efficienza energetica, i cambiamenti strutturali nell'economia, la minore domanda di riscaldamento dovuta agli inverni più caldi in Europa", così come anche gli effetti del COVID-19.

Come più approfonditamente illustrato nello Studio di Impatto Ambientale, la strada da percorrere risulta però ancora lunga, nell'ambito del Green Deal europeo nel settembre 2020 la Commissione Europea ha infatti proposto di:

- innalzare dal 40% al 55% la riduzione entro il 2030 delle emissioni nette di gas climalteranti rispetto ai livelli del 1990;
- portare la produzione di energia prodotta da fonti rinnovabili ad una quota di almeno il 32%;
- incrementare di almeno il 32,5% l'efficienza energetica.

I nuovi scenari europei condivisi a dicembre 2020 comportano la necessità di rivedere al rialzo gli obiettivi nazionali del PNIEC<sup>1</sup>, elaborato a fine 2019. Il nuovo traguardo in termini di energia rinnovabile dovrà raggiungere quota 65000 MW invece dei 51000 MW previsti: un incremento di circa 42406 MW rispetto ai 22594 MW installati in Italia a fine 2021 (GSE, 2022). I nuovi scenari impongono di triplicare la potenza di fotovoltaico installata in Italia entro il 2030, ma il ritmo di crescita è ancora troppo lento. Se la crescita non subirà un'accelerazione al 2030 la potenza installata da eolico e fotovoltaico sarà di poco superiore ai 50 GW, rendendo impossibile l'obiettivo (ulteriormente aumentato con il PTE<sup>2</sup>, il Piano per la transizione ecologica) di un installato totale di rinnovabili tra i 125 e i 130 GW. Queste cifre saranno raggiungibili solo alimentando il tasso di installazione, raggiungendo per l'eolico circa 1,75 GW/anno contro gli 0,38 GW/anno di oggi e per il fotovoltaico circa 5,6 GW/anno contro gli 0,73 GW/anno<sup>3</sup>.

Il ruolo dell'energia prodotta dal settore fotovoltaico (FV) è fondamentale dal momento che in larghissima misura il gap potrà essere coperto da nuova capacità collegata alla fonte solare. La tecnologia fotovoltaica ha raggiunto un grado di maturità tecnologica che, unitamente alla diminuzione dei costi<sup>4</sup>, alla crescita di

<sup>1</sup> Piano nazionali integrati per l'energia e il clima: obiettivo fissato per i PNIEC degli Stati membri richiedeva una riduzione del 40%, pari al doppio di quella stabilita per il 2020: -20%, il nuovo target prevede di quasi triplicarla.

<sup>2</sup> nuovo strumento di programmazione nazionale (D.L 1° marzo 2021 n. 22 (Disposizioni urgenti in materia di riordino delle attribuzioni dei ministeri), convertito con modificazioni dalla Legge 22 aprile 2021, n. 55). Secondo il Pte, la generazione di energia elettrica dovrà dismettere l'uso del carbone entro il 2025 e provenire nel 2030 per il 72% da fonti rinnovabili, fino a sfiorare livelli prossimi al 95-100% nel 2050. Il Pte riporta come dato rilevante che l'Italia beneficia di un irraggiamento solare superiore del 30-40% rispetto alla media europea, ma che questi vantaggi energetico-ambientali sono stati ostacolati da difficoltà autorizzative che hanno frenato gli investitori e la crescita del settore.

<sup>3</sup> <https://www.itismagazine.it/news/26947/energie-rinnovabili-il-ritmo-della-crescita-e-ancora-lento/>

<sup>4</sup> La tecnologia fotovoltaica, è attualmente la FER più "economica" e alla latitudine Italiana anche quella con il maggior potenziale (Mancini *et al.*,2020).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 3 di 59

produttività dei moduli e alla quasi integrale possibilità di riciclo dei materiali, la rende un valido sostituto delle fonti fossili nella generazione di energia elettrica.

Uno dei principali fattori limitanti alla diffusione di tali impianti risiede però nella disponibilità di superfici utili. La tecnologia fotovoltaica richiede infatti, a differenza ad esempio dell'eolico, di un maggiore sviluppo areale. Il progressivo aumento della popolazione mondiale (che secondo l'ultimo report delle Nazioni Unite, si prevede arriverà a 9,7 Miliardi nel 2050) porta con sé, oltre all'incremento di domanda in termini di energia, anche un aumento della domanda in termini di cibo e quindi di terre coltivabili. Il raggiungimento degli obiettivi in termini di produzione da FV è quindi in contrasto con gli obiettivi di sviluppo sostenibile e recupero dell'utilizzo del suolo delle Nazioni Unite (Herrick and Abrahamse, 2019). La risposta a questa apparente conflitto è rappresentata da quelle che vengono definite le installazioni *agrivoltaiche*, progettate in modo da consentire la coltivazione dell'area sottostante l'infrastruttura energetica e consentendo quindi di perseguire simultaneamente gli obiettivi di riduzione delle emissioni e di recupero dei suoli (Reasoner *et al*, 2022).

È fondamentale considerare che per raggiungere i nuovi obiettivi al 2030 occorrerà prevedere un utilizzo di superficie agricola tra i 30.000-40.000 ettari - valore comunque inferiore allo 0,5% della Superficie Agricola Totale per cui è necessario proporre tecnologie e progetti che assicurino la compatibilità tra gli obiettivi energetici e climatici e gli obiettivi di tutela del paesaggio, di qualità dell'aria e dei corpi idrici, di salvaguardia della biodiversità e di tutela del suolo (Legambiente, 2020).

Un impianto agrivoltaico può essere definito come "[...] *un impianto fotovoltaico, che nel rispetto dell'uso agricolo e/o zootecnico del suolo, anche quando collocato a terra, non inibisce tale uso, ma lo integra e supporta garantendo la continuità delle attività pre-esistenti ovvero la ripresa agricola e/o zootecnica e/o biodiversità sulla stessa porzione di suolo su cui insiste l'area di impianto, contribuendo così ad ottimizzare l'uso del suolo stesso con ricadute positive sul territorio in termini occupazionali, sociali ed ambientali.*"<sup>5</sup> Si tratta quindi di una soluzione di "solar sharing", poiché la risorsa radiativa proveniente dal sole viene ripartita fra il processo di coltivazione e quello di generazione energetica.

Tale approccio costituisce una valida alternativa a un sistema agricolo intensivo in un'ottica di sostenibilità a lungo termine. È importante sottolineare, pertanto, che non si tratta di una soluzione finalizzata al mero utilizzo di terreni agricoli per l'installazione d'impianti alimentati da energia rinnovabile, bensì una concreta possibilità capace di contribuire alla progressiva decarbonizzazione (quindi anche del sistema produttivo agricolo) attraverso l'integrazione delle energie rinnovabili. Sappiamo infatti che l'agricoltura intensiva è concausa dell'inquinamento e del riscaldamento globale: in generale si è stimato che l'agricoltura è stata responsabile nel 2015 del 6,9% delle emissioni totali di gas serra (espressi in CO<sub>2</sub> equivalente) ed è pertanto la terza fonte di emissioni di gas serra dopo il settore energetico e il settore dei processi industriali<sup>6</sup>.

Esistono svariati sistemi che consentono di combinare la produzione agricola con altri sistemi produttivi, vedasi, per esempio, i sistemi *agroforestali* che prevedono la coltivazione di colture arboree ed erbacee sulla stessa superficie. È ampiamente provato come l'utilizzo simultaneo di una stessa superficie, per fini diversi,

<sup>5</sup> Demofonti- 4 Agosto2021- Gdl Agro-fotovoltaico. <https://www.italiasolare.eu/eventi/>

<sup>6</sup> <https://www.controlsecurityambiente.com/inquinamento-causato-dalle-coltivazioni-agricole-intensive/>

consenta di aumentare il Rapporto di Suolo Equivalente (Land Equivalent Ratio, LER<sup>7</sup>, **Figura 1**) rispetto all'impiego della stessa superficie per un'unica produzione (Fraunhofer, 2020; Valle *et al.*, 2017).



**Figura 1.** Aumento del LER attraverso l'utilizzo combinato della superficie (Fraunhofer,2020)

Dupraz (2011) ha dimostrato come l'agrivoltaico rappresenti una soluzione valida e innovativa per superare la competizione rispetto all'uso del suolo. Diversi studi, mirati alla valutazione tecnica economica di questo sistema (Schindele *et al.*, 2020) e all'analisi della compatibilità tra la coltivazione agraria e l'installazione di pannelli in molteplici casi reali (Aroca-Delgado *et al.*, 2018), dimostrano come **l'agrivoltaico aumenti l'efficienza d'uso del suolo consentendo la coltivazione e la produzione di energia in simultanea, sfruttando la sinergia tecno-ecologica-economica dei due sistemi.**

Secondo uno studio dell'*Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile* (ENEA), infatti, gran parte del terreno al di sotto dei pannelli solari (fino al 80-90% in alcuni casi virtuosi) può essere lavorato con le comuni macchine agricole. I vantaggi in termini di consumo di suolo sono perciò evidenti e promettenti.<sup>8</sup>

In questi termini l'agrivoltaico rappresenta una "nuova opportunità in ambito agricolo laddove, tramite modelli "win-win", si esaltino le sinergie tra produzione agricola e generazione di energia" (M. Iannetta, responsabile della Divisione ENEA di Biotecnologie e Agroindustria),

Si riportano, in sintesi, i risultati ottenibili con questo tipo di approccio progettuale (Marrou H. *et al.*, 2013; Weselek A. *et al.*, 2019):

- **sinergia dei risultati:** è possibile conseguire esiti produttivi ed economici che sono superiori alla semplice somma dei risultati che potrebbero essere ascritti alle soluzioni semplici, ossia singolarmente od isolatamente applicate. Cfr indice LER (*Land Equivalent Ratio*) superiore all'unità;

<sup>7</sup> LAND EQUIVALENT RATIO (LER): rapporto tra la superficie in coltura unica e la superficie in consociazione necessaria per ottenere la stessa resa a parità di gestione. È la somma delle frazioni delle rese in consociazione divise per le rese in coltura unica. <http://www.fao.org/3/x5648e/x5648e0m.htm>

<sup>8</sup> <https://www.futuraenergie.it/2021/03/08/agrovoltico-i-vantaggi-del-fotovoltaico-in-agricoltura/>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 5 di 59

- **ottimizzazione della scelta colturale:** attraverso una razionale ed efficace individuazione delle colture agrarie e/o attività zootecniche che possano manifestare la piena espressione del risultato produttivo atteso;
- **diversificazione del sistema agro-ecologico:** coltivazione in regimi non convenzionali (quali biologico, agricoltura conservativa, agricoltura sostenibile) finalizzata al raggiungimento di obiettivi di compatibilità ambientale e sostenibilità ecologica sommati a indirizzi di diversificazione ecologica ("*greening*") mediante la realizzazione di plurimi elementi d'interesse ecologico ("*ecological focus area*") ed elementi caratteristici del paesaggio, per costituire una sorta di "rete ecologica" aziendale capace di connettersi a quella territoriale mediante la realizzazione di fasce tampone, margini inerbiti, siepi arboreo-arbustive ed altre infrastrutture ecologiche;
- **coerenza con gli orientamenti normativi nazionali e comunitari:** leggi n.34,51 e 91 del 2022, L. 108 del 2021, Green Deal, PNIEC, PTE;
- **creazione di un nuovo modello paesaggistico:** grazie alla gamma di miglioramenti ambientali, alla rifunzionalizzazione di tipo agro-ecologico, nonché all'adozione di un design impiantistico che permette di coniugare con successo la disponibilità delle risorse con le esigenze della società attuale, si arriva alla definizione un "nuovo modello tradizionale", tramandabile da una generazione alla successiva, grazie al successo e alla stabilità di alcune soluzioni tecniche. La tradizione viene in tal modo "tradotta" per mantenerla vitale, assegnando ad essa nuove finalità entro nuove contestualizzazioni.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 6 di 59

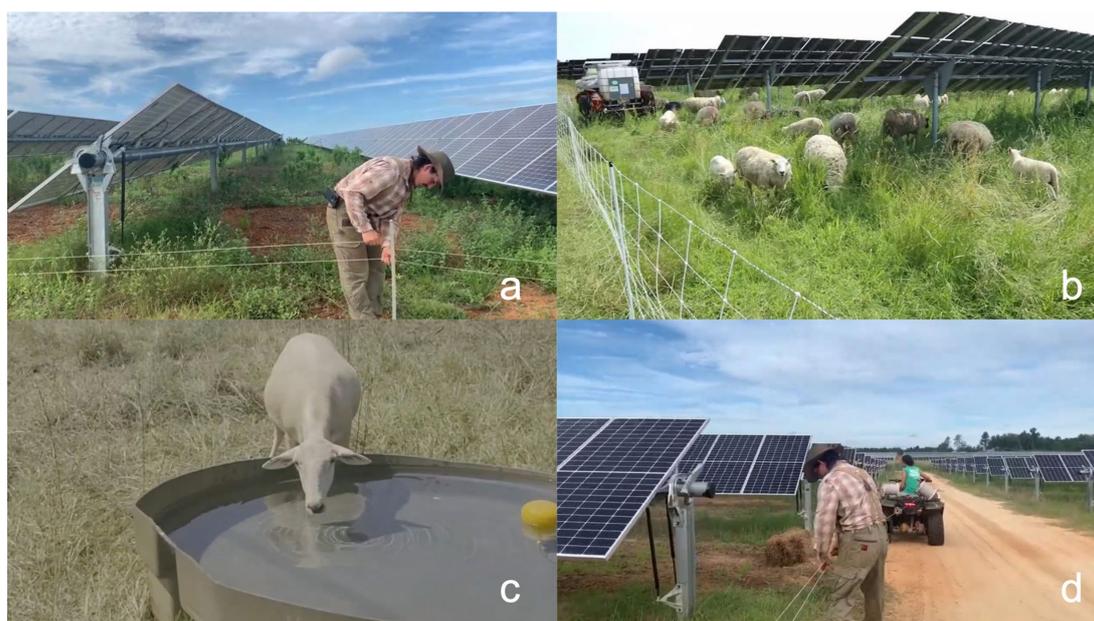
## 2. Principi della soluzione agrivoltaica

### 2.1. Il pascolo e la produzione di energia da fonte rinnovabile

La creazione dei cosiddetti *pascoli (o fattorie) solari* rappresenta una buona soluzione di agrivoltaico, perché consente di ovviare alla competizione nell'uso del suolo tra la produzione di energia e l'agricoltura (Andrew 2021b). Queste soluzioni prevedono la semina di un prato destinato al foraggio verde per il bestiame che pascola nell'area di impianto o raccolto per la fienagione.

Studi recenti (Andrew,2022), mirati a confrontare diversi tipi di prati per composizione specifica (mix composti da leguminose e graminacee, da solo leguminose o da leguminose, graminacee e altre specie erbacee) coltivati sulle superfici occupate da pannelli fotovoltaici sia in termini di produzione del manto vegetale sia dell'effetto sul bestiame (pecore), dimostrano che il prato di leguminose risulta meno produttivo e persistente (anche in condizioni di pieno irraggiamento), ma che la diminuzione in % di materia secca in condizioni di semi-ombreggiamento è minore per questo tipo di prati. Le analisi condotte sul bestiame confermano che la componente fotovoltaica offre particolari benefici in condizioni siccitose.

A titolo esemplificativo, in **Figura 2** si illustra la conduzione di un impianto agrivoltaico in Georgia, Stati Uniti, nel quale alla produzione fotovoltaica si abbina il pascolo di ovini<sup>9</sup>.



**Figura 2.** Esempio operativo di agrivoltaico con pascolamento di ovini. Nella prima immagine e a seguire: a) definizione delle aree di pascolo con una recinzione provvisoria; b) pascolamento degli ovini nel lotto perimetrato; c) sistemazione di un abbeveratoio mobile; d) rimozione della recinzione per l'installazione in altre aree di pascolamento.

Dal punto di vista operativo, l'area dell'impianto viene suddivisa in parcelle che, delimitate da una recinzione provvisoria (e mobile), permettono un pascolamento progressivo all'interno dell'intero appezzamento per evitare che alcune porzioni vengano sfruttate più di altre. Gli ovini, dopo aver brucato la parcella, vengono in

<sup>9</sup> <https://blog.whiteoakpastures.com/blog/regenerative-energy>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 7 di 59

seguito spostati in un'area di pascolamento successiva e la recinzione provvisoria viene rimossa per essere posizionata nella nuova porzione.

La soluzione agrivoltaica abbinata al pascolamento permette di conseguire svariati benefici di carattere agro-zootecnico. La presenza di animali, infatti, consente di contenere la proliferazione di specie infestanti che molto spesso, se non opportunamente gestite, si sviluppano anche al di sotto dei moduli fotovoltaici, riducendo e/o evitando eventuali decrementi dell'efficienza provocata dall'ombreggiamento degli stessi. Inoltre, la presenza animale favorisce la riduzione dell'impiego di diserbanti di origine chimica (**Figura 3**), assicurando una gestione più sostenibile dell'attività agricolo-zootecnica.



**Figura 3.** Crescita non controllata dalle erbe infestanti in un impianto fotovoltaico.

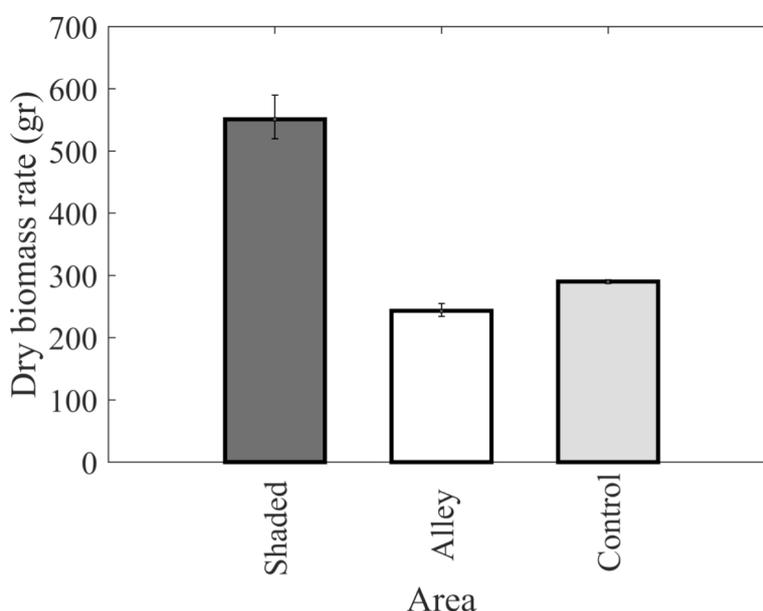
In aggiunta, la coesistenza fotovoltaico-pascolamento può consentire una diminuzione dei costi dell'attività zootecnica, in quanto la tecnologia fotovoltaica (tracker + modulo) è in grado di fornire un rifugio artificiale al bestiame, riducendo di fatto il costo iniziale della realizzazione dell'infrastruttura apposita per il ricovero del bestiame. Il pascolamento permette inoltre di evitare le operazioni di fienagione (taglio e/o raccolta del foraggio), diminuendo così il costo della manodopera impiegata per la gestione del cotico erboso presente sotto i pannelli.

Gli studi di Andrew (2021a, 2021b), che hanno confrontato la crescita degli agnelli e la produzione foraggera del pascolo in un sistema tradizionale e in uno agrivoltaico, dimostrano come il bestiame allevato nel pascolo solare sia sottoposto a minore stress termico registrando una relativa diminuzione nel consumo idrico, grazie al microclima più fresco e mite creato all'ombra dei pannelli. Inoltre, gli animali hanno beneficiato delle strutture per ripararsi non solo dal sole, ma anche dal vento e dai predatori. I risultati dello studio hanno infine registrato una effettiva diminuzione della fitomassa prodotta dalla semina del prato, tuttavia accompagnata da un aumento della qualità del foraggio, che ha conseguito una nascita primaverile degli agnelli simile a quella dei pascoli aperti. Per concludere, i risultati hanno confermato che la produttività del terreno potrebbe essere aumentata combinando il pascolo delle pecore con la produzione di energia solare, incentivando la realizzazione dei sistemi agrivoltaici.

Adeh *et al.* (2018) hanno confrontato gli effetti ambientali dei pannelli solari installati in un pascolo non irrigato, sottoposto a stress idrico frequente, quantificando i cambiamenti del microclima, dell'umidità del suolo, dell'uso dell'acqua e della produttività della biomassa (**Figura 4**) dovuti alla presenza dei pannelli solari. I risultati mostrano differenze significative per temperatura media dell'aria, umidità relativa, velocità e direzione del vento e umidità del suolo. Le aree sotto i pannelli solari hanno mantenuto un'umidità del suolo

più elevata per tutto il periodo di osservazione, si è registrato un aumento significativo della biomassa (+90%) ed infine le porzioni sotto i moduli fotovoltaici sono risultate significativamente più efficienti dal punto di vista idrico (+328%).

I ricercatori statunitensi hanno così confermato che le aree sotto i pannelli solari hanno un microclima diverso rispetto alle aree esposte: le piante in pieno sole consumano la risorsa idrica più in fretta e, una volta terminata, appassiscono, mentre quelle protette dai moduli utilizzano l'acqua più lentamente e sono quindi meno soggette a stress idrico. I ricercatori concludono anche che non tutte le colture sono indicate per i sistemi agrivoltaici e che la ricerca in questo campo ha bisogno di ulteriori studi. Tuttavia, recenti studi, permettono di affermare che i pascoli semi-aridi con inverni umidi risultano essere i candidati ideali per sistemi agrivoltaici, supportati anche dai notevoli guadagni in termini di produttività.



**Figura 4.** Confronto della biomassa secca nei tre luoghi di campionamento dello studio di Adeg *et al.* (2018): all'ombra dei pannelli (*shaded*), nelle aree aperte tra i pannelli (*alley*) e nell'area di controllo al di fuori dell'impianto agrivoltaico (*control*).

Gli studi condotti dimostrano come i risultati ottenibili dai "pascoli solari" siano generalmente positivi, sia in termini di produzione foraggera, sia di benessere animale e confermano come i risultati ottenibili non dipendano solo dalla soluzione progettuale proposta, ma siano fortemente influenzati dal contesto in cui si sviluppano. La ricerca in questo campo necessita ancora di ulteriori approfondimenti, anche in ragione dell'attuale contesto climatico caratterizzato sempre più spesso da eventi meteorici straordinari per i quali le colture e gli animali potranno sempre più giovare dell'effetto protettivo dei pannelli contro gli eventi estremi quali, ad esempio, grandine e temperature molto elevate. Lo sviluppo di progetti di questo tipo costituisce quindi un fattore fondamentale.

### 3. Quadro normativo dell'agrivoltaico

Come meglio illustrato nello SIA sviluppato per la presente istanza, le Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) e, tra queste, in particolare, il fotovoltaico, rivestono ormai un ruolo chiave nella "transizione energetica" (Figura 5) volta al contenimento del c.d. *Global Warming* e della necessaria progressiva decarbonizzazione del processo di produzione di energia.

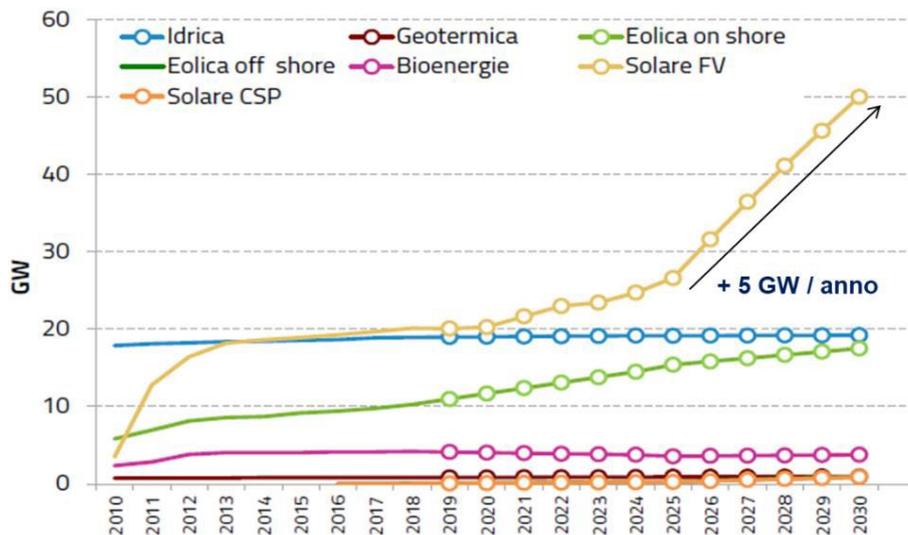


Figura 5. Stima prospettica dell'incremento atteso di installazione di impianti di produzione energetica da FER. Fonte: PNIEC.

A livello internazionale lo sviluppo di impianti agrivoltaici viene presentato per la prima volta tra le linee di azione di Agenda 2030, adottata dall'ONU nel 2015 e recepita immediatamente dall'Unione Europea. L'UE ha finora incentivato notevolmente l'utilizzo dei pannelli fotovoltaici per produrre energia "pulita", ma solo recentemente si sta lavorando su direttive o regolamenti che disciplinino o diano indicazioni tecniche precise riferite a questa tipologia di impianti "ibridi". La Commissione europea intende attuare iniziative di sostegno all'interno della strategia sulla biodiversità europea al fine di accelerare la transizione a un nuovo sistema alimentare sostenibile. La Commissione ha inoltre già proposto di integrare l'agrivoltaico nella Climate Change Adaptation Strategy in via di approvazione, e risultano varie proposte per l'inserimento del connubio agro-energetico nelle Agende europee in materia di transazione energetica (Unitus, 2021).

Per quanto riguarda l'Italia, come sintetizzato dal Report di Elettricità Futura e Confagricoltura (2021)<sup>10</sup>, "[...] nell'ipotesi quindi di dover installare 50 GW di nuova potenza fotovoltaica in meno di nove anni (rispetto ai 21,6 GW realizzati in circa quindici anni), è ragionevole supporre che lo sviluppo atteso dovrà essere assicurato soprattutto dagli impianti a terra, mentre le installazioni su coperture continueranno presumibilmente a crescere con lo stesso ritmo riscontrato ad oggi". Si consideri che al 2030, in un'ipotesi di ubicazione su suolo di 35 GW di impianti solari, si renderà necessaria una superficie complessiva inferiore allo 0.5% della

<sup>10</sup> Elettricità Futura e Confagricoltura, 2021. Impianti FV in aree rurali: sinergie tra produzione agricola ed energetica.

superficie agricola totale nazionale. A tal proposito, viene sottolineato come “[...] *la crescita attesa del fotovoltaico al 2030 dovrà prevedere un più ampio coinvolgimento degli agricoltori e dovrà valutare l’inserimento a terra, su aree agricole, degli impianti FV soprattutto attraverso soluzioni impiantistiche in grado di integrare la produzione di energia in ambito agricolo e di contribuire, se ne ricorrano le condizioni, a rilanciarne l’attività nei terreni abbandonati non utilizzabili o non utilizzati in ambito rurale*”.

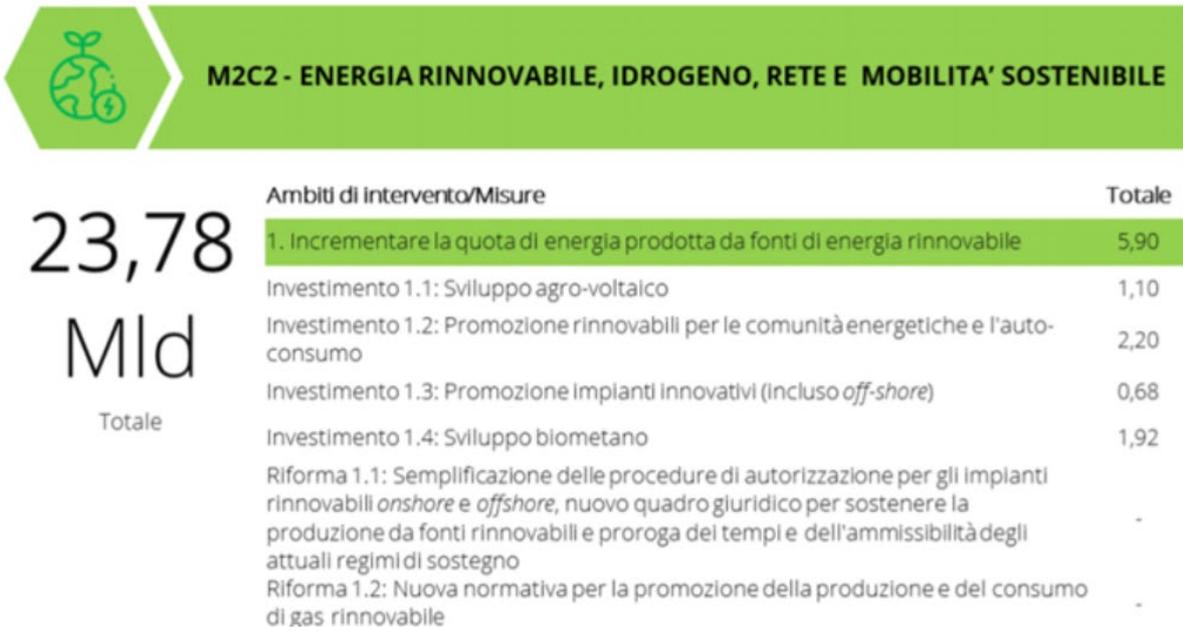
Queste asserzioni permettono di chiarire **due elementi essenziali**, finora spesso ritenuti controversi:

- gli impianti fotovoltaici utility-scale non comportano forme di “consumo” del suolo: il suolo è infatti, in grado di mantenere e addirittura migliorare la propria fertilità intesa come funzione di abitabilità e nutrizione;
- la filiera agricola e quella energetica non sono in contrapposizione ma possono divenire fattori sinergici in cui la componente energetica funge da motore di sviluppo rurale e di crescita/stabilità di comparti a maggior fragilità.

Nonostante l’evidente e riconosciuta potenzialità, il quadro normativo risulta oggi ancora piuttosto frammentario e talvolta discordante, ma finalmente dal 2022 si sta lavorando per arrivare a una definizione condivisa e condivisibile di “Impianto agrivoltaico”.

Fino a quest’anno la diffusione di questa tipologia di impianti è stata limitata dall’assenza di un sistema incentivante, ma il “Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)”, inserisce l’agrivoltaico (se in possesso di determinati requisiti) tra le produzioni di energia rinnovabile incentivabili e comincia a dare indicazioni rispetto alle caratteristiche che deve avere un progetto per essere definito “Agrivoltaico”.

Il PNRR, infatti, nella sua versione definitiva trasmessa alla UE, prevede stanziamenti superiori al miliardo di euro per lo “Sviluppo Agrivoltaico” (e relativi monitoraggi) e una capacità produttiva di 2,43 GW. Proprio allo sviluppo dell’agrovoltaico viene dedicato il primo punto della missione Energia Rinnovabile, Idrogeno, Rete e Mobilità Sostenibile (M2C2) (**Figura 6**).



**Figura 6.** Componente M2C2 “Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile”

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 11 di 59

In Italia, il **D. Lgs. 28/2011** ha introdotto gli incentivi statali su impianti fotovoltaici in ambito agricolo che:

- utilizzino soluzioni innovative;
- siano sollevati da terra (in modo da non compromettere l'attività agricola);
- abbiano sistemi di monitoraggio per verificarne l'impatto ambientale.

Nel corso degli anni sono state introdotte deroghe (Decreto-Legge n° 1/2012, successivamente convertito in Legge con la L. 27/2012) all'articolo 65, comma 1 del D.Lgs. 28/2011<sup>11</sup>, che disponeva il divieto agli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole di poter accedere agli incentivi statali per le FER.

Solo nel 2020, l'**art. 56, comma 8-bis della Legge n. 120 del 2020** (conversione del D.L. 76/2020) amplia la possibilità di accesso agli incentivi introducendo dopo il comma 1:

- comma 1-bis *"Il comma 1 non si applica agli impianti solari fotovoltaici da realizzare su aree dichiarate come siti di interesse nazionale purché siano stati autorizzati ai sensi dell'articolo 4, comma 2, del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 2812, e in ogni caso l'accesso agli incentivi per tali impianti non necessita di ulteriori attestazioni e dichiarazioni"*;
- comma 1-ter *"Il comma 1 non si applica altresì agli impianti solari fotovoltaici da realizzare su discariche e lotti di discarica chiusi e ripristinati, cave o lotti di cave non suscettibili di ulteriore sfruttamento per le quali l'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione abbia attestato l'avvenuto completamento delle attività di recupero e ripristino ambientale previste nel titolo autorizzatorio nel rispetto delle norme regionali vigenti (...) e in ogni caso l'accesso agli incentivi per tali impianti non necessita di ulteriori attestazioni e dichiarazioni"*;

e finalmente nel 2021 con l'**art. 31, comma 5, legge n. 108 del 2021** (conversione del D.L. 77/2021) vengono ufficialmente inseriti gli impianti agrivoltaici:

- comma 1-quater **"Il comma 1 non si applica agli impianti agrovoltaici che adottino soluzioni integrative innovativa con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione"**;
- comma 1-quinquies (poi così modificato dall'art. 11, comma 1, lettera a, Legge n. 34 del 2022): *"l'accesso agli incentivi per gli impianti di cui al comma 1-quater è inoltre subordinato alla contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio, da attuare sulla base di linee guida adottate dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, in collaborazione con il Gestore dei servizi energetici (GSE) (...), che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate"*.

Infine, l'**art. 9 della Legge n. 34 del 22 aprile 2022** "Semplificazioni per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili" prevede l'estensione della Procedura Abilitativa Semplificata (PAS), in particolare: *"[...] Per l'attività di costruzione ed esercizio di impianti fotovoltaici di potenza fino a 20 MW e delle relative opere di*

<sup>11</sup> comma 1: *"Agli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole, non è consentito l'accesso agli incentivi statali di cui al decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28"*.

<sup>12</sup> Il comma 2 art. 4 si riferisce alle all'Autorizzazione Unica (D.Lgs. 387/2003), alla Procedura Abilitativa Semplificata (D.Lgs. 28/2011)

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 12 di 59

*connessione alla rete elettrica di alta e media tensione localizzati in aree a destinazione industriale, produttiva o commerciale nonché in discariche o lotti di discarica chiusi e ripristinati ovvero in cave o lotti di cave non suscettibili di ulteriore sfruttamento, e delle relative opere connesse e infrastrutture necessarie, per i quali l'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione abbia attestato l'avvenuto completamento delle attività di recupero e di ripristino ambientale previste nel titolo autorizzatorio nel rispetto delle norme regionali vigenti, si applicano le disposizioni di cui al comma 1. Le medesime disposizioni di cui al comma 1 si applicano ai progetti di nuovi impianti fotovoltaici da realizzare nelle aree classificate idonee ai sensi dell'articolo 20 del decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 199, ivi comprese le aree di cui al comma 8 dello stesso articolo 20, di potenza fino a 10 MW, **nonché agli impianti agro-voltaici di cui all'articolo 65, comma 1-quater, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 27, che distino non più di 3 chilometri da aree a destinazione industriale, artigianale e commerciale**".*

La nuova formulazione dell'**art. 11 della Legge n. 34 del 2022** sopprime inoltre definitivamente il vincolo del 10 % di copertura della superficie agricola totale ai fini dell'accesso agli incentivi statali per gli impianti agrovoltaici con montaggio dei moduli sollevati da terra e possibilità di rotazione e per quelli che adottino altre soluzioni innovative.

Il Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria (CREA) ha contribuito con le proprie *"Considerazioni connesse allo sviluppo del sistema agrivoltaico"* all'esame del D.L. 17/2022, prima della conversione in legge. Dal testo di questo approfondimento emergono numerose informazioni preziose utili ad inquadrare gli impianti agrovoltaici nel contesto degli aiuti economici derivanti dalla Politica Agricola Comune (PAC). L'ente sottolinea che occorre prediligere impianti che non vadano a sottrarre in maniera permanente suolo all'attività agricola - ed anzi favorire con l'installazione di essi il ripristino della piena funzionalità agro-biologica del suolo - ha riflessi anche in quello che è il mantenimento dei titoli PAC. Dal punto di vista procedurale e regolatorio, infatti, il mantenimento dei suddetti aiuti comunitari è legato principalmente al prosieguo dell'attività primaria, potendo integrare altre attività "accessorie", purché esse non vadano ad ostacolare l'attività agricola in sé. Da qui, dunque, il bisogno di uno strutturato iter progettuale della componente agronomica, con uno sguardo alle nuove tecnologie dell'agricoltura di precisione e digitale, integrando anche accorgimenti tecnici che possano permettere un miglioramento quali-quantitativo delle colture in ottica di ottimizzazione dell'uso delle risorse (ad esempio la componente idrica) e limitazione degli sprechi.

Alfine di contribuire alla definizione di "agrivoltaico", il *"Position Paper - Sistemi AGRO-FOTOVOLTAICI"*<sup>13</sup>, sottoscritto da ANIE Rinnovabili, Elettricità Futura e Italia Solare (ANIE,2022), definisce gli indicatori minimi per qualificare ed etichettare come tale un sistema agrivoltaico, ovvero la coesistenza nel progetto di tutte le tre condizioni di seguito riportate:

- la fattibilità dell'attività agricola del sistema deve essere asseverata da parte di un tecnico competente, sia in fase autorizzativa, sia annualmente;

<sup>13</sup> <https://www.italiasolare.eu/wp-content/uploads/2022/03/AR-EF-IS-Position-Paper-Agrovoltaico.pdf>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 13 di 59

- l'esecuzione del monitoraggio ed il controllo dei fattori della produzione, le cui modalità devono essere scelte in base alla tipologia di attività esercitata;
- il limitare la superficie non utilizzabile ai fini agricoli (ovvero le porzioni di suolo non più disponibili dopo l'installazione dei moduli, come ad esempio quelle occupate dalle strutture di sostegno) a non più del 30% della superficie totale del progetto.

Lo stesso documento contribuisce anche a definire alcuni criteri incrementali definiti "Plus" - la cui presenza si auspica possa essere presa in considerazione per l'assegnazione di una priorità di ammissione del progetto, nonché di sostegno finanziario, rispetto ad altri dello stesso ambito energetico, che misurano un più elevato livello di integrazione dell'attività di produzione di energia da fonte fotovoltaica sulle superfici vocate alla produzione primaria, quali ad esempio:

- l'utilizzo di strumenti digitali facenti parte della sfera dell'agricoltura di precisione (o agricoltura 4.0);
- il miglioramento dell'utilizzo della risorsa idrica mediante accorgimenti tecnico-agronomici che si traduca in un aumento del valore d'uso del suolo;
- l'utilizzo di misure di mitigazione ambientali atti a favorire un miglior inserimento dell'impianto nel contesto agricolo e rurale;
- la tutela della biodiversità, delle specie di interesse agrario, del suolo dai fenomeni erosivi e l'uso di colture identitarie del territorio o specie zootecniche autoctone.

Infine, è recentissima (28 giugno 2022) la pubblicazione da parte del **MiTE** (Ministero della Transizione Ecologica) delle "**Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici**" (MiTE,2022). Tale documento è stato prodotto da un gruppo di lavoro composto da **CREA** (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria), **GSE** (Gestore dei servizi energetici S.p.A.), **ENEA** (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) ed **RSE** (Ricerca sul sistema energetico S.p.A), coordinato dallo stesso MiTE.

Le linee guida redatte chiariscono e definiscono le **caratteristiche minime ed i requisiti** da soddisfare affinché un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola possa essere definito "**agrivoltaico**":

- **REQUISITO A:** *Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;*
- **REQUISITO B:** *Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale;*
- **REQUISITO D:** *per quanto concerne la continuità dell'attività agricola, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate;*

Nello stesso documento vengono inoltre descritti i **requisiti "plus"** che un impianto deve soddisfare per essere definito "**impianto agrivoltaico avanzato**", diventando meritevole dell'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche, come stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies del DL n. 1/2012, nonché quelli per l'accesso ai contributi del PNRR (esclusi quelli ulteriori soggettivi o tecnici, premiali e di priorità che potranno essere definiti successivamente):

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 14 di 59

- **REQUISITO D:** l'azienda deve essere dotata di un adeguato sistema di monitoraggio che consenta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico anche in termini di risparmio idrico;
- **REQUISITO E:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Tali Linee Guida rappresentano in Italia ad oggi, il riferimento non solo per poter definire cosa renda un impianto che usa la tecnologia fotovoltaica "agrivoltaico", ma anche per identificare elementi concreti e quantificabili che consentono di distinguere tra diversi tipi di impianti agrivoltaici, identificando tra questi quali possano/potranno o meno accedere ai contributi statali e del PNRR.

Entrando nel dettaglio i requisiti minimi che un progetto "agrivoltaico" come quello proposto deve possedere per essere definito tale sono:

- **A.1 Superficie minima coltivata:** garantire il prosieguo dell'attività agricola su una superficie non inferiore al 70% della superficie totale dell'area oggetto di intervento;
- **A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR - Land Area Occupation Ratio):** il rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto fotovoltaico e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico deve essere non superiore al 40%;
- **B.1.a Esistenza e resa della coltivazione:** bisogna accertare la destinazione produttiva agricola dei fondi rustici destinati al progetto, valutando e confrontando il valore della produzione agricola media ante intervento con quello della produzione agricola ipotizzata per il sistema agrivoltaico, ad esempio esprimendola in €/ha o €/UBA.
- **B.1.b Mantenimento dell'indirizzo produttivo:** garantire il mantenimento dell'indirizzo produttivo dello stato di fatto o l'eventuale passaggio ad uno dal valore economico più elevato. Andrebbero mantenute comunque le produzioni DOP e IGP;
- **B.2 Producibilità elettrica minima:** garantire che la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico (espressa in GWh/ha/anno) non sia inferiore al 60% rispetto a quella di un impianto fotovoltaico standard idealmente realizzato sulla stessa area;
- **D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola:** monitorare attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo - con cadenza stabilita - l'esistenza e la resa della coltivazione, nonché il mantenimento dell'indirizzo produttivo proposto.

Come anticipato le Linee Guida forniscono non solo le definizioni, ma anche gli elementi e i concetti necessari per definire le componenti del sistema che possono essere utilizzate per la verifica della conformità di un impianto al concetto di *agrivoltaico* quali:

- **"Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico ( $S_{pv}$ ):** somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice)."

Tale superficie è riferibile alla somma di tutte le superfici dei moduli fotovoltaici proiettate ortogonalmente al terreno.

- **"Superficie di un sistema agrivoltaico ( $S_{tot}$ ):** area che comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico."

Tale superficie è riferibile alla superficie delle singole tessere che vanno a comporre la totalità del Sistema Agrivoltaico proposto.

Il MiTE introduce anche il concetto di **tessera**, che nel presente lavoro è stato considerato come un gruppo di pannelli con caratteristiche omogenee (i.e. una strada interna che cambia il pitch divide l'impianto in due

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 15 di 59

tessere) che vanno a comporre la totalità del Sistema Agrivoltaico e sottolinea che i requisiti minimi devono essere soddisfatti distintamente da ciascuna tessera.

Oltre alla definizioni in termini di superfici, il MiTE introduce gli elementi per la descrizione e definizione di un impianto anche dal punto di vista spaziale, considerando il **sistema agrivoltaico** "come un "pattern spaziale tridimensionale", composto dall'impianto agrivoltaico, e segnatamente, dai moduli fotovoltaici e dallo spazio libero tra e sotto i moduli fotovoltaici, montati in assetti e strutture che assecondino la funzione agricola, o eventuale altre funzioni aggiuntive, spazio definito "**volume agrivoltaico**" o "**spazio poro**".

Utilizzando la definizione del MiTe per "**spazio poro**" si intende: "*spazio dedicato all'attività agricola, caratterizzato dal volume costituito dalla superficie occupata dall'impianto agrivoltaico (superficie maggiore tra quella individuata dalla proiezione ortogonale sul piano di campagna del profilo esterno di massimo ingombro dei moduli fotovoltaici e quella che contiene la totalità delle strutture di supporto) e dall'altezza minima dei moduli fotovoltaici rispetto al suolo;*"

Quanto definito dal MiTE rappresenta pre-condizione preziosissima per definire o meno la possibilità di accesso ai contributi del PNRR, "fermo restando che, nell'ambito dell'attuazione della misura Missione 2, Componente 2, Investimento 1.1 "Sviluppo del sistema agrivoltaico", come previsto dall'articolo 12, comma 1, lettera f) del decreto legislativo n. 199 del 2021, potranno essere definiti ulteriori criteri in termini di requisiti soggettivi o tecnici, fattori premiali o criteri di priorità".

## 4. L'agricoltura in Sicilia

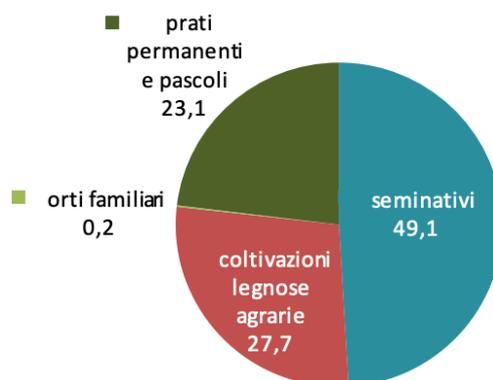
### 4.1. Superfici, coltivazioni ed altre attività agricole

La Regione Sicilia ha un'estensione totale di ha 2.583.255, di cui poco meno del 60% (ha 1.549.417) destinata all'attività agricola (SAT, superficie agricola totale); la SAU (superficie agricola utile) invece, costituisce il 53% del totale (ha 1.387.521), contro il 42% della media italiana. Tali superfici rappresentano rispettivamente il 9,1% ed il 10,8% del totale nazionale.

In Sicilia inoltre sono presenti il 13,6% delle Aziende Agricole e Zootecniche dell'intera Nazione (Regione seconda solo alla Puglia), le quali hanno un'estensione media di ha 6,3 (SAU).<sup>14</sup>

La ripartizione in termini percentuali della Superficie Agricola Utile (SAU) è riportata in **Figura 7**. Il 49,1% della SAU è destinata a colture seminative (tra le più rappresentative: frumento duro, circa ha 264.000 - avena, circa ha 7.600 - orzo, circa ha 4.800).<sup>15</sup>

Poco meno del 30% della SAU è investita dalle specie legnose agrarie perenni (olivicoltura, circa ha 140.000 - viticoltura circa ha 122.000 - agrumicoltura, circa ha 129.000 - frutta secca a guscio, circa ha 50.000 - alberi da frutto, circa ha 20.000 (Badami *et al.*, 2017); la restante parte è destinata ai prati permanenti e ai pascoli, che contribuiscono a soddisfare il fabbisogno alimentare del comparto zootecnico regionale.



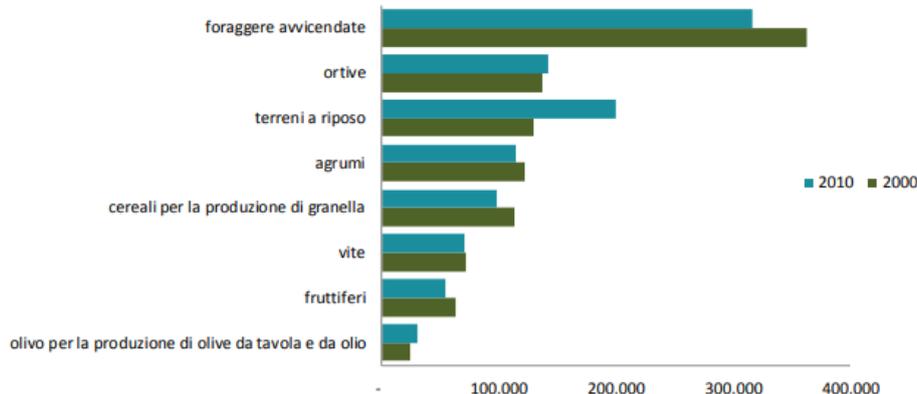
**Figura 7.** Ripartizione (%) delle coltivazioni nel suolo agricolo siciliano. Fonte:

[https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0\\_censimento\\_agricoltura\\_in\\_Sicilia\\_Risultati\\_definitivi.pdf](https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0_censimento_agricoltura_in_Sicilia_Risultati_definitivi.pdf)

Analizzando i valori assoluti della SAU per tipo di coltivazione (**Figura 8**) dell'ultimo censimento, emerge come le colture ortive siano in espansione rispetto al 2000. La Sicilia occupa infatti un posto di rilievo per questo comparto in Italia, soprattutto per quanto riguarda i volumi di produzione. (Badami *et al.*, 2017).

<sup>14</sup> [https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0\\_censimento\\_agricoltura\\_in\\_Sicilia\\_Risultati\\_definitivi.pdf](https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0_censimento_agricoltura_in_Sicilia_Risultati_definitivi.pdf)

<sup>15</sup> <http://dati.istat.it/> (dati 2021)



**Figura 8.** SAU per tipo di coltivazione. Sicilia, Anni 2000 e 2010, valori assoluti. Fonte:

[https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0\\_censimento\\_agricoltura\\_in\\_Sicilia\\_Risultati\\_definitivi.pdf](https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0_censimento_agricoltura_in_Sicilia_Risultati_definitivi.pdf)

Le coltivazioni maggiormente rappresentative dell'orticoltura siciliana sono: il pomodoro, il peperone, la melanzana, la zuccina, il carciofo e la patata, sia in termini di superfici investite che di produzione. Tra le altre specie coltivate sul territorio regionale, quelle principalmente prodotte in pieno campo sono: fava fresca, fagiolo e fagiolino, pisello, aglio e scalogno, carota, cipolla, cavoli (tra cui cavolo cappuccio e cavolo verza), cavolfiore e cavolo broccolo, finocchio, indivia, lattuga, radicchio o cicoria, spinacio, cetriolo da mensa, cocomero, fragola, melone e pomodoro da industria (Badami *et al.*, 2017).

Per quanto riguarda le principali coltivazioni legnose agrarie sul territorio siciliano al primo posto come numero di aziende e superficie si trova l'olivo (circa 140.000 aziende), seguito dalla vite con circa 40.000 aziende e dagli agrumi (fonte ISTAT, 6° censimento agricoltura). I fruttiferi, principalmente costituiti da frutto a guscio come mandorlo e nocciolo seguiti da frutta fresca ricoprono circa 54.300 ha con circa 36.000 aziende.

Per quanto concerne l'attività zootecnica, il comparto regionale mostra un'ampia varietà nella consistenza del bestiame, sia in termini di numerosità sia di specie animali. Infatti, si contano circa 375.000 capi tra bovini e bufalini, 765.000 ovicapri e circa 46.000 capi per le specie suine.<sup>16</sup>

Secondo le rilevazioni del Sistema d'informazione Nazionale sull'Agricoltura Biologica (SINAB), la Sicilia detiene il primato nazionale nell'ambito della conduzione in regime biologico: è infatti la prima Regione italiana per SAU vocata a questa tipologia di agricoltura (ha 385.356 totali), oltre che per dimensione media aziendale e per incremento del numero degli operatori impiegati (10.596 in totale<sup>17</sup>). Inoltre, in ambito europeo, detiene il primato per superficie di vigneti condotti in tale regime.

<sup>16</sup> <http://dati.istat.it/> (dati al 1° dicembre 2021)

<sup>17</sup> SINAB 2020 – BIO in cifre - Dati Nazionali sul biologico anni 2018 e 2019 Fonte: <https://www.sinab.it/sites/default/files/share/BIO%20IN%20CIFRE%202020.pdf>

**Infografica 1**  
DISTRIBUZIONE REGIONALE DELLE SUPERFICI BIOLOGICHE IN ITALIA  
ANNO 2019  
VALORI IN ETTARI



**Figura 9.** Distribuzione regionale delle superfici condotte in biologico in Italia. Fonte: <https://www.sinab.it/sites/default/files/share/BIO%20IN%20CIFRE%202020.pdf>

## 4.2. Prodotti di qualità

La Regione vanta inoltre dati significativi in valore relativi al comparto delle produzioni agro-alimentari certificate DOP e IGP: l'isola infatti conta ben 36 prodotti a marchio comunitario<sup>18</sup>. Tra i più rinomati ricordiamo per il comparto dell'agrumicoltura l'arancia rossa di Sicilia (IGP) e quella di Ribera (DOP) ed i limoni (IGP di Siracusa e dell'Etna; per il comparto formaggi si menziona il Pecorino Siciliano (DOP), la Provola dei Nebrodi (DOP) ed il Ragusano (DOP); per il comparto delle produzioni orto-frutticole spicca il pistacchio Verde di Bronte (DOP) ed il pomodoro di Pachino (IGP).

## 4.3. Incentivi e sostegno all'agricoltura regionale

L'agricoltura regionale, ancora spiccatamente convenzionale – con l'eccezione del dato relativo alla conduzione in biologico, è sostenuta da un articolato e ben strutturato sistema di finanziamenti e agevolazioni, ovvero il già citato **Programma di Sviluppo Rurale (PSR) per la Regione Sicilia 2014-2022**.

Nello specifico, (coerentemente con la conduzione dei terreni agricoli in regime biologico) l'**Operazione 10.1c "Conversione e mantenimento dei seminativi in pascoli permanenti"** della **Sottomisura 10.1 "Pagamenti per impegni agro-climatico-ambientali"** della **Misura 10 "Pagamenti agro-climatico ambientali**, supporta pratiche atte a tutelare la biodiversità attraverso la riduzione delle superfici agricole destinate a colture

<sup>18</sup> Elenco dei Prodotti DOP, IGP e STG (aggiornato ad aprile 2022) Fonte: <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/2090>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 19 di 59

seminative attraverso la loro conversione in pascoli permanenti. Tale azione consente infatti di ridurre l'impatto negativo del settore primario su flora e fauna spontanee, in virtù dell'abbattimento dell'uso di fitofarmaci e fertilizzanti di origine chimica. La conversione delle superfici in pascoli permanenti contribuisce inoltre a migliorare la risorsa suolo per quanto concerne la dotazione in sostanza organica e preservandolo dai fenomeni di erosione.

## 5. Inquadramento dell'area di intervento

### 5.1. Inquadramento catastale

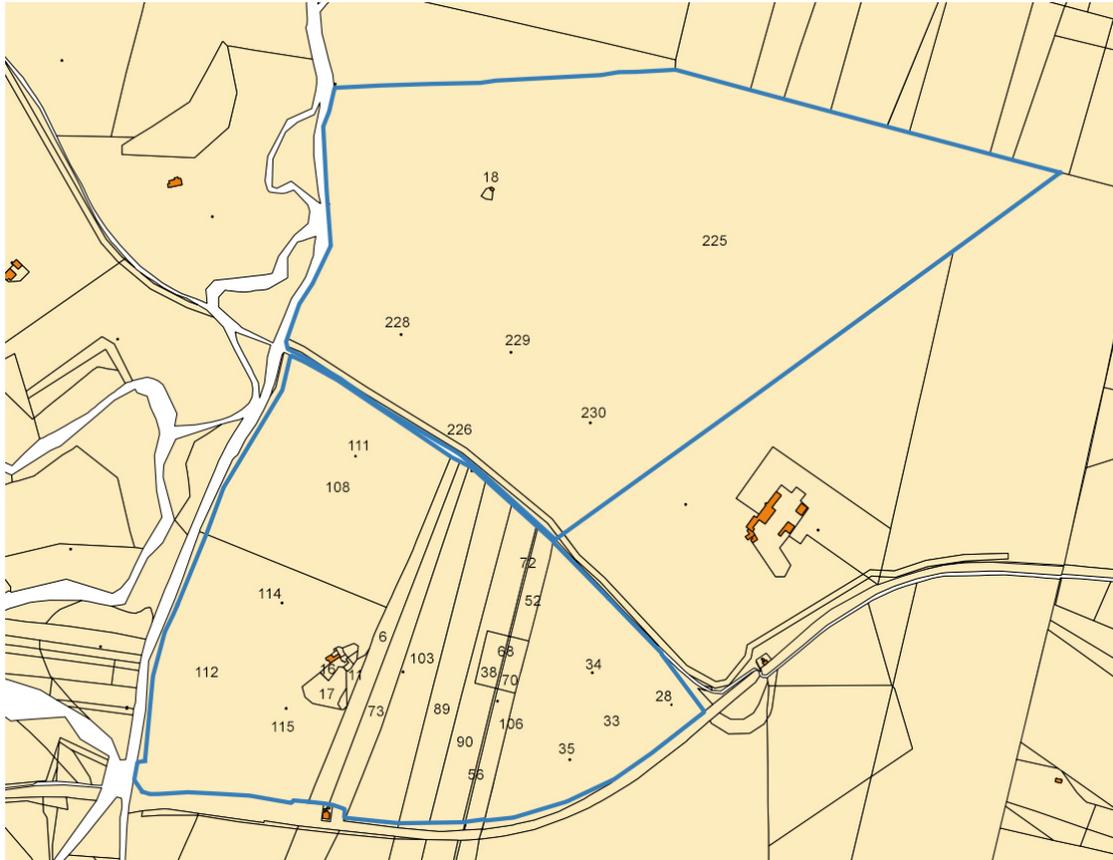
I fondi rustici interessati dall'intervento - riferibile all'area di impianto – si trovano in località Sparagnona e sono distinti in Catasto Terreni del Comune di Regalbuto (EN), le cui caratteristiche sono riassunte in **Tabella 1**.

**Tabella 1.** Particolare dell'area oggetto di intervento

COMUNE	FOGLIO N°	P.LLA N°	SUP. CAT. ha
Regalbuto (EN)	96	18	0,0232
Regalbuto (EN)	96	225	52,3227
Regalbuto (EN)	96	226	0,5453
Regalbuto (EN)	96	227	0,231
Regalbuto (EN)	96	228	0,0005
Regalbuto (EN)	96	229	0,0005
Regalbuto (EN)	96	230	0,0005
Regalbuto (EN)	96	231	0,0005
Regalbuto (EN)	100	6	1,545
Regalbuto (EN)	100	11	0,1016
Regalbuto (EN)	100	38	0,293
Regalbuto (EN)	100	52	0,52
Regalbuto (EN)	100	66	0,077
Regalbuto (EN)	100	68	0,025
Regalbuto (EN)	100	70	0,25
Regalbuto (EN)	100	72	0,047

COMUNE	FOGLIO N°	P.LLA N°	SUP. CAT. ha
Regalbuto (EN)	100	73	1,64
Regalbuto (EN)	100	89	2,5533
Regalbuto (EN)	100	90	2,263
Regalbuto (EN)	100	103	3,0093
Regalbuto (EN)	100	105	0,0005
Regalbuto (EN)	100	106	0,6195
Regalbuto (EN)	100	107	0,0005
Regalbuto (EN)	100	108	8,8979
Regalbuto (EN)	100	111	0,0005
Regalbuto (EN)	100	112	10,7461
Regalbuto (EN)	100	114	0,0005
Regalbuto (EN)	100	115	0,0005
Regalbuto (EN)	101	28	0,0004
Regalbuto (EN)	101	33	7,844
Regalbuto (EN)	101	34	0,0005
Regalbuto (EN)	101	35	0,0005
<b>TOTALE</b>			<b>93,55</b>

Si riporta di seguito (**Figura 10**) uno stralcio dell'inquadramento catastale, riferibile all'area di impianto del progetto agrivoltaico.

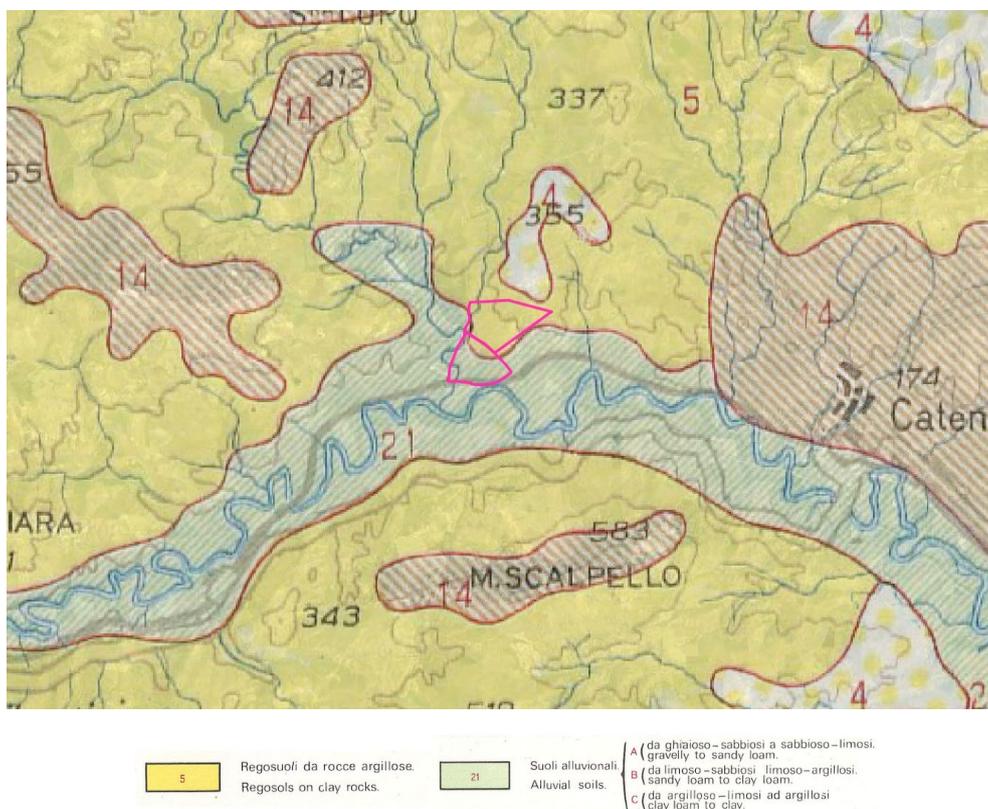


**Figura 10.** Inquadramento catastale dell'area oggetto di intervento.

## 5.2. Aspetti pedologici e agronomici

La pedogenesi siciliana è profondamente influenzata dalle differenti formazioni litologiche da cui i suoli si sono evoluti, ma anche dalle condizioni climatiche tipicamente mediterranee e dall'azione dell'uomo, che da millenni ha sottoposto i suoli dell'isola ad una intensa attività agricola, alterandone nel corso del tempo le caratteristiche naturali. Il quadro pedologico dell'isola risulta pertanto essere costituito da una grande varietà di suoli che spazia da tipi pedologici meno evoluti a quelli più evoluti.

I suoli della regione sono stati analizzati e mappati nella "Carta dei suoli della Sicilia 1:250.000" (Ballatore G.P, Fierotti G., 1967) secondo la quale, nell'area di progetto si riscontrano dei "Regosuoli da rocce argillose" (Associazione n°5) e dei "Suoli alluvionali" (Associazione n° 21) (Figura 11).



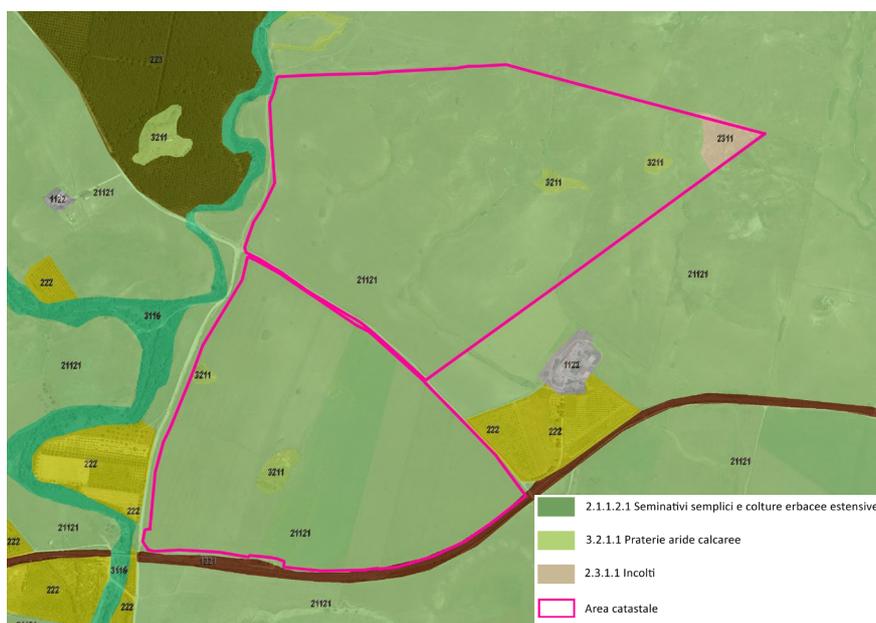
**Figura 11.** Estratto della "Carta dei Suoli della Sicilia 1:250.000" (Ballatore G.P, Fierotti G., 1967). Evidenziata in magenta l'area catastale oggetto di intervento.

I suoli dell'associazione n° 5 "Regosuoli da rocce argillose" sono i più diffusi nella regione Sicilia. Il loro profilo è sempre del tipo (A)-C o Ap-C, con un colore variabile dal grigio chiaro allo scuro. Il solum ha uno spessore variabile nel range di pochi cm fino a 70-80 cm di profondità. Il contenuto medio di argilla ammonta al 50% (con minimi del 25% e massimi del 75%); i carbonati sono presenti mediamente con valori del 10-15%. Il potassio risulta presente in quantità elevata, quella di sostanza organica, azoto e potassio invece discrete o scarse. Il pH oscilla tra valori compresi tra 7,0 e 8,3 (da neutro a moderatamente alcalino). Riassumendo, i suoli in oggetto risultano prevalentemente argillosi o argilloso-calcarei, impermeabili o semi-permeabili. La potenzialità produttiva di questi suoli è giudicabile come discreta o buona; la vocazione produttiva è limitata alla cerealicoltura od alla coltivazione di specie destinate all'alimentazione zootecnica.

I suoli dell'associazione n° 21 "Suoli alluvionali" sono caratterizzati da un profilo Ap-C con notevole potenza. Lo spessore dei sedimenti può raggiungere anche gli 80 m. La struttura può variare dal ciottoloso al sabbioso molto permeabile fino all'argilloso compatto ed impermeabile. La loro natura rende difficile il poter indicare valori medi di pH e contenuto in sostanze: da un punto di vista generale risultano essere suoli con discreto contenuto di sostanza organica a reazione sub-alkalina, carenti dei tre principali elementi nutritivi (N-P-K). Il loro intrinseco valore agronomico nel complesso può essere giudicato da buono ad ottimo (con eventuali interventi di bonifica in caso di affioramento della fase salina e miglioramento della tessitura).

Secondo la classificazione dell'uso del suolo di **Corine**<sup>19</sup> del 2018 (**Figura 12**), le aree sono collocate prevalentemente in "seminativi non irrigui" individuati col codice **21121** (Seminativi semplici e colture erbacee estensive) e, in piccola parte "praterie aride calcaree" con il codice **3211**. Marginalmente nel vertice nord-est è presente un'area riferibile ad una zona incolta, distinta con il codice "incolti" **2311**.

Per quanto riguarda la classe d'uso del suolo *Seminativo*, ovvero la classe **211**, essa può rispecchiare una grande varietà colturale. In certe situazioni di morfologia e di suolo poveri, il seminativo, generalmente semplice o scarsamente arborato, confina e si alterna con il pascolo, o l'incolto, senza che si possano tracciare limiti razionali tra i due, mancando in molti casi anche le tipiche forme geometriche dei territori agricoli. In zone collinari, prevale il seminativo arborato con frequenza anche alta di legnose, tipicamente olivo, mandorlo, carrubo.



**Figura 12.** Tipo di uso del suolo secondo la classificazione CORINE (2018) relativa all'area oggetto di studio (perimetro catastale nella disponibilità del proponente magenta)

<sup>19</sup> Programma CORINE (COoRdination of INformation on the Environment – Decisione 85/338/EEC). <https://groupware.sinanet.isprambiente.it/uso-copertura-e-consumo-di-suolo/library/copertura-del-suolo/corine-land-cover>

### 5.3. Inquadramento climatico

Ricerche scientifiche riferite allo studio dell'andamento della temperatura media in Italia dal 1961 al 2006 mostrano, per la **porzione centrale del territorio italiano, un aumento delle temperature medie annue a partire dall'inizio del XX secolo, con un tasso più elevato dopo il 1980** (0,060 °C/anno - Aruffo e DiCarlo, 2019). Un'ulteriore evidenza del lavoro mostra come i trend di innalzamento termico siano maggiormente influenzati dal maggior riscaldamento riscontrato in estate e in primavera rispetto a quello rilevato in inverno e autunno. A tal proposito, Fioravanti *et al.* (2016) indicano che, dal 1978 al 2011, l'Italia ha sperimentato ondate di calore crescenti ad un ritmo medio di 7.5 giorni/decennio. Inoltre, Amendola *et al.* (2019) sottolineano come tale incremento medio (in Italia, e nei paesi del Mediterraneo in generale), sia superiore alla media globale.

Per quanto concerne le **precipitazioni**, inoltre, diversi studi hanno evidenziato come si verifichi, rispetto al passato, una **riduzione del numero di eventi a intensità medio-bassa a parità di apporti medi annuali** (e.g. Brunetti *et al.*, 2004; Todeschini, 2012). A tal proposito, il numero totale dei giorni di pioggia risulterebbe effettivamente diminuito, soprattutto negli ultimi 50 anni, con trend differenti rispetto alla localizzazione geografica (-6 giorni/secolo al Nord e -14 giorni/secolo per Centro e Sud). **Ne consegue una generale tendenza, per tutte le regioni italiane, a un aumento dell'intensità delle precipitazioni e una riduzione della loro durata** (Brunetti *et al.*, 2006).

Al netto dei trend di macro-scala, limitando l'analisi ai **dati relativi al comune di Regalbuto**, è possibile sintetizzare quanto segue: **i)** la temperatura media annuale è pari a 15,37°C, **ii)** luglio è il mese più caldo dell'anno, con una temperatura media di 25,6°C, mentre **iii)** gennaio è il più freddo, con una temperatura media massima di 6,9°C<sup>20</sup>.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	6.9	7.2	10.1	13.2	17.8	22.7	25.6	25.5	21.1	17.3	12.4	8.4
Temperatura minima (°C)	3.1	3	5.4	8	12.1	16.5	19	19.5	16.4	13.2	8.8	5
Temperatura massima (°C)	11.2	11.8	15.1	18.5	23.3	28.5	31.7	31.6	26.2	22.1	16.7	12.5
Precipitazioni (mm)	84	77	76	76	52	39	12	30	63	77	72	77
Umidità(%)	83%	80%	73%	68%	60%	53%	49%	51%	66%	74%	80%	84%
Giorni di pioggia (g.)	9	8	8	9	6	4	2	3	7	8	8	9
Ore di sole (ore)	4.9	5.5	7.5	9.0	10.7	12.0	12.4	11.3	8.8	7.2	5.6	4.7

Data: 1991 - 2021 Temperatura minima (°C), Temperatura massima (°C), Precipitazioni (mm), Umidità, Giorni di pioggia. Data: 1999 - 2019: Ore di sole

**Figura 13.** Tabella climatica Comune di Regalbuto (EN)<sup>21</sup>

<sup>20</sup> <https://it.climate-data.org/europa/italia/sicily/regalbuto-768294/>

<sup>21</sup> <https://it.climate-data.org/europa/italia/sicily/regalbuto-768294/>

Per quanto riguarda il dato relativo alle precipitazioni nel Comune di Regalbuto, la stagione più piovosa dura mediamente 6,8 mesi, estendendosi da fine settembre a metà aprile (probabilità di precipitazione del 17%). Il mese con il maggior numero di giorni piovosi è novembre, con una media di almeno 1 mm di precipitazioni (8,9 giorni l'anno).

Il mese con la maggiore quantità di pioggia è dicembre, con una media di 62mm. Il mese con la minore quantità di pioggia è invece luglio, con una media di 3 mm.



Figura 14. Precipitazioni medie mensili nel Comune di Regalbuto<sup>22</sup>

Ulteriore parametro meteo-climatico di interesse da analizzare è il dato anemometrico. Nella Figura 15, viene riportata la direzione oraria media del vento di Regalbuto, che varia notevolmente durante l'anno, in termini generali il vento è più spesso da nord (5,3 mesi) a cavallo tra la fine di aprile e l'inizio di ottobre e da ovest nel mese di ottobre (3,1 settimane). Il grafico trascura le ore in cui la velocità media del vento è inferiore a 1,6 km/h.

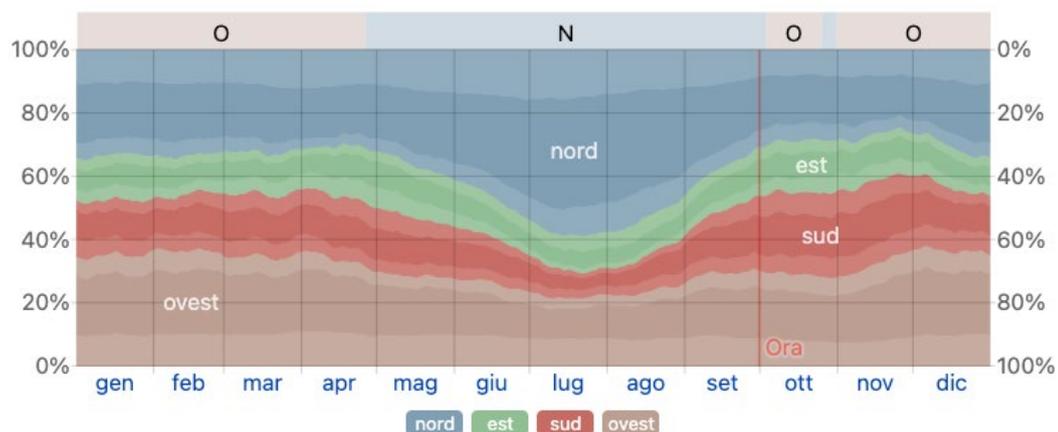
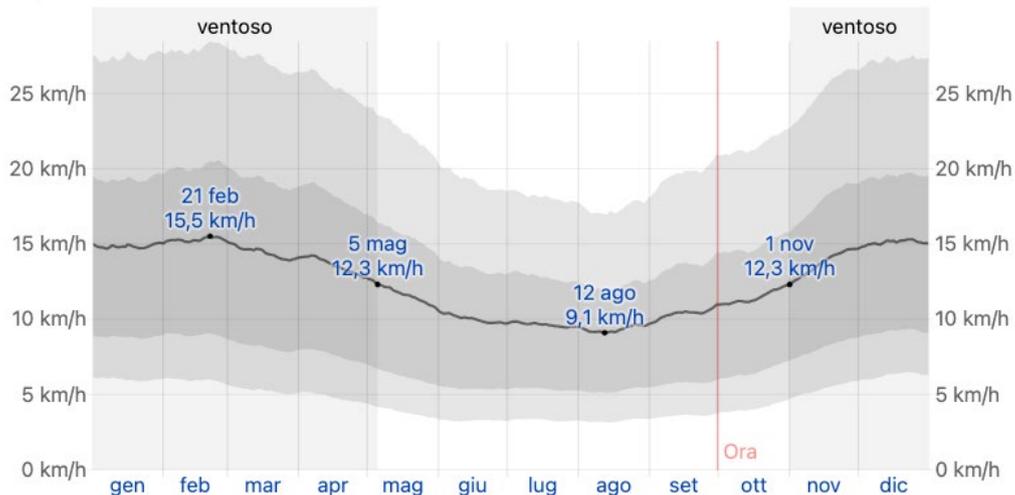


Figura 15. Direzione oraria media del vento di Regalbuto. Le aree del grafico a colorazione attenuata sono la percentuale di ore passate nelle direzioni intermedie implicite (nord-est, sud-est, sud-ovest e nord-ovest).<sup>23</sup>

<sup>22</sup> <https://it.weatherspark.com/y/76372/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Regalbuto-Italia-tutto-l'anno>

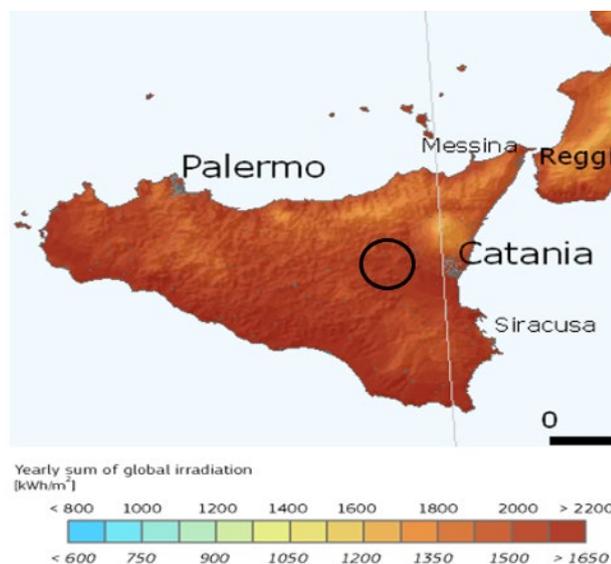
<sup>23</sup> <https://it.weatherspark.com/y/76372/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Regalbuto-Italia-tutto-l'anno>

In termini quantitativi, invece, il **grafico in Figura 16** fornisce il **dettaglio, su base giornaliera, dei valori medi orari di velocità del vento e dei relativi percentili: 25° - 75° e 10° - 90°** (su due fasce di diversa gradazione di grigio). Il periodo mediamente più ventoso è riferibile alla terza settimana di febbraio 15,5 km/h.



**Figura 16.** Medie delle velocità orarie del vento su matrice giornaliera nel comune di Regalbuto. La riga nera rappresenta il valor medio, mentre le fasce a diversa tonalità di grigio sono i diversi percentili: 25° - 75° e 10° - 90°. <sup>24</sup>

In termini di irraggiamento, le **aree designate per la realizzazione degli impianti godono di una buona insolazione (Figura 17)** dove la maggior parte dei territori beneficiano di un **irraggiamento solare annuo cumulato con valori superiori ai 1350 kWh/m<sup>2</sup>** (Joint Research Center, 2018). <sup>25</sup>

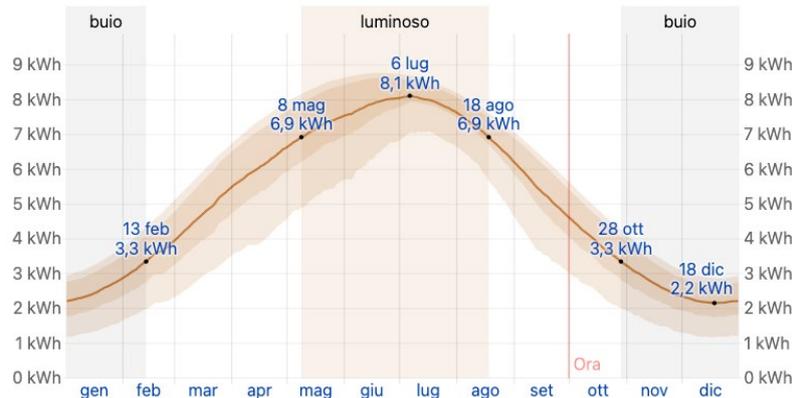


**Figura 17.** Irraggiamento solare globale nella Regione Sicilia - sommatoria annua (kWh/m<sup>2</sup>).

<sup>24</sup> <https://it.weatherspark.com/y/76372/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Regalbuto-Italia-tutto-l'anno>

<sup>25</sup> Joint Research Centre (2018). [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system/pvgis-data-download/country-and-regional-maps\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system/pvgis-data-download/country-and-regional-maps_en).

Nella **Figura 18** si riporta l'energia solare a onde corte incidente totale giornaliera, che raggiunge la superficie del suolo in un'ampia area, tenendo in considerazione le variazioni stagionali nella durata delle ore diurne, l'elevazione del sole sull'orizzonte e l'assorbimento da parte delle nuvole e altri elementi atmosferici. La radiazione delle onde corte include luce visibile e raggi ultravioletti. Si evince che **a Regalbuto il periodo più luminoso dell'anno dura poco più di 3 mesi, con un'energia a onde corte incidente giornaliera media per metro quadrato superiore a 7,9 kWh, con picchi di 8,1 kWh (luglio).**

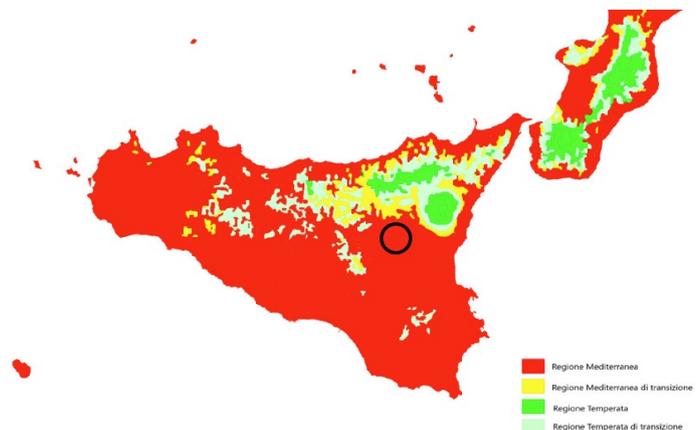


**Figura 18.** Energia solare a onde corte incidente media (kWh/m<sup>2</sup>) nel comune di Regalbuto.

Volendo addivenire a una classificazione climatica, quindi, è possibile definire il clima della zona di interesse (secondo la classificazione di Köppen e Geiger – Kottek *et al.*, 2006) come **caldo e temperato, con estate secca e temperatura media del mese più caldo superiore a 24,4°C.**

Un ulteriore riscontro climatico è rappresentato dalle diverse Regioni fitoclimatiche della Sicilia evidenziate in

**Figura 19.** La macro-area di riferimento ricade nella zona "Regione Mediterranea", caratterizzata da un termotipo "meso mediterraneo" ed un ombrotipo "secco" (parametro derivante dal rapporto tra la somma delle precipitazioni dei mesi estivi e la somma delle temperature medie dei mesi estivi - indice ombrotermico)<sup>26</sup>.



**Figura 19.** Stralcio carta fitoclimatica d'Italia - Sicilia<sup>27</sup>.

**Ne risulta, quindi, che il Comune di Regalbuto sia caratterizzato da un clima caldo e temperato, con piogge ben distribuite e periodi di siccità compresi prevalentemente nel periodo estivo.**

<sup>26</sup> <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2014.891472>

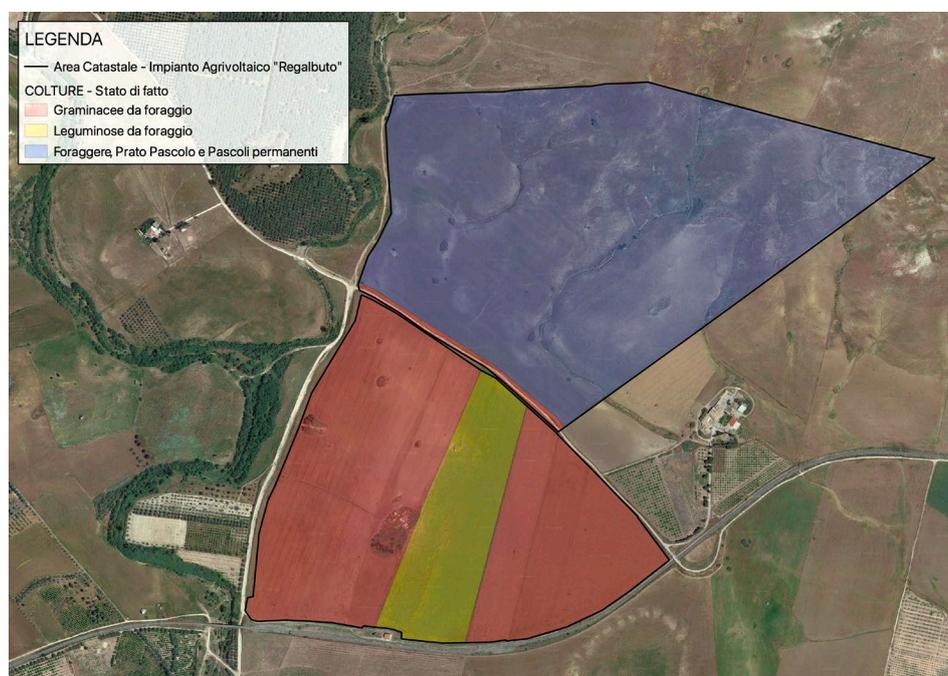
<sup>27</sup> [http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms\\_ogc/WMS\\_v1.3/Vettoriali/Carla\\_fitoclimatica.map](http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/Vettoriali/Carla_fitoclimatica.map)

#### 5.4. Modalità di conduzione ed attività agricola - stato di fatto

L'area oggetto di studio risulta attualmente condotta da 4 soggetti differenti:

- Ditta individuale "Bellone Andrea", intestataria di regolare fascicolo aziendale AGEA e titolare di regolare partita IVA n° 01118510864 - Codice ATECO 01-11-40 "Coltivazioni miste di cereali, legumi da granella e semi", iscritta alla Camera di Commercio di Enna con n° REA EN 60798;
- Ditta individuale "Bellone Giuseppina", intestataria di regolare fascicolo aziendale AGEA e titolare di regolare partita IVA n° 01239030867 - Codice ATECO 01-11-10 "Coltivazioni di cereali (escluso il riso)";
- Ditta individuale "Bellone Salvatore", intestataria di regolare fascicolo aziendale AGEA e titolare di regolare partita IVA n° 00579270869 - Codice ATECO 01-30-0 "Coltivazioni agricole associate all'allevamento di animali", iscritta alla Camera di Commercio di Enna con n° REA EN 48563;
- Ditta individuale "Sollima Giuseppe", intestataria di regolare fascicolo aziendale AGEA e titolare di regolare partita IVA n° 00524210879 - Codice ATECO 01-23-00 "Coltivazione di agrumi", iscritta alla Camera di Commercio di Catania con n° REA CT 222818;

L'indirizzo produttivo della superficie oggetto di studio - indicato in **Figura 20** - è riferibile per lo più **alla coltivazione di specie seminatrici a ciclo autunno-vernino e leguminose foraggere** destinate al pascolamento diretto di capi ovini (ed alla eventuale raccolta), e in minor parte a pascoli permanenti. Tutte le superfici oggetto di studio (concesse in affitto a terzi) sono destinate dunque al foraggiamento della consistenza zootecnica degli allevatori locali (affittuari delle stesse). Le operazioni colturali sono eseguite da contoterzisti. La pratica agricola sull'area oggetto di studio è condotta **senza il ricorso all'irrigazione**.



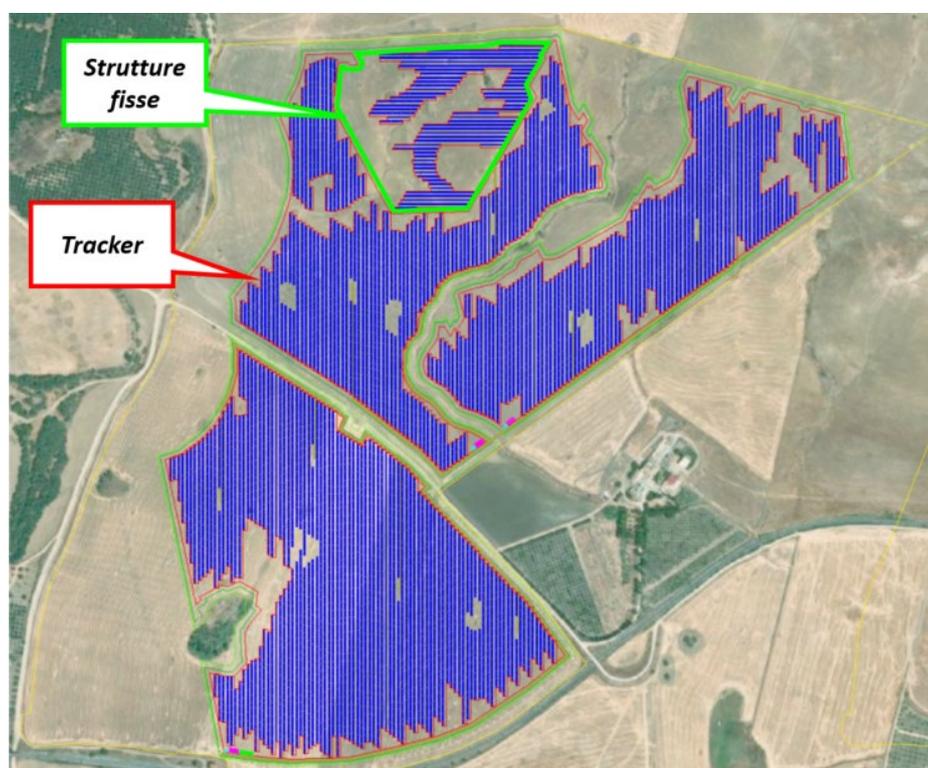
**Figura 20.** Categorizzazione delle superfici oggetto di studio per colture praticate allo stato di fatto

## 6. Progetto Agrivoltaico

Come illustrato in precedenza, la progettazione di un impianto agrivoltaico parte dall'analisi combinata delle esigenze agronomiche con quelle tecnologico-energetiche dell'installazione fotovoltaica, per addivenire ad un progetto finale che valorizzi le rese di entrambe le componenti, nel rispetto dell'ambiente in cui si inserisce e delle relative risorse.

### 6.1. Componente fotovoltaica

Il sistema fotovoltaico proposto prevedere l'utilizzo di **due distinte tipologie di strutture di sostegno e di relativi moduli (Figura 21)**; tale scelta si è resa necessaria in considerazione della morfologia del territorio e nello specifico del terreno oggetto di studio, caratterizzato da pendenze rilevanti in alcune zone dalla superficie considerata.

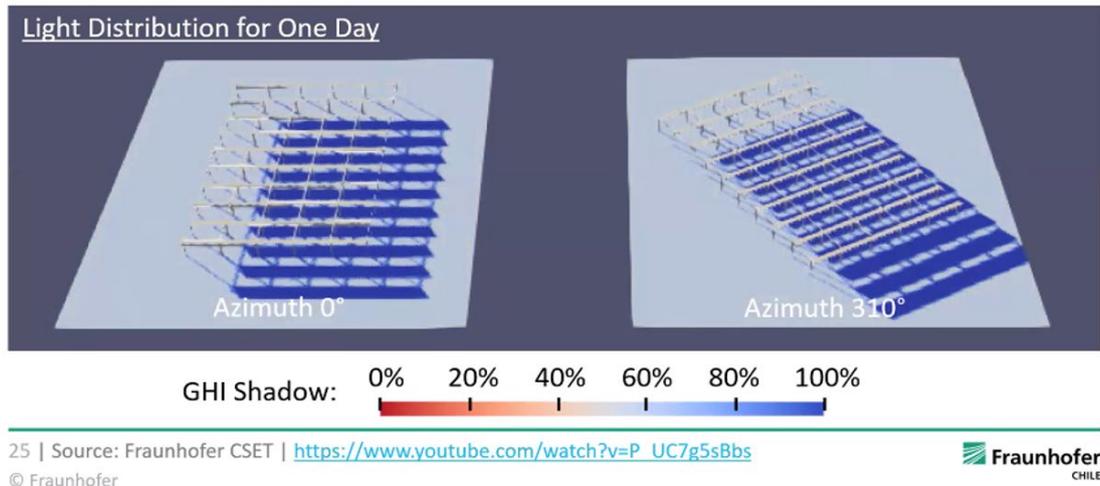


**Figura 21.**Rappresentazione del layout do progetto, con evidenza dell'area occupata dai pannelli su strutture fisse (contorno verde) e su tracker (contorno rosso)

**La porzione più consistente dell'area oggetto di studio** sarà interessata dall'installazione di **inseguitori solari monoassiali a singola vela con moduli bifacciali**, che ruotano di 60° sull'asse est-ovest seguendo l'andamento del sole. L'utilizzo di moduli di nuova generazione, posizionati su sistemi di supporto ad inseguimento (tracker), è stata effettuata in ragione del fatto che:

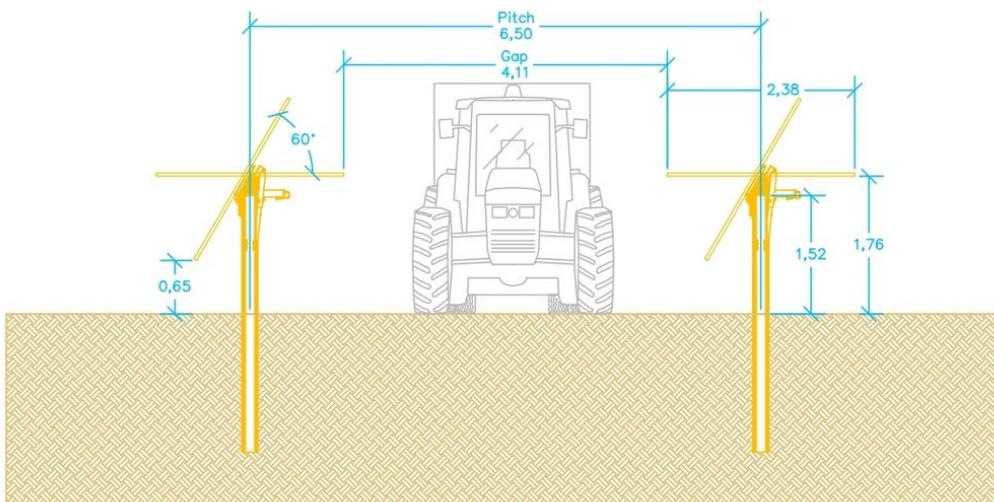
- consentono di coltivare la superficie interessata dall'installazione fotovoltaica, poiché non si creano zone d'ombra concentrata, grazie alla lenta rotazione da est a ovest permessa dal sistema ad inseguimento solare (**Figura 22**);

- il distanziamento utilizzato in questo tipo di progetti permette il passaggio delle normali macchine ed attrezzature agricole: a titolo di esempio, l'omologazione dei trattori consente una larghezza massima della macchina di 2,55 m e la distanza tra le file di pannelli, ancorché variabile, è superiore;
- è possibile regolare l'inclinazione dei tracker in relazione sia alle eventuali esigenze delle colture (in funzione dello stadio fenologico), sia alla necessità di effettuare operazioni colturali che richiedano il passaggio di attrezzi con altezza superiore alla minima distanza del pannello dal suolo.



**Figura 22.** Distribuzione della zona d'ombra sotto i pannelli durante il giorno. FCR CSET: Light Simulation for Agrivoltaics plant with azimuth of 0° and -30° (Central Chile).

Le strutture metalliche di supporto sono disposte lungo l'asse nord-sud su file parallele opportunamente distanziate tra loro con un interasse (distanza palo-palo, denominata "pitch") pari a m 6,50 per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti e, come di seguito evidenziato, consentire il passaggio dei mezzi agricoli. L'altezza del nodo di rotazione è pari a m 1,52 dal piano di campagna (**Figura 23**), mentre l'altezza libera inferiore è pari a m 0,65.

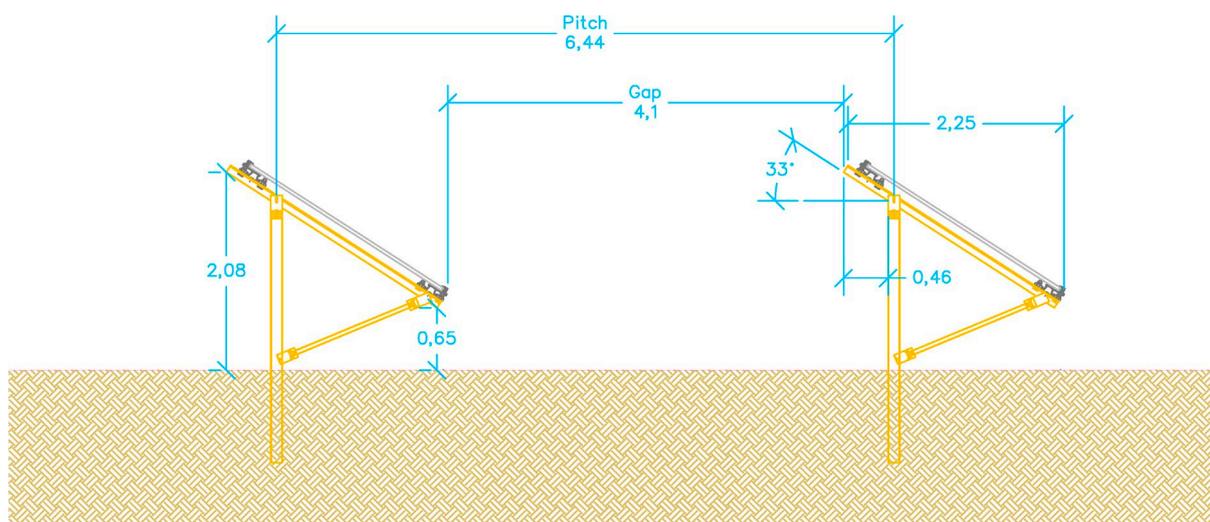


**Figura 23.** Vista dei tracker in sezione con particolare del passaggio di un mezzo agricolo

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 31 di 59

Il layout proposto consente di avere, nel momento di massima apertura - Zenith solare - una fascia di larghezza di m 4,11, completamente libera dalla copertura dei moduli tra le stringhe (distanza vela-vela, denominata "gap").

Una superficie minore del sistema agrivoltaico sarà invece interessata dall'installazione di **moduli di tipo monofacciale** sorretti da **strutture fisse** con vela singola orientate a sud con inclinazione pari a 33°. La scelta di non utilizzare i tracker è stata fatta in considerazione della morfologia della porzione che andranno ad occupare. Sono previste strutture di supporto di altezza pari a m 1,84 dal piano di campagna. I pali infissi nel terreno (per una profondità stimata di m 0,97) non necessiteranno di plinti/fondazioni in cemento. L'altezza massima delle stringhe sarà pari a m 2,21 dal piano di campagna; l'altezza minima delle medesime sarà pari a m 0,65 (**Figura 24**).



**Figura 24.** Vista dei moduli fissi in sezione.

Il pitch minimo è di m 6,44, distanza che anche in questo caso, porta ad un gap pari a m 4,10, ampiamente sufficiente per le ordinarie attività agricole e per la movimentazione dei mezzi meccanici.

La componente energetica dell'intero impianto agrivoltaico è stata quindi progettata perseguendo il duplice obiettivo:

- ottimizzare la produzione di energia
  - riducendo gli effetti degli ombreggiamenti per
- ottimizzare la produzione agropastorale garantendo
  - l'agevole passaggio delle macchine agricole;
  - il prosieguo dell'attività pastorale, offendo ai capi ricovero e riparo.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 32 di 59

## 6.2. Componente agronomica

Al fine di soddisfare oltre al fabbisogno di energia da fonti rinnovabili, la salvaguardia dei servizi ecosistemici, e la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica agropastorale locale, si prevede che l'intera superficie interessata dai pannelli sia destinata alla **semina di un prato-pascolo polifita permanente** per il pascolamento libero degli ovini. Il progetto agropastorale proposto è scaturito dall'analisi dello stato di fatto dell'area d'intervento ed è stato elaborato nell'ottica di promuovere attività in linea con lo sviluppo del settore agricolo regionale e con le politiche agricole regionali, con particolare riferimento al PSR e alla Misura 10.1c del PSR della Regione Sicilia (illustrata nel **capitolo 4.3**).

### 6.2.1. Proposta progettuale

Le superfici oggetto di studio sono risultate attualmente destinate alla coltivazione di specie da foraggio per l'alimentazione di capi ovini allevati per la produzione di latte e carne.

Il presente progetto propone:

- A. la conversione delle superfici a seminativo in prato-pascolo permanente;**
- B. il mantenimento ed il miglioramento delle superfici a pascolo permanente.**

La conversione di queste superfici in pascoli permanenti e successivo mantenimento **(A)** oltre a essere in linea con l'Operazione 10.1c del PSR della Regione Sicilia (vedasi **Capitolo 4.3**), garantirà:

- il ripristino della fertilità naturale del suolo dopo anni di coltivazione di specie depauperanti<sup>28</sup>;
- il miglioramento della micro/macro porosità, della capacità di ritenzione idrica e del microbiota naturali del suolo;
- la riduzione della compattazione degli strati più superficiali del terreno causata dal ricorrente passaggio dei mezzi impiegati nelle lavorazioni dei fondi rustici.

Il miglioramento ed il mantenimento delle superfici già investite a pascolo permanente **(B)** porterà invece effetti positivi in termini di qualità e quantità di foraggio fresco nella disponibilità dei capi che pascolano le superfici.

Si prevede di gestire il prato nel rispetto della definizione comunitaria di "prato permanente", contenuta nell'art. 4, paragrafo 1, lettera h), del **Regolamento dell'Unione Europea n° 1307/2013 del Parlamento Europeo e del Consiglio**<sup>29</sup> (UE), prendendo in considerazione i due elementi chiave per classificare le superfici agricole come riportate nel Decreto Ministeriale n. 6513 del 18 novembre:

- impiego di specie classificate come "erba o altre piante erbacee da foraggio", tutte tradizionalmente rinvenute nei pascoli naturali o solitamente comprese nei miscugli di sementi per pascoli o prati nello Stato membro, utilizzati o meno per il pascolo degli animali (art. 4, paragrafo 1, lettera i) del reg. 1307/2013);
- successione per 5 anni consecutivi fuori rotazione.

<sup>28</sup> Le colture depauperanti sono quelle che assorbono dal terreno grandi quantità di sostanze nutritive - in particolar modo azoto - tra cui frumento, orzo, avena e segale.

<sup>29</sup> <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:347:0608:0670:IT:PDF>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 33 di 59

Il Regolamento Europeo (che abroga il regolamento (CE) n° 73/2009 del Consiglio) definisce:

*h) "prato permanente e pascolo permanente" (congiuntamente denominati "prato permanente"): terreno utilizzato per la coltivazione di erba e di altre piante erbacee da foraggio, naturali (spontanee) o coltivate (seminate), e non compreso nell'avvicendamento delle colture dell'azienda da cinque anni o più; (...)"*

*i) "erba o altre piante erbacee da foraggio": tutte le piante erbacee tradizionalmente presenti nei pascoli naturali o solitamente comprese nei miscugli di sementi per pascoli o prati nello Stato membro, utilizzati o meno per il pascolo degli animali.*

La **Corte di Giustizia europea** si è espressa il 2 ottobre 2014<sup>30</sup> - relativamente alla **Causa C-47/13** (Martin Grund contro Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein) circa la definizione di "pascolo permanente, chiarendo che tale definizione è valida anche in caso di semina di altre specie rispetto a quelle già presenti e che *"il fatto di passare, su una stessa superficie, da un certo tipo di pascolo a un altro non può essere considerato come un «avvicendamento delle colture»"* e non compromette la possibilità di considerare anche il nuovo pascolo come "permanente":

*"(...) tale definizione non fa alcuna menzione del fatto che arare la terra e seminarla con una varietà di pianta erbacea da foraggio diversa da quella fino ad allora coltivata esclude, di per sé, la qualificazione come «pascolo permanente». Tale definizione non stabilisce neppure una distinzione fra l'erba e talune piante erbacee da foraggio, di modo che tutte le erbe e tutte le altre piante erbacee da foraggio rientrano in una sola e medesima categoria che non si suddivide a sua volta. Tutte le varietà di piante erbacee da foraggio sono considerate equivalenti alla luce di tale disposizione, dal momento che la scelta della varietà specifica di pianta erbacea da foraggio prodotta sui terreni interessati, in quanto tale, non ha alcuna rilevanza ai fini della qualificazione di tali terreni come «pascolo permanente».*

*Dall'altro lato, l'obiettivo di conservazione dei pascoli permanenti enunciato al considerando 7 del regolamento n.73/2009 è inteso anche a indicare che il fatto di passare, su una stessa superficie, da un certo tipo di pascolo a un altro non può essere considerato come un «avvicendamento delle colture» ai sensi dell'articolo 2, lettera c), del regolamento n. 1120/2009, il quale esclude la qualificazione come «pascolo permanente» contenuta nel suddetto articolo."*

### 6.2.2. Scelta delle specie

Per il popolamento erbaceo si ipotizza un mix di **60% leguminose e 40% graminacee**, al fine di mantenere una elevata biodiversità vegetale. Tale inerbimento favorisce inoltre una maggiore biodiversità microbica e della mesofauna del terreno, nonché quella della fauna selvatica che trova rifugio nel prato. Inoltre contribuisce al miglioramento dei suoli in virtù delle proprietà anti-erosive del manto erboso, all'utilizzo di piante azotofissatrici e alla riduzione della diffusione di specie infestanti. È prevedibile un miglioramento della struttura del suolo in virtù degli apparati radicali fittonanti e molto sviluppati in profondità che sono capaci di sviluppare alcune specie designate (leguminose).

<sup>30</sup> [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:62013CJ0047\\_SUM&from=PL](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:62013CJ0047_SUM&from=PL)

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 34 di 59

Il prato-pascolo permanente è definibile **polifita** poiché il mix da impiegare sarà composto da **cinque o più specie** - come già accennato appartenenti al patrimonio floristico spontaneo regionale adatte al contesto pedoclimatico interessato, integrato con specie che possano conferire allo stesso tempo anche un altro valore foraggero. La soluzione proposta, oltre ai vantaggi già elencati, favorisce la stabilità del biota e la conservazione/aumento della sostanza organica del terreno, poiché non prevede, per definizione, alcuna rotazione e lavorazioni annuali (come avviene invece nei seminativi tradizionali); allo stesso tempo, consente la produzione di foraggio verde utile al pascolamento. Il cotico erboso permanente consentirà infine un agevole passaggio dei mezzi meccanici che verranno utilizzati per la pulizia periodica dei pannelli fotovoltaici anche in condizioni di elevata umidità del suolo.

Tra le specie più adatte alle condizioni pedoclimatiche del sito in esame, nonché ad alto valore foraggero ed in linea con le essenze spontanee tipiche del territorio regionale (inserite nell' Allegato 11 del PSR Sicilia 2014-2020<sup>31</sup>, sono state selezionate le seguenti:

- **Veccia comune** (*Vicia sativa* L.) - 25%;
- **Sulla** (*Hedysarum coronarium* L.) - 25%;
- **Trifoglio bianco** (*Trifolium repens* L.) - 10%;
- **Festuca rossa** (*Festuca rubra* L.) - 15%;
- **Erba mazzolina** (*Dactylis glomerata* L.) - 15%;
- **Festuca alta** (*Festuca arundinacea* Schreb.) - 10%;

Per le **colture foraggere appartenenti alla famiglia delle Papilionacee** (dette anche Fabacee o comunemente Leguminose) sono state seleziona specie riconosciute universalmente per il loro alto valore foraggero, l'elevata capacità di ricaccio e la loro capacità di migliorare il terreno arricchendolo di azoto e migliorandone la struttura.

La **veccia comune** ( **Figura 25**) è una foraggera considerata un'ottima essenza in virtù dell'alto contenuto in proteine, dell'elevata appetibilità e la buona digeribilità. Nelle consociazioni assume una rilevante importanza in quanto dotata di cirri agli apici delle foglie, i quali le consentono di arrampicarsi sugli steli delle altre specie risolvendo il problema connesso al suo portamento tipicamente prostrato. Tale condizione si rivela utile nel caso sia previsto lo sfalcio e la raccolta del prato, riducendo la perdita di biomassa in campo rispetto alla coltura pura.



**Figura**

**25.** Veccia comune Fonte:

<https://www.eagff.ch/it/conoscere-le-piante-di-prati-e-pascoli/leguminose/caratteristiche-specifiche/veccia-comune#gallery-1>

<sup>31</sup> <http://www.psr Sicilia.it/2014-2020/>

La **sulla** (

**Figura 26**) è una foraggera tra le più importanti negli ambienti mediterranei, conosciuta per il suo elevato grado di rusticità ed idonea sia allo sfalcio che al pascolamento severo. Il suo habitus xerofilo le permette di sopravvivere in situazioni di penuria di acqua - seppur non eccessive e prolungate, che comprometterebbero una riduzione della sua capacità di ricaccio ed un peggioramento del valore nutritivo della biomassa - tipiche dell'ambiente della Regione Sicilia. È riconosciuta anche per le sue spiccate proprietà mellifere.



**Figura 26.** Sulla Fonte: Foto J.G. Gabarròn - [www.josenaturaleza.blogspot.it](http://www.josenaturaleza.blogspot.it)

Il **trifoglio bianco** (

**Figura 27**) è insieme all'erba medica la leguminosa da foraggio più diffusa al Mondo. È una specie perenne - costituente naturale dei pascoli e dei prati permanenti di tutta la regione del Mediterraneo - adattata a sopravvivere ad ogni latitudine ed in tutte le situazioni pedoclimatiche, in virtù della sua capacità di moltiplicazione per via vegetativa - generando stoloni, ovvero fusti secondari capaci di differenziare radici, da cui si generano nuove piantine - e dalla sua capacità di autorisemina.



**Figura 27.** Trifoglio bianco Fonte: [https://usercontent.one/wp/antropocene.it/wp-content/uploads/2019/06/Trifolium\\_repens.jpg](https://usercontent.one/wp/antropocene.it/wp-content/uploads/2019/06/Trifolium_repens.jpg)

Queste caratteristiche conferiscono alla specie una spiccata capacità di resistere al calpestio prodotto dal pascolo dei capi di bestiame, rendendo particolarmente idonea a tale impiego. È anch'essa una specie mellifera, impollinata abitualmente dall'ape domestica (*Apis mellifera* L.), da cui dipende strettamente per la fecondazione dei fiori.

Per le colture foraggere appartenenti alla famiglia delle Poacee (dette comunemente Graminacee) sono state selezionate specie adatte al pascolo - specificatamente ovino - caratterizzate da una buona persistenza, dalla loro portanza e per il fatto che non provocano meteorismo negli animali.

La **festuca rossa (Figura 28)** è una foraggera "tappezzante" dall'ottima qualità ma dalla modesta produttività, caratterizzata dalla piccola taglia delle piante, che formano cotici densi ed omogenei. Tale specie risulta essere molto persistente ed adatta al pascolamento. In virtù di tali caratteristiche è aggiunta ai miscugli complessi per costituire il "fondo" della cotica, soprattutto nelle condizioni ove il loglio inglese troverebbe condizioni sfavorevoli allo sviluppo (in particolare la siccità).



**Figura 28.** Festuca rossa Fonte: [https://usercontent.one/wp/antropocene.it/wp-content/uploads/2019/06/Festuca\\_rubra-800x445.jpg?media=166011127](https://usercontent.one/wp/antropocene.it/wp-content/uploads/2019/06/Festuca_rubra-800x445.jpg?media=166011127)

L'**erba mazzolina (Figura 29)** è una graminacea foraggera dalla spiccata capacità di ricaccio, con una longevità compresa tra i 5 e gli 8 anni ed un'elevata produttività. Ha una discreta resistenza alla siccità ed è poco sensibile all'ombreggiamento. L'appetibilità del foraggio prodotto risulta molto buona e ben si presta ad essere parte di miscugli oligofiti e polifiti con trifoglio bianco e sulla.



**Figura 29.** Erba mazzolina Fonte: [https://st3.depositphotos.com/6987128/34875/i/450/depositphotos\\_348753812-stock-photo-meadow-blooms-valuable-fodder-grass.jpg](https://st3.depositphotos.com/6987128/34875/i/450/depositphotos_348753812-stock-photo-meadow-blooms-valuable-fodder-grass.jpg)

La **festuca alta (Figura 30)** è una foraggera caratterizzata dall'estrema rusticità, capace di adattarsi ad ogni tipologia di terreno e a condizioni di forte siccità. È tra le graminacee più produttive e fra le più longeve, essendo capace di creare cotici erbosi caratterizzati da cespi fitti, robusti e rigogliosi durevoli dai 6 ai 10 anni. Si presta bene allo sfalcio e alla consociazione con il trifoglio bianco.



**Figura 30.** Festuca alta Fonte: <https://thumbs.dreamstime.com/b/la-festuca-arundinacea-93279549.jpg>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 37 di 59

Il cotico erboso derivante dal mix ipotizzato sarà caratterizzato da:

- biomassa in continua evoluzione e fioriture scalari durante tutto il periodo di pascolamento delle greggi;
- sfruttamento di tutta la colonna di terra per la radicazione, avendo le varie specie diverse caratteristiche degli apparati radicali;
- scarsa competitività delle varie essenze l'una con le altre in termini di risorsa idrica e nutrienti, nonché capacità di alcune di arricchire il terreno favorendo lo sviluppo di altre;
- una buona capacità di risemina il che concorrerà a garantire una certa persistenza delle specie nel tempo, da gestire ad hoc con risemine e trasemine.

### 6.2.3. Operazioni colturali

Le operazioni necessarie alla messa in atto della proposta progettuale cominceranno verosimilmente appena ultimata la fase di posa dei moduli fotovoltaici, riassumibili come di seguito:

#### A) Conversione delle superfici a seminativo in prato-pascolo permanente:

- 1- concimazione;
- 2- lavorazione superficiale;
- 3- semina.

La **concimazione d'impianto** (1) verrà effettuata apportando al terreno una quantità massima di 90 kg/ha di unità di fosforo totale, mediante spandiconcime granulare. In virtù del fatto che le superfici sono già attualmente soggette a pascolamento, si ipotizza che l'apporto di fosforo non supererà i 50 kg/ha. Tale elemento è infatti ampiamente restituito al terreno attraverso le deiezioni e le orine degli animali che vi pascolano. Non è prevista concimazione azotata in quanto l'equilibrio di tale elemento nel terreno sarà garantito dal fatto che il mix di essenze foraggere scelto comprende specie azotofissatrici (leguminose) e poiché non ammissibile dalla Operazione 10.1c del PSR regionale.

La **lavorazione meccanica superficiale** (2) consisterà in un'erpatura leggera (5-15 cm), al fine di sminuzzare le zolle superficiali, rendere piana la superficie dell'arativo ed interrare il concime minerale precedentemente distribuito, predisponendo così il terreno alla successiva semina. Tale lavorazione verrà eseguita da un erpice a dischi indipendenti di modeste dimensioni (3 metri circa) trainato da trattore anch'esso di modeste dimensioni (larghezza di 1,65 metri circa - tipologia da frutteto): la scelta di tali macchine si rende necessaria al fine di garantire un agevole passaggio tra le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici.

La **semina** (3) delle essenze foraggere - vedasi **Capitolo 6.2.2**- avverrà nel mese di settembre mediante seminatrice da frumento (con una densità di semina di 80 kg/ha, il minimo ammesso dalla Misura 10.1c). L'epoca di semina è ipotizzata in settembre - mese ottimale per la semina del prato permanente in considerazione della zona designata per l'intervento, caratterizzato da un clima mediterraneo con inverni miti, che possono consentire una buona germinazione autunnale anche per le leguminose.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 38 di 59

## B) Mantenimento e miglioramento delle superfici a pascolo permanente:

- 1- strigliatura;
- 2- semina.

La **strigliatura** (1) verrà effettuata con l'utilizzo di attrezzo strigliatore o erpice a catena al fine di migliorare l'areazione superficiale del suolo, consentendo inoltre di spargere le feci dei capi ovini che pascolano le superfici in modo da evitare eccessi e carenze nutritive nelle varie zone e favorendo l'assimilazione delle stesse da parte del terreno.

La **semina** (2) delle essenze foraggere - vedasi **Capitolo 6.2.2** - avverrà nel mese di settembre mediante seminatrice da frumento (con una densità di semina di 80 kg/ha). L'epoca di semina è ipotizzata in settembre - mese ottimale per la semina del prato stabile in virtù considerazione della zona designata per l'intervento, caratterizzato da un clima mediterraneo con inverni miti, che possono consentire una buona germinazione autunnale anche per le leguminose.

Si specifica infine che non è previsto il ricorso alla pratica dell'irrigazione.

### 6.2.4. Gestione delle superfici

Il prato permanente destinato al pascolo è un'entità biologica quasi sempre inizialmente eterogenea per la diversità delle piante componenti, ma che varia nel tempo in base all'insieme delle condizioni ambientali e antropiche e, in particolare, alle modalità di utilizzazione da parte del bestiame (più o meno ben controllato e gestito).

Tra le operazioni previste per il mantenimento del manto erboso si ipotizza una **trasemina** al terzo anno, impiegando una quantità di seme dimezzata rispetto a quella utilizzata alla semina di impianto. Tale pratica consiste l'apporto periodico di un ulteriore quantità di sementi per rivitalizzare il prato e ristabilizzarne la qualità e la quantità in percentuale di ogni specie impiegata. Il mix sarà stabilito sulla base dei risultati del monitoraggio agro pastorale (vedasi **Capitolo 7**), non escludendo la possibilità di far variare la composizione delle specie che lo compongono al fine di limitare fenomeni di stanchezza.

Sempre in riferimento ai dati raccolti con il monitoraggio, ci si riserva la possibilità di ricorrere a lavorazioni più profonde quali l'**arieggiatura** - da effettuare con ripper o ripuntatore - al fine di decompattare meccanicamente il suolo, aumentandone l'arieggiamento e la capacità di infiltrazione delle acque.

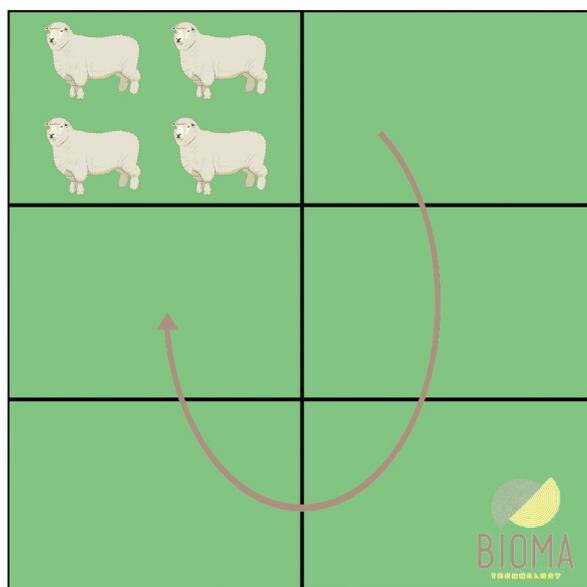
La composizione floristica dei pascoli e, conseguentemente, il loro valore foraggero, è infatti molto variabile non solo in dipendenza delle condizioni ambientali, ma anche della modalità di sfruttamento. Accanto a pascoli caratterizzati da residui secchi erbacei di vegetazioni precedenti, la cosiddetta necromassa - spesso ricca di infestanti ed il cui decadimento è anche dovuto alla mancata od errata utilizzazione per un insufficiente carico di bestiame -, ne esistono altri degradati a seguito del sovraccarico di bestiame e del sovrapascolamento protratto nel tempo, che non permette la ricostituzione del cotico erboso. In particolare, il sovrapascolamento può portare ad un continuo e sistematico impoverimento delle specie più appetite e alla diffusione di quelle di minor pregio o addirittura infestanti/dannose. Gli animali esercitano una notevole pressione sulle essenze da essi maggiormente gradite, pascolandole con intensità superiore, mentre utilizzano in minima parte le essenze non palubari: ciò determina una propagazione eccessiva di queste

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 39 di 59

ultime a discapito delle prime. Il risultato di questo insieme di condizioni è il degrado lento, costante ed inesorabile dei cotici erbosi, con l'invasione di infestanti erbacee poliennali e arbustive ed il diradamento delle essenze pabulari.

Sulle zone che risulteranno meno pascolate ci si riserva la possibilità di eseguire la **raccolta del seme in loco** - mediante aspirazione o spazzolamento<sup>32</sup> - al fine di creare una scorta di sementi utili per le successive trasemine, risparmiando il costo di acquisto delle stesse.

Per una gestione ottimale del prato, è prevista una gestione del **pascolamento in rotazione (Figura 31)**, suddividendo l'area in appositi settori.



**Figura 31.** Pascolamento a rotazione di 6 settori.

Questo sistema consente al gregge di utilizzare un'area o un settore di pascolo (tanca) per un periodo controllato di tempo per poi essere dislocato su altri settori fino a tornare su quello di partenza. Tale gestione è inoltre già di per sé agevolata dal fatto che l'area di impianto risulta progettualmente suddiviso in diversi lotti (aree recintate), apportando i seguenti benefici:

- possibilità di scegliere l'epoca ottimale per il consumo delle specie vegetali presenti: le graminacee vanno pascolate quando sono ancora nella fase di accestimento o da inizio levata, per evitare un evidente decadimento della qualità (più fibra, meno protidi, minore appetibilità, maggiori scarti) e compromettere il futuro ricaccio (la presenza di steli blocca lo sviluppo di nuovi germogli di accestimento).
- la quantità di foraggio consumato è più elevata, cosa che fa salire notevolmente il coefficiente di utilizzazione;

<sup>32</sup> La raccolta del seme mediante aspiratori portatili permette l'effettuazione di tale operazione su prati ripidi ed irregolari. La raccolta del seme mediante spazzolamento è effettuata da apposito ed economico macchinario trainato, con una resa che raggiunge il 75%.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 40 di 59

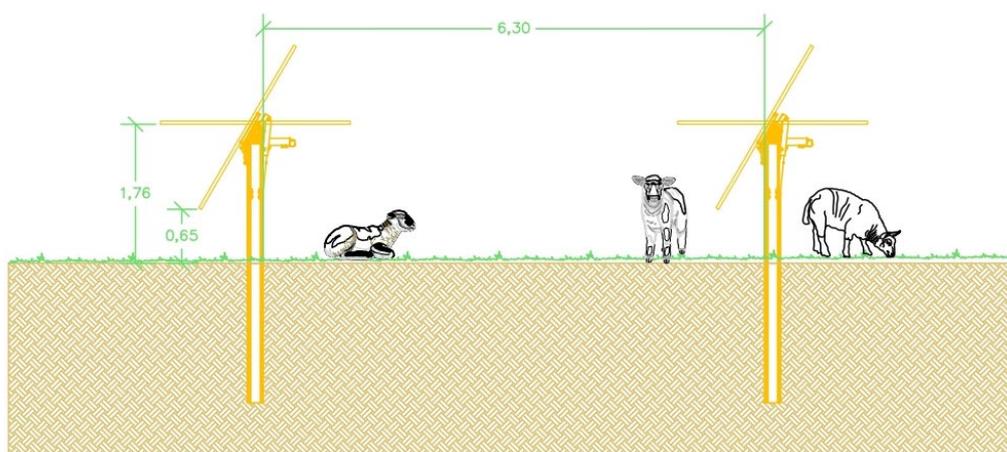
- il bestiame può essere diviso in gruppi omogenei per esigenze alimentari (animali in produzione, animali giovani, ecc.), esercitando quindi un certo controllo sul razionamento dei singoli individui;

Il pascolo così condotto porterà alla creazione di un **sistema estensivo a elevata biodiversità** e qualità e rispetto allo stato attuale, l'intervento consentirà di:

- prevenire le situazioni di degrado ed erosione, grazie all'infittimento del cotico con piante perenni e auto riseminanti (es. trifoglio);
- incrementare la disponibilità di foraggio fresco ed il valore nutritivo dello stesso (rispetto allo stato di fatto);
- migliorare la qualità foraggera del pascolo, consentendo quindi una probabile riduzione della necessità di ricorrere all'uso di mangimi concentrati.

Il pascolamento, al contempo, favorirà l'incremento della produzione e l'emissione di nuovi steli (riducendo la taglia), contenendo di fatto i fenomeni di allettamento, senescenza e marcescenza del cotico erboso, oltre a sopperire alle esigenze nutritive del prato grazie alle deiezioni dei capi, che saranno periodicamente sparse (in quanto la presenza di deiezioni concentrate in certi punti del campo è un ostacolo ad un corretto ributto del cotico erboso).

L'installazione fotovoltaica si integrerà quindi in modo sinergico al contesto rurale sopra descritto (**Figura 32**), consentendo la continuazione dell'utilizzo agro-zootecnico dell'intera area sottesa ai pannelli, **garantendo riparo ai capi** (dalle alte temperature estive e dalle più basse della stagione invernale) che pascoleranno l'area e migliorando la qualità e la quantità del foraggio fresco nella disponibilità degli stessi.



**Figura 32.** Sezione dell'area destinata a prato permanente con particolare degli ovini che pascolano l'area tra le strutture dell'impianto fotovoltaico

L'intera superficie di progetto verrà gestita **escludendo il ricorso a prodotti chimici di sintesi - fertilizzanti e fitofarmaci** - offrendo ai capi che pascoleranno le superfici un ambiente quanto più naturale possibile. La scelta delle specie dalle ottime proprietà mellifere contribuirà a caratterizzare in maniera positiva la proposta progettuale, offrendo ai bottinatori nutrimento garantito da fioriture abbondanti e scalari sull'intera superficie dell'impianto agrivoltaico.

## 6.2.5. Sostenibilità produttiva delle superfici

Il progetto proposto ha come obiettivo il mantenimento dell'indirizzo produttivo aziendale, ovvero la conduzione dei fondi rustici oggetto di intervento per il foraggiamento - per lo più attraverso pascolamento diretto - degli animali di proprietà di allevatori locali (come esposto nel **Capitolo 5.4**). L'intervento propone una conversione delle superfici attualmente coltivate a foraggiere annuali in prato-pascolo polifita permanente, nonché un miglioramento di quelle già destinate al pascolamento diretto attraverso scelte di natura tecnica ed agronomica.

### 6.2.5.1. Stato di fatto

La destinazione colturale - le cui informazioni derivano da fascicolo AGEA, riferite alla sola superficie agricola e non la totalità catastale - delle particelle oggetto di intervento è riassunta come di seguito in **Tabella 2**:

**Tabella 2.** Categorizzazione produttiva delle porzioni delle particelle oggetto di intervento

Foglio n°	Particella n°	Porzione	Destinazione	Superficie ha
100	108		FRUMENTO DURO	8,8979
	109		FRUMENTO DURO	0,2641
	110		FRUMENTO DURO	0,0115
	112		FRUMENTO DURO	1,07461
	113		FRUMENTO DURO	0,3109
	90		FRUMENTO DURO	2,2603
	38		FRUMENTO DURO	0,2930
	68		FRUMENTO DURO	0,0250
	66		FRUMENTO DURO	0,0770
	106		FRUMENTO DURO	0,6195
	70		FRUMENTO DURO	0,2500
	72		FRUMENTO DURO	0,0470
	52		FRUMENTO DURO	0,5200
	73		CECE	1,6400
	6		CECE	1,5450
	11	AA		CECE
AB			PRATO POLIFITA	0,0673
	89		CECE	2,5533
	103		CECE	3,0093
101	33		FRUMENTO DURO	7,8440
96	18		VECCIA	0,0232
	225	AA	ORZO	49,5086
		AB	PRATO POLIFITA	2,8131
	226		FRUMENTO DURO	0,5453
227		FRUMENTO DURO	0,2310	
TOTALE superficie agricola (Telerilevamento - info da fascicoli AGEA)				<b>84,4652<sup>33</sup></b>

TOTALE PRATO-PASCOLO (MONOSPECIE)	<b>81,5848</b>
TOTALE PRATO POLIFITA (PASCOLO)	<b>2,8804</b>

<sup>33</sup> Si specifica che vi è una discrepanza tra la superficie catastale indicata nel **Capitolo 5.1** - derivante da visura su portale SISTER - e quella telerilevata da AGEA, riferibile alla sola superficie agricola utilizzata (SAU).

La produzione unitaria media calcolata in **UF** (Unità Foraggere)<sup>34</sup> derivante dalle diverse tipologie di colture in atto sulle superfici oggetto di studio è stata calcolata come di seguito, utilizzando i dati forniti dal RICA<sup>35</sup> in **Tabella 3**.

**Tabella 3.** Unità foraggere risultanti dalle colture attualmente in atto calcolate sulla base delle produzioni unitarie medie e corrispondenti unità foraggere per quintale..

PRODUZIONI UNITARIE MEDIE E CORRISPONDENTI UNITA' FORAGGERE PER QUINTALE DELLE PRINCIPALI COLTURE FORAGGERE									
FORAGGI VERDI	g/ha		UF/q	UFL/q	UFC/q	Superficie ha	UF	UFL	UFC
	MIN	MAX							
prato-pascolo	120	160	14	16	15	81,58	159897	182739	171318
prato polifita non irriguo	180	240	13	16	15	2,88	7862	9677	9072
<b>TOTALE</b>						<b>84,46</b>	<b>167759</b>	<b>192416</b>	<b>180390</b>

Allo stato di fatto, le superfici oggetto di studio garantiscono una resa di **192.416 Unità Foraggere Latte** ad anno, equivalenti ad una resa di **180.390 Unità Foraggere Carne** ad anno.

Tali rese in UF sono sufficienti ad alimentare mediamente circa **345 capi** di pecore da latte o **285 capi** di pecore da carne, come calcolato di seguito utilizzando i dati forniti dal RICA in **Tabella 4**.

**Tabella 4.** Calcolo della consistenza zootecnica che può sostenere l'attuale conduzione delle superfici

FABBISOGNO DELLE SPECIE ANIMALI DI INTERESSE ZOOTECNICO ESPRESSO IN UF-UFL-UFC PER CAPO/ANNO									
OVICAPRINI	UF		UFL		UFC		Consistenza Zootecnica	UF Aziendali	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX			
pecore da latte			508	609			<b>345</b>	<b>192683</b>	
pecore da carne pero vivo kg 50-80					557	696	<b>285</b>	<b>178553</b>	

<sup>34</sup> In zootecnica, l'UF (Unità Foraggere) è un'unità di misura convenzionale basata sull'equivalenza del valore nutritivo dei foraggi rispetto a 1kg di amido, orzo o avena. Può essere catalogata anche in UF (tradizionale), UFL (Latte - esprime il valore nutritivo degli alimenti per i capi destinati alla produzione di latte) e UFC (Carne - esprime il valore nutritivo degli alimenti per i soggetti in accrescimento rapido all'ingrasso).

<sup>35</sup> [https://applicazioni.regione.umbria.it/bandi1;jsessionid=8155CFE77A72E83822F731985BFE891E?p\\_p\\_id=bandi\\_WAR\\_bandiportlet&p\\_p\\_lifecycle=2&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_cacheability=cacheLevelPage&\\_bandi\\_WAR\\_bandiportlet\\_documentID=1059784&\\_bandi\\_WAR\\_bandiportlet\\_codPrat=2018-002-15102&\\_bandi\\_WAR\\_bandiportlet\\_documentName=allegato+A+3.pdf&\\_bandi\\_WAR\\_bandiportlet\\_jspPage=%2Fdettaglio.jsp](https://applicazioni.regione.umbria.it/bandi1;jsessionid=8155CFE77A72E83822F731985BFE891E?p_p_id=bandi_WAR_bandiportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&_bandi_WAR_bandiportlet_documentID=1059784&_bandi_WAR_bandiportlet_codPrat=2018-002-15102&_bandi_WAR_bandiportlet_documentName=allegato+A+3.pdf&_bandi_WAR_bandiportlet_jspPage=%2Fdettaglio.jsp)

### 6.2.5.2. Proposta progettuale

Sull'intera superficie recintata (ha 63,55, di cui ha 60,12 effettivamente occupata da destinata all'attività agro-zootecnica) interessata dal progetto agrivoltaico verrà **perpetrata l'attività agro-pastorale**. Le superfici attualmente occupate da colture seminative verranno convertite a pascolo permanente.

Le superfici già destinate al pascolamento della consistenza zootecnica verranno migliorate dal punto di vista della quantità e della qualità del foraggio fresco producibile sulle stesse.

I capi allevati continueranno a pascolare l'intera area recintata, interessata dall'installazione dei moduli fotovoltaici.

La produzione unitaria media calcolata in **UF** (Unità Foraggere) derivante dall'intera superficie di progetto è stata calcolata come di seguito utilizzando i dati forniti dal RICA in **Tabella 5**.

**Tabella 5.** Unità foraggere risultanti dal sistema proposto calcolate sulla base delle produzioni unitarie medie e corrispondenti unità foraggere per quintale.

PRODUZIONI UNITARIE MEDIE E CORRISPONDENTI UNITA' FORAGGERE PER QUINTALE DELLE PRINCIPALI COLTURE FORAGGERE									
FORAGGI VERDI	g/ha		UF/g	UFL/g	UFC/g	Estensione Aziendale ha	UF Aziendali	UFL Aziendali	UFC Aziendali
	MIN	MAX							
prato polifita non irriguo	180	240	13	16	15	<b>60,12</b>	<b>164128</b>	<b>202003</b>	<b>189378</b>

La proposta progettuale modificherà la resa delle superfici oggetto di studio, garantendo una produzione di **202.003 Unità Foraggere Latte** ad anno, equivalenti a **189.378 Unità Foraggere Carne** ad anno.

Tale resa in UF è sufficiente ad alimentare circa **360 capi di pecore da latte** o **300 capi di pecore da carne**, come calcolato di seguito utilizzando i dati forniti dal RICA in **Tabella 6**.

**Tabella 6.** Calcolo della consistenza zootecnica che può sostenere il sistema proposto.

FABBISOGNO DELLE SPECIE ANIMALI DI INTERESSE ZOOTECNICO ESPRESSO IN UF-UFL-UFC PER CAPO/ANNO								
OVICAPRINI	UF		UFL		UFC		Consistenza Aziendale	UF Aziendali
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX		
pecore da latte			508	609			<b>360</b>	<b>201360</b>
pecore da carne peso vivo kg 50-80					557	696	<b>300</b>	<b>187950</b>

I calcoli della produttività foraggera sopra indicati sono riferiti alla sola area recinta - al netto della sottrazione delle aree non agricole (locali tecnici, superfici relative all'ingombro dei pali di sostegno delle strutture fotovoltaiche e superfici sottostanti la parte bassa al di sotto dei moduli fissi nell'area nord).

**Il potenziale produttivo dell'area recintata (ha 63,55, di cui ha 60,12 destinati all'attività agro-zootecnica) post intervento è maggiore del 9,5% rispetto a quello attuale dell'intera area agricola (ha 84,46).**

Si sottolinea quindi che l'area esterna alla superficie recintata potrà garantire altresì unità foraggere ulteriori nella disponibilità dei capi ovini.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 44 di 59

## 7. Monitoraggio agro-pastorale

In conformità alle "Linee Guida per l'Applicazione dell'Agro-fotovoltaico in Italia" (Unitus, 2021) si prevede l'installazione, già in fase Ante-Operam, di una stazione agrometeorologica. Per poter controllare lo stato quali-quantitativo della componente/fattore ambientale biota, nonché la sua evoluzione nello spazio e nel tempo, è di fondamentale importanza la conoscenza dei parametri ambientali. A tale scopo, la stazione sarà dotata dei seguenti sensori di controllo: temperatura e umidità del suolo e dell'aria, precipitazione, velocità e direzione del vento, radiazione solare totale, evapotraspirazione e bagnatura fogliare. La raccolta dei dati meteo proseguirà anche durante la fase di esercizio dell'impianto (corso d'opera).

La disponibilità di tali dati consentirà anche di monitorare l'andamento delle produzioni in termini di benessere animale.

Per quanto concerne il **benessere degli ovini** e la conseguente qualità delle produzioni, si prevede di:

- utilizzare i dati meteo per il monitoraggio dell'**indice di disagio** (THI -Temperature Humidity Index), al fine di prevedere eventuali rischi di stress termico;
- effettuare rilievi vegetazionali per la stima del **valore pastorale (VP)** del pascolo, al fine di garantire la corretta alimentazione dei capi.

Il monitoraggio dell'**indice di disagio** si basa sul fatto che le temperature elevate possono compromettere il benessere animale. Ciò è dovuto agli effetti dello stress termico (Heat stress - HS), che si manifesta con alterazioni delle funzioni fisiologiche (riproduzione, accrescimento) con conseguente peggioramento della qualità e quantità delle produzioni (Peana *et al.*, 2006a; Cannas, 2015 Lowe *et al.*, 2002; Di Giuseppe *et al.*, 2008).

Lo stress termico sta diventando un problema sempre più diffuso a livello mondiale, non solo per le zone caratterizzate da climi caldi, ma anche per le zone temperate a causa delle sempre più frequenti ondate di calore. Nel 2018 in Australia l'HS, dovuto al progressivo innalzamento della temperatura, ha causato la morte di 2900 pecore<sup>36</sup> evento che ha portato la comunità scientifica a prestare sempre più attenzione a questo aspetto e allo sviluppo di strategie utili alla sua mitigazione.

La valutazione dello stress termico può essere valutata attraverso quello che viene definito l'indice di disagio THI -Temperature Humidity Index, calcolato sui valori orari di temperatura e umidità relativa, secondo la formula di Kelly e Bond:

$$THI = (1.8 \cdot T + 32) - (0.55 - 0.55 \cdot (H)/100) \cdot ((1.8 \cdot T + 32) - 58)$$

Dove: T=temperatura [°C]; H=umidità dell'aria [%]

Valori crescenti dell'indice individuano livelli di stress crescente e una maggiore condizione di disagio e rischio per gli animali. Per gli ovini, sono stati considerati i seguenti valori: THI<68 termoneutralità; 68≤THI<72 lieve disagio; 72≤THI<75 disagio; 75≤THI<79 allerta; 79≤THI<84 pericolo e THI≥84 emergenza (Di Giuseppe *et al.*, 2008; Peana *et al.*, 2006b). Un recente studio di Lowe *et al.* (2002), mostra che negli ovini uno stress termico

<sup>36</sup><https://www.theguardian.com/world/2018/apr/05/disgusting-death-of-2900-australian-sheep-on-ship-to-middle-east-sparks-investigation#:~:text=About%20%2C400%20sheep%20died%20on,showed%20dead%20and%20decaying%20sheep.>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 45 di 59

di breve durata non compromette la qualità della carne, ma conferma che un eccessivo calore prolungato può avere effetti negativi anche su questa componente. Il monitoraggio in continuo delle condizioni meteo e dell'indice THI risulterà un supporto utile per valutare il rischio dell'incorrere di situazioni rischiose per gli animali. Zhang *et al.*, 2020 riportano tra le misure utili a prevenire l'HS la creazione di zone ombreggiate e protette e strategie nutrizionali.

Nell'ottica di **monitorare e migliorare le proprietà del prato-pascolo polifita** non solo in termini di proprietà foraggere, ma anche di conservazione del cotico e di potenziamento della biodiversità, verrà periodicamente effettuato uno studio della vegetazione finalizzato a descrivere la stessa dal punto di vista floristico e bio-ecologico e a evidenziarne i dinamismi e le relazioni con l'attività pastorale (Gusmeroli e Pozzoli, 2003). I risultati dei rilievi consentiranno di mettere in atto le operazioni necessarie al miglioramento della composizione specifica.

Il campionamento del manto erboso verrà effettuato una prima volta in fase ante-operam solo sulle aree attualmente a pascolo, al fine di valutare esattamente le specie da impiegare per la prima trasemina, e poi una volta ogni 2-3 anni sull'intera superficie. Il rilievo verrà condotto con il metodo indicato da Bolzan (2009) che prevede di effettuare un rilievo in primavera (maggio) e uno in autunno (ottobre) di ciascun anno di campionamento, in modo da consentire una valutazione più approfondita di eventuali variazioni stagionali nella composizione floristica. La metodologia fitopastorale impiegata è quella dell' **analisi lineare**<sup>37</sup>, proposta da Daget & Poissonet (1969), che prevede il rilevamento della composizione vegetazionale delle risorse pascolive su 2 transetti di 25 m. Dalla composizione vegetazionale, con opportuni coefficienti, si otterrà il **Valore Pastorale (VP)**<sup>38</sup>, che si è rilevato essere un buon indice della qualità complessiva della prateria, sia dal punto di vista produttivo che della composizione floristica (Daget & Poissonet, 1969; Baldoni e Giardini, 2002). Rispetto ad altri metodi, quali la valutazione foraggera o la capacità di carico, presenta infatti migliore rappresentatività e minore onerosità operativa (Baldoni e Giardini, 2002). Tale indice fornirà indicazioni sull'adeguatezza foraggera del prato e consente di valutare la necessità di riequilibrare la presenza delle specie attraverso operazioni di trasemina.

<sup>37</sup> Il metodo dell'analisi lineare prevede il censimento delle specie presenti all'interno di un'area definita come una porzione di terreno di estensione contenuta in cui le condizioni ecologiche sono omogenee e caratterizzate da una vegetazione uniforme.

<sup>38</sup> Per il calcolo di VP viene utilizzato l'indice specie specifico ISI che varia da 0 (specie di nessun interesse foraggero) a 5 (specie ottima per qualità, appetibilità e produttività) (Roggero et al., 2002). Il VP può variare da 0 a 100 e sulla base di tale valore le aree prative possono essere classificate in tre categorie: pascoli di scarsa qualità (PV ≤ 5), media qualità (15 < PV < 25), buona qualità (PV > 25) (Bolzan, 2009).

## 8. Analisi economica

### 8.1. Analisi economica stato di fatto

Come illustrato nel Capitolo 5.4, l'intera superficie catastale è vocata alla coltivazione di specie seminatrici a ciclo autunno-vernino e leguminose foraggere destinate al pascolamento diretto di capi ovini (ed alla eventuale raccolta), e in minor parte a pascoli permanenti. Per il conto economico relativo allo stato di fatto è stata utilizzata la superficie riconducibile alla SAU (Superficie Agricola utilizzata) espressa in **Tabella 2 (Capitolo 6.2.5.1)** occupata da prato-pascolo monospecie (**ha 81,54**).

**Tabella 7.** Analisi economica stato di fatto

COSTI DI COLTIVAZIONE				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Aratura	ha	120,00 €	81,54	9.784,80 €
Erpicatura-Semina	ha	100,00 €	81,54	8.154,00 €
Acquisto sementi Frumento Duro (120 kg/ha)	kg	1,20 €	2792,40	3.350,88 €
Acquisto sementi Orzo (120 kg/ha)	kg	0,75 €	5940,00	4.455,00 €
Acquisto sementi Cece (100 kg/ha)	kg	3,00 €	880,00	2.640,00 €
Concimazione copertura	ha	80,00 €	81,54	6.523,20 €
Acquisto fertilizzante	ha	110,00 €	72,77	8.004,70 €
Trattamento fitosanitario	ha	80,00 €	81,54	6.523,20 €
Acquisto prodotti fitosanitari	ha	50,00 €	72,77	3.638,50 €
<b>TOTALE</b>				<b>53.074,28 €</b>

RICAVI				
Ricavo	UM	Importo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Affitto superfici	ha	837,00 € <sup>39</sup>	81,54	<b>68.248,98 €</b>

REDDITO	
TOTALE COSTI	53.074,28 €
TOTALE RICAVI	68.248,98 €
<b>REDDITO NETTO</b>	<b>15.174,70 €</b>

Il **reddito medio annuo totale stimato** considerando tali superfici (**ha 81,54**) ammonta a **€ 186,10 / ha**.

<sup>39</sup> Rilevazione EUROSTAT, Aprile 2020 - Canone di affitto medio per ettaro a seminativo e/o pascolo permanente in Italia

## 8.2. Analisi economica prato-pascolo permanente

Come illustrato nel **Capitolo 6.2.1**, il presente progetto prevede due distinti interventi a seconda dell'attuale stato di fatto delle due diverse tipologie di superfici. Il conto economico è sintetizzato di seguito in **Tabella 9**.

**Tabella 8.** Analisi economica proposta progettuale

COSTI DI COLTIVAZIONE 1° ANNO - A. CONVERSIONE SUPERFICI SEMINATIVE IN PRATO-PASCOLO PERMANENTE				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Acquisto Perfosfato semplice - 50 kg/ha di P) <sup>40</sup>	ha	95,00 €	53,92	5.122,40 €
Spandimento concime	ha	90,00 €	53,92	4.852,80 €
Epicatura (Interramento concime e preparazione letto di semina)	ha	80,00 €	53,92	4.313,60 €
Acquisto sementi Mix foraggero (80 kg/ha)	ha	800,00 €	53,92	43.136,00 €
Semina	ha	70,00 €	53,92	3.774,40 €
TOTALE				<b>61.199,20 €</b>

COSTI DI COLTIVAZIONE 1° ANNO - B. MIGLIORAMENTO DELLE SUPERFICI A PASCOLO PERMANENTE				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Strigliatura (Interramento concime e preparazione letto di semina)	ha	80,00 €	6,20	496,00 €
Acquisto sementi Mix foraggero (80 kg/ha)	ha	800,00 €	6,20	4.960,00 €
Semina	ha	70,00 €	6,20	434,00 €
TOTALE				<b>5.890,00 €</b>

COSTI DI COLTIVAZIONE ACCESSORI				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Acquisto sementi Mix foraggero (40 kg/ha)	ha	400,00 €	60,12	24.048,00 €
Trasemina	ha	70,00 €	60,12	4.208,40 €
Arieggiatura (Ripper)	ha	250,00 €	60,12	15.030,00 €
TOTALE				<b>43.286,40 €</b>

RICAVID				
Ricavo	UM	Importo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Affitto superfici	ha	837,00 €	60,12	<b>50.320,44 €</b>

<sup>40</sup> <https://www.agrimag.it/prodotto/perfosfato-semplce-0-19-0/>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 48 di 59

REDDITO	
TOTALE COSTI	110.375,60 €
TOTALE RICAVI - 5 Annualità	251.602,20 €
<b>REDDITO NETTO</b>	<b>141.226,60 €</b>
<b>REDDITO NETTO MEDIO ANNUO</b>	<b>28.245,32 €</b>

Il **reddito medio annuo totale stimato** considerando la superficie destinata all'attività agro-zootecnica (**ha 60,12**) ammonta a **€ 479,71 / ha**.

### 8.3. Analisi economica monitoraggio agronomico

Come indicato nel **Capitolo 7**, si prevede l'installazione di una stazione agrometeorologica in campo per la quale si stimano i costi indicati in **Tabella 9**, ottenuti ipotizzando una vita dell'impianto di 25 anni e la licenza al Sistema di Supporto Decisionale.

**Tabella 9.** Analisi economica estimativa per il monitoraggio agrometeo delle coltivazioni

STRUMENTAZIONE MONITORAGGIO	COSTO (€)
Stazione agrometeorologica dotata di: · Temperatura/umidità · Pluviometro · Anemometro (velocità/direzione vento) · Radiazione solare globale/evapotraspirazione · Bagnatura fogliare	3.500,00 €
Manutenzione stazione (costo annuo 250 €x 25 anni)	6.250,00 €
Licenza DSS (costo annuo 1000 €/anno x 25 anni)	25.000,00 €
<b>TOTALE</b>	<b>34.750,00 €</b>

Nelle diverse fasi di monitoraggio si prevede la figura di un Agronomo che monitori i dati rilevati in campo (monitoraggi, stato fitosanitario, fenologia, operazioni di campo), i risultati produttivi ottenuti e fornisca indicazioni tecniche di conduzione attraverso report specifici, per un impegno totale di circa 2 giorni l'anno.

Fase progettuale*	Monitoraggio meteorologico		Raccolta/ gestione/ analisi dati DSS	Monitoraggio qualità delle produzioni	Importo (€)	
			Agronomo*	Agronomo*		
Ante Operam	Installazione stazione meteo	€ 3.500,00			€ 3.500,00	
Corso d'Opera						
Post Operam	Fase di esercizio	Manutenzione e licenza SW DSS	€ 31.250,00	€ 7.875,00	€ 7.875,00	€ 47.000,00
	Fase di dismissione					
<b>TOTALE</b>					<b>€ 50.500,00</b>	

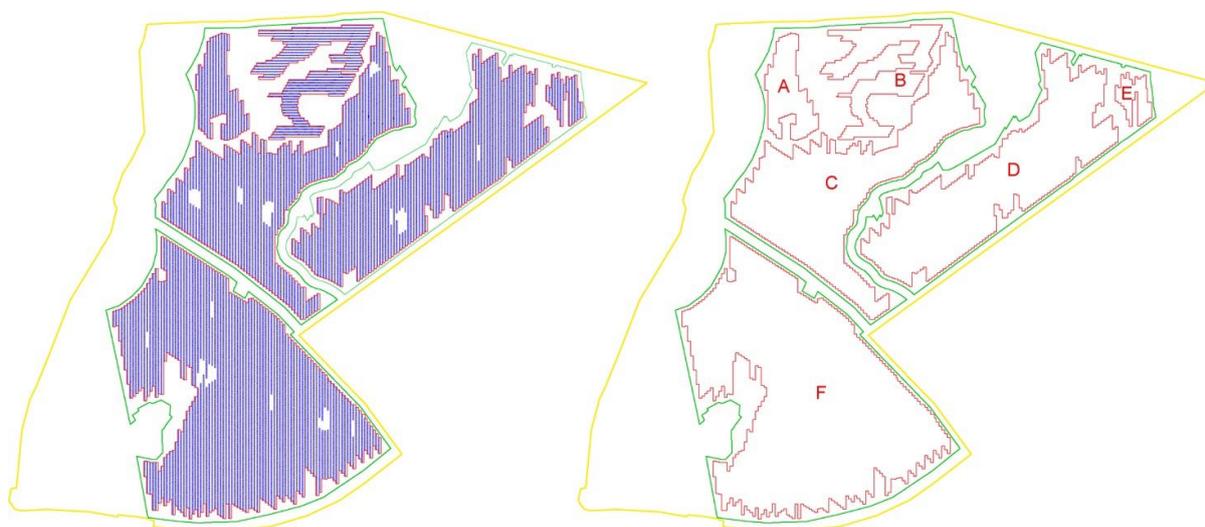
\*è stato considerato un agronomo Senior per un costo giornaliero di 350€/giorno

## 9. Conformità alle Linee Guida del MiTE

In questo capitolo si analizza la conformità del progetto rispetto alle Linee Guida del MiTE (**Capitolo 3**).

Al fine di agevolare la comprensione si riportano di seguito come sono stati calcolati i parametri utilizzati per la valutazione per il progetto proposto:

- **Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico ( $S_{pv}$ ):** è stata considerata l'area riferibile alla somma di tutte le superfici dei moduli fotovoltaici proiettate ortogonalmente al terreno. Il numero dei moduli fotovoltaici impiegati per la tessera "B" è stato moltiplicato per l'area proiettata del singolo modulo, coincidente con l'estensione del modulo stesso inclinato di 33° in quanto il progetto prevede l'impiego di strutture fisse. Per quanto riguarda invece le tessere "A,C,D,E,F" il numero di moduli è stato moltiplicato per l'estensione del modulo stesso in quanto il progetto proposto prevede l'impiego di tracker.
- **Superficie di un sistema agrivoltaico ( $S_{tot}$ ):** per ottenere tale parametro si è fatto riferimento alla superficie delle singole tessere che vanno a comporre la totalità del Sistema Agrivoltaico proposto.
- **Tessere:** le tessere sono state identificate considerando la proiezione dei moduli fissi inclinati di 33° per la tessera "B" e la proiezione ortogonale dei tracker inclinati di 90° per le tessere "A,C,D,E,F" oltre ad un offset (a sud per i fissi e ad est per i tracker) di ogni stringa pari al *gap*.
- **Superficie agricola:** per ciascuna tessera, l'area effettivamente utilizzata per l'attività agricola è stata calcolata sottraendo alla  $S_{tot}$  la superficie "agricola non utilizzabile" calcolata come la superficie che si ottiene moltiplicando: per quanto riguarda i moduli fissi, la larghezza compresa tra il margine esterno sud dei pannelli e il limite nord delle strutture di supporto per la lunghezza di ciascuna stringa; per quanto riguarda i tracker invece moltiplicando la larghezza delle strutture di supporto per la lunghezza di ciascuna stringa. Il pascolo continuerà anche al di sotto del lato nord dei moduli fissi, così come l'attività agricola al di sotto dei tracker, avendo impiegato strutture di sostegno di tipo orientabili all'occorrenza per l'esecuzione delle operazioni colturali, con un pitch minimo a garantire il passaggio delle macchine agricole più ingombranti.
- L'impianto agrivoltaico proposto risulta composto da 6 distinte tessere, rappresentate in **Figura 33**, a seguire si riportano le valutazioni effettuate per ciascuna tessera.



**Figura 33.** Distribuzione spaziale delle tessere della proposta agrivoltaica

### Requisito A - L'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"

L'impianto è stato progettato in modo tale da non compromettere la continuità dell'attività primaria, garantendo al contempo una sinergia della stessa con l'attività di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile e ciascuna tessera rientra nei valori indicati nelle linee guida. In **Tabella 10** si riportano le specifiche di ciascuna tessera.

**Tabella 10.** Calcoli per la verifica di conformità al Requisito A delle Linee Guida del MiTE

VOCE	TESSERA A	TESSERA B	TESSERA C
Superficie vela fissa proiettata	0	84,96	0
Superficie Tracker proiettato	88,11	0	88,11
Lunghezza stringa vela fissa (m)	0	36,78	0
Lunghezza stringa tracker (m)	37,02	0	37,02
N° stringhe vela fissa	0	131	0
N° stringhe tracker	73	0	423
Larghezza struttura di supporto (m)	0,20	0,20	0,20
Lunghezza Totale stringhe (m)	2702,46	4818,18	15659,46
Superficie totale moduli proiettati ( $S_{pv}$ ) (m2)	6432,03	11129,76	37270,53
Superficie totale Tessera ( $S_{tot}$ ) (m2)	17672,84	30427,83	105273,09
Superficie non Agricola Tessera (m2)	540,49	8894,36	3131,89
Superficie Agricola Tessera ( $S_{agr}$ ) (m2)	17132,35	21533,47	102141,2
<b>A.1 Rapporto <math>S_{agricola} / S_{tot}</math> (m2)</b>	<b>96,9</b>	<b>70,77</b>	<b>97,0</b>
<b>A.2 LAOR %</b>	<b>36,4</b>	<b>36,6</b>	<b>35,4</b>

VOCE	TESSERA D	TESSERA E	TESSERA F
Superficie vela fissa proiettata	0	0	0
Superficie Tracker proiettato	88,11	88,11	88,11
Lunghezza stringa vela fissa (m)	0	0	0
Lunghezza stringa tracker (m)	37,02	37,02	37,02
N° stringhe vela fissa	0	0	0
N° stringhe tracker	437	26	854
Larghezza struttura di supporto (m)	0,20	0,20	0,20
Lunghezza Totale stringhe (m)	16177,74	962,52	31615,08
Superficie totale moduli proiettati ( $S_{pv}$ ) (m2)	38504,07	2290,86	75245,94
Superficie totale Tessera ( $S_{tot}$ ) (m2)	106397,83	6022,69	211010,32
Superficie non Agricola Tessera (m2)	3235,55	192,5	6323,02
Superficie Agricola Tessera ( $S_{agr}$ ) (m2)	103162,28	5830,19	204687,3
<b>A.1 Rapporto <math>S_{agricola} / S_{tot}</math> (m2)</b>	<b>96,9</b>	<b>96,8</b>	<b>97,0</b>
<b>A.2 LAOR %</b>	<b>36,2</b>	<b>38,0</b>	<b>35,7</b>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 51 di 59

○ **A.1 Superficie minima coltivata ( $S_{agricola} \geq 0,7 \times S_{tot}$ ):**

Il prosieguo dell'attività agricola sarà garantito su una superficie di:

- Tessera A:  $S_{agricola}$  ha 1,7132 pari al **96,9%** della  $S_{tot}$  (ha 1,7672)
- Tessera B:  $S_{agricola}$  ha 2,1533, pari al **70,8%** della  $S_{tot}$  (ha 3,0427)
- Tessera C  $S_{agricola}$  ha 10,2141, pari al **97,0%** della  $S_{tot}$  (ha 10,5273)
- Tessera D  $S_{agricola}$  ha 10,3162, pari al **96,9%** della  $S_{tot}$  (ha 10,6397)
- Tessera E  $S_{agricola}$  ha 0,5830, pari al **96,8%** della  $S_{tot}$  (ha 0,6022)
- Tessera F  $S_{agricola}$  ha 20,4687, pari al **97,0%** della  $S_{tot}$  (ha 20,4687)

**Si specifica inoltre che l'attività agricola continuerà su alcune superfici comprese nell'area recintata esterne alle superfici delle singole tessere.** L'area totale destinata all'attività primaria (vedasi **Preambolo**) continuerà su una superficie totale di **ha 60,12**.

○ **A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR - Land Area Occupation Ratio  $\leq 40\%$ ):**

Il progetto Agrivoltaico proposto è caratterizzato da una configurazione (distanza tra i moduli, tipologia dei moduli, tipologia delle strutture di sostegno di tipo "tracker", ecc.) tale da garantire la continuità dell'attività agricola. Le scelte progettuali e la componente fotovoltaica impiegata - le cui caratteristiche tecniche sono riassunte nel **Capitolo 6.1** e più ampiamente indicate negli elaborati tecnici, garantirà il soddisfacimento di tale requisito.

Nello specifico:

- $S_{pv}$  Tessera A  $m^2$  6432,03 pari al **36,4%** della  $S_{tot}$  Tessera A (ha 1,7672)
- $S_{pv}$  Tessera B  $m^2$  11129,76 pari al **36,6%** della  $S_{tot}$  Tessera B (ha 3,0427)
- $S_{pv}$  Tessera C  $m^2$  37270,53 pari al **35,4%** della  $S_{tot}$  Tessera C (ha 10,5273)
- $S_{pv}$  Tessera D  $m^2$  38504,07 pari al **36,2%** della  $S_{tot}$  Tessera D (ha 10,6397)
- $S_{pv}$  Tessera E  $m^2$  2290,86 pari al **38,0%** della  $S_{tot}$  Tessera D (ha 0,6022)
- $S_{pv}$  Tessera F  $m^2$  75245,94 pari al **35,7%** della  $S_{tot}$  Tessera D (ha 20,4687)

Volendo quindi esprimere un unico valore di **LAOR medio** per l'impianto proposto risulta:

$$S_{pvTOT} = S_{pvA} + S_{pvB} + S_{pvC} + S_{pvD} + S_{pvE} + S_{pvF} = 170873,19 \text{ m}^2$$

$$S_{totTOT} = S_{totA} + S_{totB} + S_{totC} + S_{totD} + S_{totE} + S_{totF} = 476804,6 \text{ m}^2$$

**Land Area Occupation Ratio Medio = 35,8%**

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 52 di 59

**Requisito B - Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli**

Come più volte descritto, l'impianto agrivoltaico è stato progettato per perseguire l'obiettivo di realizzare una condizione di integrazione tra il sistema agricolo ed il sistema di produzione di energia elettrica, massimizzando il potenziale produttivo dei due sottosistemi.

Nello specifico:

- **B.1.a Esistenza e resa della coltivazione:** come analizzato e calcolato nel **Capitolo 8**, il valore del reddito medio ante intervento ammonta a **186,10 €/ha**, inferiore al valore atteso di **479,71 €/ha** per i primi 5 anni successivi alla messa in opera dell'impianto agrivoltaico. Da un punto di vista di produttività delle superfici espressa in Unità Foraggere (**Capitolo 6.2.5**), il presente progetto garantirà un aumento del **9,5%** rispetto allo stato di fatto.
- **B.1.b Mantenimento dell'indirizzo produttivo o passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato:** il presente progetto garantirà il **mantenimento dell'indirizzo produttivo** attualmente in corso, ovvero la coltivazione di specie foraggere, aumentando redditività e capacità produttiva delle superfici;
- **B.2 Producibilità elettrica minima:** considerando che (come evidenziato nella stima della producibilità dell'impianto proposto facente parte della documentazione tecnica) la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico risulta pari a 69,376 GWh/anno, corrispondente a 1,09 GWh/ha/anno (ottenuta dividendo per l'area recintata la producibilità dei moduli fissi (4026 MWh/anno) sommata a quella dei tracker pari (65,35 GWh/anno)) e che un impianto ottimizzato per la produzione di energia elettrica (a parità di area occupata e tecnologia impiegata) può garantire una produttività di 87,77 GWh/anno (82,48 GWh/anno per i tracker e 5,29 GWh/anno per i fissi vedasi Allegato 1 alla presente), pari a 1,38 GWh/ha/anno, **il sistema proposto risulta in grado di garantire una producibilità del 79% rispetto a quella di un impianto fotovoltaico idealmente realizzabile sulla stessa area.**

**Requisito D ed E - i sistemi di monitoraggio**

L'attività di monitoraggio è necessaria a garantire la continuità dell'attività agricola proposta, nello specifico:

- **D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agropastorale:** il valore pastorale del pascolo ed il mantenimento dell'attività agropastorale proposta verrà monitorata annualmente attraverso l'utilizzo di un DSS, il monitoraggio dell'indice di disagio delle greggi e la redazione di una relazione tecnica asseverata da parte di un professionista abilitato.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 53 di 59

## 10. Conclusioni

Considerata la necessità urgente di produzione da fonti rinnovabili, il progetto agrivoltaico qui proposto si pone l'obiettivo di integrare il nuovo impianto fotovoltaico alla conduzione agro-zootecnica in atto, perseguendo la massimizzazione dei benefici derivanti dalla sinergia delle due attività.

In termini **agronomici** si è proceduto alla strutturazione di un piano finalizzato a:

- assicurare continuità all'indirizzo produttivo in atto sull'appezzamento in oggetto (**coltivazione di specie graminacee e leguminose, destinate al foraggiamento diretto dei capi ovini di proprietà di allevatori locali**), nonché nell'areale di riferimento, adattandola al contesto progettuale dell'impianto agrivoltaico, attraverso una gestione orientata e maggiormente efficace del ciclo "agro-energetico";
- sfruttare positivamente le conoscenze esistenti che testimoniano come la presenza della componente energetica di progetto comporti spesso miglioramenti per le colture sottostanti in termini di **riduzione della radiazione incidente**, con **conseguente riduzione dell'evapotraspirazione** e quindi condizioni più favorevoli per lo sviluppo della coltura, nonché **benefici diretti per gli animali che pascoleranno l'area**;
- garantire un ricavo derivante dalla concessione in affitto delle superfici pascolive ad allevatori locali, **perpetrando tale pratica** già in atto;
- concretizzare il mutuo beneficio tra la componente agrivoltaica e l'ecosistema, in quanto le scelte delle specie del mix designato per la creazione del prato-pascolo permanente (costituito da essenze mellifere quali sulla, trifoglio e veccia per il 60% del totale) e l'inserimento delle misure di mitigazione paesaggistico-ambientali favoriranno il **mantenimento dell'equilibrio in termini di presenza dell'entomofauna** e fornirà **habitat naturali e riparo per altre specie animali** quali uccelli, roditori, rettili, ecc. (specie arboree ed arbustive delle fasce di mitigazione, nonché i pannelli stessi);
- migliorare l'attuale attività agricola, attuando una conversione ed un mantenimento delle superfici pascolive che possa garantire un **miglior utilizzo del suolo e delle risorse**, garantendo ai capi foraggio fresco migliore dal punto di vista quali-quantitativo.
- continuare a percepire il sostegno della PAC, vista la prosecuzione della pratica agro-pastorale attualmente in atto, nonché l'allineamento della proposta progettuale all' **Operazione 10.1c** del PSR della Regione Sicilia (vedi **Capitolo 4.3**), come auspicato dal CREA nelle "Considerazioni connesse allo sviluppo del sistema agrivoltaico" per l'esame del D.L. 17/2022 prima della conversione in legge (vedere **Capitolo 3**).

**Come ampiamente argomentato nel Capitolo 9, il progetto proposto soddisfa pienamente i requisiti minimi definiti dal MiTE nelle Linee Guida per poter definire un impianto "Agrivoltaico".**

Si specifica inoltre che il progetto proposto adempie **ulteriori parametri** degni di menzione, quali:

- l'utilizzo di moduli fotovoltaici ad alta efficienza;
- la configurazione spaziale studiata *ad hoc* per le specifiche esigenze colturali;
- l'adozione di tecniche produttive e scelte colturali che garantiranno una redditività più alta rispetto allo stato di fatto;

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 54 di 59

- l'impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della biodiversità del sito oggetto di intervento, quali l'utilizzo di specie mellifere e l'esclusione del ricorso a prodotti chimici di sintesi per la conduzione dei fondi agricoli;
- l'impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della qualità dei suoli, come il mantenimento della copertura vegetale del suolo durante il corso dell'anno;
- l'attenzione all'integrazione paesaggistica dell'impianto agrivoltaico, perseguito con le misure di mitigazione messe in atto meglio largamente argomentate nel SIA.

In fase di progettazione si è quindi lavorato sul **binomio agricoltura-energia**, al fine di applicare il c.d. *Sustainable Agriculture Concept*, volto a garantire che la componente fotovoltaica non sia in conflitto con le pratiche agricole in progetto, atte a contribuire non solo al mantenimento, ma anche al miglioramento della produzione foraggera derivante dalle stesse, vedasi **Capitolo 6.2.1.**

A completamento di quanto descritto, vale la pena richiamare alcuni aspetti trattati nel SIA (al quale si rimanda per tutti gli approfondimenti) relativi alla componente suolo e risorse naturali che vanno ad integrare i benefici sopraesposti quali:

- a livello progettuale-realizzativo le opere sono state concepite senza l'uso di materiali cementizi e/o bituminosi, fatto salvo per i soli basamenti dei trasformatori e delle cabine di consegna e sezionamento che saranno rimossi a fine vita;
- l'impianto non sarà fonte di emissioni significative: né di tipo acustico/luminoso (fatta salva l'illuminazione automatica di emergenza), né di tipo climalterante, inquinante o polveroso;
- l'area di progetto sarà protetta dalle intrusioni involontarie attraverso una ordinaria recinzione perimetrale. Tale recinzione, tuttavia, sarà dotata di varchi per il passaggio della fauna di piccola e media taglia al fine di consentirne la libera circolazione;
- il progetto prevede la messa a dimora di fasce di mitigazione perimetrali di tipo arboreo/arbustivo, che contribuiranno all'inserimento armonico del progetto nel paesaggio.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 55 di 59

## Bibliografia

- Adeh H. E, Selker JS, Higgins CW (2018) Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. PLoS ONE 13(11): e0203256. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>
- Amendola, S., Maimone, F., Pelino, V., & Pasini, A. (2019). New records of monthly temperature extremes as a signal of climate change in Italy. *International Journal of Climatology*, 39: 2491-2503.
- Andrew A.C., Bionaz M., Smallman M.A., Hasan D., Graham M., Rosati A., Higgins C. and Ates A. (2022). Seasonal Herbage and Lamb Production from Grass, Herbal Ley and Legume Pastures Established Within Solar Arrays.
- Andrew A.C., Higgins C.W., Bionaz M., Smallman M.A., Ates A. (2021b). Pasture Production and Lamb Growth in Agrivoltaic System. AIP Conference Proceedings 2361, 080001 (2021); <https://doi.org/10.1063/5.0055174>
- Andrew A.C., Higgins C.W., Smallman M.A., Graham M. and Ates S. (2021a). Herbage Yield, Lamb Growth and Foraging Behavior in Agrivoltaic Production System. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:659175. doi: 10.3389/fsufs.2021.659175.
- Aroca-Delgado, R., Perez-Alonso, J., Jesus Callejon-Ferre, A. & Velazquez-Marti, B. (2018) Compatibility between crops and solar panels: an overview from shading systems. *Sustainability* 10, 743
- Aruffo, E., & Di Carlo, P. (2019). Homogenization of instrumental time series of air temperature in Central Italy (1930–2015). *Climate Research*, 77: 193-204.
- Ballatore e Fierotti (1967). Carta dei Suoli della Sicilia. Università degli Studi di Palermo <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/carta-dei-suoli-della-sicilia>
- Badami G., Caracci M., Costanzo D. (2017), Le filiere agroalimentari siciliane. Analisi puntuale e tendenze del settore ad uso delle imprese agricole e dell'utenza pubblica, Antipodes, Palermo;
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F., & Nanni, T. (2004). Changes in daily precipitation frequency and distribution in Italy over the last 120 years. *Journal of Geophysical Research*, 109, D05102. doi:10.1029/2003JD004296.
- Cannas A. (2015). Alimentazione e benessere animale. [http://sardegnaagricoltura.it/documenti/14\\_43\\_20151104133617.pdf](http://sardegnaagricoltura.it/documenti/14_43_20151104133617.pdf).
- Daget, P., Poissonet J., (1969). "Analyse phytologique des prairies. Applications agronomiques." CNRS CEPE, Montpellier, doc. 48, 66 pp.
- Di Giuseppe E., Esposito S., Quaresima S., Sorrenti S., Beltramo M.C. (2008) - Caratterizzazione del territorio italiano per il rischio di stress termici per gli allevamenti bovini da latte. 11° Convegno Nazionale di Agrometeorologia AIAM - S.Michele all'Adige (TN)
- Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Nogier A., Ferard Y (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 36: 2725-2732.
- EEA, 2022. Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2020 and inventory report 2022. Submission to the UNFCCC Secretariat. <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-1>.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 56 di 59

Fioravanti, G., Piervitali, E. & Desiato, F. (2016). Recent changes of temperature extremes over Italy: an index-based analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 123: 473–486.

Fraunhofer ISE (2020) Agrivoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/APV-Guideline.pdf>

GSE (2022). Rapporto Statistico 2020 - Energia da Fonti Rinnovabili in Italia [https://www.gse.it/documenti\\_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Rapporto%20Statistico%20GSE%20-%20FER%202020.pdf](https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Rapporto%20Statistico%20GSE%20-%20FER%202020.pdf)

Gusmeroli F. e Pozzoli M.L (2003). "Vegetazione dell'Alpe mola e sua relazione con l'attività pastorale (Brescia, Lombardia)". *Natura Bresciana, Ann. Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia*, 33, 37-61.

Herrick J.E., Abrahamse T. (2019). Land Restoration for Achieving the Sustainable Development Goals; A think piece of the International. Resource Panel; United Nations Environment Programme: Nairobi, Kenya.

Kottek, M., Grueser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 15 (3), pp. 259-263.

Legambiente (2020). Agrivoltaico: le sfide per un'Italia agricola e solare. <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2020/11/agrivoltaico.pdf>.

Lowe T. E. , Gregory N.G. , Fisher A.D., Payne S. R. (2002) The effects of temperature elevation and water deprivation on lamb physiology, welfare, and meat quality. *Australian Journal of Agricultural Research* 53, 707-714

Marrou H., Guilioni L., Dufour L., Dupraz C., Wery J. (2013) Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels?. *Agricultural and Forest Meteorology* 177: 117–132

Peana I., Fois G., Di Maur C., Carta M., Gaspa M., Cannas A. (2006a) Influenza dello stress da caldo sulla produzione di latte in ovini di razza sarda. 9° Convegno Nazionale di Agrometeorologia AIAM -Torino (TO)

Reasoner M., Ghosh A. (2022) Agrivoltaic Engineering and Layout Optimization Approaches in the Transition to Renewable Energy Technologies: A Review. *Challenges* 2022, 13, 43. <https://doi.org/10.3390/challe13020043>.

Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, Petra Högy, a., Goetzberger, A., Weber, E., (2020) Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications, *Applied Energy*, Volume 265, 114737

Todeschini, S. (2012). Trends in long daily rainfall series of Lombardia (northern Italy) affecting urban storm water control. *International Journal of Climatology*, 32: 900–919.

Unitus (2021) Linee Guida per l'Applicazione dell'Agro-fotovoltaico in Italia. ISBN 978-88-903361-4-0. <http://www.unitus.it/it/dipartimento/dafne>

Unitus (2021) Linee Guida per l'Applicazione dell'Agro-fotovoltaico in Italia. ISBN 978-88-903361-4-0. <http://www.unitus.it/it/dipartimento/dafne>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 57 di 59

Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., Högy B., (2019). Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. Agron. Sustain. Dev. 39, 35  
<https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>

Zhang M., Dunshea F.R., Warner R.D., DiGiacomo K., Osei-Amponsah R., Chauhan S.S. (2020). Impacts of heat stress on meat quality and strategies for amelioration: a review. International Journal of Biometeorology:  
<https://doi.org/10.1007/s00484-020-01929-6>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "REGALBUTO"				
RE04	Relazione Agronomica	rev 00	Ottobre 2022	Pagina 58 di 59

## Allegati

**Allegato 1- Stima producibilità impianto ottimizzato per la produzione di energia elettrica**

# PVsyst - Rapporto di simulazione

## Sistema connesso in rete

Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

Inseguitori campo singolo, con indetreggiamento

Potenza di sistema: 43.43 MWc

Regalbuto - Italia

***STIMA SU SUPERFICIE A TRACKER***

***ottimizzata per la produzione di energia elettrica***

**Autore**

Montana S.p.a. (Italy)



# Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

Montana S.p.a. (Italy)

## PVsyst V7.2.19

VC5, Simulato su  
05/10/22 19:33  
con v7.2.19

### Sommario del progetto

<b>Luogo geografico</b> Regalbuto Italia	<b>Ubicazione</b> Latitudine 37.58 °N Longitudine 14.64 °E Altitudine 180 m Fuso orario UTC	<b>Parametri progetto</b> Albedo 0.20
<b>Dati meteo</b> Regalbuto PVGIS api TMY		

### Sommario del sistema

<b>Sistema connesso in rete</b> <b>Orientamento campo FV</b> <b>Orientamento</b> Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S Asse dell'azimut 0 °	<b>Inseguitori campo singolo, con indetreggiamento</b> <b>Algoritmo dell'inseguimento</b> Calcolo astronomico Backtracking attivato	<b>Ombre vicine</b> Ombre lineari
<b>Informazione sistema</b> <b>Campo FV</b> Numero di moduli 66808 unità Pnom totale 43.43 MWc	<b>Inverter</b> Numero di unità 13 unità Pnom totale 34.58 MWac Rapporto Pnom 1.256	
<b>Bisogni dell'utente</b> Carico illimitato (rete)		

### Sommario dei risultati

Energia prodotta 82.48 GWh/anno	Prod. Specif. 1899 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR 85.88 %
---------------------------------	---------------------------------	------------------------------

### Indice dei contenuti

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Definizione ombre vicine - Diagramma iso-ombre	5
Risultati principali	6
Diagramma perdite	7
Grafici speciali	8



**Parametri principali**

**Sistema connesso in rete**

**Inseguitori campo singolo, con indetreggiamento**

**Orientamento campo FV**

**Orientamento**

Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S

Asse dell'azimut 0 °

**Algoritmo dell'inseguimento**

Calcolo astronomico

Backtracking attivato

**Campo con backtracking**

N. di eliostati 225 unità

Campo (array) singolo

**Dimensioni**

Distanza eliostati 5.00 m

Larghezza collettori 2.38 m

Fattore occupazione (GCR) 47.7 %

Phi min / max +/- 55.0 °

**Strategia Backtracking**

Limiti phi +/- 61.3 °

Distanza tavole backtracking 5.00 m

Larghezza backtracking 2.38 m

**Modelli utilizzati**

Trasposizione Perez

Diffuso Importato

Circumsolare separare

**Orizzonte**

Orizzonte libero

**Ombre vicine**

Ombre lineari

**Bisogni dell'utente**

Carico illimitato (rete)

**Sistema bifacciale**

Modello Calcolo 2D  
eliostati illimitati

**Geometria del modello bifacciale**

Distanza eliostati 5.00 m

ampiezza eliostati 2.38 m

GCR 47.7 %

Altezza dell'asse dal suolo 1.77 m

**Definizioni per il modello bifacciale**

Albedo dal suolo 0.20

Fattore di Bifaccialità 70 %

Ombreg. posteriore 5.0 %

Perd. Mismatch post. 10.0 %

Frazione trasparente della tettoia 0.0 %

**Caratteristiche campo FV**

**Modulo FV**

Costruttore Canadian Solar Inc.

Modello CS7N-650MB-AG 1500V

(definizione customizzata dei parametri)

Potenza nom. unit. 650 Wp

Numero di moduli FV 66808 unità

Nominale (STC) 43.43 MWc

Moduli 2386 Stringhe x 28 In serie

**In cond. di funz. (50°C)**

Pmpp 39.89 MWc

U mpp 949 V

I mpp 42026 A

**Potenza PV totale**

Nominale (STC) 43425 kWp

Totale 66808 moduli

Superficie modulo 207529 m²

**Inverter**

Costruttore SMA

Modello Sunny Central 2660 UP (Preliminary)

(definizione customizzata dei parametri)

Potenza nom. unit. 2660 kWac

Numero di inverter 13 unità

Potenza totale 34580 kWac

Voltaggio di funzionamento 880-1325 V

Rapporto Pnom (DC:AC) 1.26

**Potenza totale inverter**

Potenza totale 34580 kWac

Numero di inverter 13 unità

Rapporto Pnom 1.26



## PVsyst V7.2.19

VC5, Simulato su  
05/10/22 19:33  
con v7.2.19

## Perdite campo

## Perdite per sporco campo

Fraz. perdite 2.0 %

## Fatt. di perdita termica

Temperatura modulo secondo irraggiamento

Uc (cost) 29.0 W/m<sup>2</sup>KUv (vento) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s

## Perdite DC nel cablaggio

Res. globale campo 0.37 mΩ

Fraz. perdite 1.5 % a STC

## LID - Light Induced Degradation

Fraz. perdite 2.0 %

## Perdita di qualità moduli

Fraz. perdite -0.4 %

## Perdite per mismatch del modulo

Fraz. perdite 2.0 % a MPP

## Perdita disadattamento Stringhe

Fraz. perdite 0.1 %

## Fattore di perdita IAM

Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Profilo definito utente

20°	40°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.990	0.960	0.920	0.840	0.720	0.000

## Perdite cablaggio AC

## Linea uscita inv. sino al trasformatore MT

Tensione inverter 600 Vac tri

Fraz. perdite 0.00 % a STC

## Inverter: Sunny Central 2660 UP (Preliminary)

Sezione cavi (13 Inv.) Rame 13 x 3 x 2000 mm<sup>2</sup>

Lunghezza media dei cavi 0 m

## Perdite AC nei trasformatori

## Trafo MV

Tensione rete 20 kV

## Perdite di operazione in STC

Potenza nominale a STC 42421 kVA

Perdita ferro (Connessione 24/24) 40.70 kW

Fraz. perdite 0.10 % a STC

Resistenza equivalente induttori 3 x 0.09 mΩ

Fraz. perdite 1.04 % a STC



Parametri per ombre vicine

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

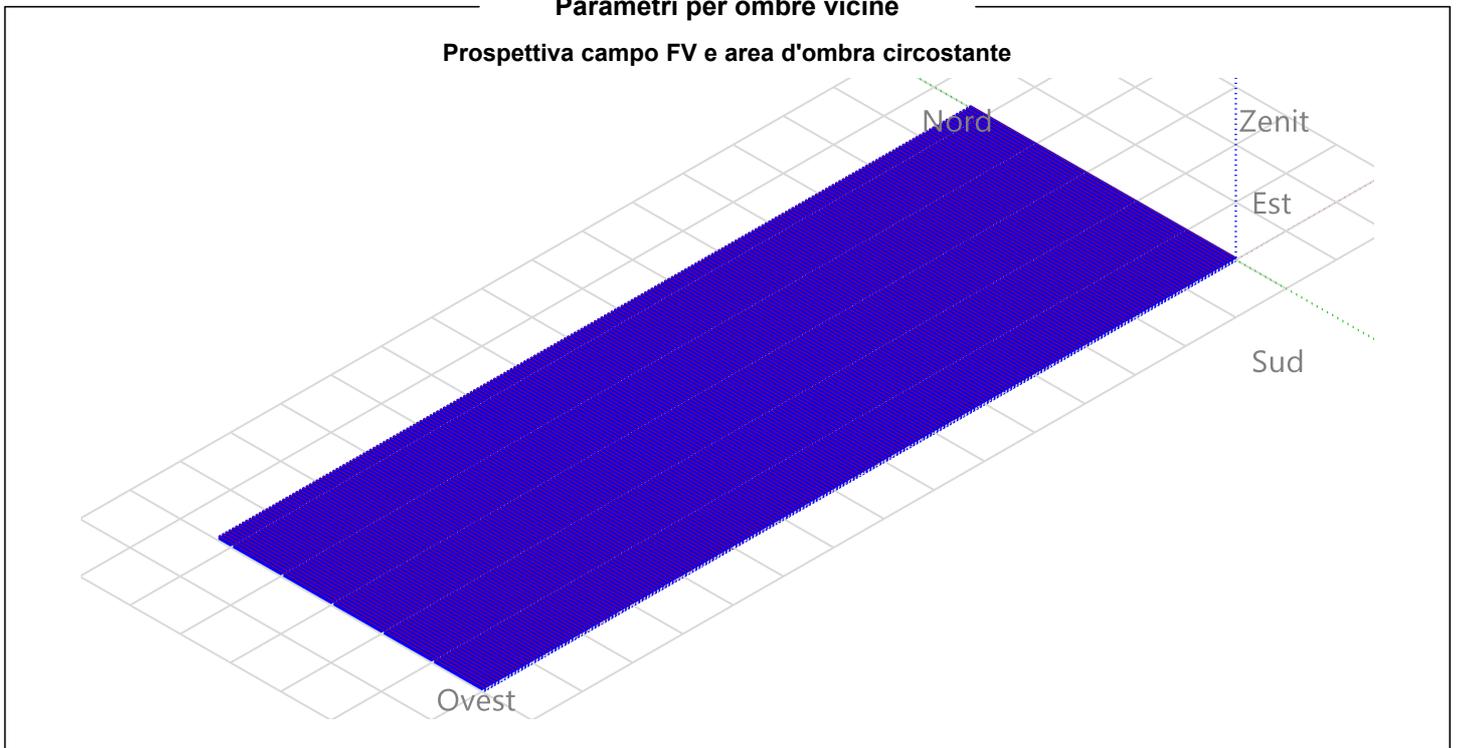
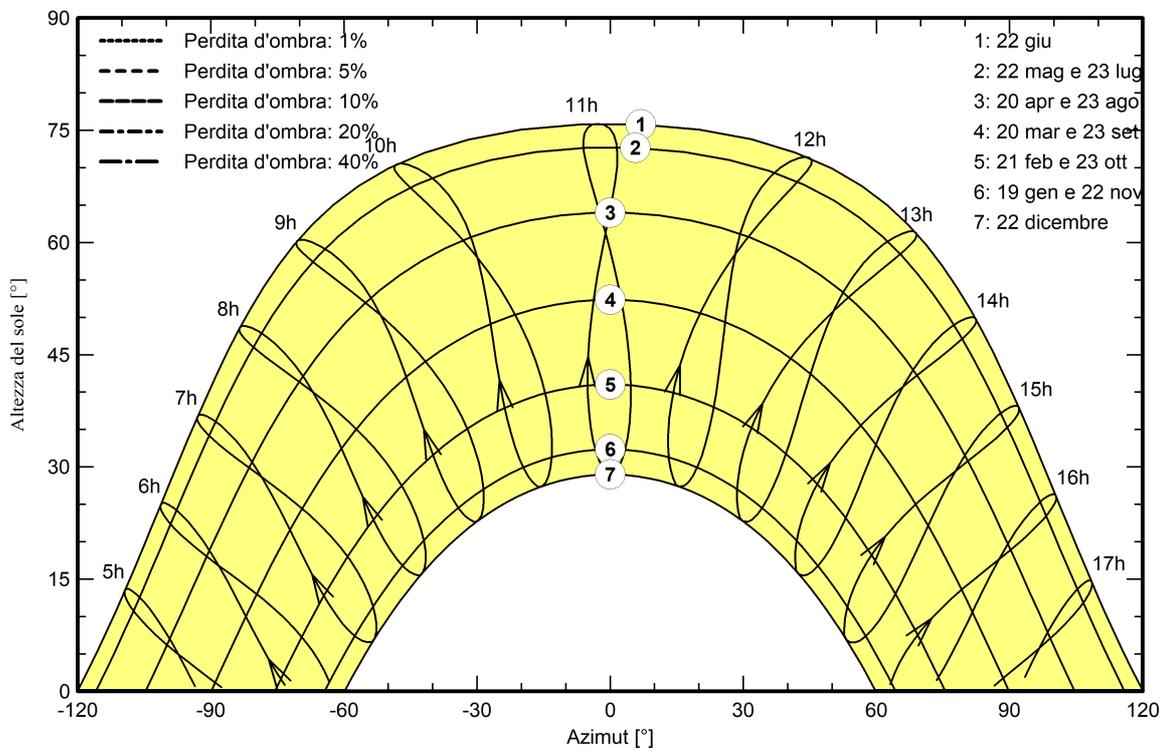


Diagramma iso-ombre

Orientamento #1





# Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

PVsyst V7.2.19

VC5, Simulato su  
05/10/22 19:33  
con v7.2.19

Montana S.p.a. (Italy)

## Risultati principali

### Produzione sistema

Energia prodotta 82.48 GWh/anno

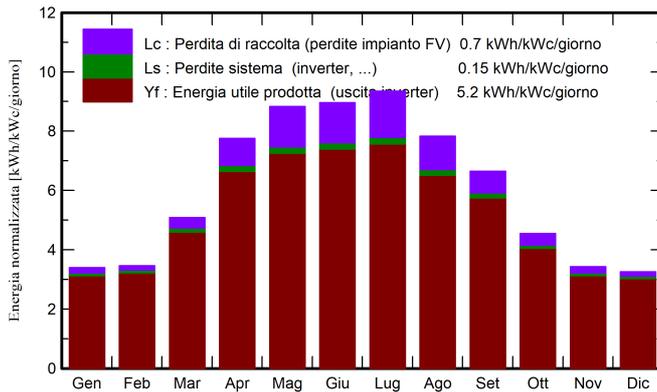
Prod. Specif.

1899 kWh/kWc/anno

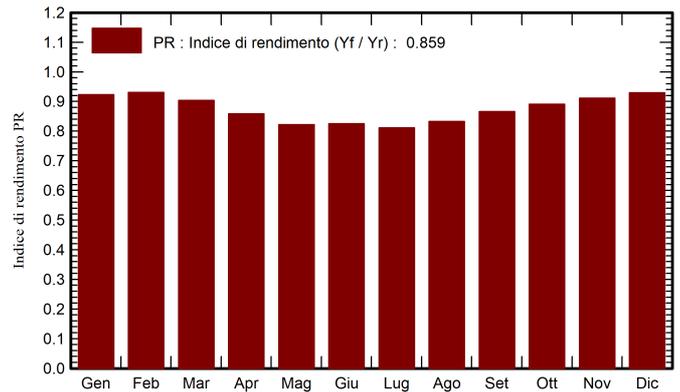
Indice di rendimento PR

85.88 %

### Produzione normalizzata (per kWp installato)



### Indice di rendimento PR



## Bilanci e risultati principali

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	GWh	GWh	ratio
Gennaio	79.9	31.80	9.62	105.1	100.4	4.34	4.21	0.923
Febbraio	76.8	41.77	7.07	97.0	92.1	4.04	3.92	0.930
Marzo	126.7	60.89	10.67	157.8	150.7	6.38	6.20	0.904
Aprile	182.9	64.19	13.99	232.5	223.2	8.93	8.66	0.858
Maggio	216.5	67.02	19.46	273.7	263.4	10.07	9.77	0.822
Giugno	213.4	70.66	22.08	269.0	258.9	9.93	9.64	0.825
Luglio	226.3	63.78	25.74	289.7	279.3	10.50	10.20	0.811
Agosto	192.5	63.04	26.28	242.7	233.3	9.04	8.78	0.833
Settembre	154.9	54.42	21.77	199.3	191.4	7.72	7.50	0.866
Ottobre	110.9	49.65	18.21	140.9	134.8	5.61	5.45	0.891
Novembre	80.1	33.65	13.35	103.0	98.3	4.20	4.08	0.912
Dicembre	75.5	29.55	7.13	101.0	96.3	4.19	4.07	0.929
Anno	1736.4	630.41	16.34	2211.8	2122.1	84.92	82.48	0.859

### Legenda

GlobHor Irraggiamento orizzontale globale

DiffHor Irraggiamento diffuso orizz.

T\_Amb Temperatura ambiente

GlobInc Globale incidente piano coll.

GlobEff Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre

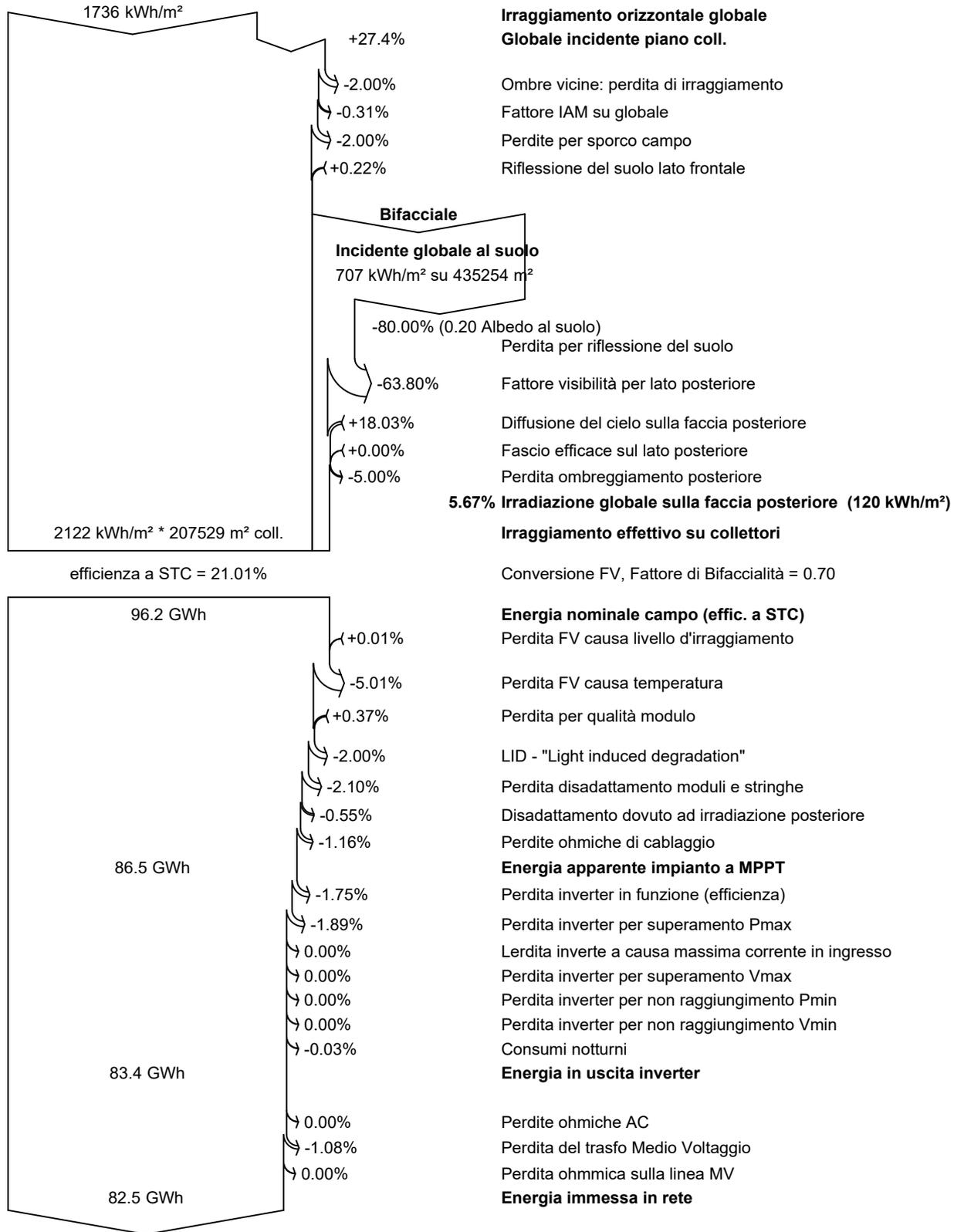
EArray Energia effettiva in uscita campo

E\_Grid Energia immessa in rete

PR Indice di rendimento



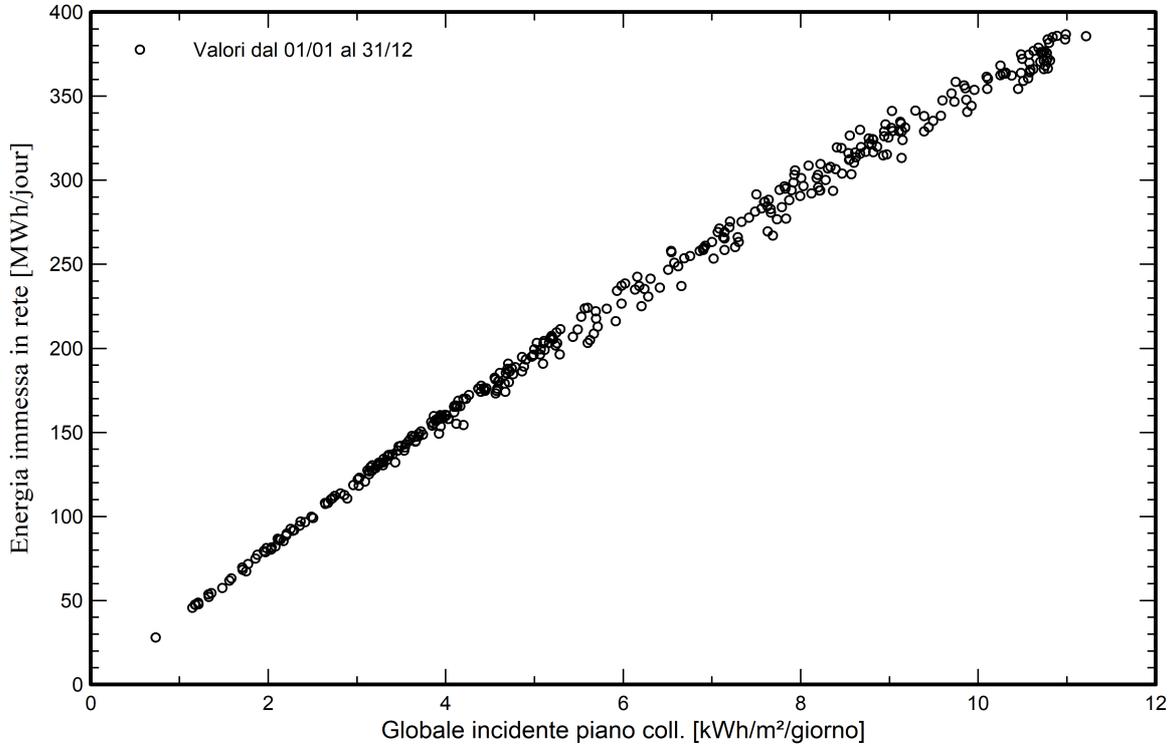
Diagramma perdite



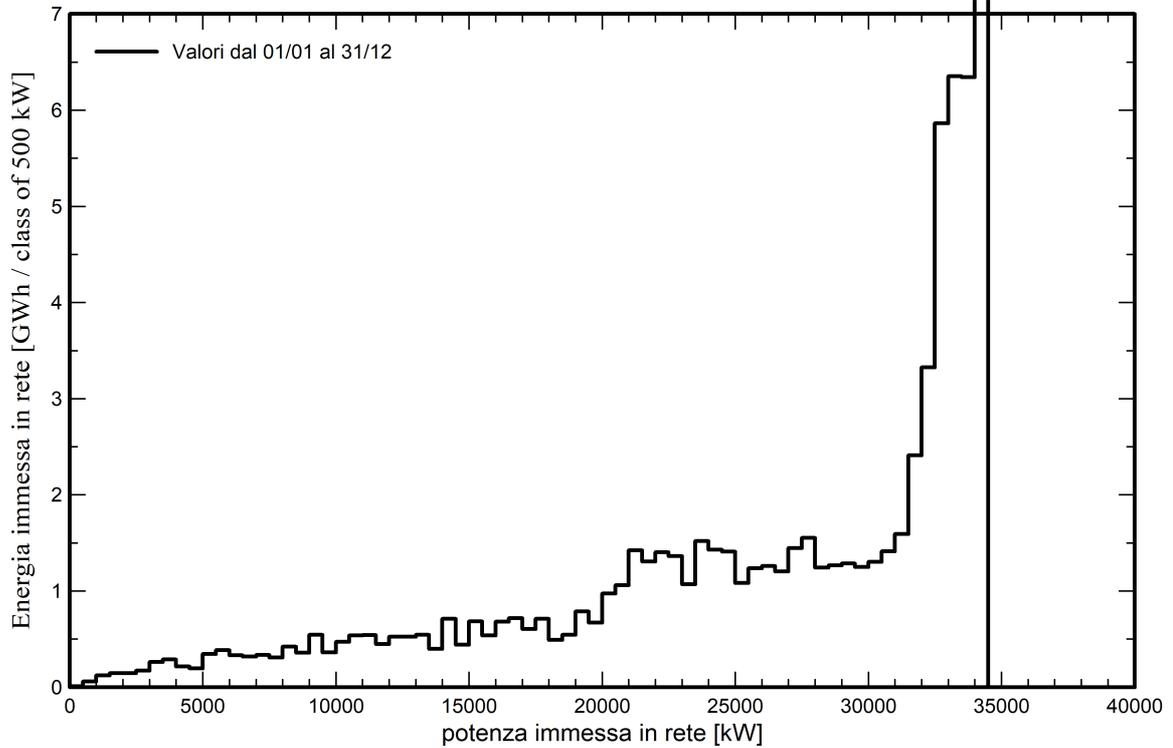


Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



# PVsyst - Rapporto di simulazione

## Sistema connesso in rete

Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

sheds a schieramento singolo

Potenza di sistema: 3167 kWc

Regalbuto - Italia

***STIMA SU SUPERFICIE A PANNELLI FISSI  
ottimizzata per la produzione di energia elettrica***

**Autore**

Montana S.p.a. (Italy)



# Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

Montana S.p.a. (Italy)

## PVsyst V7.2.19

VC4, Simulato su  
05/10/22 19:37  
con v7.2.19

### Sommario del progetto

<b>Luogo geografico</b> Regalbuto Italia	<b>Ubicazione</b> Latitudine 37.58 °N Longitudine 14.64 °E Altitudine 180 m Fuso orario UTC	<b>Parametri progetto</b> Albedo 0.20
<b>Dati meteo</b> Regalbuto PVGIS api TMY		

### Sommario del sistema

<b>Sistema connesso in rete</b> <b>Orientamento campo FV</b> Piano fisso Inclinazione/azimut 30 / 0 °	<b>sheds a schieramento singolo</b> <b>Ombre vicine</b> Ombre lineari	<b>Bisogni dell'utente</b> Carico illimitato (rete)
<b>Informazione sistema</b> <b>Campo FV</b> Numero di moduli 4872 unità Pnom totale 3167 kWc	<b>Inverter</b> Numero di unità 1 unità Pnom totale 2660 kWac Rapporto Pnom 1.191	

### Sommario dei risultati

Energia prodotta 5.29 GWh/anno	Prod. Specif. 1669 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR 84.00 %
--------------------------------	---------------------------------	------------------------------

### Indice dei contenuti

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Definizione ombre vicine - Diagramma iso-ombre	5
Risultati principali	6
Diagramma perdite	7
Grafici speciali	8



# Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

Montana S.p.a. (Italy)

PVsyst V7.2.19

VC4, Simulato su  
05/10/22 19:37  
con v7.2.19

## Parametri principali

### Sistema connesso in rete

### sheds a schieramento singolo

### Orientamento campo FV

#### Orientamento

Piano fisso  
Inclinazione/azimut 30 / 0 °

### Configurazione sheds

N. di shed 64 unità  
Campo (array) singolo

### Dimensioni

Spaziatura sheds 5.00 m  
Larghezza collettori 2.38 m  
Fattore occupazione (GCR) 47.7 %  
Banda inattiva alto 0.02 m  
Banda inattiva basso 0.02 m

### Angolo limite ombreggiamento

Angolo limite profilo 22.4 °

### Orizzonte

Orizzonte libero

### Ombre vicine

Ombre lineari

### Modelli utilizzati

Trasposizione Perez  
Diffuso Importato  
Circumsolare separare

### Bisogni dell'utente

Carico illimitato (rete)

## Caratteristiche campo FV

### Modulo FV

Costruttore Canadian Solar Inc.  
Modello CS7N-650MB-AG 1500V  
(definizione customizzata dei parametri)

Potenza nom. unit. 650 Wp  
Numero di moduli FV 4872 unità  
Nominale (STC) 3167 kWc  
Moduli 174 Stringhe x 28 In serie

### In cond. di funz. (50°C)

Pmpp 2909 kWc  
U mpp 949 V  
I mpp 3065 A

### Potenza PV totale

Nominale (STC) 3167 kWp  
Totale 4872 moduli  
Superficie modulo 15134 m<sup>2</sup>

### Inverter

Costruttore SMA  
Modello Sunny Central 2660 UP (Preliminary)  
(definizione customizzata dei parametri)

Potenza nom. unit. 2660 kWac  
Numero di inverter 1 unità  
Potenza totale 2660 kWac  
Voltaggio di funzionamento 880-1325 V  
Rapporto Pnom (DC:AC) 1.19

### Potenza totale inverter

Potenza totale 2660 kWac  
Numero di inverter 1 unità  
Rapporto Pnom 1.19

## Perdite campo

### Perdite per sporco campo

Fraz. perdite 2.0 %

### Fatt. di perdita termica

Temperatura modulo secondo irraggiamento  
Uc (cost) 29.0 W/m<sup>2</sup>K  
Uv (vento) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s

### Perdite DC nel cablaggio

Res. globale campo 5.1 mΩ  
Fraz. perdite 1.5 % a STC

### LID - Light Induced Degradation

Fraz. perdite 2.0 %

### Perdita di qualità moduli

Fraz. perdite -0.4 %

### Perdite per mismatch del modulo

Fraz. perdite 2.0 % a MPP

### Perdita disadattamento Stringhe

Fraz. perdite 0.1 %

### Fattore di perdita IAM

Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Profilo definito utente

20°	40°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.990	0.960	0.920	0.840	0.720	0.000



**PVsyst V7.2.19**

VC4, Simulato su  
05/10/22 19:37  
con v7.2.19

**Perdite cablaggio AC**

**Linea uscita inv. sino al trasformatore MT**

Tensione inverter 600 Vac tri  
Fraz. perdite 0.00 % a STC

**Inverter: Sunny Central 2660 UP (Preliminary)**

Sezione cavi (1 Inv.) Rame 1 x 3 x 3000 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza cavi 0 m

**Perdite AC nei trasformatori**

**Trafo MV**

Tensione rete 20 kV

**Perdite di operazione in STC**

Potenza nominale a STC 3095 kVA  
Perdita ferro (Connessione 24/24) 2.48 kW  
Fraz. perdite 0.08 % a STC  
Resistenza equivalente induttori 3 x 1.45 mΩ  
Fraz. perdite 1.25 % a STC



Parametri per ombre vicine

Prospettiva campo PV e area d'ombra circostante

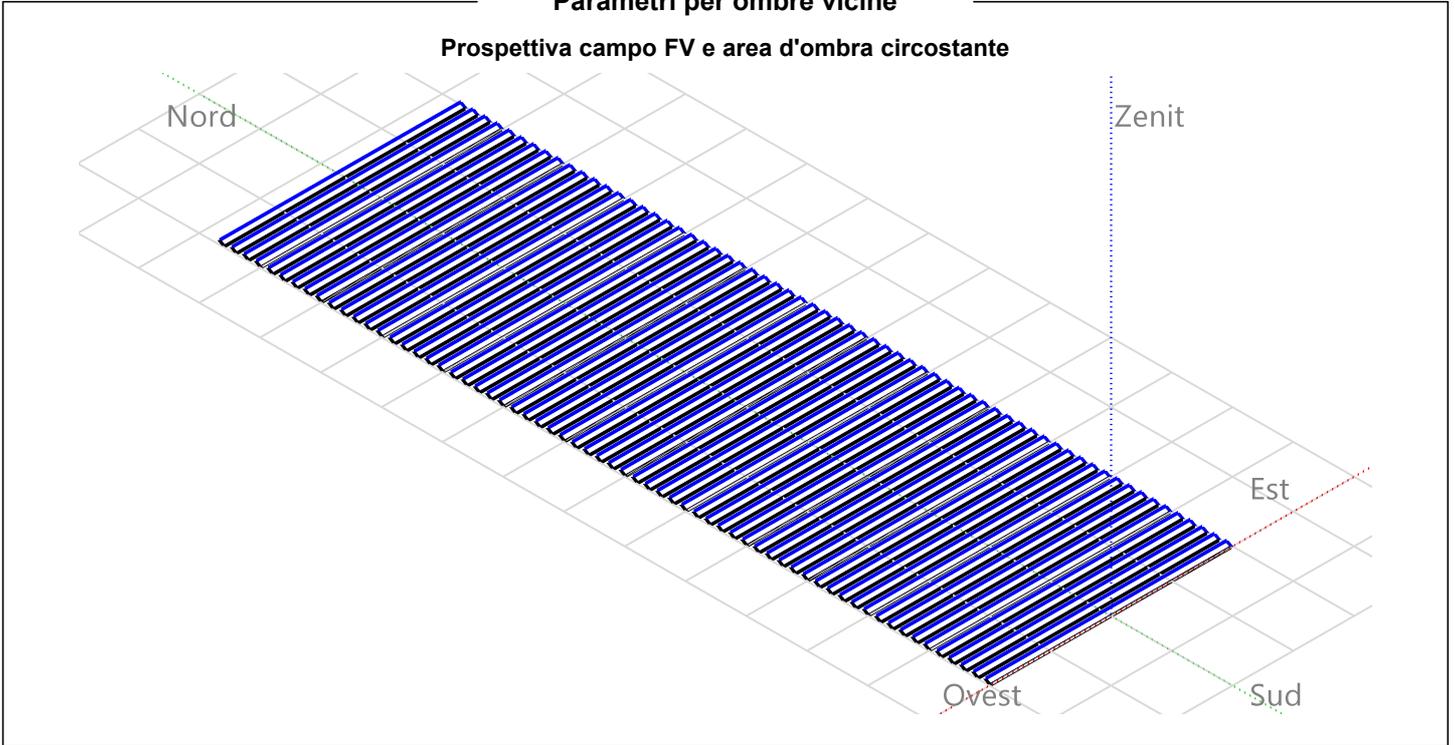
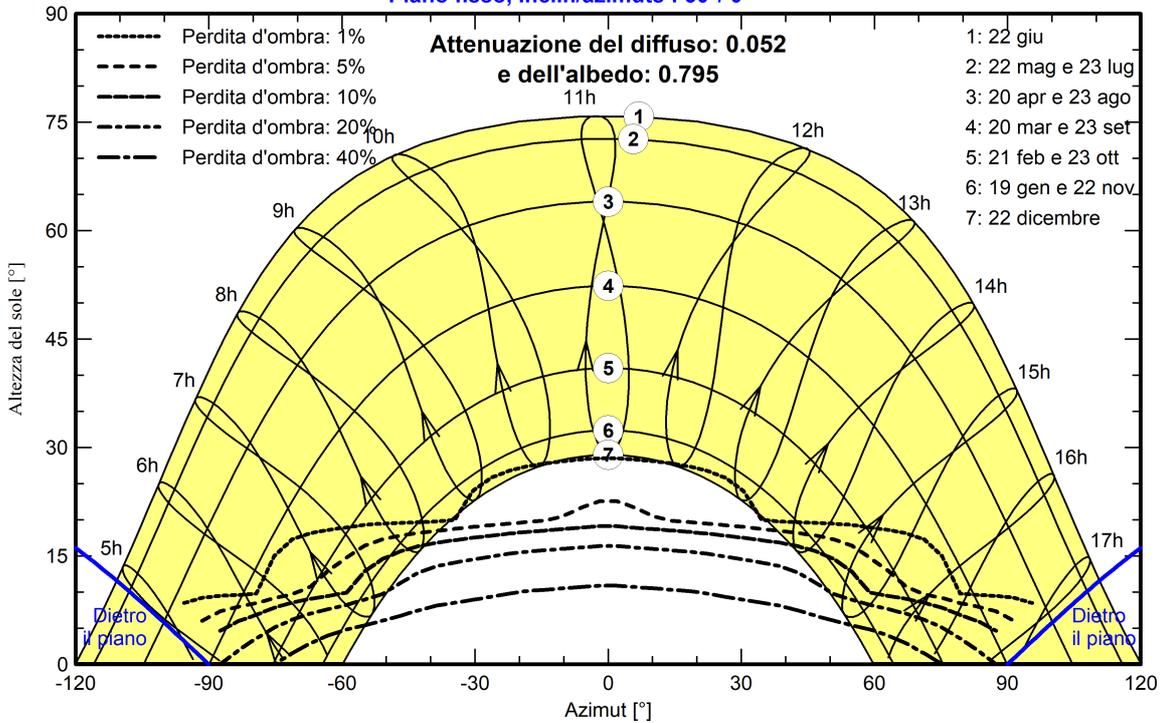


Diagramma iso-ombre

Orientamento #1

Piano fisso, Incl./azimuts : 30°/ 0°





# Progetto: Regalbuto

Variante: Nuova variante di simulazione

PVsyst V7.2.19

VC4, Simulato su  
05/10/22 19:37  
con v7.2.19

Montana S.p.a. (Italy)

## Risultati principali

### Produzione sistema

Energia prodotta

5.29 GWh/anno

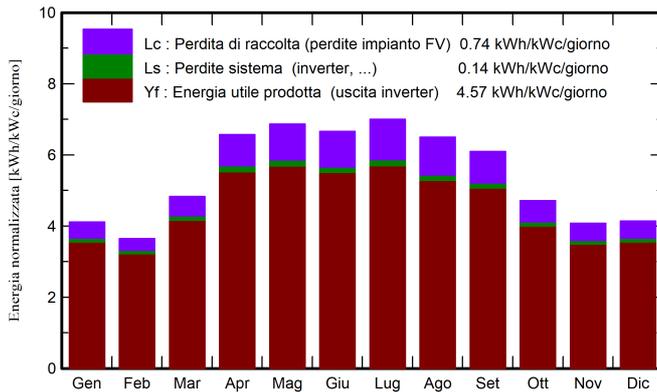
Prod. Specif.

1669 kWh/kWc/anno

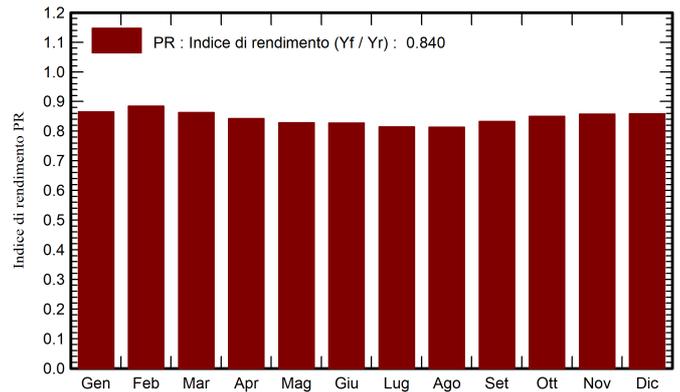
Indice di rendimento PR

84.00 %

### Produzione normalizzata (per kWp installato)



### Indice di rendimento PR



## Bilanci e risultati principali

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	GWh	GWh	ratio
<b>Gennaio</b>	79.9	31.80	9.62	127.4	119.5	0.359	0.349	0.865
<b>Febbraio</b>	76.8	41.77	7.07	102.2	96.7	0.295	0.286	0.885
<b>Marzo</b>	126.7	60.89	10.67	149.8	142.6	0.421	0.409	0.862
<b>Aprile</b>	182.9	64.19	13.99	197.1	188.2	0.542	0.526	0.842
<b>Maggio</b>	216.5	67.02	19.46	213.0	203.4	0.575	0.559	0.828
<b>Giugno</b>	213.4	70.66	22.08	199.8	190.1	0.539	0.523	0.827
<b>Luglio</b>	226.3	63.78	25.74	217.0	207.0	0.576	0.560	0.814
<b>Agosto</b>	192.5	63.04	26.28	201.5	192.5	0.534	0.519	0.814
<b>Settembre</b>	154.9	54.42	21.77	182.8	174.8	0.496	0.482	0.832
<b>Ottobre</b>	110.9	49.65	18.21	146.1	139.3	0.405	0.393	0.850
<b>Novembre</b>	80.1	33.65	13.35	122.2	115.2	0.342	0.332	0.857
<b>Dicembre</b>	75.5	29.55	7.13	128.4	118.5	0.360	0.349	0.858
<b>Anno</b>	1736.4	630.41	16.34	1987.3	1887.9	5.444	5.286	0.840

### Legenda

GlobHor Irraggiamento orizzontale globale

DiffHor Irraggiamento diffuso orizz.

T\_Amb Temperatura ambiente

GlobInc Globale incidente piano coll.

GlobEff Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre

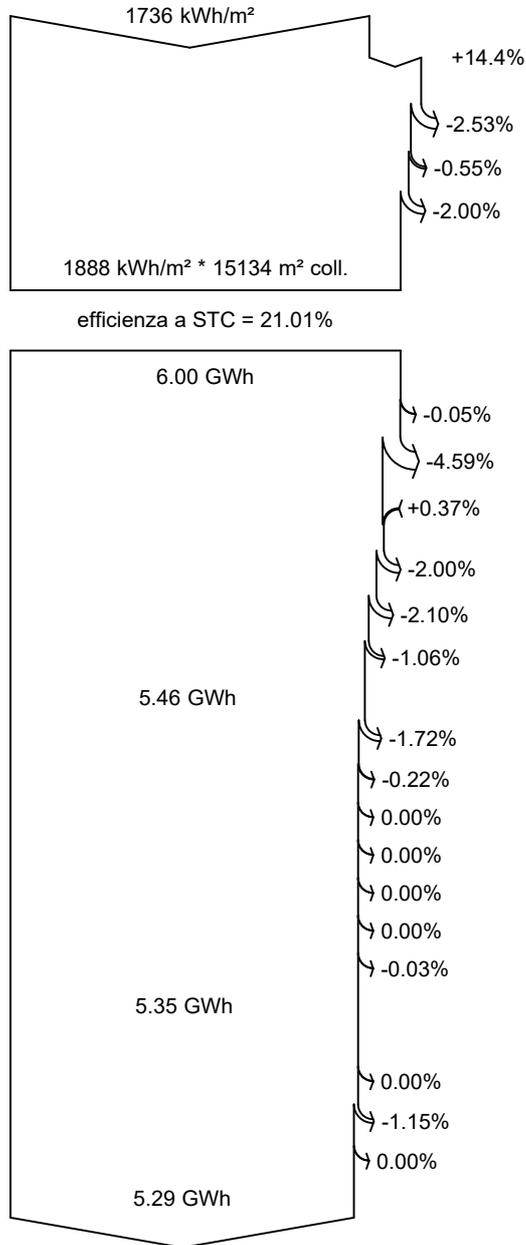
EArray Energia effettiva in uscita campo

E\_Grid Energia immessa in rete

PR Indice di rendimento



**Diagramma perdite**



**Irraggiamento orizzontale globale**

**Globale incidente piano coll.**

Ombre vicine: perdita di irraggiamento

Fattore IAM su globale

Perdite per sporco campo

**Irraggiamento effettivo su collettori**

Conversione FV

**Energia nominale campo (effic. a STC)**

Perdita FV causa livello d'irraggiamento

Perdita FV causa temperatura

Perdita per qualità modulo

LID - "Light induced degradation"

Perdita disadattamento moduli e stringhe

Perdite ohmiche di cablaggio

**Energia apparente impianto a MPPT**

Perdita inverter in funzione (efficienza)

Perdita inverter per superamento Pmax

Perdita inverte a causa massima corrente in ingresso

Perdita inverter per superamento Vmax

Perdita inverter per non raggiungimento Pmin

Perdita inverter per non raggiungimento Vmin

Consumi notturni

**Energia in uscita inverter**

Perdite ohmiche AC

Perdita del trasfo Medio Voltaggio

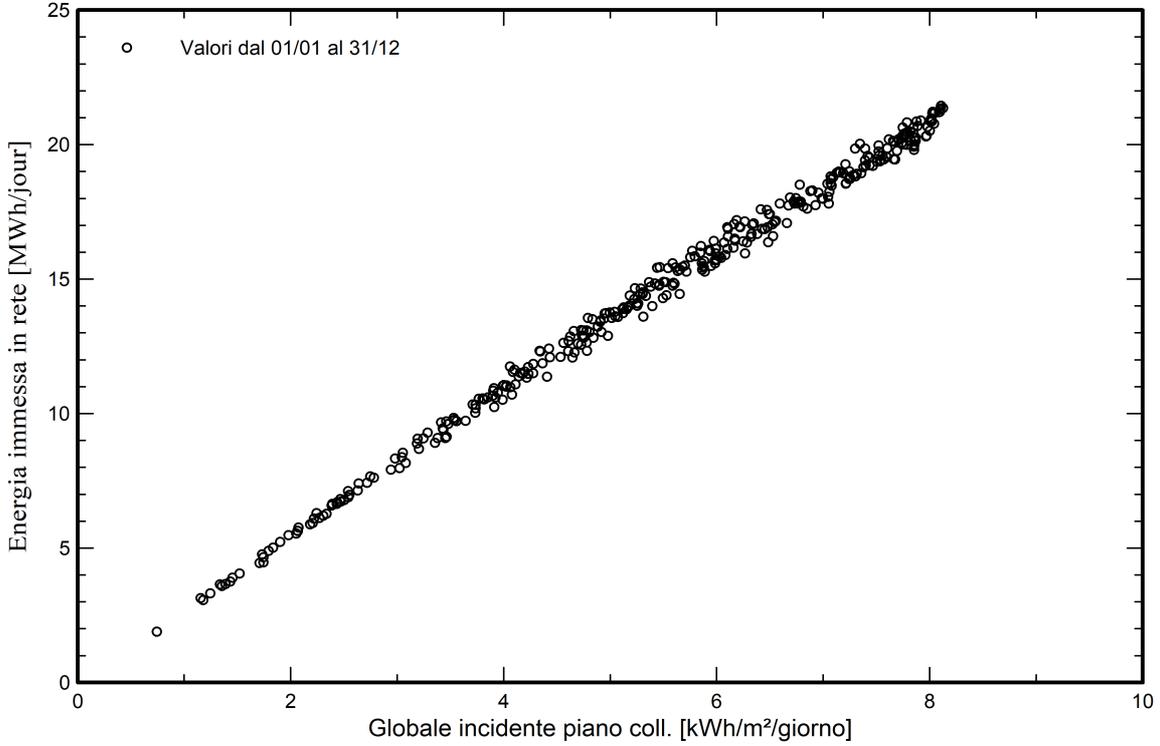
Perdita ohmmica sulla linea MV

**Energia immessa in rete**



Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema

