



GIUGNO 2023

FLYNIS PV 42 S.r.l.

IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO
COLLEGATO ALLA RTN

POTENZA NOMINALE 56,55 MW
COMUNE DI CARBONIA (CI)

Montano

**PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO**
**Relazione Agronomica e Progetto
Agrivoltaico**

Progettisti (o coordinamento)

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

Codice elaborato

*2983_5376_CA_VIA_R04_Rev0_Relazione Agronomica e progetto
Agrivoltaico*

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2983_5376_CA_VIA_R04_Rev0_Relazione Agronomica e progetto Agrivoltaico	07/2023	Prima emissione	Bioma Technology	E.Santoro L. Cuscito	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	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Milano A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico acustico/ambientale n. 71
Marco Corrù	Project Manager	
Paola Scaccabarozzi	Ingegnere Idraulico	
Giulia Peirano	Architetto	Ordine Arch. Milano n. 20208
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine Ing. Torino 9583J
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico	
Corrado Landi	Ingegnere Ambientale	
Carolina Ferraro	Ingegnere idraulico	
Luca Morelli	Ingegnere Ambientale	
Matteo Cuda	Naturalista	
Graziella Cusmano	Architetto	

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





Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Matthew Pisedda	Perito Elettrotecnico	
Laura Annovazzi Lodi	Ingegnere Ambientale	
Daniele Moncecchi	Ingegnere Ambientale	
Raffaella Bertolini	Biologo Ambientale	
Carla Marcis	Ingegnere per l'Ambiente ed il Territorio, Tecnico competente in acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 6664 – Sez. A ENTECA n. 4200
Andrea Mastio	Ingegnere per l'Ambiente e il Territorio	
Leonardo Cuscito	Perito Agrario laureato	Periti Agrari della provincia di Bari, n° 1371
Eliana Santoro	Agronomo	Agronomo albo n.883 dottori agronomi e forestali provincia di Torino
Emanuela Gaia Forni	Dott.ssa Scienze e Tecnologie Agrarie	
Chiara Caltagirone	Dott.ssa Scienze e Tecnologie Agrarie	
Giancarlo Carboni	Geologo	
Rosana Pla Orquin	Professionista Archeologo I Fascia	
Luca Doro	Professionista Archeologo I Fascia	
Gabriele Carenti	Professionista Archeologo I Fascia	

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





Sommario

Preambolo	1
1. Agrivoltaico.....	2
2. Principi della soluzione agrivoltaica	6
2.1. L'olivicoltura e la mandorlicoltura contestuali alla produzione di energia da fonte rinnovabile ..	10
2.2. La coltivazione di seminativi e la contestuale produzione di energia da fonte rinnovabile	12
3. Quadro normativo dell'agrivoltaico	15
3.1. Linee guida in materia di impianti agrivoltaici - Mite.....	19
4. L'agricoltura in Sardegna.....	22
4.1. Superfici, coltivazioni ed altre attività agricole	22
4.2. Prodotti di qualità	23
4.3. Focus olivicoltura e mandorlicoltura in Sardegna	24
4.4. Focus "Pecora Sarda"	26
4.4.1. "Pecorino Sardo" DOP	27
4.4.2. "Agnello di Sardegna" IGP	28
4.5. Incentivi e sostegno all'agricoltura	29
5. Inquadramento dell'area di intervento.....	34
5.1. Inquadramento catastale.....	35
5.2. Aspetti pedologici e agronomici	36
5.3. Inquadramento climatico	40
5.4. Modalità di conduzione ed attività agricola - stato di fatto	43
6. Progetto Agrivoltaico	45
6.1. Componente fotovoltaica	46
6.2. Componente agronomica	47
6.2.1. Lavori preliminari per la messa in atto dell'ipotesi progettuale	49
6.2.2. Mandorleto superintensivo	52
6.2.2.1. Scelta varietale	54
6.2.2.2. Sesto di impianto	55
6.2.2.3. Operazioni di impianto.....	56
6.2.2.4. Modalità di conduzione e mantenimento dell'impianto	58
6.2.3. Avvicendamento di erbai annuali.....	63
6.2.3.1. Scelta delle specie	64
6.2.3.2. Operazioni colturali	67
6.2.3.3. Gestione delle superfici.....	68
7. Precision farming e monitoraggio agronomico.....	69

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023

8.	Analisi economica.....	72
8.1.	Analisi costi dei lavori preliminari.....	75
8.2.	Analisi costi e ricavi del mandorleto superintensivo	76
8.3.	Analisi costi e ricavi dell'avvicendamento di erbai annuali	78
8.4.	Analisi preliminare dei costi di monitoraggio agronomico.....	79
9.	Conformità alle Linee Guida del MiTE.....	80
10.	Conclusioni	86
	Bibliografia.....	90
	Allegati.....	93
	Allegato 1 - Attestazione cessazione impegno di forestazione	94
	Allegato 2 - Simulazione producibilità impianto AGV	95
	Allegato 3 - Simulazione producibilità impianto FV standard.....	96

Preambolo

La presente relazione viene redatta su incarico conferito dalla società FlyRen Development S.r.l. - in rappresentanza della società Flynis pv 42 S.r.l., 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: 56,55 MWp
- Superficie catastale interessata: 155,03 ha
- Superficie di impianto recintata: 87,61 ha
- Superficie destinata all'attività agricola: 68,23 ha
- Classificazione architettonica: impianto a terra
- Ubicazione: Regione Sardegna | Provincia di Carbonia-Iglesias (CI) | Comune di Carbonia
- Particelle superficie catastale disponibile: Fg. n° 12 P.lle n° 6-14-47-51-66-77-88-103-104-105-107-184-186-189-190-191-192-193-194-197-198-199-200-201-202-211-212-213-215-216-218-219-220-223-232-233 | Fg. n° 21 P.lle n° 2-3-7-8-138-139-140-141-142-143-144
- Particelle superficie di impianto recintata: Fg. n° 12 P.lle n° 6-14-47-66-77-186-189-190-193-194-199-202-213-215-218-219-220-223-232 | Fg. n° 21 P.lle n° 2-3-7-8-138-139-140-141-142-143-144
- Ditta committente: Flynis pv 42 S.r.l.

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, in particolare con riferimento ai requisiti minimi. Non si intende infatti accedere ai contributi statali o del PNRR.

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

1. Agrivoltaico

Secondo l'ultimo rapporto dell'European Environment Agency (EEA,2023), nell'anno 2021 nel territorio dell'Unione Europea le emissioni totali di gas serra sono state inferiori del 30% rispetto ai livelli del 1990. Le emissioni sono aumentate del 6,2% tra il 2020 e il 2021. Tuttavia, le emissioni nel 2021 sono rimaste al di sotto del livello pre-pandemia di COVID-19 del 2019, confermando una trend di lungo periodo ribassista.

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.

Gli scenari europei condivisi a dicembre 2020 impongono quindi il rialzo degli obiettivi nazionali del PNIEC¹, elaborato a fine 2019. Il nuovo traguardo in termini di energia rinnovabile deve attualmente 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). Tali scenari impongono di triplicare la potenza di fotovoltaico installata in Italia entro il 2030, paese in cui il ritmo di crescita è ancora troppo lento. Se la crescita manterrà l'attuale trend, al 2030 la potenza installata a eolico e fotovoltaico sarà di poco superiore ai 50 GW, rendendo impossibile l'obiettivo (ulteriormente aumentato con il PTE², 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/anno³.

La nuova realtà geopolitica e del mercato dell'energia impone all'EU di accelerare drasticamente la transizione verso l'energia pulita e di aumentare l'indipendenza energetica dell'Europa da fornitori inaffidabili e da combustibili fossili volatili, aumentando ulteriormente gli obiettivi su efficienza energetica e rinnovabili. Con il recente piano di Bruxelles, il REPowerEU (revisione della direttiva 2018/2001/Ue), proposto il 18 maggio 2022, l'esecutivo comunitario propone di:

- innalzare al 45% l'obiettivo UE vincolante per le energie rinnovabili;
- aumentare al 66% l'elettricità prodotta da energia rinnovabile – solare ed eolica nel mix complessivo al 2050 - raddoppiando la quota attuale;
- rafforzare le misure di efficienza a lungo termine per abbattere quanto possibile i consumi energetici di case e industrie

Per ottenere tali obiettivi, le azioni previste da REPowerEU consistono in:

- risparmiare energia;

¹ 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.

² 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.

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

- diversificare l'approvvigionamento;
- sostituire rapidamente i combustibili fossili accelerando la transizione europea all'energia pulita;
- combinare investimenti e riforme in modo intelligente.

L'EU si pone quindi tra gli obiettivi principali: l'aumento della resilienza, della sicurezza e della sostenibilità del sistema energetico dell'Unione attraverso l'opportuna riduzione della dipendenza dai combustibili fossili e la diversificazione dell'approvvigionamento energetico a livello dell'Unione, anche aumentando la diffusione delle energie rinnovabili, l'efficienza energetica e la capacità di stoccaggio dell'energia.

In termini pratici, gli stati membri potranno aggiungere un nuovo capitolo dedicato al piano REPowerEU ai rispettivi piani nazionali di ripresa e resilienza (PNRR) nell'ambito di NextGenerationEU, allo scopo di finanziare investimenti e riforme chiave che contribuiranno al conseguimento degli obiettivi del piano REPowerEU⁴.

Il piano REPowerEU porterebbe la capacità complessiva di produzione di energia rinnovabile a 1236 GW entro il 2030, a fronte dei 1067 GW previsti nel pacchetto "Pronti per il 55%" (Fit for 55) che è stato adottato a fine giugno 2022.

In questo scenario 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 costi⁵, alla crescita di 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. Considerando il progressivo aumento della popolazione mondiale (che secondo l'ultimo report delle Nazioni Unite, si prevede arriverà a 9,7 Miliardi nel 2050), oltre l'incremento di domanda in termini di energia, è in aumento anche la domanda in termini di cibo e quindi di terre coltivabili. Il raggiungimento degli obiettivi in termini di produzione da FV è quindi in apparente contrasto con gli obiettivi di sviluppo sostenibile e recupero dell'utilizzo del suolo delle Nazioni Unite (Herrick et Abrahamse, 2019), ma la soluzione esiste ed è rappresentata da quelle che vengono definite le **installazioni agrivoltaiche**, progettate in modo da consentire la coltivazione dell'area sottostante l'infrastruttura energetica e di perseguire, quindi, simultaneamente gli obiettivi di riduzione delle emissioni e di recupero dei suoli (Reasoner *et al*, 2022).

È fondamentale considerare che, per raggiungere gli obiettivi del Green Deal entro il 2030, la superficie agricola necessaria, a seconda dell'efficienza della tecnologia utilizzata, è stata stimata tra i 30.000-40.000 ettari (Legambiente, 2020) - valore, di poco superiore al 0,3% della Superficie Agricola Totale censita nel 2021⁶, per cui è fondamentale 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.

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

⁴ <https://www.consilium.europa.eu/it/press/press-releases/2022/12/14/eu-recovery-plan-provisional-agreement-reached-on-repowerEU/>

⁵ La tecnologia fotovoltaica è attualmente la FER più “economica” e alla latitudine Italiana anche quella con il maggior potenziale (Mancini *et al.*, 2020).

⁶ Tavole con dettaglio prevalentemente regionale e per Provincia autonoma relative al 7° Censimento Generale dell'Agricoltura <https://www.istat.it/it/files//2022/08/censimento-agricoltura-2021.xlsx>

*l'uso del suolo stesso con ricadute positive sul territorio in termini occupazionali, sociali ed ambientali.*⁷ 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 tradizionale⁸ 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**, anche del sistema produttivo agricolo, attraverso l'integrazione delle energie rinnovabili. L'agricoltura intensiva è infatti concausa dell'inquinamento e del riscaldamento globale: nel 2015⁹ l'agricoltura è stata responsabile del 6,9% delle emissioni totali di gas serra (espressi in CO2 equivalente) ed è pertanto risultata la terza fonte di emissioni di gas serra dopo il settore energetico e il settore dei processi industriali.

La **proposta agrivoltaica** si basa sull'assunto che l'utilizzo simultaneo di una stessa superficie, per fini diversi, consente di **aumentare il Rapporto di Suolo Equivalente** (Land Equivalent Ratio, LER¹⁰, Figura 1) rispetto all'impiego della stessa superficie per un'unica produzione (Fraunfer, 2023; Valle et al., 2017). Esistono da sempre 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 altre produzioni agricole, ad esempio coltivazione di specie erbacee sulla stessa superficie.

SEPARATE LAND USE ON 1 HECTARE CROPLAND: **100% POTATOES OR 100% SOLAR ELECTRICITY**



COMBINED LAND USE ON 1 HECTARE CROPLAND: **186% LAND USE EFFICIENCY**

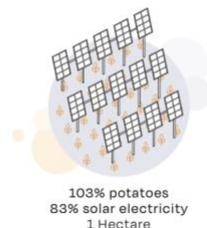


Figura 1. Aumento del LER attraverso l'utilizzo combinato della superficie (Fraunfer, 2023)

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

⁷ Demofonti- 4 Agosto2021- Gdl Agro-fotovoltaico. <https://www.italiasolare.eu/eventi/>

⁸ Inteso come sistema agricolo il cui scopo principale è la massimizzazione delle produzioni, spesso a discapito delle risorse ambientali, con costi elevati per i suoli, tra cui una maggiore erosione del suolo, una maggiore lisciviazione dei nutrienti e una minore capacità di ritenzione idrica

⁹ <https://www.controlsecurityambiente.com/inquinamento-causato-dalle-coltivazioni-agricole-intensive/>

¹⁰ 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>

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% nei casi più virtuosi) può essere lavorato con le comuni macchine agricole. I vantaggi in termini di consumo di suolo sono perciò evidenti e promettenti.¹¹

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;
- **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, RepowerEU;
- **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.

¹¹ <https://www.futuraenergie.it/2021/03/08/agrovoltaiico-i-vantaggi-del-fotovoltaico-in-agricoltura/>

2. Principi della soluzione agrivoltaica

Il complesso dei requisiti agronomici ed ingegneristici associati/associabili alla proposta agrivoltaica la rendono un vero e proprio sistema integrato agro-energetico: un insieme articolato di processi tecnologici connessi l'uno all'altro finalizzati a costituire un modello funzionalmente unitario di coltivazione e/o pascolamento e/o allevamento e di generazione elettrica da pannelli fotovoltaici.

La contestuale sinergia tra l'installazione di moduli fotovoltaici e l'attività primaria sulla stessa superficie è un concetto che è stato introdotto già nel 1982 (Goetzberger *et Zastrow*, 1982) e attualmente - in Italia e nel mondo - si stanno finalmente diffondendo impianti commerciali che utilizzano questo sistema, con una notevole impennata registrata negli ultimi cinque anni (Reasoner *et al.* 2022).

La presenza dei moduli su suolo agrario non preclude l'uso agricolo dell'area, anzi tale modello agrivoltaico può rappresentare un percorso virtuoso per coniugare la produzione alimentare e la produzione energetica da fonti rinnovabili (Figura 2).



Figura 2. Raffigurazione relativa all'AGRO-FV INTERFILARE, Variante 1 (impianti FV fissi inclinati), Variante 2 (Impianti FV con tracker), Variante 1 bis (Impianti FV fissi verticali) Fonte: ANIE,2022.

Le soluzioni finora adottate per questo tipo di impianti (Figura 3), hanno visto l'adozione di tecnologie diversificate tra le quali si trovano: i) impianti fissi, previo innalzamento della componente fotovoltaica, in modo da consentire il passaggio dei macchinari agricoli; ii) installazione di moduli verticali per il privilegio di produzioni energetiche in fasce orarie differenti; iii) sistemi ad inseguimento su singolo o doppio asse. Esistono, inoltre, esempi di tecnologie brevettate specificatamente per l'ambito agrivoltaico (e.g. tensostrutture sulle quali alloggiare inseguitori solari).



Figura 3. Esempi di differenti soluzioni agrivoltaiche: impianti fissi (Legambiente, 2020); moduli verticali; sistemi di inseguimento (Toledo e Scognamiglio, 2021); Sistema Agrovoltaico® (<https://remtec.energy/agrovoltaico>).

Diversi studi (Weselek *et al.*, 2019; Hassanpour Adeh. *et al.*, 2018; Fraunhofer, 2020; Toledo e Scognamiglio, 2021; Andrew *et al.*, 2022) ne mettono in luce i molteplici vantaggi, quali a titolo di esempio:

- incremento della produttività del suolo;
- miglioramento della produzione vegetale;
- possibilità di intercettare e stoccare l'acqua piovana per usi irrigui;
- miglioramento dello stock di C organico del suolo;
- creazione di un ambiente favorevole per insetti pronubi;
- creazione di un rifugio per il bestiame che pascola tra i pannelli;
- riduzione dei costi nella gestione del pascolo;
- minore stress termico causato al bestiame;
- generazione di fonte di reddito aggiuntiva per gli agricoltori.

Le soluzioni agrivoltaiche che prevedono l'utilizzo dei tracker consentono di poter regolare opportunamente l'inclinazione dei pannelli sia in considerazione della quantità di luce necessaria per la coltura sottostante, sia per poter eseguire le operazioni meccaniche. Sono documentati esempi di integrazione tra gestione agronomica e produzione di energia fotovoltaica, progettati e regolati in modo da ottenere un equilibrio virtuoso tra produzione agricola ed energetica (Dupraz, 2011). In un progetto agrivoltaico promosso da ENEA¹² in un vigneto, i pannelli fotovoltaici risultano garantire l'ombreggiamento adeguato alle piante, contrastando l'incremento di temperatura durante la germinazione per garantire quindi lo sviluppo ottimale della coltura.

Per quanto concerne elementi quali irraggiamento, temperatura dell'aria e umidità del suolo (Figura 4), alcuni studi hanno rilevato come la presenza di pannelli fotovoltaici possa creare alcune variazioni microclimatiche utili a fini agro-produttivi (Armstrong *et al.* 2016; Reasoner *et al.* 2022), tra cui:

- **Irraggiamento:** la presenza del pannello fotovoltaico riduce la percentuale di radiazione diretta, ovvero quella che raggiunge direttamente il suolo, con intensità variabile in funzione della distanza dal filare fotovoltaico, del momento del giorno e del periodo dell'anno (ma, al contempo, si prevede un aumento della quantità di radiazione diffusa).
 - ➔ In base alle specie selezionate (specialmente per le piante sciafile o brevi-diurne) questo aspetto potrà tradursi, laddove opportunamente gestito, in un incremento complessivo della produzione di sostanza secca e della qualità.
- **Temperatura dell'aria:** il parziale ombreggiamento può attenuare l'impatto negativo delle elevate temperature, mitigando le temperature estreme dell'aria e del suolo e promuovendo, pertanto, un maggior accrescimento radicale (anche grazie alla maggior umidità del terreno).
 - ➔ Ogni specie vegetale, infatti, necessita di una specifica temperatura minima per accrescersi, il cosiddetto "zero di vegetazione", e temperature troppo elevate possono fortemente condizionare l'accrescimento delle piante.
- **Umidità del suolo:** il parziale ombreggiamento che viene a verificarsi può determinare una diminuzione della evapotraspirazione e della carenza idrica estive (specie in ottica futura, nell'ipotesi di aggravio di tale aspetto in relazione ai dinamismi causati dai cambiamenti climatici).
 - ➔ La riduzione dell'evaporazione di acqua dal terreno, in particolare, consente un più efficace utilizzo della risorsa idrica del suolo.

¹² <https://www.agrivoltaicosostenibile.com/webinar/>

Per quanto riguarda l'effetto di tali variazioni sulle coltivazioni, esso varia in funzione delle specie coltivate e della relativa sensibilità all'ombreggiamento (Marrou *et al.*, 2013; Agostini *et al.*, 2021). I risultati ottenuti, inoltre, variano anche in funzione del luogo in cui la sperimentazione è stata condotta.

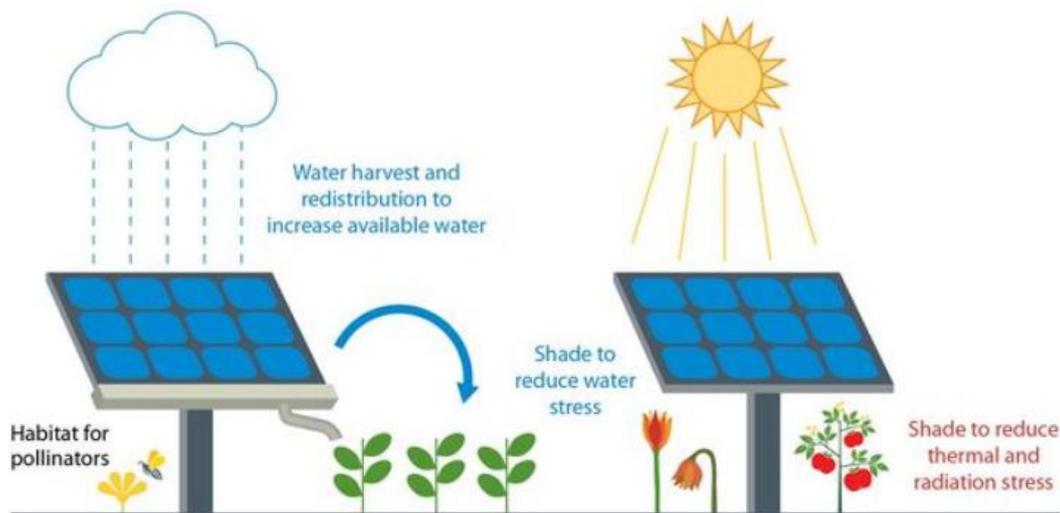


Figura 4. Alcuni benefici per le colture in un sistema agrivoltaico (InSPIRE/Project | Open Energy Information openei.org).

Non esiste quindi uno standard progettuale “assoluto” poiché ci sono diverse variabili che vanno analizzate in base alla localizzazione dell’impianto quali:

- l’ubicazione geografica;
- la conformazione del territorio;
- il clima;
- le colture coltivate tradizionalmente in loco;
- il tipo di coltura;
- il tipo di suolo.

“[...] Riteniamo che non esista un solo agrivoltaico, ma diverse soluzioni da declinare secondo le specifiche caratteristiche dei siti oggetto di intervento: la sfida è trasformare una questione tecnica in una questione di cultura complessa, con un approccio transdisciplinare supportato dai risultati della ricerca sulle migliori combinazioni colture/sistemi fotovoltaici”. (A. Scognamiglio, ENEA task force Agrivoltaico Sostenibile¹³).

Un recente rapporto del National Renewable Energy Laboratory (NREL) (Macknick *et al.*, 2022), redatto alla fine della seconda fase triennale di ricerca sulle sinergie tra energia solare e agricoltura, riassume molto bene quali siano gli elementi fondamentali per il successo di un impianto agrivoltaico (definiti la “ricetta delle 5C”), identificando cinque elementi cardine (Figura 5) su cui lavorare quando si imposta un progetto:

- **clima:** suolo e condizioni ambientali; le condizioni ambientali devono essere adatte sia alla produzione di energia fotovoltaica sia alle colture o alle coperture del suolo desiderate;
- **configurazione:** intesa come tecnologie solari e design; la scelta della tecnologia fotovoltaica, il layout del sito e le altre infrastrutture possono influenzare dalla quantità di luce che raggiunge i moduli solari alla possibilità di far passare un trattore, se necessario, sotto i pannelli.

¹³<https://www.enea.it/it/Stampa/news/energia-enea-lancia-la-prima-rete-nazionale-per-agrivoltaico-sostenibile#:~:text=%E2%80%9CRiteniamo%20che%20non%20esista%20un,dai%20risultati%20della%20ricerca%20sulle>

- **colture:** selezione delle specie e dei metodi di coltivazione, i progetti agrivoltaici devono selezionare colture o coperture del terreno che crescano sotto i moduli, in considerazione del clima locale e che siano redditizie nei mercati locali;
- **compatibilità** e flessibilità; il fotovoltaico deve essere progettato in modo da soddisfare le esigenze concorrenti dei proprietari di impianti fotovoltaici, degli operatori del settore e degli agricoltori o dei proprietari terrieri per consentire attività agricole efficienti;
- **collaborazione** e partnership; per il successo di qualsiasi progetto, la comunicazione e la comprensione tra le aziende agricole e i proprietari terrieri sono fondamentali.



Figura 5. Le 5 C per il successo di un progetto Agrivoltaico (Macknick et al., 2022).

2.1.L'olivicoltura e la mandorlicoltura contestuali alla produzione di energia da fonte rinnovabile

L'olivo e il mandorlo sono due specie che si prestano a diverse modalità di coltivazione, che, a seconda della densità di piante per ettaro e dei sestri, possono essere così definite:

Tabella 1. Densità e sestri d'impianto dell'olivicoltura e della mandorlicoltura

OLIVICOLTURA				
	Promiscua	Specializzata tradizionale	Intensiva	Superintensiva
Densità	70-100 p/ha	300 p/ha	300-1000 p/ha	2500 p/ha
Sesto d'impianto	piante sparse	m 5-7 x 6-8	m 5x7 ; 6x3	m 3,5-4 x 1,2-1,6

MANDORLICOLTURA				
	Promiscua	Specializzata tradizionale	Intensiva	Superintensiva
Densità	70-100 p/ha	300-400 p/ha	600-800 p/ha	2000+ p/ha
Sesto d'impianto	piante sparse	m 6 x 4	m 5-5,5 x 2,5-4,5	m 3-3,5 x 1-1,2

Le principali differenze tra le diverse tipologie di coltivazione si traducono anche in un numero sempre maggiore di operazioni annuali per la gestione (in termini di interventi per la gestione della chioma, fertilizzazione, irrigazione, lavorazioni del terreno, numero di trattamenti antiparassitari, metodo di raccolta, ecc.), aumentando, progressivamente, dalla coltivazione promiscua a quella superintensiva (Figura 6). Ciò che cambia è anche la resa, con una produzione di circa 3 t/ha per un impianto promiscuo fino a 10 t/ha per un impianto superintensivo.



Figura 6. Impianti superintensivi di olivo (sinistra) e mandorlo (destra).

Le operazioni necessarie alla gestione dei sistemi diversi da quello promiscuo, potrebbero far pensare, erroneamente, a sistemi con un impatto negativo sull'ambiente maggiore rispetto a quello tradizionale, pensiero rafforzato se si considera l'associazione con l'impianto energetico¹⁴. È importante, però, sottolineare che tali impianti possono essere gestiti nel rispetto dei disciplinari di difesa integrata, infatti, non sussistono particolari criticità da ricollegare alla difesa. Dal punto di vista della concimazione e dell'irrigazione gli impianti superintensivi risultano più adatti all'impiego di strumenti dell'agricoltura di precisione permettendo, così, la distribuzione agli alberi dell'esatta quantità di acqua o di fertilizzante di cui necessitano e al momento più opportuno. Si tratta quindi di metodi di allevamento che **favoriscono la razionalizzazione delle risorse non rinnovabili e di un approccio professionale e di assistenza tecnica adeguata.**

L'integrazione delle strutture fotovoltaiche con la coltivazione dell'olivo e del mandorlo appare quindi una buona soluzione *agrivoltaica* dal momento che le specie risultano già adatte alla coltivazione in condizioni di allevamento intensivo e superintensivo e ciò consente di progettare impianti in cui si sostituiscono file di alberi con file di pannelli.

In ragione di quanto esposto, negli ultimi anni, in Italia e nel Mondo, si stanno diffondendo progetti agrivoltaici che prevedono la coltivazione dell'olivo sia sulle fasce perimetrali¹⁵ della componente FV, sia tra le file dei pannelli. In Puglia, la Steag Solar Energy Solutions ha proposto nel 2021 l'installazione in provincia di Foggia di 3 impianti agrivoltaici di questo tipo (Figura 7) per un totale di 224 MW.



Figura 7. Vista dall'altro degli impianti proposti da Steag. Fonte : <https://www.pv-magazine.com/2021/03/22/integrating-big-solar-into-olive-groves/>

La società ENGIE, finanziata dalla Cassa Depositi e Prestiti (CDP) ha in cantiere lo sviluppo di progetti per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile per oltre 140 MW nella regione Sicilia che includono la coltivazione di alberi di mandorlo ed olivo (oltre a piante aromatiche e medicinali e foraggere).

Risulta indispensabile evidenziare inoltre come l'installazione della componente fotovoltaica, peraltro senza utilizzo di cemento, non costituisce di per sé una variazione d'uso del suolo, ma si configura come un'occupazione temporanea e reversibile, che consente, a valle della dismissione dell'impianto al termine della sua vita utile, il completo ripristino dello stato dei luoghi originario. Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), nel recente report "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici edizione 2021, indagando nello specifico il consumo di suolo relativo agli impianti fotovoltaici a terra, considera che per questi interventi esso sia da considerarsi reversibile.

La reversibilità dell'intervento, che caratterizza questo tipo di sistemi agrivoltaici, garantisce quindi la possibilità di convertire l'area per un utilizzo totalmente agricolo.

¹⁴ <https://www.vglobale.it/2020/12/22/uliveti-intensivi-e-agrivoltaico/>

¹⁵ https://www.repubblica.it/green-and-blue/2021/04/28/news/il_fotovoltaico_come_un_girasole_nel_campo_con_mandorli_olivi_e_piante_aromatiche-297545014/

2.2. La coltivazione di seminativi e la contestuale produzione di energia da fonte rinnovabile

L'utilizzo della superficie sottostante i pannelli, per la coltivazione di piante erbacee, è risultata una buona soluzione per ovviare alla competizione nell'uso del suolo tra la produzione di energia e agricoltura. Studi recentemente condotti in Italia hanno dimostrato che l'ombra generata dai moduli ha un impatto minimo sulla resa agricola e in alcuni casi migliora addirittura la produzione (Agostini *et. al*, 2021).

Per quanto concerne le **colture cerealicole**, nel caso del frumento, ad esempio, sono stati registrati incrementi produttivi nelle annate siccitose e decrementi nelle annate più umide; l'ombreggiamento risulta inoltre favorire il contenuto proteico delle cariossidi (Weselek *et. al*, 2019). Uno studio condotto nel 2011 (Dupraz *et al.*, 2011) sul grano duro ha evidenziato che, installando i moduli con una densità minore rispetto al fotovoltaico per consentire la coltivazione della superficie, non si riscontrano perdite significative nella produzione (-13 % in sostanza secca e -8% in raccolto). Nello stesso studio, i valori di LER ottenuti per il sistema agrivoltaico risultano superiori a quelli calcolati in altri sistemi di utilizzo combinato della superficie con un aumento della produzione ottenibile dalla superficie tra il 60 e il 70%. Per quanto riguarda il mais, invece, la produzione è risultata leggermente inferiore nei sistemi agrivoltaici in condizioni di risorsa idrica non limitante e, addirittura, superiore in condizioni di stress idrico (Amaducci *et.al*, 2018).

Schindele *et al.* (2020) riportano esempi di coltivazione in Germania di **patate, frumento, orzo primaverile, barbabietola, porri, sedano, trifoglio e leguminose**, come specie utilizzabili per la coltivazione in sistema agro-fotovoltaico.

Enel¹⁶ ha attualmente in corso diversi progetti in Grecia, Spagna e Italia in cui si stanno sperimentando gli utilizzi di erbe aromatiche, fiori, prati polifiti e varie colture ortive, tra cui anche leguminose.



Figura 8. Erbaio coltivato al di sotto dei pannelli fotovoltaici Fonte:

https://hypergeometric.files.wordpress.com/2020/10/trackers_bee-the-change_mike_kiernan_hero.jpg?w=1024

¹⁶ <https://www.enelgreenpower.com/it/media/news/2021/02/agri-fotovoltaico-nuove-soluzioni>



Figura 9. Frumento coltivato al di sotto dei pannelli fotovoltaici nelle campagne di Baoji (Cina, 2021) Fonte: <https://www.longi.com/us/news/6716/>

Hassanpour Akeh. *et al.* (2018) hanno confrontato gli effetti ambientali dei pannelli solari su un erbaio non irrigato, sottoposto a stress idrico frequente. L'obiettivo dello studio è stato quello di dimostrare l'impatto della componente energetica sul prato, quantificando i cambiamenti del microclima, dell'umidità del suolo, dell'uso dell'acqua e della produttività della biomassa dovuti alla presenza dei pannelli solari. Tramite l'installazione di stazioni microclimatiche negli impianti agrivoltaici e l'utilizzo della tecnologia sensoristica applicata (l'umidità del suolo è stata quantificata utilizzando le letture di una sonda a neutroni), si sono evidenziate differenze significative nella temperatura media dell'aria, nell'umidità relativa, nella velocità e nella direzione del vento e nell'umidità del suolo. Le aree sotto i pannelli fotovoltaici 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%).

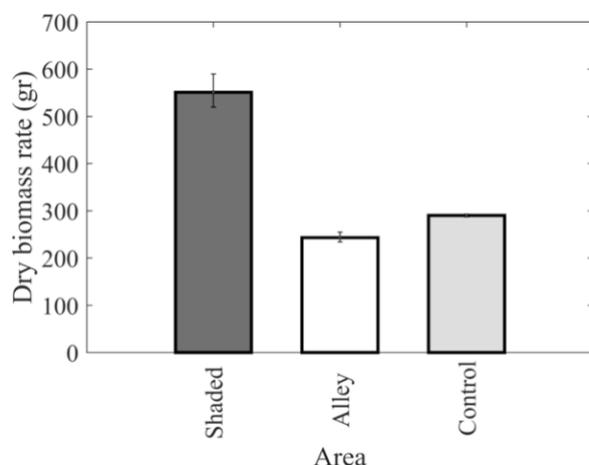


Figura 10. Confronto della biomassa secca nei tre luoghi di campionamento dello studio di Hassanpour Akeh. *et al.* (2018): all'ombra dei pannelli (shaded), nelle aree aperte tra i pannelli (alley) e nell'area di controllo al di fuori dell'impianto agrivoltaico (control). Fonte : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256.g006>

I ricercatori statunitensi hanno così confermato che nelle aree sottese ai moduli fotovoltaici si crea 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 osservando 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 climi semi-aridi con inverni umidi risultano essere ottimi candidati per sistemi agrivoltaici, supportati anche dai notevoli guadagni in termini di produttività.

L'ombreggiamento ha effetti diretti anche sulle **colture oleaginose**: la composizione degli acidi grassi prodotti dalle colture è infatti influenzata dai cambiamenti in termini di radiazione solare intercettata. È stato rilevato che una riduzione dell'intensità luminosa comporta infatti una riduzione della percentuale di acido oleico prodotto nei semi di colza, mais e girasole, nonché un aumento del contenuto in acidi grassi polinsaturi quali acido linoleico e linolenico (Izquierdo *et al*, 2009). Gauthier *et al*, 2017 hanno più recentemente confermato tale tesi: nello specifico la percentuale di acido linoleico prodotto dal colza è inversamente correlata alla radiazione solare captata dalla coltura.

La società francese TSE ha inaugurato nel settembre del 2022 il suo primo progetto pilota agrivoltaico nella città di Amance, nella Francia nord orientale, con l'obiettivo di dimostrare che l'ombreggiamento può influire positivamente sulla resa esprimibile da colture quali soia, frumento, segale, orzo e colza.

La stessa società ha inoltre dichiarato che sono in cantiere altri tre siti pilota della medesima tipologia che entreranno in funzione entro la fine del 2022.

In un recente intervento durante la Fieragricola tenutasi a marzo 2022, Alessandra Scognamiglio, coordinatrice della Task Force Enea Agrivoltaico Sostenibile¹⁷, riporta che in prove compiute su mais, frumento e foraggio la variazione di produttività va da un minimo di -8% a un massimo di +10%. Le perdite per patata, pomodoro, zucca e melone, variano da un -5% a un -8%.

Allargando il contesto oltreoceano, le installazioni agrivoltaiche si stanno moltiplicando. Esempio interessante è la Corea del Sud, che nel 2016 ha installato 100 kWp con coltivazione di riso, soia, e altre colture erbacee, ma anche la Cina (Xue, 2017) che tra il 2015 e il 2017 ha installato 4,0 GWp di sistemi agrivoltaici. Sempre in Cina, nella contea di Qianyang della città di Baoji, sono stati recentemente installati 100 MWp di agrivoltaico, associando la produzione di energia con la coltivazione del frumento.

Le scelte di questi paesi scaturiscono anche dalla consapevolezza dell'attuale contesto climatico caratterizzato spesso da eventi meteorici straordinari, nel quale le colture potranno addirittura giovare dell'effetto protettivo dei pannelli contro gli eventi estremi quali, ad esempio, grandine e temperature estreme.

¹⁷ <https://www.agrivoltaicosostenibile.com/>

3. Quadro normativo dell'agrivoltaico

Le Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) e, tra queste, in particolare, il fotovoltaico, rivestono ormai un ruolo chiave nella "transizione energetica" (Figura 11) volta al contenimento del c.d. *Global Warming* e della necessaria progressiva decarbonizzazione del processo di produzione di energia.

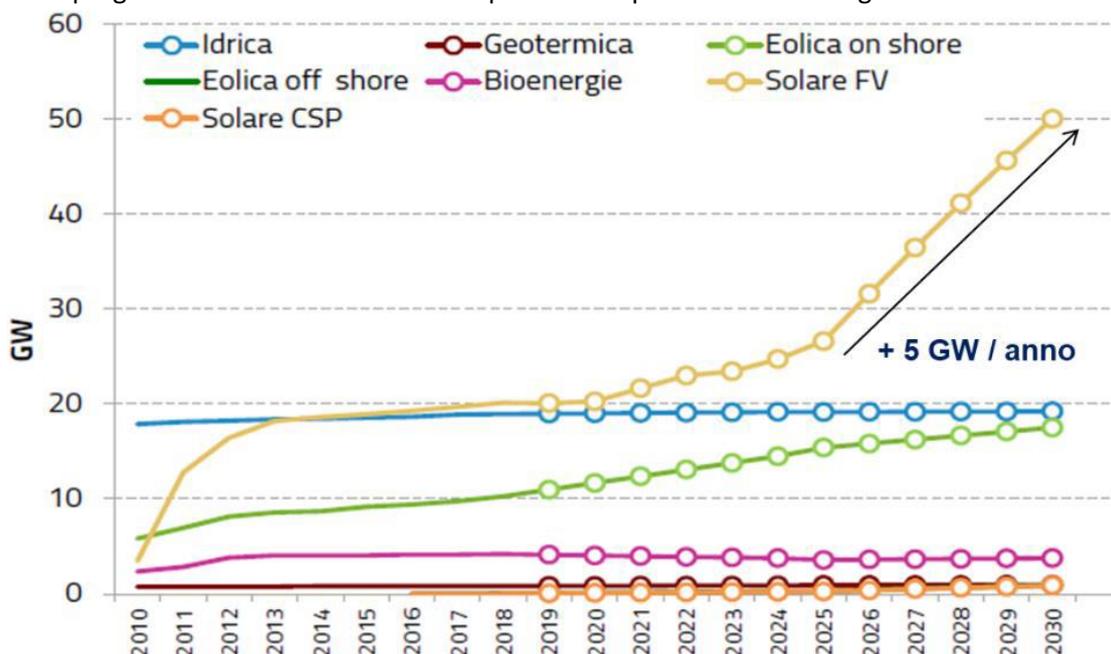


Figura 11. Stima prospettica dell'incremento atteso di installazione di impianti di produzione energetica da FER. Fonte: PNIEC.

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 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 verso 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)¹⁸, "[...] 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". [...] **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**".

¹⁸ Elettricità Futura e Confagricoltura, 2021. Impianti FV in aree rurali: sinergie tra produzione agricola ed energetica.

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 è rimasto a lungo frammentario e talvolta discordante, ma finalmente gli sforzi compiuti nel 2022 stanno portando a una definizione condivisa e condivisibile di "Impianto agrivoltaico".

La diffusione di questa tipologia di impianti è stata infatti a lungo 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'agrivoltaico viene dedicato il primo punto della missione Energia Rinnovabile, Idrogeno, Rete e Mobilità Sostenibile (M2C2) (Figura 12).

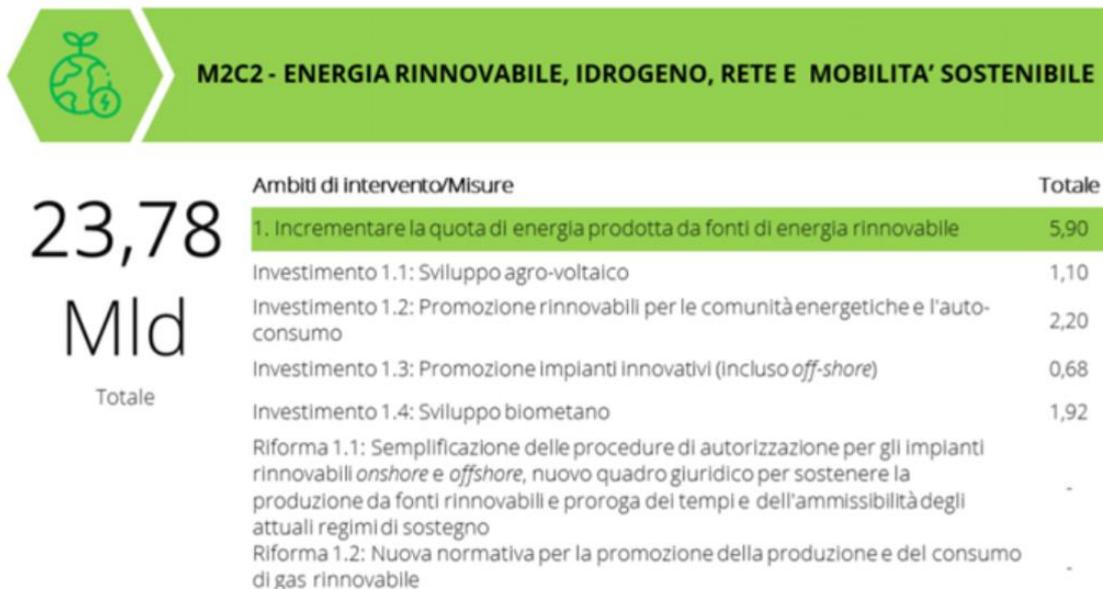


Figura 12. Componente M2C2 "Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile"

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. 28/2011¹⁹, che disponeva il divieto agli impianti

¹⁹ 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".

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"				
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023	Pagina 17 di 97

solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole di poter accedere agli incentivi statali per le FER.

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. 28²⁰, 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".

Successivamente, 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 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

²⁰ Il comma 2 art. 4 si riferisce alle all'Autorizzazione Unica (D.Lgs. 387/2003), alla Procedura Abilitativa Semplificata (D.Lgs. 28/2011)

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.

Al fine di contribuire alla definizione di "agrovoltaico", il *"Position Paper - Sistemi AGRO-FOTOVOLTAICI"*²¹, 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;
- 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.

²¹ <https://www.italiasolare.eu/wp-content/uploads/2022/03/AR-EF-IS-Position-Paper-Agrovoltaico.pdf>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023
			Pagina 19 di 97

Inoltre, nel 28 giugno 2022, sono state pubblicate dal **MiTE** (Ministero della Transizione Ecologica) le **"Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici"** redatte da CREA²², GSE²³, ENEA²⁴ ed RSE²⁵(MiTE, 2022).

Il rispetto di queste linee guida diventa condizione necessaria per accedere agli incentivi dedicati alla tipologia di agrivoltaico definibile "avanzato"; infatti, è stato approvato, in data 14 aprile 2023, da parte del ministero dell' Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), il nuovo **decreto impianti agrivoltaici avanzati**²⁶, con l'obiettivo di promuovere la realizzazione di impianti agrivoltaici innovativi, così da installare in Italia di almeno 1,04 GW di impianti agrivoltaici entro il 30 giugno 2026.

3.1.Linee guida in materia di impianti agrivoltaici - Mite

Le "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" (MiTE,2022) sono il frutto di un lavoro congiunto tra **CREA**²⁷, **GSE**²⁸, **ENEA**²⁹ ed **RSE**³⁰, coordinato dallo stesso MiTE, allo scopo di rappresentare un punto di riferimento per l'Agrivoltaico in Italia, 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.

Questo documento chiarisce e definisce 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):

²² Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria

²³ Gestore dei servizi energetici S.p.A

²⁴ Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

²⁵ Ricerca sul sistema energetico S.p.A

²⁶ <https://www.mase.gov.it/comunicati/energia-pichetto-approva-il-decreto-che-incentiva-gli-impianti-agrivoltaici-avanzati>

²⁷ Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria

²⁸ Gestore dei servizi energetici S.p.A

²⁹ Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

³⁰ Ricerca sul sistema energetico S.p.A

- **REQUISITO C:** L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;
- **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 consentano di distinguere tra diversi tipi di impianti agrivoltaici, distinguendo tra questi quali possano/potranno o meno accedere ai contributi statali e del PNRR.

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

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

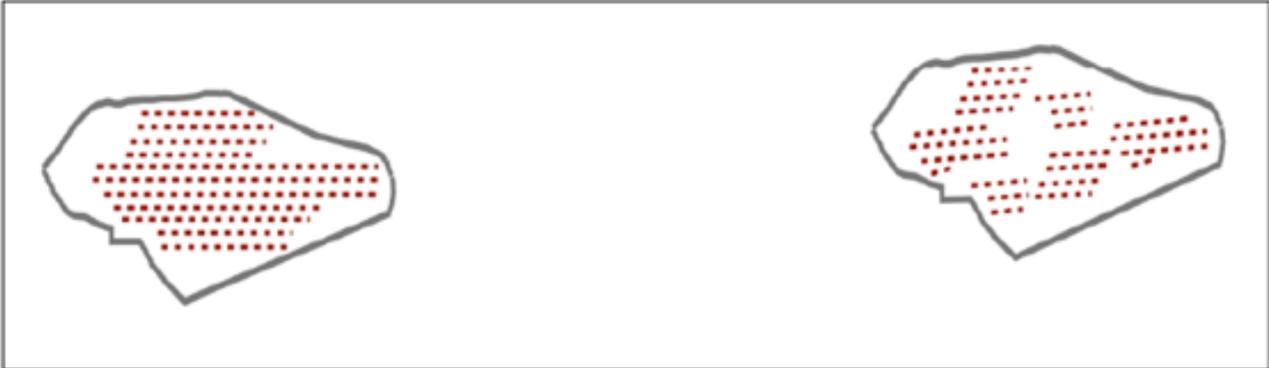


Figura 13: Rappresentazione di un sistema agrivoltaico a unica tessera e a insieme di tessere (Mite,2022).

Le Linee Guida sopracitate definiscono 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”. Il pattern fotovoltaico è infatti caratterizzato da **porosità**, definita come il rapporto tra l’area totale di installazione e l’area occupata dai moduli: lo spazio nel quale il pattern fotovoltaico è organizzato è quindi una sorta di spazio “vuoto” definito “**spazio poro**”.

Nello specifico caso di un impianto Agrivoltaico (impianto in cui coesistono elementi agricoli – coltivazione – ed elementi tecnologici finalizzati alla produzione di energia – fotovoltaico), il concetto di spazio poro viene definito come lo “**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**” (MiTE,2022).

Un sistema agrivoltaico quindi, oltre a creare un connubio virtuoso tra produzione di energia elettrica e agricola, risulta avere le potenzialità per poter garantire un migliore inserimento paesaggistico rispetto ad un impianto fotovoltaico di tipo tradizionale.

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 Sardegna

La Sardegna, la seconda più grande isola del Mediterraneo, ha un'agricoltura ricca e diversificata che si basa su una combinazione di **tradizioni secolari** e **innovazioni moderne**, rappresentando una parte essenziale dell'economia e del patrimonio culturale della Regione. L'agricoltura sarda è strettamente legata alle caratteristiche geografiche dell'isola, che comprende un vasto territorio montuoso, pianure fertili e una costa ricca di risorse marine.

Una delle caratteristiche distintive dell'agricoltura sarda è la presenza di numerose aziende agricole a **conduzione familiare**. Queste aziende, spesso di dimensioni ridotte, si dedicano alla produzione di una vasta gamma di prodotti agricoli, soprattutto cereali, ortaggi, frutta, formaggi e vino. L'agricoltura in Sardegna non si limita solo alla terra, ma si estende anche al mare. La pesca è un'importante attività economica sull'isola, con pescatori che impiegano metodi tradizionali come la pesca con le reti, ma anche tecniche moderne come l'allevamento di pesci in acquacoltura. La Sardegna è conosciuta per la sua abbondanza di pesce fresco (tonno, spigola, orata e aragosta). Nonostante le tradizioni radicate e la qualità dei suoi prodotti agricoli, l'agricoltura sarda affronta anche sfide come la diminuzione delle risorse idriche, l'abbandono delle zone rurali e l'andamento dei prezzi. Tuttavia, ci sono sforzi in corso per promuovere la **sostenibilità**, la **diversificazione delle colture** e l'**innovazione tecnologica** al fine di garantire un futuro prospero per l'agricoltura sarda.

4.1. Superfici, coltivazioni ed altre attività agricole

La Regione Sardegna ha un'estensione totale di ha 2.409.945, di cui, secondo l'ultimo censimento agricolo, ha **1.470.838 risultano Superficie Agricola Totale (SAT)**. Più dell'80% della SAT, ovvero ha **1.234.685**, è classificata come **Superficie Agricola Utilizzata (SAU)**.

Anche in questa Regione, come nel resto dell'Italia, l'ultimo censimento si riscontra una contrazione³¹ del numero di aziende agricole rispetto al precedente censimento nazionale (che descriveva la situazione agricola del 2010), registrando, con **47.077 aziende agricole**, un calo del 22,2%; al contrario, sia la SAT che la SAU non sono in contrazione: la SAU ha subito infatti un incremento pari al 7%.

La ripartizione percentuale della SAU regionale è illustrata nel seguente grafico (Figura 14):

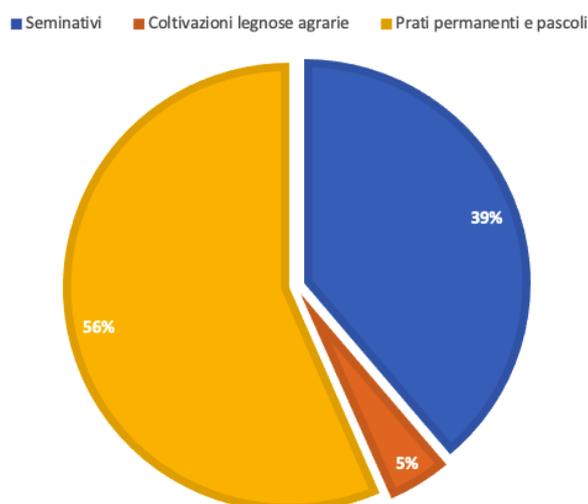


Figura 14. Superfici (esprese in ettari) per utilizzazione del terreno nel suolo agricolo sardo

³¹ Il 7° Censimento Generale Agricoltura ha fotografato una situazione di contrazione nazionale: -30,1% di aziende agricole; -3,6% di SAT e -2,5% di SAU

Il 56% della SAU regionale è occupata da **prati permanenti e pascoli** (più di ha 698.000), a cui seguono i **seminativi** (circa ha 479.000) con il 39% del totale. Le superfici seminatave sono rappresentate per lo più da: frumento duro (ha 31.825), legumi (ha 14.498), piante industriali (ha 1.637), ortaggi (ha 13.731) e foraggiere avvicendate (ha 297.277). Il restante 5% della SAU è investito a **coltivazioni legnose agrarie** (circa ha 56.000); tra le più diffuse per estensione si menziona l'olivo per la produzione di olio (ha circa 30.000), la vite (ha circa 17.000), il mandorlo (ha 1000 circa) ed il pesco (ha 700 circa).

Un altro dato di interesse è la consistenza di **aziende con capi di bestiame** registrate in Sardegna (24.023), così suddivise: 8.165 di bovini (di cui 1.221 vacche da latte), 2.237 di equini, 9.029 di suini, 3.297 di caprini e 12.880 di ovini.

4.2. Prodotti di qualità

Secondo le rilevazioni del Sistema d'informazione Nazionale sull'Agricoltura Biologica (SINAB)³², la Sardegna risulta la settima Regione di Italia per superficie agricola condotta in regime biologico, con ha 146.890 ettari suddivisi per destinazione produttiva come riportato in Figura 15.

Nel 2020 la Regione ha registrato un incremento di SAU gestita in biologico del 21,6% rispetto all'annata precedente (Figura 16).

TOTALE AL 31/12/2020	146.890
Cereali	7.927
Culture proteiche, leguminose, da granella	391
Piante da radice	55
Culture industriali	272
Culture foraggiere	20.667
Altre colture da seminativi	9.568
Ortaggi*	684
Frutta**	462
Frutta in guscio	151
Agrumi	68
Vite	1.792
Olivo	3.933
Altre colture permanenti	544
Prati e pascoli (escluso il pascolo magro)	75.717
Pascolo magro	24.415
Terreno a riposo	245

Figura 15. Ripartizione delle superfici condotte in biologico nella regione Sardegna. Fonte SINAB, 2022

³² SINAB, 2022. Bio in Cifre 2021, ISMEA - Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare
<https://www.sinab.it/sites/default/files/2023-01/BIO%20IN%20CIFRE%202021.pdf>

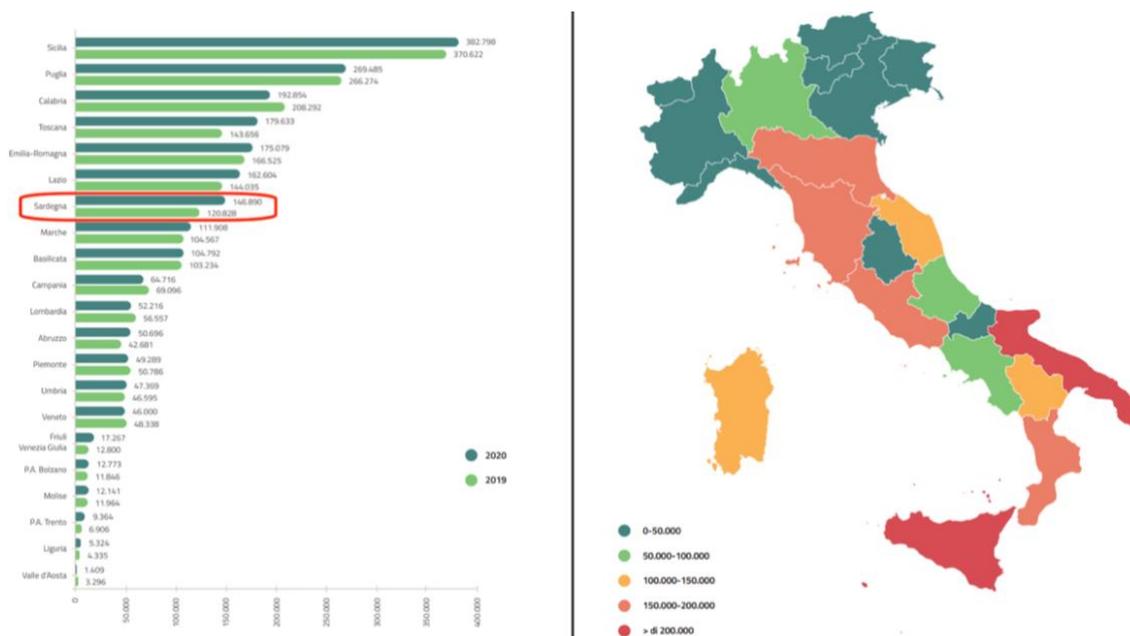


Figura 16. Distribuzione regionale delle superfici biologiche in Italia. Anni 2019 e 2020 (valori espressi in ettari). Fonte SINAB, 2022

La Regione vanta dati significativi in valore relativi al comparto delle produzioni agro-alimentari certificate DOP e IGP: l'isola conta 8 prodotti a marchio comunitario³³. Tra i più rinomati ricordiamo:

- per il comparto formaggi il "Pecorino Sardo" (DOP);
- per il comparto carni fresche l'"Agnello di Sardegna" (IGP);
- per il comparto delle produzioni orto-frutticole il "Carciofo di Sardegna" (DOP).

Oltre alle certificazioni comunitarie, in Sardegna è stato istituito il marchio di qualità dei prodotti dell'artigianato sardo. Con l'obiettivo di valorizzare la qualità delle lavorazioni artigianali e il valore intrinseco delle opere attraverso un chiaro riconoscimento dell'origine. Si tratta di un marchio collettivo con indicazione di qualità geografica promosso dall'Assessorato regionale del Turismo, Artigianato e Commercio.

4.3.Focus olivicoltura e mandorlicoltura in Sardegna

In Sardegna appena il 2,5% della SAU è vocata alla coltivazione dell'olivo e meno dell'1% a quella del mandorlo. L'olivicoltura non ha mai rappresentato in Sardegna un'attività particolarmente rilevante e diffusa: l'isola importa infatti fino al 90% del fabbisogno regionale di olio di oliva.

Nel primo dopoguerra tuttavia, la Sardegna (dopo la Sicilia e la Puglia) costituiva l'areale più importante al mondo per la produzione di mandorle.

Analizzando l'arco temporale che va dal 2006 a fine 2022, la superficie sarda dedicata all'olivicoltura e alla mandorlicoltura ha rappresentato in media rispettivamente il 3,2% ed il 5,4% del totale nazionale. La superficie olivicola e le produzioni raccolte hanno registrato un decremento a metà dell'arco temporale considerato, per poi superare i livelli iniziali alla fine del medesimo periodo. La superficie dedita alla coltivazione del mandorlo e le relative produzioni hanno fatto invece registrare un trend opposto: a metà del periodo temporale considerato sono infatti aumentati i relativi valori, per poi subire una sensibile deflessione giungendo a valori più bassi di quelli iniziali.

³³ <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/2090>

Tabella 2. Produzioni e Superfici Nazionali e della Regione Sardegna per Olivicoltura e Mandorlicoltura negli anni 2006-2022 – elaborazione su dati ISTAT. Fonte www.istat.it

	SUPERFICIE TOTALE COLTIVATA (ETTARI)					
	OLIVICOLTURA			MANDORLICOLTURA		
	Italia (ha)	Sardegna (ha)	% su Nazionale	Italia (ha)	Sardegna (ha)	% su Nazionale
2006	1.167.862	36.435	3,1	81.737	2.976	3,6
2007	1.161.311	36.415	3,1	79.955	2.970	3,7
2008	1.180.475	40.220	3,4	79.518	2.970	3,7
2009	1.147.245	39.622	3,5	79.562	3.555	4,5
2010	1.190.694	36.075	3,0	77.098	3.435	4,5
2011	1.157.836	23.363	2,0	75.453	3.499	4,6
2012	1.125.382	23.363	2,1	68.437	3.499	5,1
2013	1.146.863	31.066	2,7	55.573	3.431	6,2
2014	1.145.913	31.048	2,7	54.780	3.411	6,2
2015	1.162.074	40.604	3,5	58.109	6.489	11,2
2016	1.164.389	40.604	3,5	58.336	6.489	11,1
2017	1.166.003	40.604	3,5	58.472	6.491	11,1
2018	1.164.067	40.604	3,5	59.465	6.491	10,9
2019	1.164.568	40.604	3,5	53.076	1.023	1,9
2020	1.166.408	40.604	3,5	54.441	1.048	1,9
2021	1.156.344	40.604	3,5	54.659	1.068	2,0
2022	1.141.019	39.290	3,4	54.936	1.261	2,3

	PRODUZIONE TOTALE RACCOLTA (TONNELLATE)					
	OLIVICOLTURA			MANDORLICOLTURA		
	Italia (t)	Sardegna (t)	% su Nazionale	Italia (t)	Sardegna (t)	% su Nazionale
2006	34.156.830	515.887	1,5	1.127.957	22.426	2,0
2007	32.497.708	500.842	1,5	1.126.449	22.484	2,0
2008	34.735.783	567.678	1,6	1.187.232	22.484	1,9
2009	308.999.670	462.517	0,1	1.066.565	28.016	2,6
2010	31.177.568	459.816	1,5	854.654	26.519	3,1
2011	31.682.836	278.000	0,9	1.047.897	26.667	2,5
2012	30.175.371	278.000	0,9	898.651	26.667	3,0
2013	29.405.452	380.864	1,3	725.844	26.554	3,7
2014	19.137.392	399.736	2,1	740.163	26.344	3,6
2015	30.878.360	453.900	1,5	613.783	42.848	7,0
2016	20.383.034	247.640	1,2	745.841	42.848	5,7
2017	26.216.413	247.640	0,9	795.987	42.848	5,4
2018	19.535.415	376.750	1,9	798.008	42.848	5,4
2019	21.941.049	376.750	1,7	773.002	7.850	1,0
2020	22.071.547	411.780	1,9	805.164	7.890	1,0
2021	23.657.511	436.400	1,8	716.211	7.990	1,1
2022	29.311.648	666.350	2,3	745.883	15.559	2,1

Il rilancio di tali settori passa dalla pianificazione e dall'aggregazione degli attori, al fine di creare un sistema sinergico di concentrazione degli sforzi produttivi e di mercato (consorzi, cooperative, ecc.), oltre che all'avvicinamento verso sistemi produttivi a più alta efficienza (impianti intensivi e superintensivi).

Esempi positivi di investimenti nel comparto olivicolo sono stati registrati in agro dei Comuni di Sassari e Alghero con la messa a dimora di circa 200 ettari di impianti superintensivi; progetti pilota sono stati avviati anche in Provincia di Cagliari, nel Comune di Villasor.

Per quanto concerne invece il settore della mandorlicoltura regionale, una cooperativa ha previsto la messa a dimora di 140 ettari di impianti superintensivi fra l'area del Sulcis, l'area del Cagliaritano ed il nord dell'isola. Nel Comune di Carbonia è previsto l'avvio di 54 ettari di mandorleti, 30 dei quali già piantati prima del 2022. Un'azienda della cooperativa agricola ha costituito anche un centro per la smallatura, l'essiccazione e la sgusciatura del prodotto al servizio della filiera.

Concludendo, tali esempi costituiscono testimonianza degli sforzi collettivi avviati su bassa e media scala per il rilancio di tali settori nell'economia agricola della Sardegna.

4.4.Focus "Pecora Sarda"

Le superfici regionali investite a **pascoli e prati permanenti ed avvicendati** sono risorsa agricola ed ambientale dall'elevato peso specifico nel contesto rurale dell'isola; tali formazioni vegetali sono infatti il **fulcro dell'attività agro-pastorale**, oltre al fatto che costituiscono una parte integrante del paesaggio e dell'ambiente.

Il settore zootecnico regionale è incentrato sull'allevamento della pecora "**Sarda**". La "**Sarda**", razza autoctona della Sardegna, è una delle razze ovine più antiche tra quelle allevate nei paesi europei e oggi una delle migliori razze ovine ad attitudine latte tra quelle allevate in Europa e nel bacino del Mediterraneo; si tratta di una razza dall'**elevato valore culturale ed economico** che costituisce il pilastro della filiera lattiero casearia della Regione.



Figura 17. Esempari di pecore di razza Sarda al pascolo. Fonte: <https://www.ruminantia.it/la-razza-ovina-sarda/>

La selezione genetica della razza è stata per anni incentrata all'esaltazione dell'**attitudine lattifera** - dal punto di vista quantitativo e qualitativo delle produzioni - oltre che al miglioramento della morfologia della mammella, carattere importante per eseguire le mungiture in maniera meccanizzata; questa razza ha conservato nel corso del tempo le sue caratteristiche di rusticità ed attitudine al pascolamento, il che le ha permesso di sfruttare a pieno le caratteristiche morfologiche ed ambientali del territorio della Sardegna.

Gli ovini di razza *Sarda* presentano una taglia media: l'altezza al garrese non supera i cm 70, con pesi che oscillano tra i kg 65 e 70 per gli esemplari maschi e i kg 45 e 50 per gli esemplari femmina.

La testa ha un profilo leggermente allungato, con corna assenti o poco sviluppate negli esemplari femmine ed assenti o rudimentali nei maschi. La faccia è di colore bianco uniforme, con orecchie portate orizzontalmente e di media grandezza. L'addome è largo, con tronco allungato dal garrese serrato. La groppa risulta leggermente spiovente, che termina con una coda lunga ed esile. Il vello è di colore bianco e liscio.

Come detto precedentemente, la razza *Sarda* è prettamente vocata alla produzione del latte.

La capacità produttiva media di un esemplare primiparo³⁴ è di **120-150 litri** (con lattazione della durata di 100 giorni) e di **200-225 litri** per l'esemplare pluriparo³⁵ (con lattazione della durata di 180 giorni).

Il latte prodotto ha un contenuto in grasso del 6-7% ed un contenuto in proteine del 5-6%³⁶ ed è, per la

³⁴ Esempare in gravidanza per la prima volta nella vita.

³⁵ Esempare che ha già avuto un parto in precedenza nella vita.

³⁶ <https://www.ruminantia.it/la-razza-ovina-sarda/>

maggior parte, destinato all'industria di trasformazione lattiero-casearia per la produzione di "**Pecorino Sardo**" DOP.

La produzione di carne, garantita dagli agnelli da latte (peso vivo di circa kg 10 o inferiore), va a soddisfare anch'essa in parte il comparto delle produzioni agro-alimentari certificate comunitarie: la commercializzazione degli agnelli, infatti, è tutelata dal Consorzio di tutela dell'"**Agnello di Sardegna**" IGP.

La produzione di lana risulta invece di scarso valore economico e produttivo, attestandosi su una resa media di kg 1-2 ad anno per capo ed andando a soddisfare l'industria di produzione dei materassi, dei pannelli termoisolanti e della tappezzeria.

4.4.1. "Pecorino Sardo" DOP

Il **Pecorino Sardo** ha ottenuto la Denominazione di Origine nel 1991 (**D.P.C.M. del 4 novembre 1991**), per poi conseguire il riconoscimento comunitario DOP nel 1996 (**Regolamento (CE) n. 1263/96 del 1° luglio 1996**) tra i prodotti della categoria "formaggi".

Il Pecorino Sardo DOP è un formaggio a pasta semicotta prodotto con latte ovino intero. Si distingue nelle due tipologie, Dolce (maturazione 20-60 giorni, contrassegno verde) e Maturo (stagionato oltre 60 giorni, contrassegno blu), è ottenuto con latte interno di pecora prodotto unicamente nella zona di origine ricadenti nell'area del Consorzio di tutela, coincidente con l'intero territorio della Regione Autonoma della Sardegna. L'alimentazione degli ovini da cui si produce il latte si basa in prevalenza sull'**utilizzo diretto dei pascoli naturali, prati ed erbai**: tali condizioni alimentari si traducono in un'elevata qualità della materia prima con conseguente conferimento di caratteristiche organolettiche uniche al prodotto trasformato.

Il processo di caseificazione prevede il trattamento termico della materia prima, successivamente inoculata con ceppi autoctoni di batteri lattici (riferibili anche alla specie *Streptococcus thermophilus*) ed ottenendo la cagliata dopo l'aggiunta di caglio di vitello. La cagliata viene sottoposta a rottura fino al raggiungimento di granuli "*delle dimensioni di una nocciola per la tipologia dolce, e di un chicco di mais per la tipologia maturo*"³⁷ per poi essere semicotta a temperatura non superiore ai 43° C. La pasta viene poi inserita in appositi stampi di forma circolare, pressata, fatta spurgare e salata. In seguito le forme di formaggio vengono fatte maturare e stagionare in appositi locali climatizzati, a temperature e tassi di umidità controllati dettati dal Disciplinare di produzione.



Figura 18. Forme di Pecorino Sardo DOP in fase di stagionatura. Fonte: <https://www.pecorinosardo.it/onore-al-gusto/>

³⁷ Disciplinare di Produzione della D.O.P. "Pecorino Sardo" -

<https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeAttachment.php/L/IT/D/4%252Fd%252F9%252FD.e832b1db0a8cce307ba3/P/BLOB%3AID%3D3340/E/pdf?mode=download>

4.4.2. "Agnello di Sardegna" IGP

L'**agnello di Sardegna** ha conseguito il riconoscimento comunitario IGP nel 2010 (**Reg. UE n° 1166 del 9 dicembre 2010**), tra i prodotti della tipologia "carni fresche (e frattaglie)".

La denominazione "Agnello di Sardegna" IGP è riservata agli agnelli nati, allevati e macellati nell'area di produzione corrispondente all'intero territorio regionale.

Gli agnelli vivono in un ambiente naturale, esposti a livelli di insolazione, vento e clima del territorio sardo, prevalentemente allo stato brado; è consentita tuttavia la stabulazione esclusivamente nel periodo invernale. L'alimentazione dei capi avviene esclusivamente mediante suzione naturale del latte materno (agnello *da latte*), integrato con **l'attività pascolativa su superfici prative spontanee od in linea con le essenze tipiche del territorio regionale** (agnello *leggero* e *da taglio*).

Il capo macellato corrispondente alla denominazione "Agnello di Sardegna" IGP può essere distinto nelle seguenti **tre tipologie**, a seconda della rispondenza alle caratteristiche dettate dal Disciplinare di Produzione³⁸:

- **da latte**: proveniente dalla sola razza *Sarda*, alimentato con il solo latte materno in maniera naturale, con peso della carcassa a freddo pari a **kg 5-7**;
- **leggero**: proveniente da razza *Sarda* o generazione F1 da incrocio di parentali di razza *Sarda* con altre razze da carne (*Ile De France, Berrichon Du Cher, ecc.*), alimentato con latte materno e alimenti naturali (prato, foraggio, cereali freschi o essiccati), con peso della carcassa a freddo pari a **kg 7-10**;
- **da taglio**: proveniente da razza *Sarda* o generazione F1 da incrocio di parentali di razza *Sarda* con altre razze da carne (*Ile De France, Berrichon Du Cher, ecc.*), alimentato con latte materno e alimenti naturali (prato, foraggio, cereali freschi o essiccati), con peso della carcassa a freddo pari a **kg 10-13**.

Il capo macellato secondo le normative nazionali e comunitario oltre a quelle dettate dal disciplinare, deve rispondere alle seguenti caratteristiche chimico-fisiche-organolettiche:

- **pH**: maggiore di 6;
- **proteine**: 13-20%;
- **estratto etereo**: inferiore al 3%;
- **caratteristiche visive della carne**: colore bianco, tessitura fine, compatta e morbida alla cottura, leggermente infiltrata di grasso, masse muscolari non troppo sviluppate, giusto equilibrio fra scheletro e muscolatura;
- **caratteristiche organolettiche**: tenerezza, succulenza, aroma delicato e presenza di odori tipici della carne giovane e fresca.

³⁸<https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeAttachment.php/L/IT/D/3%252F9%252F9%252FD.c4f847164f281aa9b49e/P/BLOB%3AID%3D3338/E/pdf?mode=download>

4.5. Incentivi e sostegno all'agricoltura

Il 2023 rappresenterà il primo anno per la nuova PAC 2023-2027, che prevede l'elaborazione, da parte di ciascuno Stato membro, di un Piano Strategico Nazionale della Pac (di seguito **PSP** o **PSN**) in cui confluiranno i finanziamenti per il **sostegno al reddito (Pagamenti diretti -PD- I Pilastro)**, lo **sviluppo rurale (SR)** e le **misure di mercato (II Pilastro)**. Il PSP, dunque, rappresenta una vera e propria sfida per il sistema Paese, in quanto per la prima volta **vengono raccolti in un unico documento di programmazione tutti gli strumenti della PAC**, rafforzando la coerenza degli interventi messi in atto.

Le azioni programmate a livello comunitario concorrono al raggiungimento dei **3 obiettivi generali articolandosi nei 9 obiettivi specifici (OS)** dettagliati in Figura 19. completati e interconnessi all'obiettivo trasversale di modernizzare il settore agricolo tramite la promozione e la condivisione di conoscenza, innovazione e digitalizzazione in agricoltura e nelle zone rurali.

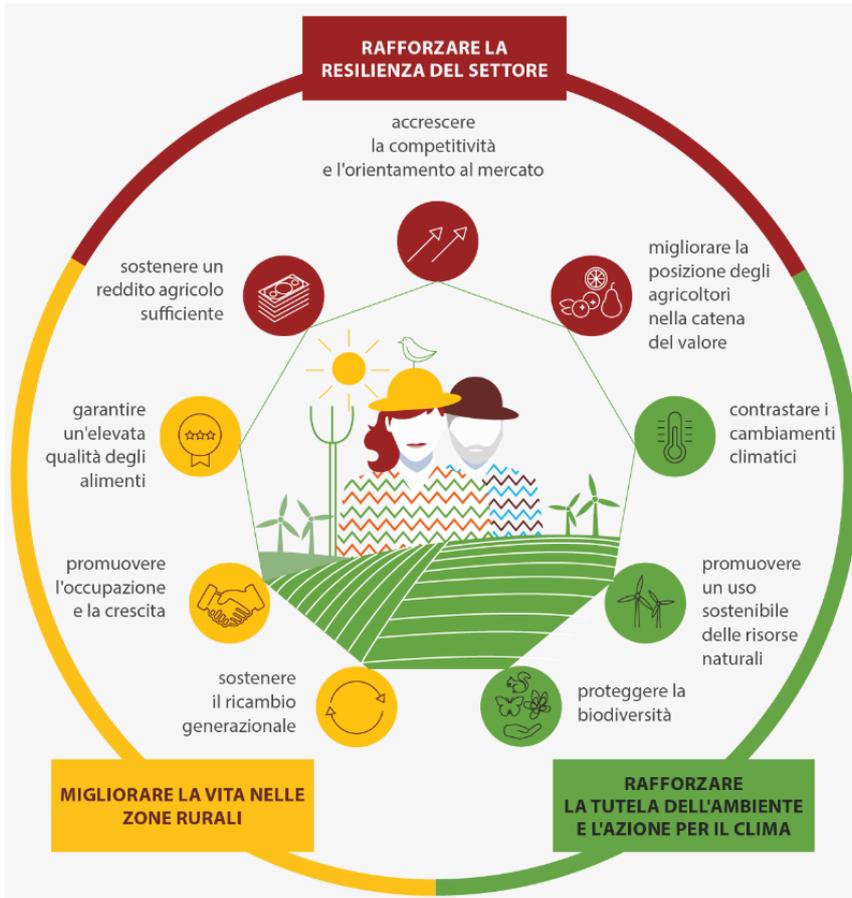


Figura 19. I 3 obiettivi generali della PAC (nei riquadri colorati) e 9 obiettivi specifici della strategia unitaria PAC. Fonte: <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/cap-reform-objectives/>

La nuova Politica Agricola Comune ha inserito a pieno titolo, tra i propri obiettivi specifici, il contributo alla mitigazione e adattamento al cambiamento climatico e alla tutela della qualità dell'aria, delle risorse naturali e di protezione del suolo, delineando, nella propria ossatura una **nuova "architettura verde", quale strumento funzionale per il raggiungimento degli obiettivi climatico-ambientali che devono essere conseguiti a livello di Stato Membro**. Tale architettura si articola in particolare su 3 componenti: condizionalità rafforzata e eco-schemi per i pagamenti diretti e specifici interventi per lo sviluppo rurale (SR) declinati a livello regionale (PSP,2022).

Tutti i pagamenti diretti e i pagamenti annuali sono subordinati a un **nuovo sistema di condizionalità rafforzata**³⁹. Per affrontare le **sfide in materia di clima, protezione e gestione delle acque, qualità del suolo e biodiversità** la nuova PAC inserisce particolari Criteri di Gestione Obbligatori (CGO) stabiliti da un elenco di atti giuridici vigenti nell'UE e norme per il mantenimento dei terreni in buone condizioni agronomiche e ambientali (9 BCAA, due in più rispetto alla precedente normativa), che includono anche i criteri previsti per il greening (Figura 20).

Zone	Tema Principale	Requisiti e norme	
Clima e ambiente	Cambiamenti climatici	BCAA 1	Mantenimento dei prati permanenti
		BCAA 2	Protezione di zone umide e torbiere
		BCAA 3	Divieto di bruciare le stoppie, se non per motivi di salute delle piante
	Acqua	CGO 1	Direttiva 2000/60/CE - che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque
		CGO 2	Direttiva 91/676/CEE - protezione delle acque (...) dai nitrati provenienti da fonti agricole
		BCAA 4	Introduzione di fasce tampone lungo i corsi d'acqua
	Suolo	BCAA 5	Gestione della lavorazione del terreno per ridurre i rischi di degrado ed erosione del suolo
		BCAA 6	Copertura minima del suolo per evitare di lasciare nudo il suolo nei periodi più sensibili
		BCAA 7	Rotazione delle colture nei seminativi, ad eccezione delle colture sommerse
	Biodiversità e paesaggio	CGO 3	Direttiva 2009/147/CE - concernente la conservazione degli uccelli selvatici
		CGO 4	Direttiva 92/43/CEE - relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali
BCAA 8		Percentuale minima della superficie agricola destinata a superfici o elementi non produttivi. Mantenimento degli elementi caratteristici del paesaggio Divieto di potare le siepi e gli alberi nella stagione della riproduzione e della nidificazione degli uccelli	
BCAA 9		Divieto di conversione o aratura dei prati permanenti indicati come prati permanenti sensibili sotto il profilo ambientale nei siti di Natura 2000	
Salute pubblica e salute delle piante	Sicurezza alimentare	CGO 5	Regolamento (CE) n. 178/2002 - i principi e i requisiti generali della legislazione alimentare
		CGO 6	Direttiva 96/22/CE - divieto di utilizzazione di talune sostanze ad azione ormonica
	Prodotti fitosanitari	CGO 7	Regolamento (CE) n. 1107/2009 - relativo all'immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari
		CGO 8	Direttiva 2009/128/CE - quadro (...) ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi
Benessere degli animali	Benessere degli animali	CGO 9	Direttiva 2008/119/CE - norme minime per la protezione dei vitelli
		CGO 10	Direttiva 2008/120/CEE - norme minime per la protezione dei suini
		CGO 11	Direttiva 98/58/CE - protezione degli animali negli allevamenti

Figura 20. Le 20 regole (riportate in forma sintetica) di Condizionalità rafforzata 2023 2027: 11 CGO e 9 BCAA

La condizionalità, in particolare, mantiene il suo ruolo di principale strumento operativo per raggiungere gli obiettivi di gestione agronomica e ambientale dei terreni delle aziende, di benessere degli animali e di sicurezza alimentare, ma si "rafforza", anche attraverso l'introduzione di nuove norme (BCAA 2 e BCAA7) e l'ingresso in condizionalità di parte del greening (BCAA 1, BCAA 8, BCAA 9), nel compito di definire degli impegni di base che siano adeguati a perseguire gli obiettivi ambientali specifici della PAC.

Alfine di offrire agli agricoltori la possibilità di assumere impegni più ambiziosi in termini di ambiente, clima e benessere animale, la nuova PAC obbliga ogni Stato membro a dotarsi di schemi volontari per il clima e l'ambiente (**eco-schemi**), strettamente correlati e integrati con la condizionalità rafforzata.

Gli eco-schemi hanno una finalità ambientale, in linea con la Strategia *From Farm to Fork*, infatti, si rivolgono **agli agricoltori che decideranno di osservare pratiche agricole necessarie per sostenere la transizione ecologica** del settore agricolo.

³⁹ Il nuovo sistema di condizionalità subordina l'ottenimento completo del sostegno al rispetto di una serie di norme che comprendono un elenco di criteri di gestione obbligatori (CGO) e di norme per il mantenimento dei terreni in buone condizioni agronomiche e ambientali (BCAA);

Con decisione del **2 dicembre 2022**, la **Commissione europea ha approvato il Piano Strategico della PAC 2023-2027 dell'Italia** (a cui seguiranno i **complementi regionali dello sviluppo rurale - CSR⁴⁰**) e secondo le scelte nazionali gli eco-schemi rivolgono alla **zootecnia**, alle **colture arboree**, agli **oliveti paesaggistici**, ai **sistemi foraggeri estensivi** e agli **impollinatori**, con pagamenti e impegni specifici (Figura 21). Gli agricoltori che possiedono i requisiti e rispettano i relativi impegni possono cumulare il pagamento di più eco-schemi, eccetto per quanto riguarda l'Eco 2 e l'Eco 5 relativo alle arboree che non sono cumulabili tra loro.

ECO 1	ECO 2	ECO 3	ECO 4	ECO 5
ZOOTECNICO	COLTURE ARBOREE	OLIVETI AD ALTO VALORE PAESAGGISTICO	SISTEMI FORAGGERI ESTENSIVI	MISURE SPECIALI PER GLI IMPOLLINATORI
363,3 milioni di €	155,6 milioni di €	150,3 milioni di €	162,9 milioni di €	43,4 milioni di €
41,50%	17,80%	17,20%	18,60%	5%
Livello 1 Tra 24 € (suini) e 66 € (bovini da latte)	Stima 120 €/ha	Stima 220 €/ha	Stima 40-110 €/ha	Arboree 250€/ha (plafond 10 mln/€) Seminativi 500 €/ha (plafond 33,4 mln/€)
Livello 2 Sqrba (fino a 300 €)	Superfici occupate da colture permanenti (legnose agrarie) e altre specie arboree permanenti a rotazione rapida	Superfici di particolare valore paesaggistico (max 300 piante/ha, elevabile dalla Regione a 400 piante/ha)	Avvicendamento almeno biennale con esclusione o riduzione dell'uso di fitofarmaci e di diserbanti di sintesi	Copertura dedicata a piante di interesse apistico (nettarifere e pollinifere) spontanee o seminate

Figura 21. Sintesi dei contenuti degli ecoschemi. Fonte : <https://terraevita.edagricole.it/pac-e-psr/eco-schemi-le-scelte-dellitalia>

Il testo del **Complemento Sviluppo Rurale 2023-2027 della Regione Sardegna**, approvato con Delibera n. 3/51 del 27 gennaio 2023, contribuisce al conseguimento degli obiettivi generali della PAC, in ambito economico, ambientale e sociale, con particolare riferimento alla:

- Sostenibilità ambientale delle attività agricole e zootecniche. Sostenere il miglioramento del benessere degli animali, promuovere l'agricoltura biologica e le altre forme di produzione a ridotto input chimico ed energetico. Inoltre, si deve intervenire a tutela dei sistemi agro-forestali con l'obiettivo di salvaguardare il patrimonio boschivo isolano e la biodiversità.
- Valorizzazione qualitativa delle produzioni agroalimentari. Oltre a una maggiore diffusione delle produzioni a marchio di origine è necessario valorizzare le caratteristiche identitarie delle produzioni regionali. L'organizzazione delle filiere agroalimentari dovrà tendere verso un riequilibrio della distribuzione del valore aggiunto tra i diversi attori, riconoscendo il giusto compenso al produttore primario.
- Miglioramento della competitività del sistema agricolo isolano. Il recente incremento dei costi energetici e delle materie prime impone la ricerca di percorsi innovativi che conducano a un elevato livello di autoapprovvigionamento energetico attraverso la diffusione di impianti aziendali alimentati da fonti di energia rinnovabile. Sarà, inoltre, necessario introdurre innovazioni di processo che portino a un miglioramento della redditività delle imprese anche attraverso la diffusione di tecnologie oggi poco utilizzate. Anche l'adeguamento infrastrutturale dei territori rurali rappresenta un obiettivo da perseguire, con interventi mirati a migliorare la gestione della risorsa irrigua e la viabilità.
- Sostegno alle strategie di sviluppo locale. Ha un ruolo strategico nel favorire la vitalità delle zone rurali e contrastare fenomeni di spopolamento, povertà e degrado ambientale. Un approccio che deve essere sviluppato con una prospettiva di lungo termine, per portare le zone rurali a essere motore del progresso e dello sviluppo socio-economico della regione.

⁴⁰ i CSR sono elaborati dalle Regioni per fornire gli elementi strategici e di contesto regionali e le indicazioni operative per quanto riguarda gli interventi di sviluppo rurale, precedentemente inseriti nei PSR (RRN,2022)

- Trasferimento di conoscenza e innovazione attraverso l'informazione e la ricerca in campo agricolo. La Regione possiede un patrimonio di conoscenze in campo agricolo, zootecnico e forestale frutto di anni di ricerche e sperimentazioni e attività di divulgazione e assistenza tecnica alle imprese agricole svolte dalle Agenzie, anche con il supporto delle Università. Si ritiene necessario migliorare il sistema di relazioni e i flussi di conoscenza nonché rafforzare il coordinamento tra Agenzie regionali, Università e Organismi di consulenza che operano nel territorio regionale a servizio dell'agricoltura e delle aree rurali.

Limitatamente agli impegni in materia di ambiente e di clima e altri impegni in materia di gestione, la regione Sardegna ha attivato i seguenti interventi⁴¹:

- -SRA01 - ACA 1 Produzione integrata;
- -SRA03 - ACA3 Tecniche di lavorazione ridotta dei suoli;
- -SRA14 - ACA14 Allevatori custodi dell'agro biodiversità;
- -SRA15 - ACA15 Agricoltori custodi dell'agro biodiversità;
- -SRA16 - ACA16 Conservazione dell'agro biodiversità;
- -SRA18 - ACA18 Impegni per l'apicoltura;
- -SRA29 - Produzione biologica;
- -SRA30 - Benessere animale.

Inoltre, sono previsti n. 2 interventi esclusivamente per il pagamento di impegni in transizione dal PSR 2014-2022 al PSP 2023-2027: SRA07 - ACA7 Conversione dei seminativi in prati permanenti e pascoli (ex 10.1.1 azione 1) e SRA28 - ACA28 Mantenimento forestazione/imboschimento (ex 8.1.1).

Si fa presente che all'interno dell'eco-schema 1 (livello 2: Adesione al sistema SQNBA con pascolamento) viene escluso il comparto ovicaprino, così come fatto notare da Pietro Tandeddu (direttore Copagri Sardegna e responsabile nazionale Copagri per il comparto ovicaprino), ciò si tradurrebbe in un danno economico ingente; un danno a svantaggio della Sardegna (che, come noto, dispone della maggior presenza di capi ovicaprini in Italia), ma a carico anche di tutte le altre aree marginali del nostro Paese⁴².

Il progetto presentato risulta in linea con:

- SRA001-ACA1 - "Produzione integrata"
- SRA003-ACA 3 - "Tecniche lavorazione ridotta dei suoli"

L'intervento "Produzione integrata" prevede un sostegno per ettaro di SAU a favore dei beneficiari che si impegnano ad adottare le disposizioni tecniche indicate nei Disciplinari di Produzione Integrata (DPI) stabiliti per la fase di coltivazione, aderendo al Sistema di Qualità Nazionale Produzione integrata (SQNPI). Le disposizioni tecniche indicate nei Disciplinari di produzione integrata (DPI) introducono pratiche agronomiche e strategie di difesa delle colture dalle avversità, migliorative rispetto alle pratiche ordinarie e alle norme di condizionalità, in particolare nella gestione del suolo, nella fertilizzazione, nell'uso dell'acqua per irrigazione e nella difesa fitosanitaria delle colture. Relativamente alla gestione del suolo, le linee guida nazionali prevedono per le colture erbacee la pratica dell'avvicendamento colturale, nonché, in funzione della pendenza degli appezzamenti, limitazioni nella profondità e nel tipo di lavorazione del terreno.

⁴¹ <https://delibere.regione.sardegna.it/protected/63899/0/def/ref/DBR63848/>

⁴² <https://www.copagrisardegna.it/2022/01/04/copagri-sardegna-nuova-pac-2023-2027-danno-per-la-sardegna-per-133-milioni/>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023
			Pagina 33 di 97

Le disposizioni sulla fertilizzazione delle colture prevedono la definizione, all'interno di un piano di fertilizzazione aziendale, dei quantitativi massimi dei macroelementi nutritivi distribuibili annualmente, per coltura o ciclo colturale, in base anche ai risultati di analisi chimico-fisiche del terreno. La conduzione degli interventi di fertilizzazione secondo i criteri indicati nei DPI, unitamente alla gestione delle successioni colturali, consente di razionalizzare e ridurre complessivamente gli input di fertilizzanti, riducendone il potenziale inquinante delle acque superficiali e sotterranee. Le disposizioni sull'irrigazione prevedono la registrazione dei dati pluviometrici, degli interventi irrigui e dei volumi di adacquamento al fine di consentire il monitoraggio e l'uso razionale della risorsa idrica. Le disposizioni su difesa fitosanitaria e controllo delle infestanti stabiliscono le modalità di effettuazione dei monitoraggi delle fitopatie e di applicazione delle strategie di difesa e controllo delle infestanti, in relazione a ogni coltura, fase fenologica e avversità, in una logica di riduzione del rischio, insito nell'eventuale uso dei prodotti fitosanitari, a carico della salute dell'uomo, degli animali e dell'ambiente.

L'intervento "**Tecniche lavorazione ridotta dei suoli**", prevede un sostegno per ettaro di SAU a favore dei beneficiari che si impegnano ad adottare sulle superfici a seminativo una delle seguenti azioni: ·Azione 3.1 Adozione di tecniche di Semina su sodo / No tillage (NT) ·Azione 3.2 Adozione di tecniche di Minima Lavorazione / Minimum tillage (MT) e/o di tecniche di Lavorazione a bande / strip tillage. L'intervento risponde in via prioritaria all'esigenza di favorire la conservazione del suolo attraverso la diffusione di tecniche di coltivazione che ne minimizzano il disturbo e favoriscono il miglioramento della sua fertilità. Il passaggio da abituali lavorazioni profonde del terreno a tecniche di lavorazione a minori profondità o non lavorazione consente infatti di contrastare in modo efficace il degrado dei suoli, migliorandone la struttura e la resistenza all'erosione e al compattamento, nonché di ottimizzare l'uso delle riserve fossili, contrastare la riduzione della sostanza organica e aumentare la capacità del terreno di assorbire e trattenere l'acqua.

5. Inquadramento dell'area di intervento

L'area identificata per l'installazione dell'impianto è localizzata in agro del Comune di Carbonia, in Provincia di Carbonia -Iglesias (CI). Una piccola porzione del sito rientra nell'Agro del Comune di Portoscuso. Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico installato a terra, con perpetuazione dell'uso agricolo delle superfici (tipologia "agrivoltaico"), la cui localizzazione spaziale si evince dalla Figura 22 (coord. 39°11'18.42"N e 08°27'44.55"E).

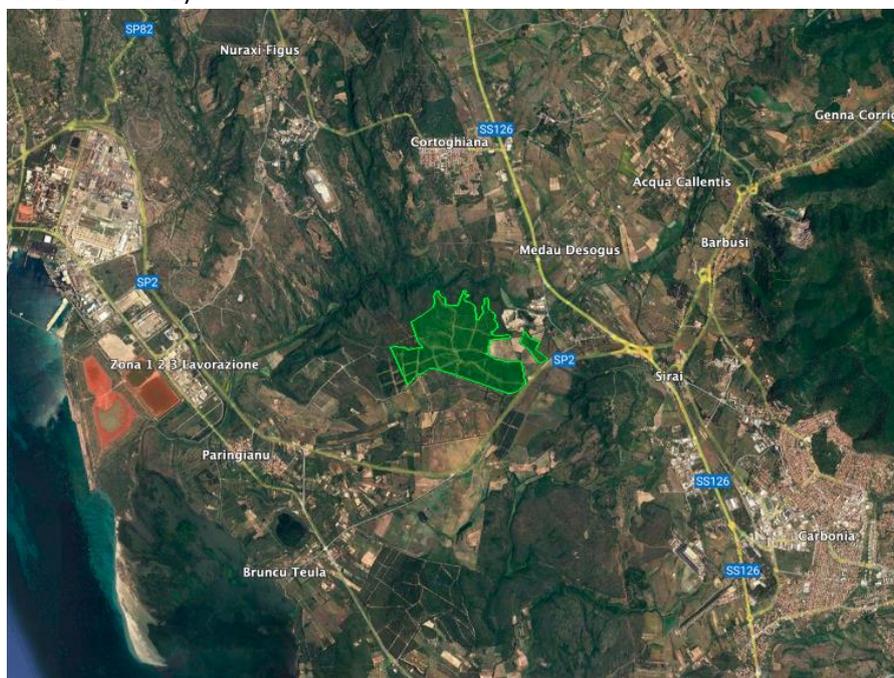


Figura 22. Localizzazione dell'area di intervento su foto satellitare (area catastale in verde) (Fonte cartografica di base: Google Earth).

La zona di intervento considerata dista, in linea d'aria rispetto agli abitati più prossimi, circa 4,0 km NO dal centro abitato di Carbonia, circa 1,5 km S dall'abitato di Cortoghiana, 3,5 km E dall'area industriale di Portoscuso.

Dal punto di vista viabilistico, l'area di impianto è accessibile sul lato sud percorrendo la "Via Pedemontana" (SP2) dal Comune di Portoscuso in direzione sud-est.

Entrando nel merito del contesto territoriale, l'area di progetto si inserisce in uno scenario in cui predomina l'**attività agro-pastorale**; la componente rurale, tipica della zona, si costituisce principalmente di seminativi non irrigui. Sono numerose anche le aree coperte da macchia mediterranea tipica della zona, costituita da arbusti sempreverdi, come il lentisco, il mirto, il cisto, la fillirea e il corbezzolo, oltre a diverse varietà di erbe aromatiche, come il timo, la lavanda e il rosmarino.

Dal punto di vista altimetrico, l'area di studio ricade tra la maggior quota di m 80 m.s.l.m. e la quota minima di m 53 .s.l.m.

L'impianto agrivoltaico sarà allacciato alla rete con soluzione in cavo interrato di lunghezza pari a circa 9,24 km, in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione RTN 220/36 kV da inserire in entra - esce alla linea RTN 220 kV "Sulcis-Oristano".

5.1. Inquadramento catastale

I fondi rustici interessati dall'intervento, riferibile all'area in disponibilità del proponente, sono censiti in Catasto Terreni del Comune di Carbonia (CI), le cui caratteristiche sono riassunte in Tabella 3:

Tabella 3. Particolare dell'area oggetto di intervento.

Foglio n°	Particella n°	Superficie Catastale ha
12	6	3,6610
12	14	7,1435
12	4	1,2000
12	51	0,6740
12	66	2,4505
12	77	0,7960
12	88	2,9320
12	103	0,0560
12	104	2,4400
12	105	1,2115
12	107	1,5550
12	184	0,4708
12	186	29,8371
12	189	6,6815
12	190	0,0750
12	191	0,0370
12	192	0,0110
12	193	0,0567
12	194	4,1835
12	197	0,0330
12	198	0,0350
12	199	6,9605
12	200	0,1078
12	201	0,0343

Foglio n°	Particella n°	Superficie Catastale ha
12	202	6,3469
12	211	0,0290
12	212	0,0342
12	213	1,4670
12	215	2,0485
12	216	0,0435
12	218	0,4117
12	219	0,9109
12	220	2,2807
12	223	0,2005
12	232	1,0980
12	233	0,8673
21	2	4,5355
21	3	1,2400
21	7	1,3975
21	8	6,3825
21	138	13,1190
21	139	14,8809
21	140	3,3661
21	141	0,9120
21	142	3,3580
21	143	10,9479
21	144	6,5067
TOTALE		155,0270

Si riporta di seguito (Figura 23) uno stralcio dell'inquadramento catastale, riferibile all'area di impianto del progetto agrivoltaico.

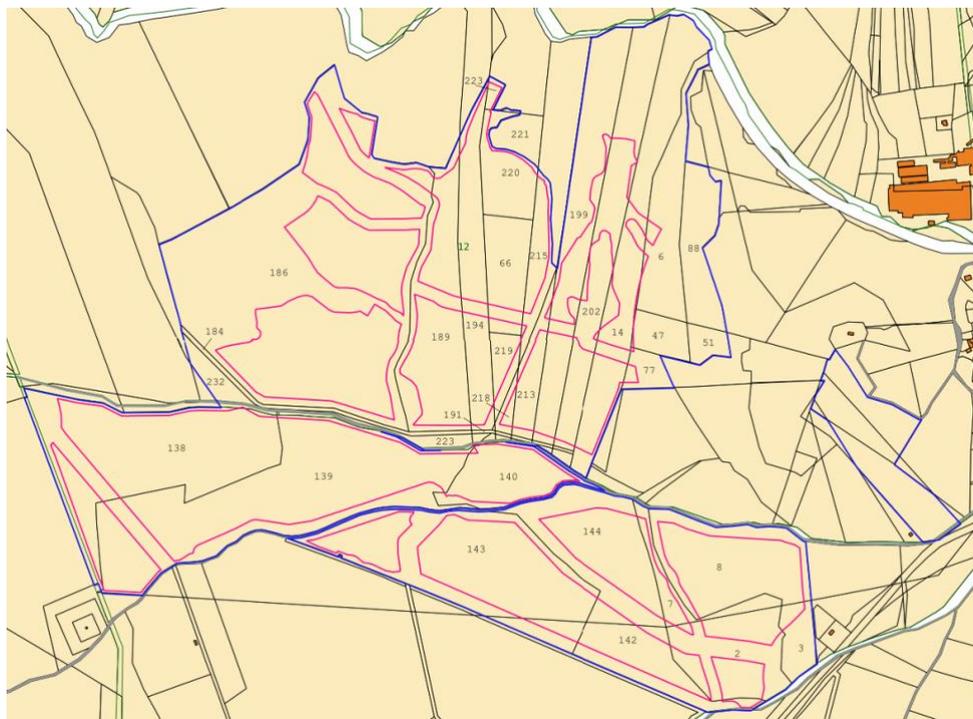


Figura 23. Inquadramento catastale dell'area in disponibilità del proponente (contornata in blu), con dettaglio dell'area recintata (contornata in magenta).

5.2. Aspetti pedologici e agronomici

Dal punto di vista pedologico, i suoli sardi sono generalmente caratterizzati da una notevole variabilità tipologica, un elevato grado di pietrosità e rocciosità, e un'intensa erosione superficiale. Tali caratteristiche, che li rendono non particolarmente elevati in termini qualitativi, sono principalmente legate alle caratteristiche geologiche, morfologiche e climatiche della regione, ma sono tuttavia anche il risultato di una prolungata e non sempre accorta gestione del territorio (i.e. sovra-pascolamento, disboscamento).

Il Sulcis, situata nella parte sud-occidentale della Sardegna, è una regione di grande interesse pedologico grazie alla sua varietà di formazioni geologiche e alla presenza di suoli con caratteristiche distintive.

Il contesto geologico è caratterizzato dalla presenza di formazioni geologiche diverse, che influenzano la formazione e lo sviluppo dei suoli. La regione è dominata da rocce sedimentarie, principalmente di origine carbonatica, come calcari e dolomie. Queste rocce si sono formate durante il periodo giurassico e cretaceo. In alcune aree del Sulcis sono presenti anche rocce vulcaniche, come basalti e tufacei, che risalgono al periodo terziario.

I suoli del Sulcis possono essere classificati in base a diversi fattori, tra cui la loro origine, la composizione e le caratteristiche fisiche. La classificazione dei suoli più comunemente utilizzata è quella del sistema Soil Taxonomy⁴³. Le principali tipologie includono:

- Suoli calcarei: sono caratterizzati da una forte presenza di carbonati di calcio. Questi suoli sono spesso alcalini e possono essere profondi o poco profondi a seconda dell'erosione delle rocce carbonatiche sottostanti.
- Suoli argillosi: questi suoli sono caratterizzati da una elevata percentuale di argilla nella loro composizione. Sono generalmente fertili e hanno una buona capacità di ritenzione dell'acqua.
- Suoli sabbiosi: questi suoli sono costituiti principalmente da particelle di sabbia e presentano una bassa capacità di ritenzione dell'acqua. Sono spesso meno fertili rispetto ai suoli argillosi.
- Suoli torbosi: sono caratterizzati dalla presenza di un alto contenuto di materia organica decomposta, nota come torba. Questi suoli sono generalmente acidi e possono essere ben drenati.

Il clima e la geologia della regione influenzano molto le caratteristiche chimiche del suolo, tra le quali:

- pH del suolo: la presenza di rocce carbonatiche nel Sulcis spesso porta a suoli alcalini con un pH elevato. Tuttavia, in alcune zone con accumulo di materia organica, come nelle aree paludose, il pH può essere acido.
- Capacità di ritenzione dell'acqua: i suoli argillosi tendono ad avere una maggiore capacità di ritenzione dell'acqua rispetto ai suoli sabbiosi. Tuttavia, la presenza di rocce carbonatiche può influire sulla permeabilità del suolo.
- Fertilità: i suoli calcarei e argillosi sono generalmente più fertili rispetto ai suoli sabbiosi. Tuttavia, la fertilità del suolo dipende anche dalle pratiche agricole adottate.
- Erosione del suolo: l'erosione del suolo è un problema comune nel Sulcis, specialmente nelle aree con pendenze ripide e scarsa copertura vegetale. Le pratiche agricole inappropriate e l'abbandono delle terre possono contribuire all'erosione del suolo.

L'area del comune di Carbonia è interessata dalla presenza di formazioni geologiche che in forma molto esemplificativa, attraversano le ere geologiche partendo dalla più antica (Paleozoico) a quella più recente.

L'area è sostanzialmente divisa in due grandi blocchi il primo appartenente alla successione cambriana che si estende da N-NW sino a S-SE mentre il secondo blocco appartenente alle successioni eoceniche e recenti,

⁴³ <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/soil-taxonomy>

in discordanza con il primo blocco, copre in linee generali, il settore che va da N-NW a S-SE. Nel grande blocco cambriano, affiorano i terreni più antichi, essi sono costituiti dai termini del Cambriano e dell’Ordoviciano. Osservando la “Carta dei Suoli” (Figura 24) l’area oggetto di esame appartiene alla classe di “suoli delle montagne della Sardegna e Sicilia su rocce ignee e metamorfiche” e in particolar modo ricade all’interno della categoria 31 “Chromic Luvisol, Dystric Leptic Cambisol, Eutric e Lithic Leptosol, Eutric Fluvisol” e della categoria 33 “Dystric Leptic e Eutric Leptic Cambisol, Eutric e Lithic Leptosol, Eutric Regosol”.

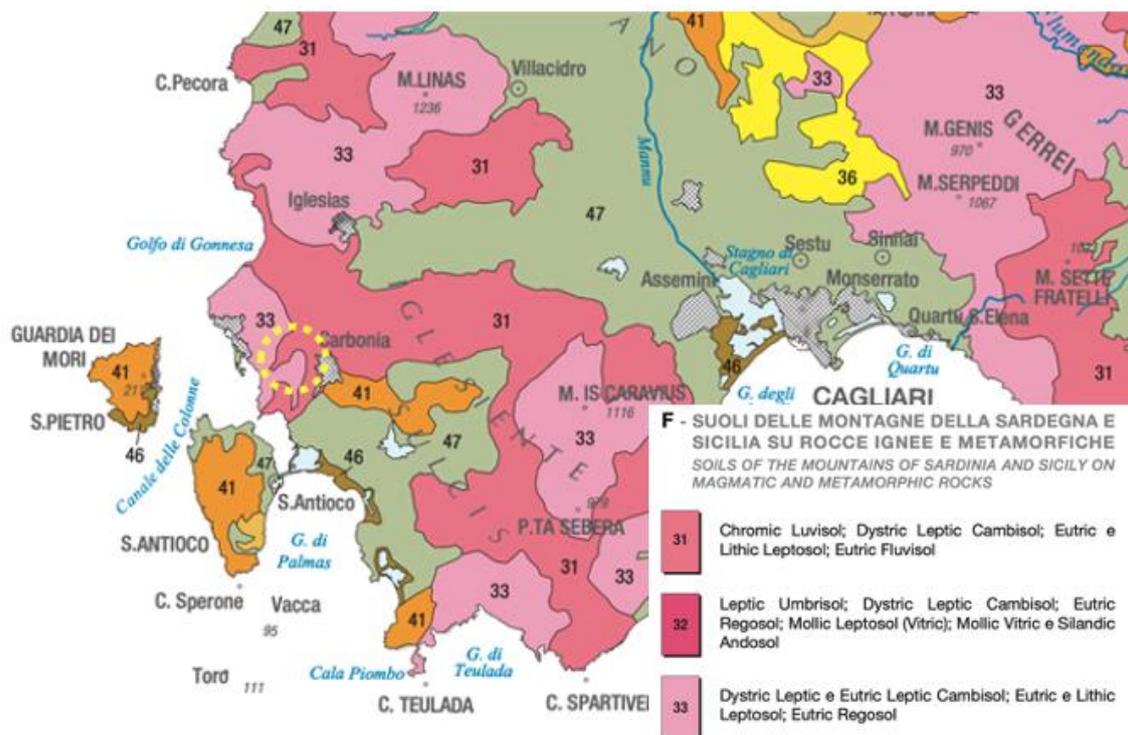
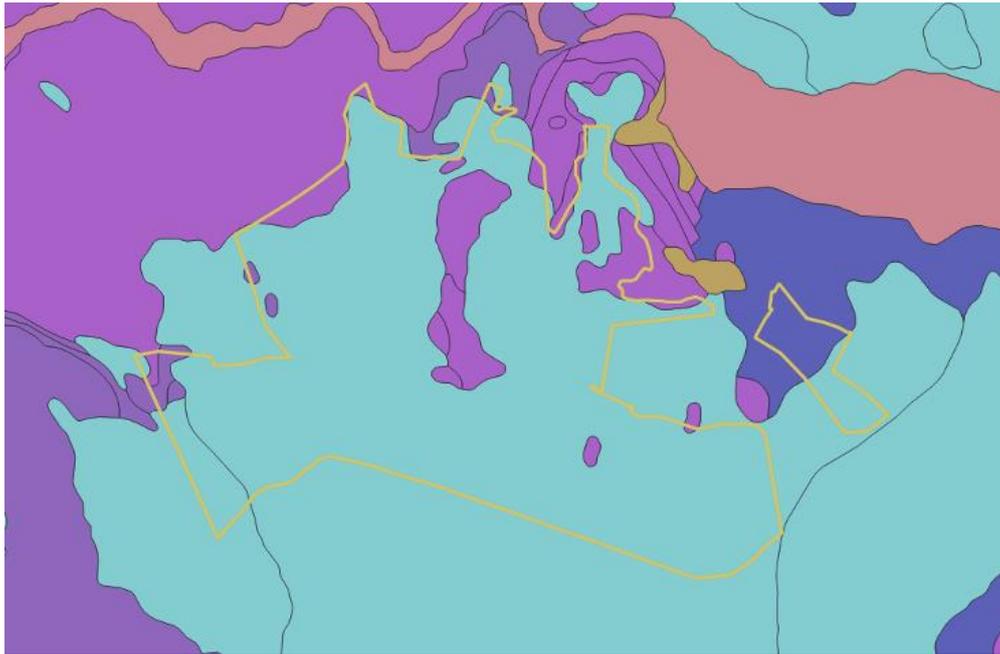


Figura 24. Estratto “Carta dei suoli d’Italia. Scala 1:1.000.000. Contornata in giallo l’area oggetto d’esame.

Secondo la Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000 (Figura 25), adeguata agli obiettivi di pianificazione del Piano Paesaggistico Regionale (PPR) e conforme alle indicazioni del Servizio Geologico d’Italia, l’area di progetto è situata principalmente su “depositi pleistocenici dell’area continentale”, depositi marini risalenti al Pleistocene, tipici delle zone poste a poche decine di chilometri dalle attuali linee costiere.



Area catastale

geologiaAreali2008

DEPOSITI PLEISTOCENICI DELL'AREA CONTINENTALE

GRUPPO DI CALA LUNGA

GRUPPO DI MONTE SIRAI

SEDIMENTI ALLUVIONALI

SEDIMENTI LEGATI A GRAVITÀ

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA PALEOGENICA DELLA SARDEGNA SUD-OCCIDENTALE

Figura 25. Estratto della "Carta Geologica" relativo all'area di progetto. Fonte:

<https://www.sardegnageoportale.it/index.php?xsl=2420&s=40&v=9&c=14479&es=6603&na=1&n=100&esp=1&tb=14401>

Secondo la classificazione della carta dell'uso del suolo di **Corine**⁴⁴ 1:25.000 del 2008 della Regione Sardegna (Figura 26), l'area oggetto di studio ricade per la maggior parte nella classe "**Pioppeti, saliceti, eucalipteti**" individuata col n° **31121**, e in minima parte in classe n°3232 "gariga" e 3231 "macchia mediterranea". La classe d'uso n° 31121 si riferisce ad aree non interessate da macchia mediterranea spontanea che in passato erano probabilmente destinate alla coltivazione di essenze arboree. L'intorno dell'area di progetto è occupato principalmente da seminativi non irrigui (n° 2111).

⁴⁴ Programma CORINE (COOrdination of INformation on the Environment - Decisione 85/338/EEC)



- Area catastale
- usoSuolo2008_areali
- ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI DI CONIFERE
- AREE A PASCOLO NATURALE
- AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE
- AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE
- AREE AGROFORESTALI
- AREE ARCHEOLOGICHE
- AREE CON VEGETAZIONE RADA >5% E <40%
- AREE ESTRATTIVE
- AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA CULTURA AGRARIA CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI
- BACINI ARTIFICIALI
- BOSCO DI LATIFOGIE
- COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI
- FABBRICATI RURALI
- GARIGA
- INSEDIAMENTI INDUSTRIALI,ARTIGIANALI E COMMERCIALI E SPAZI ANNESSI
- MACCHIA MEDITERRANEA
- OLIVETI
- PIOPPETI,SALICETI,EUCALITTETI ECCANCHE IN FORMAZIONI MISTE
- PRATI ARTIFICIALI
- RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI
- SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE
- SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI
- TESSUTO RESIDENZIALE RADO
- TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME
- VIGNETI

Figura 26. Estratto della "Carta Uso del Suolo" relativo all'area di progetto. Fonte:

<https://www.sardegnaeoportale.it/index.php?xsl=2420&s=40&v=9&c=14480&es=6603&na=1&n=100&esp=1&tb=14401>

5.3. Inquadramento climatico

Secondo l'ultimo rapporto IPCC⁴⁵ (2022) le attuali temperature globali hanno superato la soglia di tolleranza per molte specie sia vegetali che animali, causandone la mortalità (e.g. specie di corallo e specie arboree). Le manifestazioni dei cambiamenti climatici (piogge intense, grandinate estreme, allagamenti, frane, esondazioni, temperature anomale, ecc.), che diventano sempre più estreme, frequenti e difficili da gestire, espongono milioni di persone in tutto il mondo a insicurezza alimentare e idrica.

Il 2022 è stato uno degli anni più caldi dal 1880, stando a quanto riportato da NOAA⁴⁶, se consideriamo anche il risultato degli studi della NASA, il 2022 è stato il 5° anno più caldo mai registrato e l'anno appena iniziato (2023) conferma questo trend positivo di innalzamento della temperatura. Già il primo mese dell'anno è stato il più caldo mai registrato in Europa, mentre per il Nord America e per l'Africa si è classificato tra i 10 più caldi mai registrati. Secondo il Global Annual Temperature Outlook (NCEI), **è praticamente certo (> 99,0% di probabilità) che l'anno 2023 si classificherà tra i 10 anni più caldi mai registrati**. Sempre nel medesimo mese l'estensione del ghiaccio marino artico si è classificata al terzo posto più basso mai registrato, mentre il ghiaccio marino antartico ha toccato il minimo storico di gennaio⁴⁷. Lo scioglimento dei ghiacciai comporta un innalzamento delle acque su tutta la superficie terrestre; il livello medio del mare in tutto il Pianeta è aumentato di 20 cm dal 1900 al 2018 e ad un ritmo accelerato dal 2006 al 2018. In questo contesto il livello del mare potrebbe aumentare di 0,3-0,6 metri entro il 2100, nonostante gli interventi di riduzione delle emissioni climalteranti (Legambiente, 2021).

Diventa, quindi, **necessaria un'azione rapida per adattarsi al cambiamento climatico** e, allo stesso tempo, ridurre rapidamente e profondamente le emissioni di gas serra. **La natura, con le sue risorse, ha il potenziale non solo per ridurre i rischi climatici, ma anche per migliorare la vita delle persone**. Infatti, "ecosistemi in salute sono più resilienti di fronte ai cambiamenti climatici e forniscono servizi essenziali per la vita, come cibo e acqua", ha detto il copresidente del gruppo di lavoro II dell'IPCC Hans-Otto Pörtner.

Il territorio italiano non è escluso dall'innalzamento delle temperature, infatti, ricerche scientifiche 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 Di Carlo, 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).

Come dichiarato dalla comunità internazionale, **l'aumento delle temperature globali in ambiente urbano si tradurrà nei prossimi decenni in una modifica delle condizioni meteorologiche**; nello specifico, ci si riferisce

⁴⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change è l'organismo delle Nazioni Unite per la valutazione della scienza relativa ai cambiamenti climatici.

⁴⁶ National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-202212>

⁴⁷ <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-202301>

alla maggiore frequenza e intensità degli eventi estremi (come le alluvioni improvvise), così come all’aumento della temperatura estiva (come il verificarsi delle ondate di calore, attese sempre più frequenti e violente). Si può ipotizzare che il **progredire verso condizioni di maggiore insolazione, legata alla diminuzione della copertura nuvolosa, renderà i territori sempre più adatti all’impiego di tecnologie come solare fototermico e fotovoltaico.**

Volendo analizzare l’andamento climatico della regione considerata, stando a quanto rilevato da ARPAS⁴⁸, nell’anno (2021) in Sardegna la media annuale delle temperature minime giornaliere (Figura 27) mostra valori tipici compresi tra i 5-9°C delle zone montuose e i 12-13°C della fascia costiera. La differenza tra questi valori e la climatologia di riferimento indica un’annata con temperature minime in linea, entro mezzo grado in più o in meno, rispetto ai valori tipici.

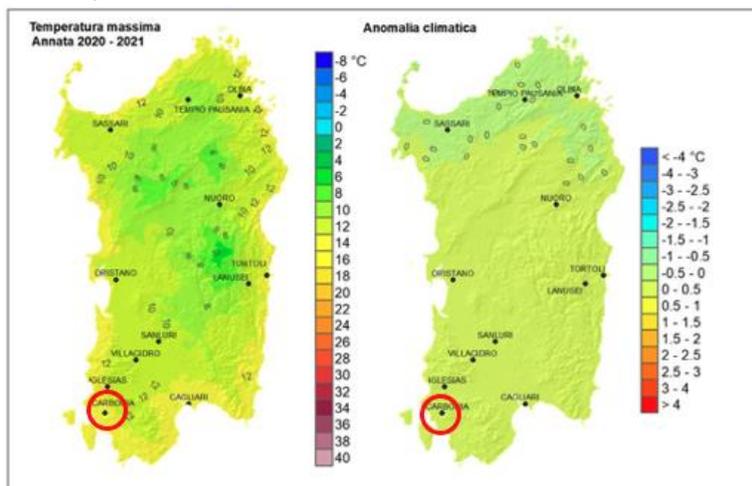


Figura 27. Media annuale delle temperature minime 2020-2021 e anomalia rispetto alla media 1995-2014. Fonte: <http://www.sar.sardegna.it/pubblicazioni/periodiche/AnalisiAgrometeorologicaClimatologicaSardegna2020-2021.pdf>

Per quanto riguarda invece le temperature massime, la media annuale dei valori giornalieri (Figura 28) mostra valori tipici che vanno dai 17-19°C delle principali zone montuose fino ai 22- 23°C diffusi sulla fascia costiera, con isolati picchi oltre i 24°C nel Sulcis dove è localizzato il progetto. L’anomalia rispetto alla media climatica è in questo caso ovunque positiva, fino a +1,5°C su alcune aree occidentali e, seppur isolatamente, su varie aree montane.

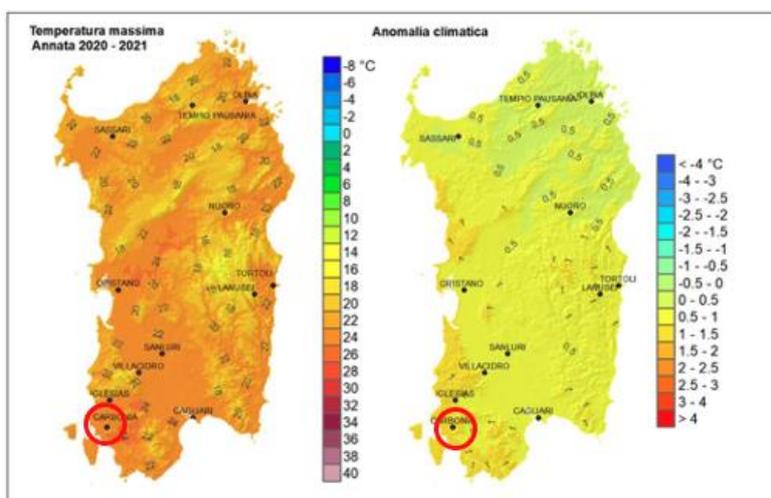


Figura 28. Media annuale delle temperature massime 2020-2021 e anomalia rispetto alla media 1995-2014. Fonte: <http://www.sar.sardegna.it/pubblicazioni/periodiche/AnalisiAgrometeorologicaClimatologicaSardegna2020-2021.pdf>

⁴⁸ Agenzia regionale per la promozione dell’ambiente Sardegna. <https://www.sardegnaambiente.it/arpas/>

Per quanto riguarda le precipitazioni dell'annata 2020-2021 buona parte del territorio regionale ha ricevuto almeno 700 mm di pioggia nel periodo analizzato. I cumulati maggiori superano i 1.000 mm e si sono osservati nei pressi dei rilievi (Figura 29).

Alcune zone del Sud Sardegna hanno invece ricevuto meno precipitazione, con cumulati anche inferiori ai 400 mm, come il Cagliariitano, le coste sulcitane (interessate dal progetto) con annessa l'Isola di Sant'Antioco, il Sarrabus-Gerrei e le coste ogliastrine. Altri cumulati bassi, inferiori a 500 mm, si osservano anche nell'Olbiense e nelle Baronie nei pressi di Orosei.

I cumulati registrati durante l'annata agraria in questione sono in linea o lievemente al di sopra della media climatica in gran parte della Sardegna Occidentale e Settentrionale. Nelle zone che hanno ricevuto meno precipitazione i cumulati sono generalmente al di sotto della media, con valori pari a 75% e sino a 50% del valore medio climatologico.

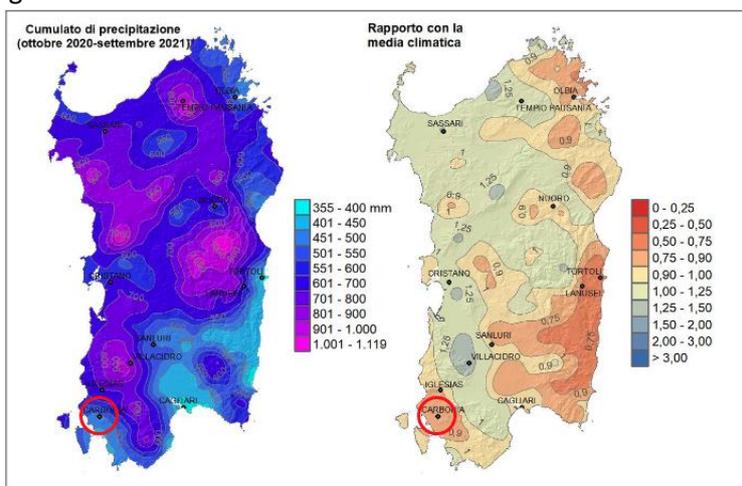


Figura 29. Cumulo di precipitazione in Sardegna da ottobre 2020 a settembre 2021 e rapporto tra il cumulo e la media climatologica. Fonte: <http://www.sar.sardegna.it/pubblicazioni/periodiche/AnalisiAgrometeorologicaClimatologicaSardegna2020-2021.pdf>

In termini di irraggiamento, le aree designate per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico godono di un'ottima insolazione, come, peraltro, gran parte della Regione Sardegna (Figura 30) dove la maggior parte dei territori beneficiano di un irraggiamento solare annuo cumulato con valori superiori ai 1.900 kWh/m² (Joint Research Center)⁴⁹.

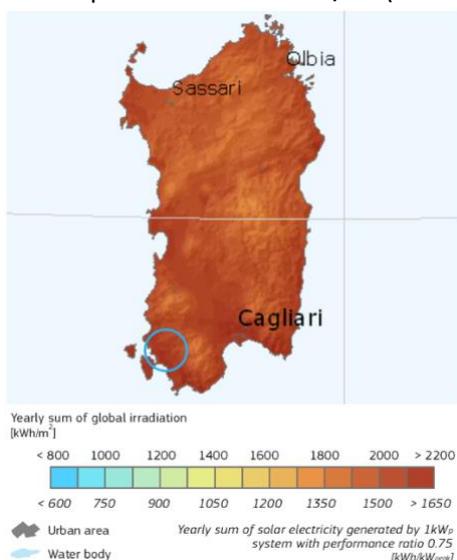


Figura 30. Irraggiamento solare globale nella regione Sardegna – sommatoria annua (kWh/ m2).

⁴⁹ Joint Research Centre. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html

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

Le particelle interessate dall'intervento proposto risultano di proprietà di tre soggetti differenti: Sig.ra Marrocu Elisabetta, Sig. Fenu Giuseppe e Sig. Sotgiu Simone.

L'area catastale individuata per il progetto ha un'estensione totale pari a **ha 155,03**. Dall'analisi delle carte disponibili e dai sopralluoghi effettuati, le superfici risultano per lo più occupate da formazioni boschive con specie arboree ed arbustive e da macchia mediterranea (Figura 31).



Figura 31. Localizzazione della macchia mediterranea e delle aree ad arboricoltura non gestite all'interno della superficie catastale.

Le aree a macchia mediterranea (Figura 32) sono caratterizzate dalla presenza di essenze tipiche della zona come il cisto (*Cistus* spp.), il lentisco (*Pistacia lentiscus* L.) e la ginestra (*Genistae* Bronn).



Figura 32. Macchia mediterranea presente nel sito di intervento.

Le aree non interessate da macchia mediterranea spontanea in passato erano probabilmente destinate alla coltivazione di essenze arboree. Ad oggi sono presenti numerosi individui di leccio (*Quercus ilex* L.), di olivastro (*Olea europaea* var. *sylvestris*), di pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Mill.) e di sughera (*Quercus suber* L.) (Figura 33).



Figura 33. Coltivazione di specie arboree non gestite a livello agronomico.

Queste aree non vengono gestite da un punto di vista agronomico e forestale da alcuni anni, subendo di conseguenza un'evoluzione "naturale". Ad oggi, gli individui arborei hanno raggiunto un'età e uno stato di sviluppo tale da poter essere abbattuti e utilizzati per la produzione di legname.

Le suddette superfici hanno beneficiato, ai sensi dei **REGG. CEE 797/85, 1094/88 e 1609/89** di sostegni comunitari (**autorizzazione n° 132 del 02/06/1993 e collaudo in data 16/12/1996**) per l'impianto di boschi, la manutenzione degli stessi e la compensazione della perdita di reddito per le superfici imboschite.

Con provvedimento **n° 132 del 22/05/2008 prot. n° 3117**, l'Agenzia regionale per il sostegno all'agricoltura (ARGEA) ha dichiarato **terminato** nell'annualità 2011 l'impegno sui terreni oggetto d'imboschimento (vedasi **ALLEGATO 1 - Attestazione cessazione impegno di forestazione**).

Attualmente, l'area non viene irrigata, ma è presente un pozzo artesiano dismesso (Figura 34), il cui ripristino permetterebbe di **disporre del punto di emungimento per l'irrigazione** delle colture previste per il progetto agrivoltaico, adattando il sistema e le tecniche di irrigazione alla coltura designata.



Figura 34. Localizzazione del pozzo artesiano all'interno dell'area di progetto.

6. Progetto Agrivoltaico

In considerazione di quanto illustrato in precedenza, la progettazione dell'impianto agrivoltaico proposto (Figura 35) si è basata considerando l'analisi combinata delle esigenze agronomiche e tecnologico-energetiche dell'installazione fotovoltaica, per addivenire ad un progetto finale che valorizzasse le rese di entrambe le componenti, nel rispetto dell'ambiente in cui si inserisce e delle relative risorse.

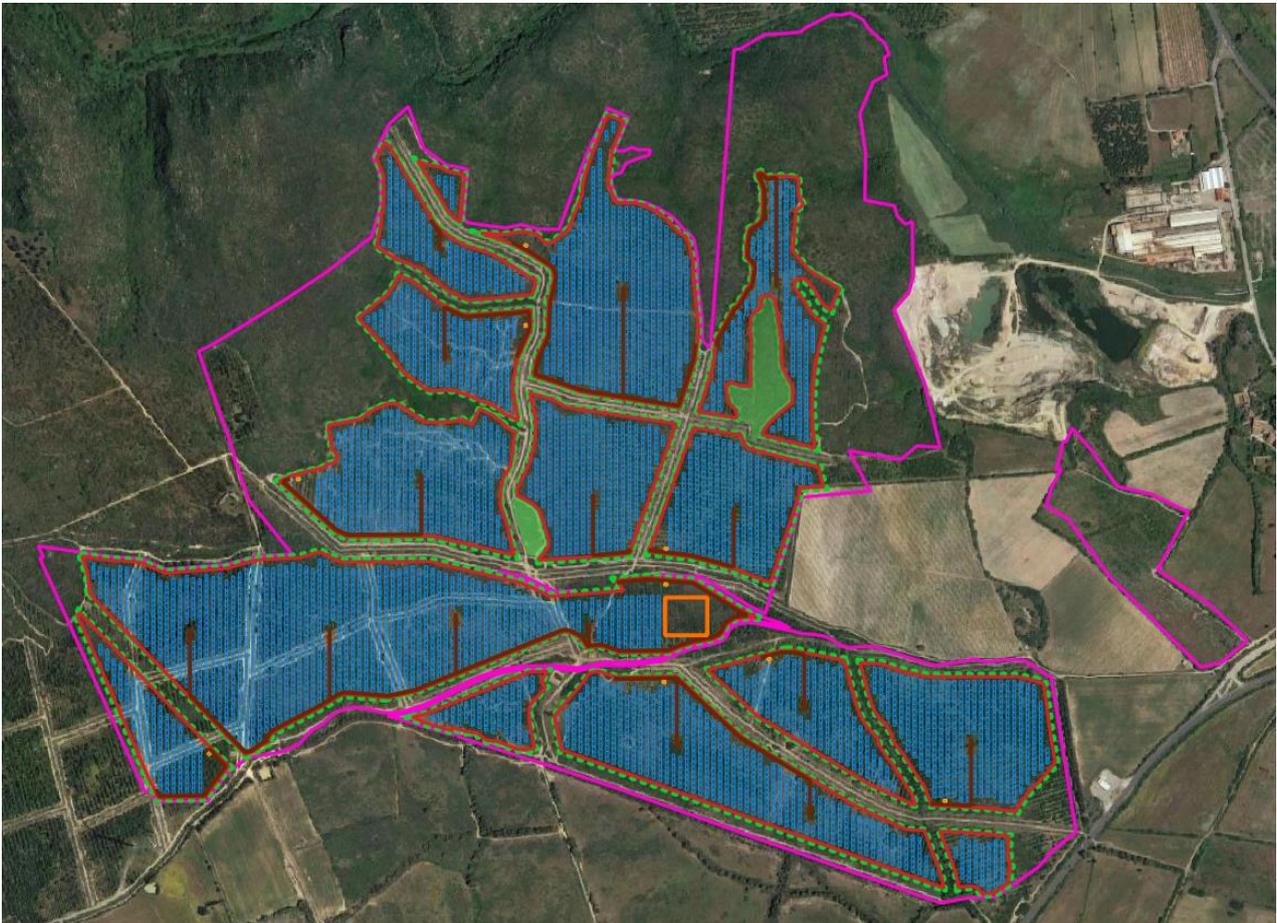


Figura 35. Layout dell'impianto agrivoltaico proposto "Carbonia Flumentepido".

L'impianto agrivoltaico "Carbonia Flumentepido" è stato progettato in conformità con le recenti Linee Guida del MiTE (vedasi Capitolo 3.1); la verifica dei requisiti minimi è esposta più avanti nel Capitolo 9.

Il dimensionamento dell'impianto è stato definito in funzione dei parametri di soleggiamento e ombreggiamento determinati attraverso il diagramma solare stereografico (analisi dei solstizi, modalità di radiazione ecc.) nonché dallo studio delle proiezioni delle ombre che consente di ricavare i parametri tecnici progettuali. Nel caso dell'impianto proposto non dovrebbero sorgere problematiche legati all'ombreggiamento delle piante in quanto attraverso le operazioni di cimatura previste l'altezza delle stesse non sarà mai superiore ai 2-2,5 metri, misura che consente alla pianta di vegetare senza problemi di schermatura e di esprimere il massimo potenziale produttivo nel corso degli anni.

6.1. Componente fotovoltaica

Il sistema fotovoltaico proposto prevede l'utilizzo di inseguitori solari monoassiali a doppia vela con pannelli bifacciali che ruotano sull'asse est-ovest seguendo l'andamento del sole. Le strutture metalliche di supporto sono disposte lungo l'asse nord-sud su file parallele opportunamente distanziate tra loro di m 12,00 (distanza palo-palo, denominata "Pitch") al fine di ridurre gli effetti degli ombreggiamenti e consentire l'agevole passaggio delle macchine operatrici necessarie all'attività agricola.

L'utilizzo di pannelli su **tracker** garantirà un irraggiamento delle colture migliori rispetto ai sistemi fissi che comportano la presenza di parti di superficie costantemente ombreggiate. La scelta dei tracker consente di avere, nel momento di massima apertura -zenith solare- una fascia di larghezza pari a m 6,83 (Figura 36) completamente libera dalla copertura dei pannelli tra le stringhe (di seguito denominata "Gap").

Le strutture impiegate hanno una larghezza pari a m 5,17. L'altezza libera superiore è pari a m 4,93, mentre l'altezza libera inferiore è pari a m 0,65. L'altezza del nodo di rotazione è pari a m 2,76 dal piano di campagna.

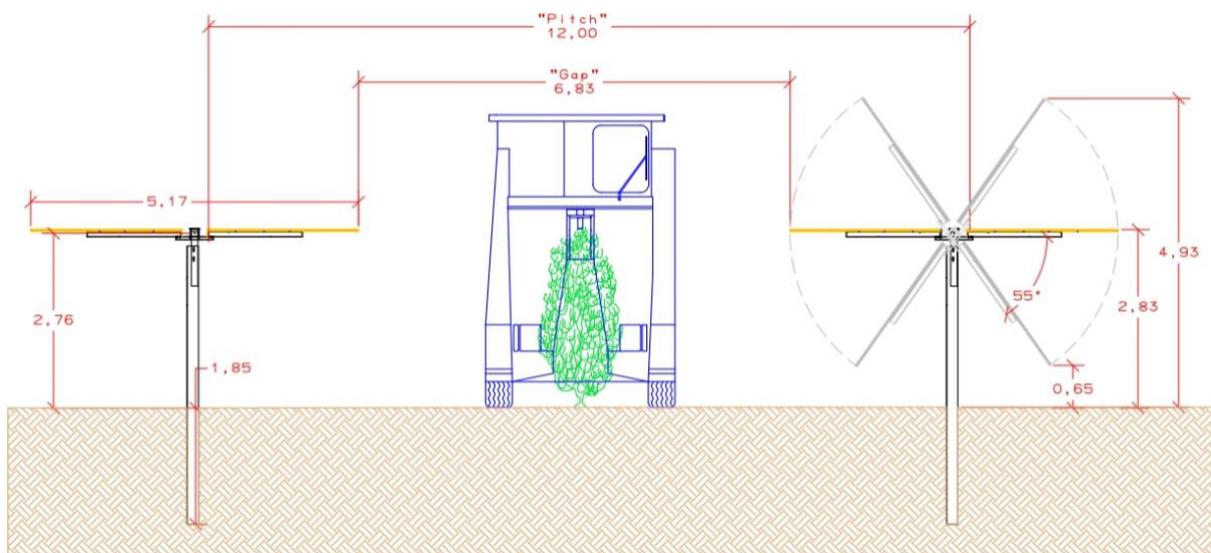


Figura 36. Particolare della sezione trasversale con macchina scavallatrice per la raccolta delle olive/mandorle.

Ciascuna struttura è ancorata a supporti sorretti da pali infissi nel terreno senza l'utilizzo di plinti/fondazioni in cemento.

Prima e dopo il mezzogiorno, la superficie libera e conseguentemente la zona di ombra si modificherà in base all'inclinazione dei moduli (che varia in funzione della posizione del sole).

Il gap disponibile risulta quindi ampiamente sufficiente per le ordinarie attività agricole e per la movimentazione dei relativi mezzi meccanici.

Il progetto in esame prevede inoltre, la realizzazione di una fascia compresa tra la recinzione perimetrale e i tracker fotovoltaici di almeno m 7,5 finalizzata a consentire un agevole spazio di manovra anche dei mezzi meccanici più ingombranti, come quelli per la raccolta.

6.2. Componente agronomica

Al fine di soddisfare il fabbisogno di energia da fonti rinnovabili e favorire la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in linea con la realtà agricola locale, si prevede che l'intera superficie interessata dall'installazione dei moduli per la produzione di energia da fonte rinnovabile sia destinata alla messa a dimora di:

- **mandorleti** condotti secondo il modello "superintensivo" (area recintata ha 10,94);
- **superfici seminative** per la coltivazione di specie foraggere annuali destinate allo sfalcio e alla fienagione. (area recintata ha 76,68).

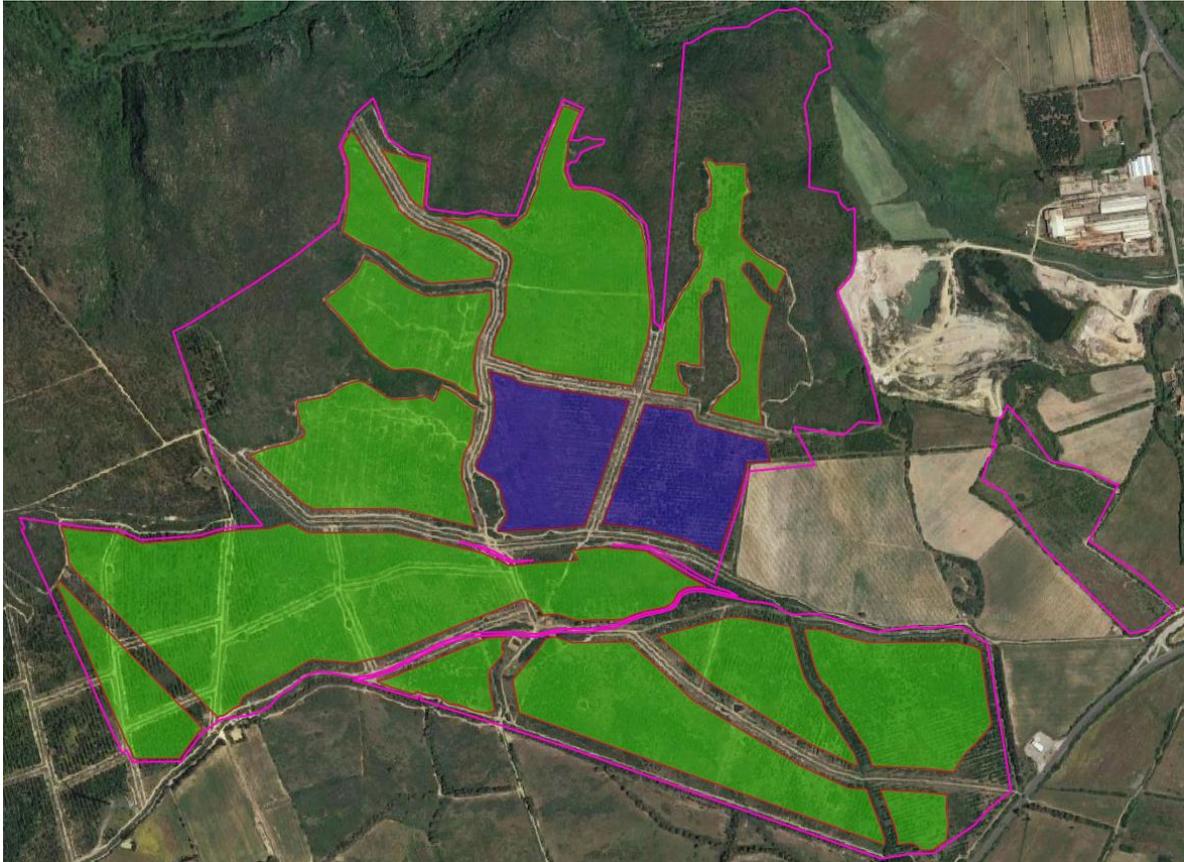


Figura 37. Localizzazione spaziale delle superfici destinate alla mandorlicoltura (in blu) e a colture seminative (in verde).

Le scelte agronomiche e le tecniche da adottare per tale intervento sono frutto delle necessità di integrare l'attività di produzione energetica garantendo il **ripristino dell'attività primaria** sulla medesima superficie, in maniera da poterle attuare contestualmente.

Gli **impianti arborei** saranno condotti coerentemente con i "Disciplinari di Produzione Integrata" (DPI) della Regione Sardegna redatti, approvati e pubblicati nel 2023⁵⁰.

L'adozione di un sistema produttivo di tipo "integrato" contempla il ricorso a pratiche tecnico-agronomiche e strategie di difesa delle specie coltivate contro le avversità migliorative rispetto a quelle adottate in agricoltura tradizionale: tali accorgimenti si traducono in un **minor impatto ambientale dell'attività primaria**. In relazione alla gestione del suolo, la produzione integrata prevede la pratica dell'**avvicendamento culturale** per le specie erbacee: la variazione della specie coltivata sullo stesso appezzamento migliora "naturalmente" la fertilità del terreno ed assicura, a parità di condizioni, rese maggiori.

⁵⁰<https://files.regione.sardegna.it/squidex/api/assets/redazionali/6d1632c9-ca2f-489c-9eea-028df5f0079e/1-422-20230313134122.zip>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"				
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023	Pagina 48 di 97

Per quanto concerne le colture arboree, il sistema di produzione integrata prevede il mantenimento di fasce di **inerbimento nell'interfila**: tale pratica favorisce l'apporto di sostanza organica chimicamente e biologicamente stabile al suolo, riducendo contestualmente il rischio di erosione.

La **salvaguardia del suolo** è altresì attuata ricorrendo a specifiche tipologie di lavorazione meccaniche e limitando le profondità di esecuzione delle stesse: limitare le lavorazioni del terreno riduce il rischio di erosione del suolo poiché si evita la formazione di superfici di scivolamento (strati compattati sotto-superficiali) che potrebbero generare movimenti e cedimenti del terreno. Inoltre, la riduzione dell'esposizione degli strati più profondi (che inevitabilmente affiorano con lavorazioni come l'aratura) riduce i processi di mineralizzazione della sostanza organica (il carbonio organico si ossida in CO₂, che si disperde in atmosfera).

Circa le modalità di apporti di fertilizzanti, la produzione integrata prevede limiti quantitativi per la distribuzione degli stessi nell'annata agraria o durante il ciclo biologico delle colture. La razionalizzazione (anche in base ai dati raccolti con le analisi chimico-fisiche effettuate periodicamente) e la **riduzione degli input chimici** per la nutrizione delle colture agrarie riduce il potenziale inquinante degli stessi nei confronti delle falde acquifere.

Anche le modalità di difesa fitosanitaria e di controllo delle infestanti sono definite dai DPI, i quali stabiliscono i canoni del monitoraggio e le strategie di difesa in base a criteri specie-specifici, fenologici, ecc. in una logica di riduzione del rischio a carico della salute umana, animale e dell'ambiente. L'agricoltura integrata predilige ad esempio il ricorso a metodi di controllo meccanico e termico contro le piante infestanti o ad insetti utili (antagonisti naturali di quelli dannosi per le piante) e l'uso di piante ospiti per la lotta nei confronti dei parassiti e delle fisiopatie.

Infine, il regime di produzione integrato prevede anche la **razionalizzazione della risorsa idrica** da utilizzare per la pratica irrigua, mediante la registrazione dei dati pluviometrici e la modulazione del numero di interventi e dei volumi di adacquamento.

La conduzione delle superfici agricole con tali modalità è sostenuta e finanziata dalla nuova PAC 2023-2027 della Regione Sardegna con l'**ACA01**, denominata appunto "Produzione integrata".

Per quanto concerne le **superfici destinate alla coltivazione di specie foraggere avvicendate** per l'alimentazione di capi ovini di proprietà di aziende locali, saranno condotte adottando tecniche di minima lavorazione del suolo.

Oltre all'avvicendamento colturale - caposaldo della sopracitata produzione integrata - le superfici seminate saranno gestite in maniera da ridurre al minimo l'impatto negativo delle lavorazioni meccaniche del suolo e sull'ambiente.

Nello specifico, verranno eseguite sole **lavorazioni minime** (*Minimum Tillage* - MT), consistenti in erpicature per l'affinamento e la preparazione del letto di semina a profondità non superiori ai cm 20; non saranno perciò effettuate lavorazioni quali arature, ripuntature ed altre operazioni che prevedano l'alterazione della stratificazione preesistente del suolo ed il ribaltamento delle zolle.

Tale modalità di esecuzione delle lavorazioni agricole è sostenuta e finanziata dalla nuova PAC 2023-2027 della Regione Sardegna dall'**ACA03**, denominata "Tecniche lavorazione ridotta dei suoli" (Azione 3.1 - Semina su sodo; Azione 3.2 - Minima lavorazione).

L'intera area di impianto sarà gestita ricorrendo a tecniche afferenti all'agricoltura di precisione (AP): come meglio argomentato nel Capitolo 7, la gestione agronomica e l'impiego dei mezzi produttivi sarà governata dall'utilizzo di tecnologie e strumenti digitali al fine di **ottimizzare l'efficienza produttiva delle superfici** da un punto di vista quali-quantitativo e reddituale.

Anche l'approccio all'AP è sostenuto e finanziato dalla programmazione della nuova PAC 2023-2023 a livello nazionale con l'**ACA24** (tuttavia la Regione Sardegna nella sua programmazione non ha deciso di attivare sul suo territorio questo sostegno).

6.2.1. Lavori preliminari per la messa in atto dell'ipotesi progettuale

Come precedentemente esposto nel Capitolo 5.4, le superfici oggetto di intervento risultano attualmente occupate da impianti arborei da legno ultraventennali, che hanno raggiunto la maturità tale da essere tagliati per l'ottenimento di legname.

Si specifica che tali operazioni saranno **eseguite ad opera degli attuali proprietari dei fondi agricoli**.

L'esecuzione di tale operazione riporterà dunque le superfici allo stato di “**terra nuda**”, il che consentirà di predisporle per il **duplice impiego produttivo** (attività agricola e produzione di energia da fonte rinnovabile). Prima del taglio effettivo, il sito verrà preparato per agevolare le operazioni: verrà eseguita un'operazione di pulizia del terreno da eventuali detriti di grandezza discreta e la creazione di stradelli per consentire un agevole accesso dei mezzi meccanici necessari per il taglio (cercando di sfruttare tuttavia le già esistenti linee tagliafuoco).

Considerata l'estensione dell'area oggetto di taglio, le operazioni verranno effettuate con l'ausilio di macchinari cingolati dotati di braccio di taglio (pinza con motosega con sospensioni oscillanti).

I tronchi e i rami accatastati verranno in seguito trasportati al di fuori dell'area di intervento per essere destinati alla vendita e all'impiego come legname; i residui, invece, potranno essere deputati alla produzione di biomassa destinata ad essere arsa o trasformata ed impiegata per altri scopi.

In seguito, le ceppaie residue verranno rimosse con l'impiego di macchinario apposito, comunemente chiamato fresaceppi (Figura 38): tale operazione consentirà di rimuovere la restante parte epigea delle piante, interessando anche la porzione ipogea delle stesse (le radici più voluminose) ad una profondità di circa cm 30-35, mediante l'azione meccanica rotatoria di una fresa verticale o di un rullo rotante dentato ad asse orizzontale.



Figura 38. Fresaceppi in azione Fonte: <https://dipperfox.com/wp-content/uploads/2020/04/Dipperfox-stump-drill-homepage-min.jpg>

Le superfici, riportate dunque allo stato di “terra nuda”, necessiteranno di interventi tecnico-agronomici per il ripristino delle proprie condizioni chimico-fisiche compatibili per l'attività agricola.

Si ipotizza (prima dell'installazione della componente fotovoltaica) l'esecuzione di **apporti di compost**. L'utilizzo del compost come ammendante apporta grandi quantità di sostanza organica al suolo, migliorandone la struttura e la sua capacità di ritenzione di acqua e nutrienti; tale approccio rende inoltre sostenibile la concimazione dei suoli agricoli, limitando l'uso di fertilizzanti chimici di sintesi, il che può contribuire a ridurre l'inquinamento ed il rischio di erosione del suolo. Il materiale organico nel suolo

alimenta inoltre l'attività microbiologica e microfaunistica, che a sua volta svolge un ruolo chiave nella decomposizione dei materiali organici e concorre al riciclo dei nutrienti.

L'interramento del compost precedentemente distribuito su tutta la superficie espianata sarà effettuato tramite una lavorazione detta "a due strati": ad un'aratura profonda cm 35-40 seguirà una ripuntatura profonda cm 20-25 cm.

Le abbondanti concimazioni organiche e le prime lavorazioni post taglio delle piante innescheranno i meccanismi di ripristino della fertilità e delle condizioni chimiche e fisiche del suolo ben prima dell'avvio dei lavori di installazione della componente fotovoltaica.

In seguito alla posa in opera dell'impianto per la produzione di energia rinnovabile (strutture di sostegno, moduli fotovoltaici, inverter, ecc.), l'intera superficie recintata verrà interamente **seminata con un medicaio (prato di erba medica) poliennale**.

L'**erba medica** (*Medicago sativa* L.) è considerata la foraggera poliennale per eccellenza. La sua grande capacità di adattamento a differenti condizioni pedologiche e climatiche la rende coltivabile in quasi tutti gli areali agricoli italiani, sia in pianura sia in collina, trovando comunque le condizioni ottimali di crescita e sviluppo in terreni profondi, argillosi e di medio impasto e con **pH ottimale compreso tra 6,5 e 8,0**. Le uniche due condizioni limitanti per lo sviluppo di un medicaio sono la presenza di ristagni idrici e la persistenza di un'acidità troppo elevata del suolo.

L'erba medica è coltivata per molteplici scopi:

- **foraggio**: affienato o disidratato;
- **biomassa**: destinata all'insilaggio;
- **trasformazione**: in farina disidratata;
- **coltura miglioratrice**: destinata al sovescio.

Nell'ambito degli avvicendamenti è considerata una **specie miglioratrice**: infatti il medicaio (Figura 39) fissa nel terreno mediamente circa 100-150 kg/ha ad anno di azoto atmosferico, rendendolo disponibile per le colture agrarie. Non vi sono particolari controindicazioni per la precessione colturale, se non che è una pianta sensibile alla stanchezza del terreno, per cui è bene che non succeda a sé stessa⁵¹.



Figura 39. Medicaio in fiore Fonte: © Ysuel – IStockPhoto

⁵¹ Manuale di agricoltura. Hoepli editore

I benefici della coltivazione di un medicaio sono notevoli:

- grazie ai suoi tagli frequenti e alla persistenza per 4-5 anni, **riduce drasticamente il numero di infestanti** normalmente presenti in un terreno coltivato a cereali con una significativa riduzione dell'uso di diserbanti;
- **miglioramento della struttura del suolo** in virtù della capacità dell'apparato radicale di approfondirsi fino a 2 metri e di creare una struttura canalicolare e un reticolo nel suolo che **favorisce l'infiltrazione di acqua** e la stabilizzazione degli aggregati (rigenerandosi per più anni senza essere disturbato dalle lavorazioni meccaniche);
- **riduzione dei fenomeni erosivi** grazie alla copertura vegetale;
- presenza di essudati radicali e di una grande quantità di azoto e carbonio che aumenta in seguito della degradazione delle radici, favorendo **l'attività microbica del suolo** sino a oltre 100 volte rispetto a quella osservata nei terreni in monosuccessione.

L'ipotesi progettuale prevede la coltivazione del medicaio esclusivamente per i benefici che la sua presenza sul terreno comporta: la biomassa prodotta **non** verrà perciò raccolta.

La semina del medicaio avverrà idealmente ad inizio autunno, impiegando una **seminatrice combinata** (erpice + seminatrice) trainata da trattore agricolo. Il singolo passaggio apporterà benefici in termini di risparmio di risorse (carburante) e garantirà migliorie in termini di riduzione del compattamento del terreno. L'erpice sarà tarato affinché lavori ad una profondità di circa cm 20, consentendo di affinare le zolle e rendere le superfici più regolari e preparando dunque il letto di semina.

La seminatrice pneumatica apporterà una quantità di semente pari a 40-50 kg/ha, garantendo l'interramento della stessa ad una profondità di cm 1-1,5.

Verranno impiegate **sementi rizobiate**, ovvero inoculate con colture di batteri specifici capaci di instaurare simbiosi con l'apparato radicale delle piante e avviare il processo di fissazione biologica dell'azoto atmosferico.

Il medicaio sarà gestito con **sfalci annuali**, lasciando in loco la biomassa tagliata. Si presume di mantenere l'intera superficie a medicaio per un periodo massimo di 5-6 anni, monitorando periodicamente (ogni 2 anni) lo stato chimico e fisico del terreno attraverso analisi di laboratorio per saggiare l'aumento della fertilità (contenuto di micro e macroelementi, contenuto di sostanza organica, rapporto C/N, ecc.) ed il miglioramento della struttura.

Alla fine del ciclo colturale, si prevede di effettuare l'interramento delle intere piante (**sovescio totale**) mediante operazione di aratura leggera (cm 20).

6.2.2. Mandorleto superintensivo

Avendo analizzato il contesto agricolo della zona e compatibilmente con le indagini di mercato effettuate (vedasi Capitolo 4.3), l'ipotesi progettuale comprende la messa a dimora di impianti arborei (mandorli) gestiti secondo il modello "superintensivo": tale soluzione appare idonea ad essere integrata nel contesto agrivoltaico (vedasi Capitolo 2.2).

È stata valutata anche l'ipotesi della coltivazione degli olivi, allevati con le medesime modalità: la scelta tuttavia è ricaduta sul mandorlo in quanto apparsa più promettente, considerando i notevoli investimenti a livello locale, provinciale e regionale nel settore e l'avvio di filiere di produzione comprendenti anche impianti per la lavorazione dei prodotti (smallatura ed essiccazione).

Il presente progetto agrivoltaico vuole contribuire al rilancio di un settore di mercato - la mandorlicoltura - che nello scorso secolo ha rappresentato per la Regione Sardegna un'eccellenza globalmente riconosciuta in termini di quantità delle produzioni e qualità.

La mandorlicoltura **superintensiva (SHD - Super High Density)** rientra nella sfera dei sistemi colturali arborei ad altissima densità, contemplando la messa a dimora di più di 2000 piante/ha. Esistono 2 tipologie di impianti SHD: 1.0 e 2.0, rispettivamente di prima e di seconda generazione.

I superintensivi di **prima generazione (SHD 1.0)** prevedono l'allevamento degli alberi ad asse centrale, sorretti da pali di sostegno a cui sono legati tramite fili, generando una "parete continua" produttiva. Al contrario, in quelli di **seconda generazione (SHD 2.0)** la coltivazione degli alberi non prevede l'utilizzo di strutture di sostegno - il che permette la meccanizzazione anche della potatura di formazione dell'impianto. Indipendentemente dalla tipologia di impianto, i vantaggi apportati dal ricorso al SHD sono:

- entrata in produzione precoce;
- alternanza di produzione negli anni attenuata (ad esempio nel caso dell'olivo);
- possibilità di meccanizzazione di tutte le operazioni colturali.

I mandorleti superintensivi entrano in piena produzione a partire dal sesto anno, ma è già possibile ottenere una resa pari a circa il 10-15% della potenziale resa massima nel terzo anno dopo l'impianto, del 50% al quarto e del 80% al quinto. Ciò garantisce un **ritorno dell'investimento piuttosto rapido**.

A partire dal sesto anno, inoltre, le rese si stabilizzano per tutto l'arco di vita dell'impianto, stimato in 20 anni. Il poter **meccanizzare la quasi totalità delle operazioni colturali**, per il mantenimento e la gestione dell'impianto, permette innanzitutto l'abbattimento dei costi. La messa a dimora, la potatura, gli interventi fitosanitari e la raccolta vengono eseguiti integralmente in maniera meccanica con strumenti adeguati a questa tipologia di conduzione (ad esempio la macchina scavallatrice per la raccolta e la potatrice portata da piccoli trattori "da frutteto"), il che si traduce in un'ottimizzazione della forza lavoro e delle risorse (ad esempio il carburante dei mezzi agricoli ed i prodotti impiegati per gli interventi fitosanitari).

Considerata l'ampiezza delle superfici oggetto di intervento, la localizzazione delle aree destinate alla messa a dimora dei mandorleti superintensivi (Figura 40) è stata valutata in funzione della **vicinanza del pozzo artesiano esistente** (propedeutico all'emungimento dell'acqua irrigua necessaria), nonché delle **pendenze** delle superfici all'interno delle aree recintate. La superficie recintata destinata alla coltivazione del mandorleto ha una superficie pari a **ha 10,94**. Le restanti superfici saranno invece destinate alla coltivazione di erbai annuali destinati al foraggiamento zootecnico. La piantumazione di ulteriori superfici a mandorleto sarà valutata nel corso del tempo, in base ai risultati agronomici ed economici.

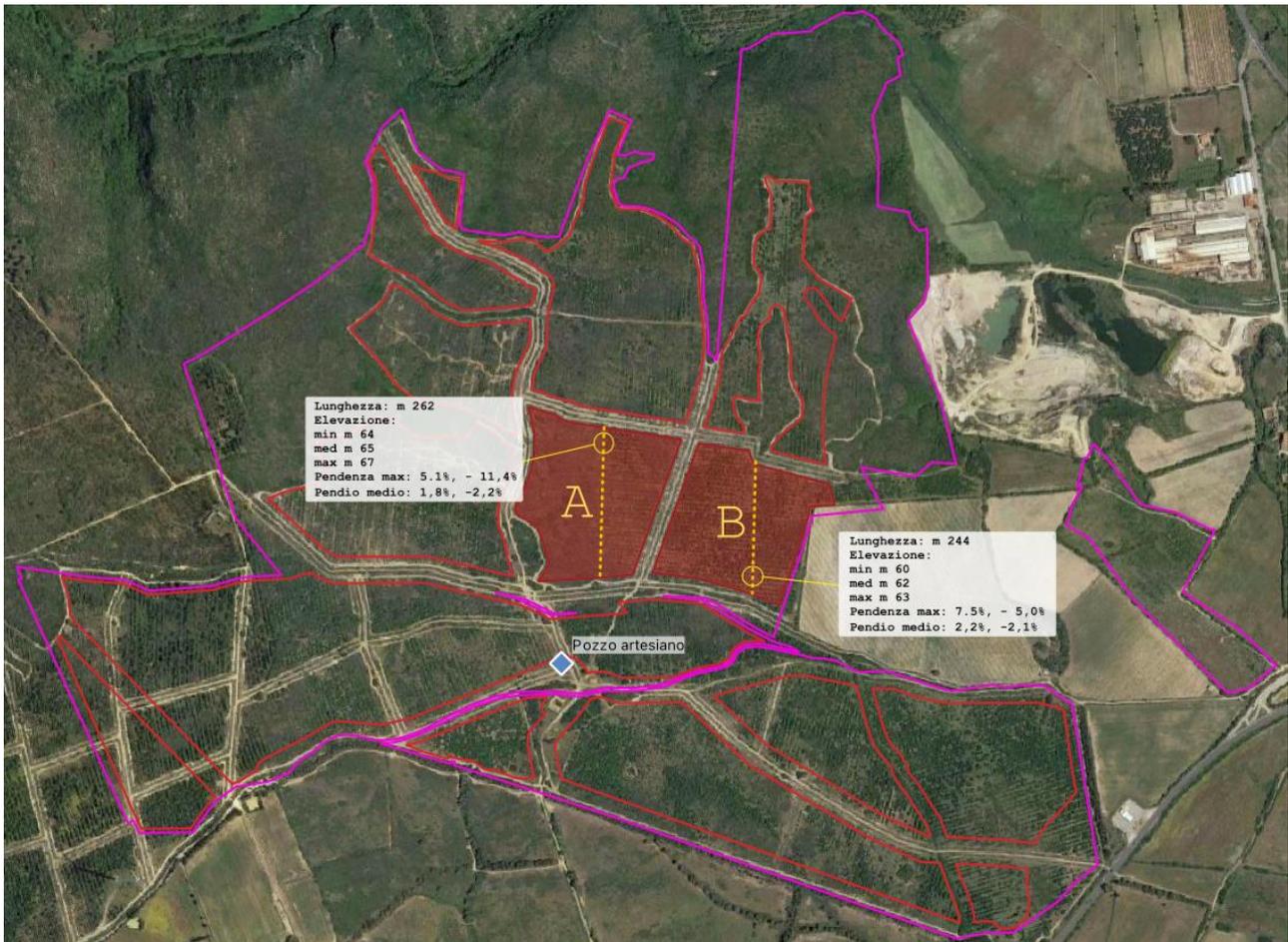


Figura 40. Localizzazione spaziale delle aree designate per la messa a dimora del mandorleto superintensivo.

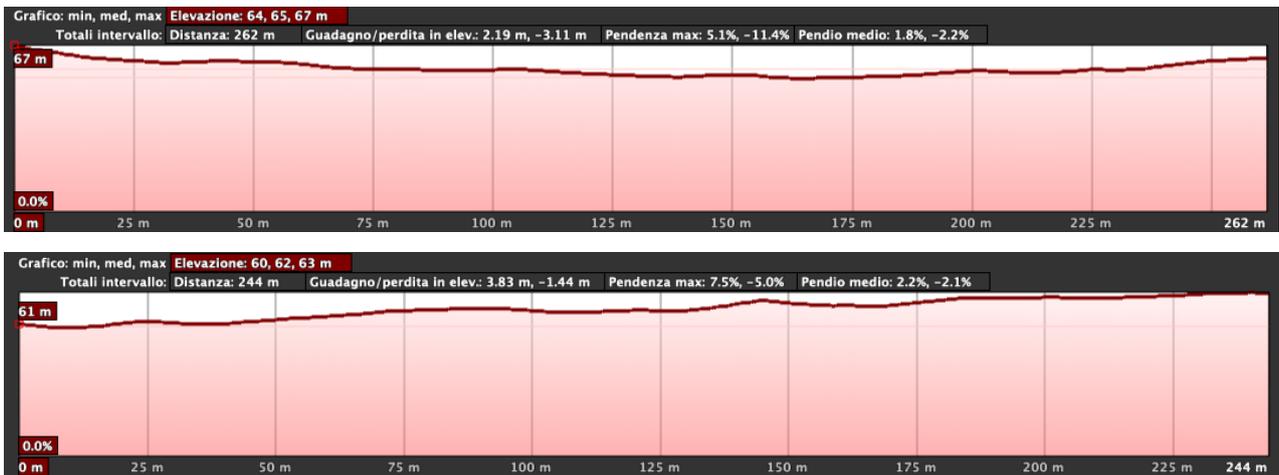


Figura 41. Profilo di elevazione dei segmenti A (sopra) e B (sotto).

6.2.2.1. Scelta varietale

La mandorlicoltura superintensiva impone l'utilizzo di cultivar a vigoria contenuta, considerato l'alto rapporto tra piante e superficie e dunque la distanza ridotta tra le stesse.

Le cultivar potenzialmente utilizzabili, nonché adatte alle condizioni pedoclimatiche dell'areale di riferimento in cui insiste il progetto sono molteplici, caratterizzate tutte dall'autofertilità⁵²: il presente progetto contempla l'impiego della cultivar "**Lauranne® Avijor**".



Figura 42. Pianta di mandorlo della cultivar Lauranne® Avijor prossima alla raccolta (sinistra) ed endocarpi e semi (destra).

Questa varietà di origine francese è caratterizzata da un'epoca di fioritura medio-tardiva (fine marzo) e dalla elevata produttività; la maturazione avviene invece a fine agosto. Produce semi di forma ellittica allungata, di peso medio di g 1,3; la percentuale di semi doppi è mediamente molto bassa, oscillando tra l'1% ed il 10%. Le produzioni sono molto elevate (4 kg/pianta) e la resa in sgusciato è pari al 35-40% (1,5 kg/pianta circa). Il portainnesto designato è il "**Rootpac 20**": questo portainnesto di ultima generazione, creato dal programma di miglioramento genetico della società "Agromillora Catalana SA", è un ibrido di susino originato da *Prunus besseyi* x *Prunus cerasifera*. È un portainnesto nanizzante e dunque idoneo ad essere impiegato nella realizzazione di coltivazioni ad alta ed altissima densità e per optare ad una gestione integrale attraverso la meccanizzazione; inoltre, risulta essere molto rustico ed adatto anche a terreni argillosi ed asfittici e garantisce la produzione di frutti di buona qualità.

⁵² Le varietà autofertili sono in grado di autoimpollinarsi senza dipendere dalla presenza di insetti impollinatori o dalla vicinanza di altre piante compatibili. Il polline delle antere giunge direttamente sullo stigma e feconda l'ovulo, permettendo la formazione dei semi.

6.2.2.2. Sesto di impianto

La superficie destinata alla messa a dimora del mandorleto superintensivo ha un'estensione (somma delle aree recintate) pari a **ha 10,94**.

In considerazione della necessità di far coesistere la componente fotovoltaica con quella agronomica, è stato ipotizzato un sesto d'impianto aventi le seguenti caratteristiche:

- distanza tra le file: m 12,00;
- distanza sulla fila: m 1,20.

La distanza tra le file dell'arboreto è stata progettata in considerazione della posa delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici portando ad un impianto che vede alternarsi una fila di mandorli con una fila di pannelli.

Sudette **distanze risultano idonee a garantire la coesistenza delle due componenti produttive**, che non andranno ad influenzarsi in maniera negativa l'una con l'altra (Figura 44).

Le file dell'impianto arboreo saranno disposte in direzione nord/sud, consentendo di ottenere il miglior compromesso fra intercettazione della radiazione solare su entrambi i lati della vegetazione (Figura 43).



Figura 43. Disposizione dei filari di piante (in verde) nelle aree recintate

Le scelte progettuali garantiranno la messa a dimora di circa 5.610 piante, raggiungendo una densità pari a 660 piante per ha (considerando la **superficie destinata all'attività agricola** delle due aree recintate, pari ad un totale di ha 8,51 - vedasi Capitolo 8 per il calcolo delle superfici). Il numero di piante è stato calcolato dividendo per 1,20 m (distanza sulla fila) la somma delle lunghezze dei singoli filari, ottenute graficamente. Si specifica che la distanza delle piante sui filari sia analoga a quella dei sistemi super intensivi (1-1,20 m), mentre la distanza interfilare sarà decisamente superiore (m 12), per favorire il soleggiamento delle piante e prevenire l'ombreggiamento della parte inferiore dei filari (Figura 44).

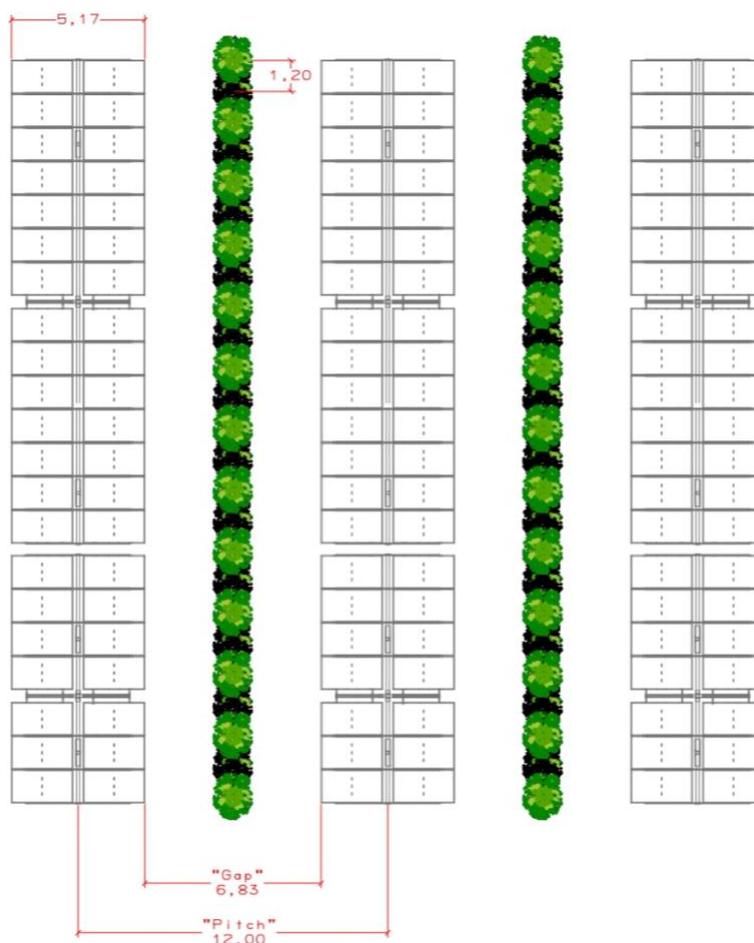


Figura 44. Dettaglio delle file del mandorleto tra le strutture della componente fotovoltaica

L'impianto proposto avrà così modalità di conduzione e distanza sulla fila tipiche della tipologia impianto "superintensivo", avendo tuttavia densità per ettaro riferibile ad un impianto "intensivo".

Il controllo delle chiome - opportunamente gestite in altezza ed in larghezza con potature periodiche - preverrà qualsiasi ombreggiamento alla componente energetica.

Le scelte agronomiche proposte consentono inoltre di limitare di molto l'accesso - in frequenza ed in numero di unità - nell'area di impianto.

6.2.2.3. Operazioni di impianto

Le operazioni relative alla messa a dimora dell'impianto cominceranno verosimilmente dopo l'installazione della componente fotovoltaica e possono essere riassunte come di seguito:

1. concimazione di fondo;
2. interrimento del concime e rottura del terreno;
3. erpicatura;
4. messa a dimora delle piante;
5. installazione dell'impianto irriguo.

Si procederà quindi in primis allo **spandimento del concime (1)** nell'interfilare dei pannelli; tale operazione verrà eseguita in estate a mezzo di spandiconcime trainato da trattore agricola. Si prevede un'applicazione di compost o di letame bovino maturo (le dosi verranno meglio determinate a seguito di analisi delle proprietà fisico-chimiche del suolo). L'intervento è stato programmato per garantire un consistente apporto di sostanza organica, migliorando la dotazione in sostanze nutritive (fosforo e potassio) e la struttura del

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"				
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023	Pagina 57 di 97

terreno che ospiterà le piante di mandorlo, costituendo una buona base di concimazione per la durata di vita dell'arboreto.

Successivamente verrà eseguita una **doppia lavorazione (2)** - detta "a due strati" - per garantire l'interramento dei residui organici superficiali ed il concime apportato in precedenza e la rottura delle zolle superficiali, favorendo lo sviluppo dell'apparato radicale delle piante e migliorando l'aereazione del terreno, nonché favorendo la penetrazione dell'acqua negli strati più profondi. Tale operazione consisterà in una discissura verticale del terreno attraverso passaggio con ripuntatore (o ripper) che incide e solleva le zolle. Si specifica che l'esecuzione di un'operazione di questo tipo consente di prevenire fenomeni di erosione da ruscellamento delle acque, evita la formazione della "suola di lavorazione"⁵³ ed il trasporto in superficie di pietrame vario dagli strati più profondi; al termine di quest'operazione sarà eseguita un'aratura a media profondità (30-40 cm).

Successivamente verrà eseguita - al fine di sminuzzare ulteriormente le zolle superficiali - un'**erpatura (3)** molto superficiale (5-15 cm) mediante erpice a dischi o erpice a denti rotanti intorno ad assi verticali. Tale lavorazione affinerà ulteriormente le zolle e renderà la superficie più regolare.

Nella primavera successiva si procederà alla **messa a dimora delle piantine di mandorlo (4)**, attraverso intervento integralmente meccanizzato impiegando trapiantatrici operanti sulla fila, allineate con dispositivi laser che garantiranno la massima precisione all'operazione.

Il materiale vegetale sarà ovviamente derivante da materiale clonale che garantisce la massima qualità genetica e sanitaria e sarà provvisto di certificazione genetica e fitosanitaria rilasciata da vivai autorizzati e riconosciuti dal MiPAAF.

Vista la scelta di optare per un impianto arboreo riferibile alla tipologia "**SHD 2.0**" - che non prevede il ricorso a strutture di sostegno - verranno utilizzate piante di altezza pari a cm 50-60 provviste di tutore semilegnoso e tutelate da elemento in plastica biodegradabile - di colore bianco all'esterno per riflettere la luce e di colore nero all'interno per evitare l'entrata della luce con conseguente rischio di germinazione del fusto. Il materiale di propagazione dovrà presentare apparato radicale ben sviluppato in substrato idoneo ricco in torba e fibra di cocco - che facilita la ventilazione e garantisce la qualità sanitaria - per favorire il processo di attecchimento nel terreno. Il ricorso a questa soluzione garantirà un abbattimento dei costi di impianto in quanto non sono previste le spese per la posa delle strutture di sostegno degli alberi adulti e le relative spese di acquisto del materiale.

Terminata l'operazione di messa a dimora delle piante di mandorlo, si provvederà all'**installazione del sistema di irrigazione (5)**. Il ricorso alla pratica irrigua risulta necessaria per garantire il successo della proposta agronomica in oggetto.

Nel mandorleto sarà applicata la tecnica della microirrigazione, quale razionale pratica irrigua che permette di ottenere uno sviluppo vegetativo nei primi anni d'impianto, l'anticipo dell'entrata in produzione, il miglioramento quantitativo e qualitativo della rese e il controllo dell'alternanza di produzione.

Nello specifico, si intende adottare un **sistema di subirrigazione con sistema gocciolante interrato**: tale soluzione permette di eliminare quasi completamente le perdite per evaporazione superficiale e quelle per effetto deriva del vento, garantendo un ulteriore aumento di efficienza irrigua.

La gestione dell'impianto di irrigazione, in coerenza ai principi della sostenibilità, sarà orientata all'utilizzo di bassi volumi irrigui al fine di perseguire un netto risparmio idrico sul ciclo produttivo del mandorleto. Per impianti super-intensivi integrati il fabbisogno idrico annuo varia tra 2000 e 2.500 m³/ha.

L'impianto sarà alimentato da un pozzo artesiano privato autorizzato, per cui sarà attuato un intervento di ripristino.

⁵³ La suola di lavorazione è lo strato più compatto di terreno che viene a formarsi subito sotto alla porzione lavorata in seguito a ripetute operazioni meccaniche del terreno eseguite alla medesima profondità. La formazione di tale condizione determina un maggior ristagno d'acqua ed una difficoltà di infiltrazione della stessa, oltre a bloccare la circolazione dell'aria.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"				
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023	Pagina 58 di 97

Ogni settore dell'impianto di irrigazione (si ipotizza un settore per ogni area recintata) sarà dotato di stazioni di filtraggio a graniglia automatica e filtri a rete ausiliari autopulenti al fine di preservare la funzionalità delle manichette e ugelli di microirrigazione eliminando eventuali impurità o solidi sospesi.

L'impianto irriguo sarà strutturato per ogni campo con una suddivisione in sezioni irrigue omogenee per diversa lunghezza dei filari affinché possa essere garantita la necessaria uniformità di irrigazione.

6.2.2.4. Modalità di conduzione e mantenimento dell'impianto

La gestione dell'impianto arboreo sarà in carico a contoterzisti della zona, che provvederanno all'esecuzione di tutte le operazioni necessarie a garantire il buon andamento produttivo dello stesso.

Le operazioni necessarie alla conduzione ed al mantenimento dell'impianto arboreo prevedono:

1. potatura;
2. raccolta;
3. irrigazione;
4. fertilizzazione;
5. interventi fitosanitari;
6. gestione dell'interfila.

La forma di allevamento designata per il progetto è l'asse centrale, la più utilizzata per gli impianti superintensivi. L'impianto in piena produzione si presenterà come una successione di coni che nel loro insieme genereranno **pareti verticali** (filari), sostituendo così il concetto di "albero" con quello di "parete continua" come elemento di potenzialità produttiva. Per garantire l'efficienza produttiva dell'arboreto sarà necessario gestire le chiome in altezza ed in larghezza attraverso interventi di **potatura (1)** leggeri e costanti, eseguiti con opportuni potatori meccanici trainati da piccoli trattori da frutteto (Figura 45). Gli interventi di potatura sono suddivisi in 4 tipologie:

- **Topping**: per la gestione della chioma in altezza, regimandola ad un'altezza massima di m 2,5;
- **Hedging**: per la gestione della chioma in larghezza, regimandola ad una larghezza massima di m 0,8-1;
- **Trimming (o spollonatura)**: per provvedere all'eliminazione delle branchette che la macchina raccogliitrice non è capace di raggiungere poiché posizionate nella zona tra il piano di campagna ed un'altezza di cm 50-70;
- **Thinning (o diradamento)**: per la potatura delle branchette con un diametro superiore ai cm 4-5 ortogonali al piano di campagna che potrebbero causare danni alla macchina raccogliitrice.

Le operazioni di topping saranno eseguite annualmente a partire dalla fine del sesto anno dalla messa a dimora dell'impianto.

Le operazioni di hedging saranno eseguite ad annate alterne sempre a partire dalla fine del sesto anno dalla messa a dimora dell'impianto.

Le operazioni di trimming saranno eseguite annualmente a partire dalla fine del settimo anno dalla messa a dimora dell'impianto.

Le operazioni di thinning - solitamente eseguite manualmente - verranno effettuate meccanicamente contestualmente a quelle di hedging con cadenza triennale, al fine di garantire la completa meccanizzazione di tutte le operazioni di potatura.

L'esecuzione degli interventi di potatura - alle quali si ricorrerà anche nelle fasi iniziali di formazione dell'impianto - assicurerà una gestione ottimale dell'arboreto, garantendo un adeguato equilibrio vegeto-produttivo e scongiurando ombreggiamento, andando a rimuovere anche la vegetazione più tenera e più appetibile per gli insetti fitofagi.

Si specifica che il layout di impianto e le distanze tra le strutture fotovoltaiche saranno più che sufficienti per consentire un agevole passaggio delle macchine operatrici.

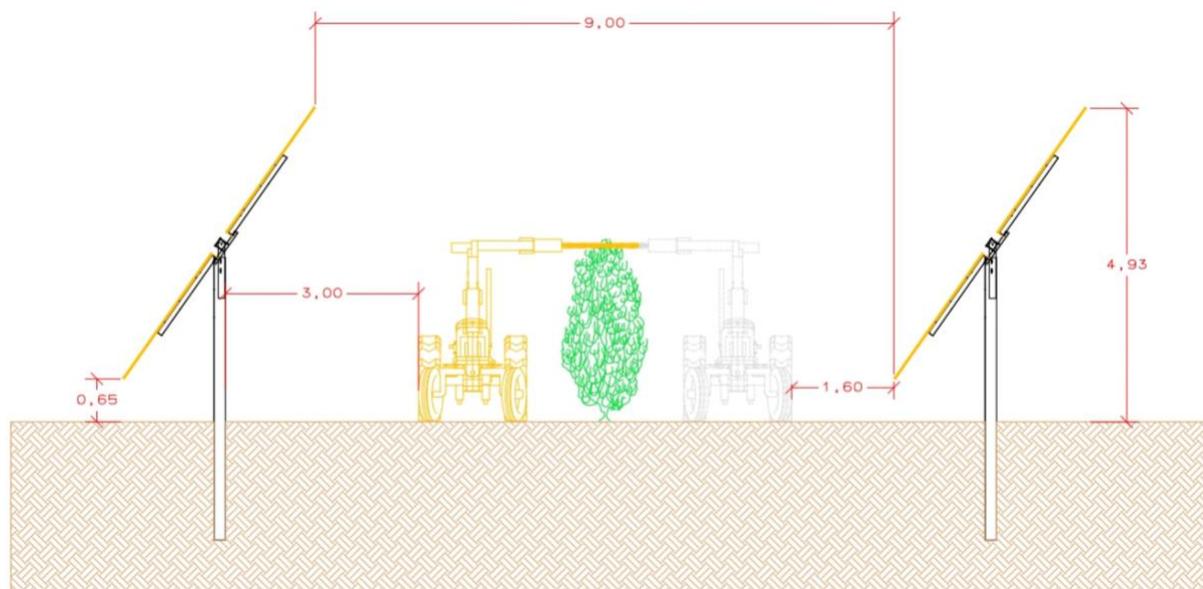


Figura 45. Dettaglio della modalità di potatura dell'impianto superintensivo con l'utilizzo di potatrici trainate da piccoli trattori.

Al fine di prevenire qualsiasi possibile diffusione di patologie, prima e dopo gli interventi verranno utilizzate soluzioni disinfettanti (ipoclorito di sodio al 2% o sali quaternari di ammonio) sulle apparecchiature impiegate.

Per quanto concerne le operazioni di **raccolta (2)** delle drupe - vista e considerata la tipologia di impianto - si prevede l'impiego di macchine scavallatrici integrali opportunamente modificate per il mandorlo, con larghezza di lavorazione di circa m 3,6. Il ricorso a questa tipologia di attrezzatura - dotata di capacità di raccolta nell'ordine delle 1 -1,5 h/ha - consentirà una raccolta quasi contemporanea delle drupe su tutta l'area di impianto, anche in virtù della capacità delle piante allevate in modalità superintensiva di arrivare a maturazione simultaneamente. In seguito i frutti saranno smallati ed essiccati per poi essere destinati all'immissione sul mercato tal quali o dopo sgusciatura.

Gli interventi di **irrigazione (3)** saranno gestiti in coerenza ai principi di sostenibilità della risorsa idrica, orientandosi ad un utilizzo della stessa con bassi volumi di adacquamento al fine di evitare lo spreco per evaporazione. L'introduzione di sistemi integrati e digitalizzati DSS, previsti per il Piano di Monitoraggio ambientale e agronomico (vedasi Capitolo 7), concorrerà al calcolo dei bilanci idrici e dei consumi, fornendo assistenza tecnica diretta in campo.

Gli interventi di **fertilizzazione (4)** verranno eseguiti contestualmente all'irrigazione, ricorrendo alla pratica della fertirrigazione, attraverso sistema di iniezione di tipo "Venturi". Tale pratica consentirà l'apporto di sostanze nutritive necessarie al ciclo biologico del mandorleto - nel rispetto delle esigenze di salvaguardia ambientale, del mantenimento della fertilità e della prevenzione delle avversità - garantendo produzioni di elevata qualità e quantità economicamente sostenibili.

Le dosi di N-P-K ipotizzate per l'impianto risultano in linea con il "Disciplinare di Produzione Integrata - Norme tecniche delle colture arboree" della regione Sardegna⁵⁴, si prevede comunque di adattarle, sulla base delle valutazioni di carattere tecnico agronomico dei risultati delle analisi del suolo e dei monitoraggi periodici.

⁵⁴ <https://files.regione.sardegna.it/squidex/api/assets/redazionali/6d1632c9-ca2f-489c-9eea-028df5f0079e/1-422-20230313134122.zip>

L'apporto dei macroelementi può essere riassunto come di seguito:

- **Azoto (N):** 80 kg/ha
- **Fosforo (P):** 30-100 kg/ha
- **Potassio (K):** 40-120 kg/ha

Si specifica che tali apporti rappresentano la quota base per ciascun macroelemento in condizioni standard di mandorleto. Ci si riserva l'incremento od il decremento di tali quantità in base a condizioni di:

- apporti negli anni precedenti;
- scarsa o eccessiva attività vegetativa;
- lisciviazione.

Le singole quote di macroelementi varieranno anche nel corso delle annate dell'intera vita dell'impianto, espresse di seguito come percentuale della quota standard:

- **1° Anno** | N: 25,0% | P: 30% | K: 25,0% |
- **2° Anno** | N: 37,5% | P: 50% | K: 50% |
- **3° Anno** | N: 37,5% | P: 100% | K: 60% |
- **4° Anno** | N: 62,5% | P: 100% | K: 100% |
- **5° Anno e successivi** | N: 100% | P: 100% | K: 100% |

I macroelementi saranno infine opportunamente somministrati in percentuale nelle varie fasi fenologiche della pianta, secondo i seguenti criteri:

- **Ripresa vegetativa/pre-fioritura:** | N: 40% | P: 25% | K: 35% |
- **Post-Allegagione:** | N: 30% | P: 40% | K: 30% |
- **Ingrossamento della drupa:** | N: 30% | P: 35% | K: 35% |

Gli **interventi fitosanitari (5)** saranno effettuati direttamente sulle chiome con macchine irroratrici trainate da piccoli trattori da frutteto, capaci di passare agevolmente tra le file alberate e quelle dei moduli fotovoltaici. L'uniformità di distribuzione sarà garantita anche dall'uniformità delle chiome dell'impianto. Si prevedono interventi preventivi e curativi, rispettando le soglie di intervento e le modalità previste dalle "**Schede difesa e diserbo Arboree, Ortive Erbacee - Difesa Mandorlo** " dei DPI emanate dalla Regione Sardegna.

Le principali avversità derivanti da **insetti fitofagi** sono elencate di seguito, con le relative misure di contenimento e lotta previste:

- **Afidi** (*Myzus persicae* Sulzer - *Hyalopterus pruni* Geoffroy - *Brachycaudus* sp.): dal punto di vista agronomico, le infestazioni saranno prevenute con concimazioni azotate e irrigazioni equilibrate. Dal punto di vista della lotta chimica, si prevede un numero massimo di due interventi con l'impiego di Deltametrina da eseguire in maniera localizzata in caso di accertata presenza di infestazioni, non oltre il mese di giugno in caso di accertata presenza di predatori e parassitoidi naturali degli insetti infestanti.
- **Cimicetta** (*Monosteira unicastata* Mulsant & Rey): dal punto di vista agronomico, le infestazioni saranno prevenute con concimazioni azotate e irrigazioni equilibrate. Dal punto di vista della lotta chimica, si prevede un numero massimo di due interventi con l'impiego di Deltametrina al superamento della soglia di intervento di n° 5 colonie per rametto(soglia per la coltura irrigua).

- **Carpocapsa delle pomacee** (*Cydia pomonella* L.): si prevedono interventi con Spinosad o un numero massimo di due interventi con l'impiego di Deltametrina.
- **Nematodi galligeni** (*Meloidogyne spp.*): la lotta verrà effettuata con accorgimenti agronomici preventivi, consistenti nella scelta di portainnesti resistenti e l'impiego di piante certificate, nonché in campionamenti ed indagini di laboratorio del terreno delle aree di impianto.

Per le principali **avversità crittogamiche** elencate di seguito, si prevedono solo trattamenti autunnali e invernali "sul bruno" (ovvero dopo la caduta delle foglie, sui rami spogli) impiegando prodotti rameici:

- **Monilia** (*Monilia laxa*, sin. *Sclerotinia cinirea* o *Sclerotinia laxa* Fuckel, *Monilia fructigena*, *Monilia fructicola*);
- **Cancro batterico delle drupacee** (*Xanthomonas campestris* Dowson pv *pruni*, *Pseudomonas syringae* Van Hall, *Agrobacterium tumefaciens* Smitch & Townsend);
- **Cancro rameale** (*Phomopsis amygdali*).

Si specifica che tali trattamenti saranno eseguiti in linea con la scheda "Prescrizione rame arboree" dei medesimi DPI, ovvero impiegando una dose cumulativa massima di kg 28 per ettaro nell'arco di un settennio e rispettando comunque la quantità di kg 4 di rame per ettaro ad anno.

La **gestione dell'interfila (6)** consisterà nella semina e nel mantenimento attraverso sfalci periodici delle interfile inerbite, utilizzando mix tecnici adatti allo scopo. Tale pratica rientra tra le tecniche migliori per una gestione sostenibile degli impianti arborei, garantendo al terreno:

- l'arricchimento in sostanza organica;
- il miglioramento della struttura e riduzione dei fenomeni di compattamento;
- il miglioramento dell'areazione e della dotazione d'acqua.

La tipologia di impianto proposto consentirà di effettuare tutte le operazioni in maniera meccanizzata; il rilancio del settore e l'impegno profuso da aziende insistenti nel medesimo areale consentirà la possibilità di **rivolgersi facilmente a contoterzisti locali** per l'esecuzione delle stesse.

Per le medesime motivazioni, le produzioni troveranno facile collocazione nel mercato di riferimento, preferendo dunque la vendita diretta (**filiera corta**): si ipotizza inoltre la possibilità entrare a far parte di consorzi di coltivazione, conduzione e vendita.

Per quanto concerne invece l'**utilizzo degli scarti produttivi degli impianti mandorlicoli**, si ipotizza di destinare i mali all'alimentazione zootecnica, in particolare degli ovini. Tale pratica risulta essere parecchio diffusa: in California, ad esempio, tali sottoprodotti vengono generalmente aggiunti alle diete per i bovini da latte.

Scerra et al. (2022) hanno studiato gli effetti dell'impiego del mallo di mandorla sulle performance di crescita e sulla qualità della carne ovina.

Il **mallo di mandorla** presenta un contenuto proteico relativamente basso e una percentuale elevata di fibra, con una notevole concentrazione di carboidrati non strutturali. Tuttavia, la composizione del mallo di mandorla può variare considerevolmente a causa di diversi fattori, tra cui la varietà e la presenza di detriti. (DePeters, Swanson, Bill, Asmus & Heguy, 2020).

Nel 2003, uno studio condotto da Takeoka e Dao ha dimostrato che gli estratti di mallo di mandorla mostrano una capacità antiossidante superiore a quella di una concentrazione equivalente di α -tocoferolo. Questo sottoprodotto presenta anche un buon contenuto di composti fenolici, che possono raggiungere fino al 4,5%, tra cui acidi fenolici e glicosidi flavonolici (An et al., 2020). Attualmente, si presta particolare attenzione alle azioni biologiche dei composti fenolici presenti negli alimenti (An et al., 2020; Zahra Najari, Khodaiyan, Yarmand e Hossein, 2022). Diversi studi hanno evidenziato i benefici dei composti fenolici, molti dei quali sono legati alla loro capacità antiossidante (Hussain et al., 2016; Li, Li e Lin, 2018; Oliveira et al., 2016).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023
			Pagina 62 di 97

Gli effetti dell'inclusione del mallo di mandorla nelle diete per ovini sulle prestazioni di crescita e sulle caratteristiche della carcassa sono stati studiati da Phillips, Doyle, Harl, Carpenter e Aschenbrener (2015). Tuttavia, ci sono poche informazioni sugli effetti dell'utilizzo del mallo di mandorla sulla qualità della carne. Solo di recente sono stati pubblicati i risultati di uno studio condotto da Scerra et al. (2022), che ha valutato gli effetti dell'utilizzo di questo sottoprodotto su diversi aspetti qualitativi delle carni.

Nello studio di Scerra et al. (2022), l'integrazione del mallo di mandorla nelle diete per ovini **non ha avuto alcun effetto negativo** sull'incremento medio giornaliero, sull'ingestione volontaria e, di conseguenza, sul peso finale degli animali. Gli autori hanno sottolineato che la composizione delle diete ha probabilmente influenzato questi risultati. Infatti, per compensare il basso tenore proteico del mallo di mandorla, le diete che lo includevano sono state formulate con una maggiore percentuale di faveno rispetto alla dieta di controllo. Risultati simili sono stati osservati in uno studio sperimentale condotto da Phillips et al. (2015), in cui il mallo di mandorla è stato integrato nella dieta al 10%. Rad, Rouzbehan e Rezaei (2016) non hanno osservato differenze statisticamente significative nell'incremento medio giornaliero e nell'ingestione quando l'erba medica è stata sostituita con il mallo di mandorla e urea in una dieta per agnelli da ingrasso.

Per quanto riguarda il profilo lipidico delle carni, non sono state osservate variazioni in seguito all'integrazione del mallo di mandorla nella dieta. Nonostante l'elevato contenuto di composti bioattivi, in particolare di composti fenolici, nella dieta con mallo di mandorla rispetto alla dieta di controllo, e considerando gli effetti di tali molecole sui processi bio-idrogenativi ruminali (Salami et al., 2019; Scerra et al., 2018; Scerra et al., 2021; Vasta et al., 2019), gli autori si aspettavano variazioni in alcuni acidi grassi coinvolti in tali processi.

Le analisi effettuate per valutare la stabilità ossidativa delle carni hanno mostrato che l'integrazione del mallo di mandorla ha portato a un **prolungamento della shelf-life**. Infatti, durante il periodo di osservazione, i valori di TBARS nelle carni provenienti dalle diete con mallo di mandorla sono risultati inferiori rispetto alla dieta di controllo, con valori al di sotto di 2 mg MDA/Kg, soglia per la percezione sensoriale di rancidità (Campo et al., 2006). Inoltre, gli effetti della dieta sulla stabilità ossidativa sono stati più evidenti quando la carne è stata sottoposta a condizioni pro-ossidanti come la cottura.

Gli autori concludono suggerendo che l'inclusione del mallo di mandorla fino al 30% nelle diete potrebbe essere una strategia ottimale per **ridurre l'uso di cereali** senza compromettere le prestazioni di crescita degli animali, migliorando al contempo la stabilità ossidativa della carne.

6.2.3. Avvicendamento di erbai annuali

La maggior parte della superficie interessata dall'installazione dell'impianto agrivoltaico (area recintata pari a **ha 76,68**) sarà vocata alla coltivazione di specie seminatrici da erbaio, destinate al foraggiamento dei capi ovini di proprietà di aziende locali.

Il presente progetto agrivoltaico vuole contribuire al sostegno di un'attività agricola - l'allevamento ovino - che rappresenta per la Sardegna la fetta più importante dell'intero comparto agricolo regionale.

Si prevede la **coltivazione di specie erbacee (graminacee e leguminose) in avvicendamento**, evitando il ristoppio⁵⁵.

Una corretta variazione delle specie coltivate sullo stesso appezzamento comporta plurimi vantaggi:

- permette di ridurre il carico degli agenti biologici avversi (l'alternanza delle colture crea una variazione di condizioni contrastando naturalmente la proliferazione - e conseguente diffusione - di tali agenti);
- migliora la fertilità del terreno e la struttura dello stesso (i diversi apparati radicali esplorano il terreno a diverse profondità);
- assicura, a parità di condizioni, una resa maggiore.

Inoltre, la tecnica dell'avvicendamento culturale produce benefici ed intrinseci effetti ambientali riconosciuti ormai da secoli, quali:

- maggiore biodiversità;
- maggiore equilibrio dei fabbisogni idrici nel tempo;
- minori danni da erosione del terreno;
- minori rischi di lisciviazione di nitrati;
- valorizzazione del paesaggio agrario.

Come precedentemente anticipato, le superfici destinate alla coltivazione di erbai annuali saranno condotte ricorrendo alla pratica della minima lavorazione (*Minimum Tillage* - MT), in linea con quanto sostenuto e finanziato dalla nuova PAC 2023-2027 della Regione Sardegna con l'**ACA03**.

Si prevede inoltre di **ridurre al minimo l'uso delle sostanze chimiche di sintesi** (fitofarmaci e fertilizzanti) programmando e razionalizzando gli interventi in base alla coltura considerata, nel rispetto dei principi ecologici, economici e tossicologici anche attraverso l'impiego di supporti informativi (vedasi Capitolo 7), garantendo un minor impatto ambientale contribuendo alla riduzione dell'immissione nell'ambiente di sostanze potenzialmente nocive per la salute umana e l'ecosistema.

⁵⁵ Con il termine ristoppio si intende la ripetizione di una coltura (soprattutto cereali) per due o più anni consecutivi.

6.2.3.1. Scelta delle specie

Le specie che si succedono in una rotazione colturale si suddividono in **tre gruppi principali**:

- **Specie depauperanti:** sfruttano gli elementi nutritivi presenti nel terreno e lo impoveriscono. Tra queste si possono citare i cereali autunno-vernini, come il frumento, l'orzo, la segale e generalmente tutti i cereali da granella;
- **Specie da rinnovo:** richiedono cure colturali specifiche, come l'ottima preparazione del terreno ed equilibrate concimazioni organiche che a fine ciclo incidono positivamente sulla struttura del terreno. Le specie che rientrano in questa categoria sono, per esempio, il mais, la barbabietola da zucchero, la patata, il pomodoro, il girasole, il colza, ecc.;
- **Specie miglioratrici:** aumentano la fertilità del terreno, arricchendolo di elementi nutritivi. Le protagoniste di questa tipologia sono le leguminose, quali ad esempio l'erba medica, il trifoglio e la soia, che naturalmente sono in grado di fissare l'azoto atmosferico.

La proposta avanzata prevede una **rotazione biennale** (Tabella 4), con assenza di ristoppio: nel corso degli anni si alterneranno una coltura depauperante (orzo, graminacea) ed una miglioratrice (trifoglio, leguminosa).

Tabella 4. Dettaglio dell'avvicendamento colturale proposto

AVVICENDAMENTO COLTURALE PROGETTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"												
A/M	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O
1°	ORZO											
2°	TRIFOGLIO ALESSANDRINO											

La coltura depauperante a destinazione foraggera è l'**orzo** (*Hordeum vulgare* L.), una specie erbacea a ciclo autunno-vernino appartenente alla famiglia delle Graminacee coltivata principalmente per la produzione delle cariossidi⁵⁶ (comunemente detta granella) Figura 46. Questa coltura è molto versatile dal punto di vista dell'utilizzo; si riconoscono tre differenti utilizzi:

- **alimentazione umana:** la granella viene utilizzata come alimento decorticato tal quale (orzo perlato) o molita per l'ottenimento di farine da mescolare a quelle di frumento;
- **produzione di malto:** è il cereale più adatto per la produzione di malto. A differenza del mais (la cui cariosside ha un elevato contenuto in lipidi) non irrancidisce e a differenza del frumento non sviluppa microrganismi durante la fase di germinazione;
- **alimentazione zootecnica:** il kg di orzo è unità di misura alimentare di riferimento per antonomasia, corrispondente ad 1 U.F. (unità foraggera)⁵⁷. Questo cereale è esteso come alimento per tutte le specie allevate ed è caratterizzato da un elevato valore energetico e da un equilibrato rapporto proteina/energia. In questo caso può essere utilizzata sia la granella (usata tal quale o per la produzione di concentrato) che la granella insieme alle altre parti vegetali (foraggio "trinciato" o foraggio verde affienato).

⁵⁶ La cariosside è il frutto secco indeiscente tipico della famiglia delle Graminacee, contenente un solo seme.

⁵⁷ In zootecnica, l'UF (Unità Foraggera) 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).



Figura 46. Campo coltivato a orzo.⁵⁸

L’orzo si adatta facilmente a condizioni di notevole siccità, elevata salinità e freddo moderato. Tollera inoltre le elevate temperature (fino a 38° C), risultando quindi adatto al contesto climatico tipico della Regione di intervento. Predilige un **pH sub-alcino**, compreso tra i valori di 7 e 8 e terreni con una buona dotazione in potassio assimilabile ed anidride fosforica.

Ha invece **basse esigenze in termini di azoto** (dimezzate rispetto al frumento), il che consentirà di limitare gli apporti di fertilizzanti contenenti questo elemento, sfruttando la fertilità residua delle specie che lo precederanno (azotofissazione delle specie leguminose).

Rispetto al frumento, l’orzo ha un **ciclo biologico più breve** (la semina avviene solitamente intorno al 15 ottobre e la raccolta invece si esegue solitamente intorno al 15 giugno, in relazione alle scelte economiche aziendali e alle condizioni climatiche dell’annata). La sua precocità gli permette di sfruttare al meglio la dotazione di acqua disponibile nel terreno e sfuggire alla “stretta”⁵⁹.

Da sottolineare anche quanto indicato dalle “Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici” pubblicate dal MiTE il 18 giugno 2022, nelle quali l’orzo viene definito “coltura adatta” in quanto un’ombreggiatura moderata causata dalla componente per la produzione di energia da fonte fotovoltaica **non ha quasi alcun effetto sulle rese**.

Al frumento duro succederà un erbaio di trifoglio alessandrino, coltura destinata anch’essa al foraggiamento zootecnico.

⁵⁸ <https://i0.wp.com/www.naturalmia.it/wp-content/uploads/2015/09/orzo-1.jpg>

⁵⁹ La stretta delle colture cerealicole è un fenomeno causato da uno stress idrico nella fase di spigatura provocante rachitismo delle cariossidi, il che si traduce in un abbattimento delle produzioni ed un peggioramento delle caratteristiche merceologiche delle granelle.

Il **trifoglio alessandrino** (*Trifolium alexandrinum* L.) è una specie annuale appartenente alla famiglia delle Fabaceae (anche dette leguminose), a ciclo autunno-vernino negli ambienti meridionali e delle isole (Figura 47). Si inserisce nelle rotazioni come coltura principale, alternandosi tipicamente con i cereali), completando il suo intero ciclo biologico mediamente in 7-8 mesi. Viene coltivato prevalentemente come erbaio destinato allo sfalcio e alla fienagione (2-3 sfalci nell'arco di un anno).



Figura 47. Prato di trifoglio alessandrino in fioritura.

È una specie che resiste bene alle alte temperature (fino a 40°C) e notoriamente non molto esigente in fatto di lavorazioni, venendo sovente seminata anche su sodo⁶⁰ in virtù del suo apparato radicale fittonante capace di esplorare gli strati di terreno più bassi alla ricerca di acqua. L'apparato radicale presenta inoltre una spiccata presenza di tubercoli che si formano ad opera di *Phyllobacterium trifolii* Valverde et al. 2005 (ex *Rhizobium trifolii*), batterio simbiotico⁶¹ capace di fissare nel terreno l'azoto atmosferico molecolare e renderlo biodisponibile per le piante: questa peculiarità (tipica per altro di tutte leguminose), rende il trifoglio alessandrino pianta miglioratrice.

In condizioni meteorologiche tipiche della Sardegna e di regime asciutto (non irrigazione), la stagione produttiva di questa specie può essere prolungata fino a giugno-luglio, fornendo quindi biomassa foraggiabile in una finestra temporale in cui le colture tradizionali hanno già terminato il loro ciclo.

⁶⁰ La semina su sodo è una tecnica che contempla l'utilizzo di macchinari appositi in grado di seminare in maniera diretta su terreni non lavorati od occupati dai residui colturali delle coltivazioni precedenti.

⁶¹ *Phyllobacterium trifolii* Valverde et al. 2005 infetta tipicamente gli apparati radicali dei generi *Trifolium* e *Lupinus*.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023
			Pagina 67 di 97

6.2.3.2. Operazioni colturali

Le operazioni colturali previste risultano in linea con quanto sostenuto e finanziato dalla nuova programmazione della PAC della Regione Sardegna 2023-2027. Nello specifico, si prevede il ricorso alla Minima Lavorazione e nel nuovo ACA3 della nuova PAC 2023-2027. La **Minima lavorazione** (*Minimum Tillage* - **MT**) prevede la preparazione del letto di semina di tutte le specie proposte attraverso **un solo passaggio di discatura eseguito con erpice a dischi o una fresatura profonda al massimo cm 15**. Tale operazione garantirà la trinciatura e l'interramento dei residui colturali della specie precedente, delle infestanti estive e l'affinamento delle zone più superficiali del terreno, predisponendolo alla successiva semina. Verranno inoltre impiegate sementi conciate, riducendo drasticamente il rischio di propagazione di parassiti fungini.

- **ORZO**

La coltivazione dell'orzo comincerà con una MT, ipotizzabile nel mese di ottobre. Seguirà la semina, ipotizzata nella quarta settimana di novembre, con macchina capace di eseguire in un unico passaggio anche la concimazione (se necessaria, in base ai dati raccolti dal monitoraggio, vedasi Capitolo 7) e la rullatura.

Verrà impiegata una quantità di circa 120-150 kg/ha di semente, raggiungendo una densità di cariossidi seminate di 400/m², ottenendo così un numero stimato di spighe densità di 600 su m². Si prevede di modularla in base alle scelte di destinazione produttiva.

È prevista, tra la fine della fase di accostamento e l'inizio della fase di levata, un **trattamento preventivo a base di prodotti cuprici** (anticrittogamici a base di rame come idrossido di rame, solfato di rame tribasico, ossido rameoso, ecc., ammessi anche nel regime biologico). L'apporto di zolfo in questa fase fenologica contribuirà anche al miglioramento della qualità della granella. Un ulteriore trattamento che copra la coltura sino alla raccolta, da eseguire dopo la fase fenologica della spigatura) sarà valutata con il supporto del DSS e del monitoraggio (vedasi sempre Capitolo 7).

L'orzo, se destinato alla fienagione verde, sarà raccolto con un primo passaggio con falciatrice dotata di apparato condizionatore a rulli o flagelli di modeste dimensioni (larghezza media in commercio compresa tra i 2 e i 4 metri) ed un successivo passaggio con macchina capace di raccogliere e pressare il materiale vegetale in balle; se destinato alla produzione di granella, sarà invece raccolto mediante mietitrebbiatura (ipotizzabile nel mese di giugno), a cui seguirà la raccolta delle paglie. In caso di produzione di trinciato destinato all'insilaggio, verrà raccolto anticipatamente (allo stadio di maturazione latteo-cerosa della granella) con passaggio di macchina trinciatrice.

- **TRIFOGLIO ALESSANDRINO**

La coltivazione del trifoglio da erbaio sfalciabile comincerà con una MT e semina, idealmente eseguite con le medesime modalità e tempistiche dell'orzo. Verrà impiegata una quantità stimata di 20-40 kg/ha di semente. Si ipotizza di utilizzare semente inoculata con *Phyllobacterium trifolii* (almeno per la prima semina) in modo da innescare la simbiosi e assicurarsi che il batterio colonizzi il terreno. Contestualmente alla semina, si prevede l'esecuzione di una leggera concimazione fosforica (70 kg/ha) e potassica (60 kg/ha) in base ai dati raccolti con il monitoraggio.

L'erbaio di trifoglio garantirà circa 3 sfalci annuali. Lo sfalcio consisterà in un primo passaggio con falciatrice dotata di apparato condizionatore a rulli o flagelli di modeste dimensioni (larghezza media in commercio compresa tra i 2 e i 4 metri) ed un successivo passaggio con macchina capace di raccogliere e pressare il materiale vegetale in balle. L'ultimo sfalcio avverrà idealmente a giugno-luglio.

6.2.3.3. Gestione delle superfici

L'avvicendamento proposto garantirà un miglioramento della struttura del terreno, della sua disponibilità organica e della capacità di trattenere acqua; il mantenimento parziale dei residui vegetali fino alle successive semine e la presenza della componente impiantistica per la produzione di energia fotovoltaica concorreranno al mantenimento di una buona umidità del suolo. **Non è prevista l'esecuzione di interventi irrigui** sulle superfici destinate alla produzioni di erbai annuali.

Inoltre, si verrà a creare un circolo virtuoso in cui le specie godranno del mutuo beneficio, diminuendo così il ricorso ad operazioni colturali e all'utilizzo di prodotti di sintesi, sia per la fertilizzazione sia per la difesa fitosanitaria.

La struttura dello strato attivo sarà migliorata sia dall'apporto di sostanza organica derivante dalla biomassa lasciata sul suolo a fine ciclo colturale, sia dall'azione meccanica derivante dalla crescita delle radici delle stesse (che hanno caratteristiche differenti in termini di capacità di approfondimento).

La biomassa lasciata in campo ne permetterà una copertura continua, ciò permette di **contrastare il fenomeno dell'erosione**.

L'avvicendamento colturale inoltre limiterà il rischio derivante dall'avvento di fisiopatie, molto probabile invece nel caso di ristoppio. Si prevedono trattamenti preventivi (vedasi Capitolo 6.2.3.2) con l'impiego di soli prodotti naturali ed organici, ammessi peraltro anche nel regime biologico.

Qualora, in base allo sviluppo vegetativo delle colture, dovessero risultare necessari interventi di fertilizzazione si farà ricorso a prodotti derivanti dalle aziende zootecniche locali od altri ammendanti organici.

Si prevede l'introduzione dell'utilizzo di un **Decision Support System (DSS)** agricolo, come specificato di seguito (vedasi Capitolo 7), ciò permetterà sia di monitorare le produzioni sia un uso più razionale delle risorse. I DSS integrano l'andamento meteorologico, lo sviluppo fenologico delle colture e algoritmi matematici per fornire all'utente informazioni preziose per la gestione della coltura e dei trattamenti di difesa; consentendo, così, un'ottimale programmazione delle operazioni, un risparmio in termini di trattamenti fitosanitari, di calcolare correttamente i volumi di adacquamento e il numero di interventi.

Si ribadisce, infine, che le scelte agronomiche proposte sono frutto di valutazioni multifattoriali che tengono conto anche della natura innovativa del sistema, che prevede la coesistenza della produzione di energia e la gestione agricola dello stesso appezzamento.

Considerando la tipologia di indirizzo produttivo proposto, **verranno impiegate macchine facilmente reperibili**, già in possesso a contoterzisti della zona.

In termini di **destinazione delle biomasse prodotte**, si ipotizza la vendita diretta ad allevatori locali per il foraggiamento dei capi ovini.

7. Precision farming e monitoraggio agronomico

Come descritto nel Capitolo 6.2, si è optato di condurre i terreni oggetto di intervento secondo i principi dell'**agricoltura conservativa** e della **produzione integrata**.

In aggiunta, si prevede di migliorare la gestione attraverso accorgimenti che consentiranno di avvicinare progressivamente l'azienda a una gestione sempre più orientata ad un' **Agricoltura di Precisione (AP)**⁶².

Le definizioni di AP (Pisante, 2013) riguardano l'adozione di tecniche che consentono di:

- migliorare l'apporto di input attraverso l'analisi di dati raccolti da sensori e la relativa elaborazione con strumenti informativi (DSS⁶³, meglio descritti più avanti), che, gestendo la variabilità temporale, permettono di dosare al meglio l'impiego di input (acqua, prodotti fitosanitari e concimi);
- garantire la tracciabilità del prodotto utilizzando tecnologie informatiche per la registrazione dei dati di campo;
- impiegare "macchine intelligenti" in grado di modificare la propria modalità operativa all'interno delle diverse aree.

A livello nazionale esistono delle "Linee Guida per lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione in Italia"⁶⁴, redatte a cura del Gruppo di Lavoro nominato con DM n. 8604 dell'1/09/2015 e pubblicate nel settembre 2017 da parte del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, che costituiscono uno specifico approfondimento sull'innovazione tecnologica in campo agricolo, illustrando le metodologie da attuare per la realizzazione dell'Agricoltura di Precisione. Tali Linee Guida sono state utilizzate come modello di riferimento nella predisposizione del modello di gestione di monitoraggio del progetto.

Considerata la realtà aziendale, si prevede di agire introducendo:

- una stazione agrometeorologica dotata di sensori standard per la misurazione di temperatura del suolo e dell'aria, quantità di pioggia, velocità e direzione del vento, umidità del suolo e dell'aria, radiazione solare totale, evapotraspirazione e bagnatura fogliare (Figura 48);
- impiego di un supporto informativo (Decision Support System, DSS, Figura 48) per la registrazione delle operazioni di campo, la consultazione e l'elaborazione dei dati meteo per garantire un utilizzo razionale degli input agronomici. La registrazione dei dati di produzione, se integrata con il DSS, consente la compilazione in tempo reale dei dati necessari per il quaderno di campagna⁶⁵.

Si esclude al momento l'integrazione dei dati di posizionamento dei macchinari con il DSS.

⁶² Agricoltura che impiega strumenti, tecnologie e sistemi informativi allo scopo di supportare il processo di assunzione di decisioni in merito alla produzione dei raccolti (Gebbers e Adamchuk, 2010)

⁶³ DSS sono sistemi informatici che raccolgono, organizzano, interpretano e integrano in modo automatico le informazioni provenienti in tempo reale dal monitoraggio dell'«ambiente coltura» (attraverso sensori o attività di monitoraggio). I DSS analizzano questi dati per mezzo di avanzate tecniche di modellistica e, sulla base degli output dei modelli, generano una serie di allarmi e supporti alle decisioni.

⁶⁴ <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/12069>

⁶⁵ Il Quaderno di campagna o Registro dei trattamenti, come indicato al comma 3 dell'art. 42 del DPR n. 290/01, è un registro obbligatorio per tutte le aziende agricole che utilizzano prodotti fitosanitari per la difesa delle colture agrarie che riporta cronologicamente l'elenco dei trattamenti eseguiti sulle diverse colture oppure, in alternativa, una serie di moduli distinti, ciascuno relativo ad una singola coltura.

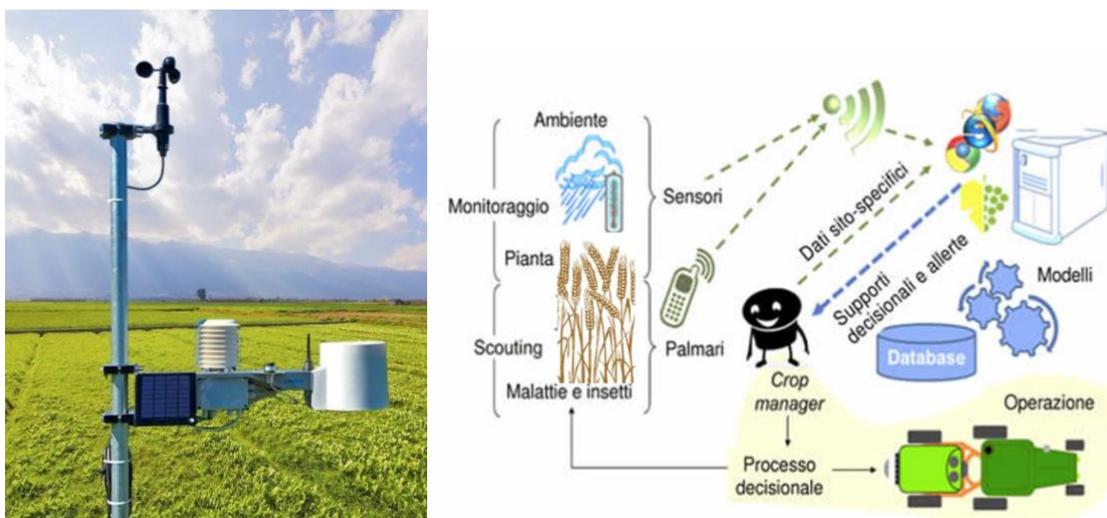


Figura 48. Stazione agrometeorologica e schema di flusso dei DSS

L’installazione della stazione agrometeorologica è conforme a quanto indicato dalle “Linee Guida per l’Applicazione dell’Agro-fotovoltaico in Italia” (Unitus, 2021). Per poter controllare lo stato quali-quantitativo della componente/fattore ambientale biota, nonché la sua evoluzione nello spazio e nel tempo è, infatti, di fondamentale importanza la conoscenza dei parametri ambientali. A tale scopo l’ubicazione e il tipo di stazione verranno eletti nel rispetto dei parametri (Figura 49) indicati dal WMO (WMO, 2018) che definisce i quattro criteri necessari per ottenere delle misurazioni di qualità:

- utilizzare stazioni meteorologiche automatiche;
- utilizzare sensori di qualità elevata;
- installare i sensori in siti idonei, con una corretta altezza dal suolo ed esposizione;
- garantire un elevato standard di supervisione (manutenzione, ispezione e calibrazione dei sensori).

Strumento	Altezza installazione	Localizzazione
Termo/igrometro	da 1.70 a 2.00 metri	Superficie erbosa obbligatoria, esposizione schermo solare a Sud, distanza da eventuali edifici, almeno 10 metri.
Pluviometro	Alla medesima altezza del sensore di temperatura/umidità.	In campo aperto, lontano almeno 10 metri da ostacoli verticali, quali edifici o alberi che ne impediscano l'accumulo della pioggia o neve soprattutto in caso di precipitazioni trasversali.
Radiazione Solare.	Oltre i 2.00 metri	Alla sommità del palo dove sarà installata la stazione meteorologica.
Anemometro	Da 2.50 a 10.00 metri di altezza.	Anch'esso in campo aperto, alla sommità del palo e comunque non oltre i 10 metri di altezza, lontano da ostacoli verticali per almeno 10 metri.
Schermatura consigliata	-	Schermo solare passivo(5 o 8 piatti Davis) o ventilato o capannina.

Figura 49. Caratteristiche dei sensori e dei siti (WMO, 2018).

La stazione verrà posizionata all’interno di uno dei lotti in conformità con quanto appena indicato.

La raccolta dei dati meteo avverrà durante la fase di esercizio dell’impianto (corso d’opera).

La scelta del DSS da impiegare verterà, in particolare, sull’identificazione di un sistema in grado di fornire gli indici di rischio per le malattie delle colture scelte per la proposta progettuale. Attraverso il DSS sarà possibile monitorare:

- la registrazione delle concimazioni effettuate con l’indicazione dei prodotti specifici e delle relative titolazioni; la definizione delle quantità di concime da applicare in funzione del tipo di terreno, dell’andamento meteorologico, della resa attesa e del processo colturale; l’ottimizzazione delle tempistiche;

- la registrazione delle produzioni ottenute, utile anche per la creazione di un database relativo alla coltivazione in un sistema agrivoltaico di pieno campo su un periodo di 25-30 anni;
- lo sviluppo di patologie, riducendo il numero di interventi. Nello specifico, per l'orzo si ricorrerà a modelli previsionali⁶⁶ per il genere *Fusarium* ed altri parassiti fungini (causanti mal del piede, oidio e marciumi radicali), per il mandorlo a modelli previsionali⁶⁷ per le specie del genere *Monilia* (causanti il marciume bruno).

L'integrazione, tra i dati meteo registrati in campo e l'elaborazione dei dati da parte del DSS e le analisi ad opera di un tecnico specializzato serviranno per orientare al meglio le decisioni agronomiche, favorendo quindi:

- l'utilizzo sostenibile dei prodotti (prodotti fitosanitari e concimi);
- l'individuazione del momento migliore di intervento in campo;
- la registrazione delle produzioni e la tracciabilità del prodotto;
- il monitoraggio delle produzioni ottenibili in un sistema agrivoltaico;
- la corretta modulazione degli interventi irrigui.

Infine, per tutte le colture previste, la registrazione delle produzioni ottenute porterà alla creazione di un database relativo alla coltivazione in un sistema agrivoltaico di pieno campo su un periodo di 25-30 anni. L'analisi di questi dati contribuirà quindi anche ad aumentare le conoscenze utili ad individuare le colture più adatte a tale sistema produttivo in condizioni agroambientali analoghe a quelle del sito di intervento.

⁶⁶ <https://www.horta-srl.it/orzo-net/>

⁶⁷ <https://www.elaisian.com/en/almond/>

8. Analisi economica

Al fine di identificare una soluzione atta a garantire una **produzione agricola compatibile con le caratteristiche pedoclimatiche dell'areale e che, al contempo, valorizzasse il territorio e le sue risorse**, nella fase di progettazione di un impianto agrivoltaico si presta particolare attenzione:

- **alla vocazionalità territoriale;**
- **all'andamento economico del comparto agricolo della Regione** (analizzate nel Capitolo 4).
- **a garantire la continuità dell'indirizzo produttivo**, in linea con quanto indicato al punto B.1.a delle linee guida del MITE (vedasi Capitolo 3.1), attraverso la valutazione dell'Orientamento Tecnico Economico (OTE) e la Produzione Standard (PS).

L'OTE può essere definito come un'evoluzione del più abituale concetto di *indirizzo produttivo* e si basa sul concetto di affinità che ciascuna attività agricola presenta con le altre.

A seconda del livello di dettaglio è possibile distinguere un **OTE generale**, un **OTE principale** e un **OTE particolare**, secondo la categorizzazione riportata in Figura 50:

OTE generali	OTE principali	OTE particolari	
Aziende specializzate - produzioni vegetali			
1 Aziende specializzate nei seminativi	15 Aziende specializzate nella coltivazione di cereali e di piante oleaginose e proteaginose	151 Specializzate nei cereali (escluso il riso) e piante oleose e proteiche	
		152 Risicole specializzate	
		153 Combinazioni di cereali, riso, piante oleose e piante proteiche	
	16 Aziende specializzate in altre colture a seminativi		161 Specializzate nelle piante sarchiate
			162 Combinazioni di cereali, oleaginose, proteiche e sarchiate
			163 Specializzate in orti in pieno campo
164 Specializzate nella coltura di tabacco			
165 Specializzate nella coltura di cotone			
166 Con diverse colture di seminativi combinate			
2 Aziende specializzate in ortofloricoltura	21 Aziende specializzate in ortofloricoltura da serra	211 Specializzate in orticoltura da serra	
		212 Specializzate in floricoltura e piante ornamentali da serra	
		213 Specializzate in ortofloricoltura mista da serra	
	22 Aziende specializzate in ortofloricoltura all'aperto		221 Specializzate in orticoltura all'aperto
			222 Specializzate in floricoltura e piante ornamentali all'aperto
			223 Specializzate in ortofloricoltura mista all'aperto
23 Aziende specializzate in altri tipi di ortofloricoltura		231 Specializzate nella coltura dei funghi	
		232 Specializzate in vivai	
		233 Specializzate in diverse colture ortofloricole	
3 Aziende specializzate nelle colture permanenti	35 Aziende specializzate in viticoltura	351 Vinicole specializzate nella produzione di vini di qualità	
		352 Vinicole specializzate nella produzione di vini non di qualità	
		353 Specializzate nella produzione di uve da tavola	
		354 Viticole di altro tipo	
	36 Aziende specializzate in frutticoltura e agrumicoltura		361 Specializzate produzione frutta fresca (esclusi agrumi, f. tropicale e f. a guscio)
			362 Specializzate produzione di agrumi
			363 Specializzate produzione di frutta a guscio
			364 Specializzate produzione di frutta tropicale
37 Aziende specializzate in olivicoltura		365 Specializzate produzione mista di frutta fresca, agrumi, f. tropicale e f. a guscio	
		370 Specializzate in olivicoltura	
38 Aziende con diversa combinazione di colture permanenti		380 Con diversa combinazione di colture permanenti	

Figura 50. Schematizzazione degli OTE secondo RICA. Fonte : <https://rica.crea.gov.it/tabella-degli-ote-validi-a-partire-dall-esercizio-contabile-2010-25.php>

La **PS** corrisponde al valore monetario medio ponderato della produzione agricola lorda totale (cioè, comprendente oltre al prodotto principale anche eventuali prodotti secondari).

Si specifica tuttavia che, come precedentemente esposto nel Capitolo 5.4, la zona di intervento risulta attualmente occupata da **coltivazioni arboree da legno**, per la quale non è calcolabile una Produzione Standard (PS).

Inoltre, tale attività **non rientra** tra le "produzioni vegetali" dell'Orientamento Tecnico Economico (OTE) definite dalla Rete di Informazione Contabile Agricola (RICA).

In ragione di questo, e trattandosi di fatto di ripristino dell'attività agricola, si assume che la **PS dello stato di fatto** sia pari a **€ 0**.

Per la valutazione dell'OTE aziendale della proposta progettuale, si è fatto riferimento ai valori di Produzione Standard, calcolati dal RICA per la Regione Sardegna⁶⁸ e riferite all'annualità 2017. In Tabella 5 di seguito sono riportate le PS delle colture prese in considerazione per la proposta progettuale:

Tabella 5. Estratto della Tabella delle Produzioni Standard - Anno 2017 della Regione Sardegna

Regione_P.A.	COD_PRODUCT	Rubrica_RICA	Descrizione_Rubrica	SOC_EUR	UM
Sardegna	C1300T	D04	Orzo*	698	EUR_per_ha
Sardegna	G1000T	D18A	Prati avvicendati (medica, sulla, trifoglio, lupinella, ecc.)*	751	EUR_per_ha
Sardegna	J2000T	F02	Pascoli magri	132	EUR_per_ha
Sardegna	F4000T	G01C	Frutteti - frutta a guscio*	5.171	EUR_per_ha
Sardegna	O1910T	G03B	Oliveti - per olive da olio (olio)	1.548	EUR_per_ha

* Colture scelte per la proposta progettuale

Come esposto nel Capitolo 6.2.2, tra le colture arboree - mandorlo e olivo - la scelta è ricaduta sul primo, considerata anche la più alta PS esprimibile dalla specie.

Per quanto concerne invece la scelta delle colture destinate al foraggiamento degli animali (Capitolo 6.2.3), si è optato per un avvicendamento tra orzo e trifoglio: si è esclusa la possibilità di destinare le superfici al pascolamento diretto degli animali da reddito al fine di assicurare una oculata gestione delle stesse e non incorrere in problematiche come il sovrapascolamento, oltre che per la minore redditività.

Per il calcolo della PS delle superfici dell'impianto agrivoltaico si è considerata la capacità produttiva della sola "Area Agricola" all'interno dell'area recintata, calcolata come di seguito in Tabella 6:

Tabella 6. Calcolo superfici agricole di progetto categorizzati per coltura

	MANDORLO	ERBAI	TOTALE
Superficie Recintata (ha)	10,94	76,68	87,61
n° Stringhe (14 moduli)	16	166	182
Lunghezza Stringa "14" (m)	9,78	9,78	9,78
n° Stringhe (28 moduli)	375	2445	2820
Lunghezza Stringa "28" (m)	19,00	19,00	19,00
Larghezza area non interessata dalle colture (m)	3,06	3,06	3,06
Stradelli (m ²)	1723,64	20496,28	22219,92
Locali tecnici (m ²)	253,19	1936,90	2190,09
Superficie Non Agricola (ha)	2,43	16,96	19,38
Superficie Agricola TOT (ha)	8,51	59,72	68,23

⁶⁸ <https://rica.crea.gov.it/produzioni-standard-ps-210.php>

La voce "Superficie Agricola TOT" è stata ottenuta sottraendo all'area recintata la superficie occupata dagli stradelli, dai locali tecnici e dalla superficie non interessata dalle colture; quest'ultima è stata calcolata moltiplicando il numero di stringhe per la loro lunghezza lineare per la voce "larghezza area non interessata dalle colture" (vedasi Capitolo 9, Figura 52), corrispondente alla larghezza minima della proiezione al suolo delle strutture energetiche (con i tracker inclinati di 55°).

La **superficie agricola** destinata alla messa a dimora del mandorleto allevato con il sistema "superintensivo" avrà un'estensione di **ha 8,51**; quella destinata alla coltivazione di erbai annuali destinati al foraggiamento zootecnico avrà un'estensione di **ha 59,72**.

Tali superfici sono state utilizzate per il calcolo della PS del progetto nella seguente Tabella 7:

Tabella 7. Produzioni standard relative alla proposta progettuale

Coltura	Superficie ha	Voce PS	Valore PS 2017 €/HA	PS aziendale
Mandorlo	8,51	Frutteti - frutta a guscio	5.171,00 €	44.005,21 €
Orzo	29,86	Orzo	698,00 €	20.842,28 €
Trifoglio	29,86	Prati avvicendati (medica, sulla, trifoglio, lupinella, ecc.)	751,00 €	22.424,86 €
	68,23			
			TOTALE	87.272,35 €
			Medio annuo/ha	1.279,09 €

La PS delle superfici condotte come da proposta avanzata risulta pari a **€ 1.279,09 annui/ha**. La proposta progettuale garantirà quindi un aumento della PS esprimibile dalle superfici, considerando che allo stato attuale queste ultime sono occupate da colture arboree da legno.

Nei seguenti Capitoli , è esposta l'analisi degli utili "costi e ricavi" delle singole attività agricole, comprese le attività atte a ripristinare le condizioni di fertilità e struttura dei terreni.

8.1. Analisi costi dei lavori preliminari

In Tabella 8 è esplicitata l'analisi dei costi preliminari successivi alle operazioni di taglio (che saranno eseguite ad opera e a spesa degli attuali proprietari dei fondi agricoli) per il ripristino delle condizioni di fertilità e struttura del terreno (vedasi Capitolo 6.2.1), propedeutici all'attività agricola del progetto agrivoltaico:

Tabella 8. Analisi reddituale dei lavori preliminari

COSTI DEI LAVORI PRELIMINARI				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Concimazione di fondo (Acquisto compost/letame e spandimento)	ha	150,00 €	68,23	10.234,50 €
Aratura e ripuntatura	ha	400,00 €	68,23	27.292,00 €
Acquisto sementi (50 kg/ha)	kg	2,75 €	3412	9.381,63 €
Erpicatura e semina	ha	150,00 €	68,23	10.234,50 €
Sfalcio (2 sfalci annuali per 5 anni)	ha	250,00 €	68,23	17.057,50 €
Sovescio medicaio (aratura)	ha	150,00 €	68,23	10.234,50 €
TOTALE				84.434,63 €

UTILE ATTESO 5 ANNI			
Totale Costi	84.434,63 €	Costo medio ha/anno	541,25 €
Totale Ricavi	0,00 €	Ricavo medio ha/anno	0,00 €
UTILE	-84.434,63 €	Utile medio ha/anno	-541,25 €

L'utile totale atteso nell'arco temporale considerato (tale fase avrà una durata di anni 5) ammonta a € - **84.434,63** , corrispondenti a € - **541,25 annui/ha** (considerando una superficie di **ha 68,23**, corrispondenti alla superficie agricola totale dell'impianto agrivoltaico).

8.2. Analisi costi e ricavi del mandorleto superintensivo

In Tabella 9 è esplicitata l'analisi "costi e ricavi" della messa a dimora e della conduzione degli impianti mandorlicoli (vedasi Capitolo 6.2.2):

Tabella 9. Analisi reddituale del mandorleto condotto in modalità "superintensivo"

COSTI DI IMPIANTO MANDORLETO SUPERINTENSIVO				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Concimazione di fondo (Acquisto compost/letame e spandimento)	ha	200,00 €	7,80	1.560,00 €
Aratura e ripuntatura	ha	400,00 €	7,80	3.120,00 €
Erpicatura	ha	100,00 €	7,80	780,00 €
Acquisto materiale propagazione (incluse eventuali fallanze, +10%)	n	3,10 €	6150	19.065,00 €
Messa a dimora piante	ha	700,00 €	7,80	5.460,00 €
Acquisto e posa in opera di impianto di microirrigazione	ha	2.000,00 €	7,80	15.600,00 €
TOTALE				45.585,00 €

COSTI DI COLTIVAZIONE 1° e 2° ANNO				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Potatura meccanica	ha	150,00 €	7,80	1.170,00 €
Inerbimento interfila	ha	150,00 €	7,80	1.170,00 €
Fertilizzazione	ha	100,00 €	7,80	780,00 €
Costi di gestione irrigazione	ha	150,00 €	7,80	1.170,00 €
Acquisto Deltametrina (per 2 interventi)	ha	50,00 €	7,80	390,00 €
Esecuzione trattamento fitosanitario (2 ad anno)	ha	150,00 €	7,80	1.170,00 €
Acquisto prodotti rameici (per 2 interventi)	ha	150,00 €	7,80	1.170,00 €
Esecuzione trattamenti fungicidi (2 ad anno)	ha	150,00 €	7,80	1.170,00 €
TOTALE				8.190,00 €

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNI SUCCESSIVI				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Potatura meccanica	ha	350,00 €	7,80	2.730,00 €
Gestione interfila	ha	100,00 €	7,80	780,00 €
Fertilizzazione	ha	250,00 €	7,80	1.950,00 €
Costi di gestione irrigazione	ha	150,00 €	7,80	1.170,00 €
Acquisto Deltametrina (per 2 interventi)	ha	50,00 €	7,80	390,00 €
Esecuzione trattamento fitosanitario (2 ad anno)	ha	150,00 €	7,80	1.170,00 €
Acquisto prodotti rameici (per 2 interventi)	ha	150,00 €	7,80	1.170,00 €
Esecuzione trattamenti fungicidi (2 ad anno)	ha	150,00 €	7,80	1.170,00 €
Raccolta, smallatura, essiccazione e sgusciatura	ha	2.500,00 €	7,80	19.500,00 €
TOTALE				30.030,00 €

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"

R04

Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico

rev 00

Luglio 2023

Pagina 77 di 97

RICAVI			
ANNO	Produzione media (t/ha)	Prezzo di vendita (€/t)	Totale (€)
3° (15% del potenziale produttivo)	0,84	8.000,00 €	6.720,00 €
4° (50% del potenziale produttivo)	2,80	8.000,00 €	22.400,00 €
5° (80% del potenziale produttivo)	4,48	8.000,00 €	35.840,00 €
6° e successivi (100% del potenziale produttivo)	5,60*	8.000,00 €	806.400,00 €
TOTALE			871.360,00 €

* è stata considerata una produzione di kg 1/pianta a pieno regime di prodotto sgusciato

UTILE ATTESO 20 ANNI			
Totale Costi	594.315,00 €	Costo medio ha/anno	3.809,71 €
Totale Ricavi	871.360,00 €	Ricavo medio ha/anno	5.585,64 €
UTILE	277.045,00 €	Utile medio ha/anno	1.775,93 €

L'utile totale atteso nell'arco temporale considerato (durata media stimata dell'impianto mandorlicolo pari ad anni 20) ammonta a **€ 277.045,00** , corrispondenti a **€ 1.775,93 annui/ha** (considerando una superficie di **ha 7,80**, corrispondenti alla superficie agricola destinata a tale attività).

8.3. Analisi costi e ricavi dell'avvicendamento di erbai annuali

In Tabella 10 è esplicitata l'analisi "costi e ricavi" delle superfici destinate alla coltivazione di erbai annuali (vedasi Capitolo 6.2.3):

Tabella 10. Analisi degli utili delle superfici destinate alla coltivazioni di erbai per l'alimentazione zootecnica

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 1				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Minima lavorazione (discatura o fresatura)	ha	100,00 €	59,72	5.972,00 €
Acquisto sementi orzo (120 Kg/ha)	kg	2,10 €	7166	15.049,44 €
Semina orzo	ha	80,00 €	59,72	4.777,60 €
Trattamento preventivo (acquisto prodotti cuprici e distribuzione)	ha	200,00 €	59,72	11.944,00 €
Sfalcio orzo	ha	110,00 €	59,72	6.569,20 €
Raccolta e pressatura orzo	ha	100,00 €	59,72	5.972,00 €
TOTALE				50.284,24 €

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 2				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Minima lavorazione (discatura o fresatura)	ha	100,00 €	59,72	5.972,00 €
Acquisto sementi trifoglio (20 Kg/ha)	kg	6,20 €	1194	7.405,28 €
Semina trifoglio	ha	80,00 €	59,72	4.777,60 €
Sfalcio trifoglio (3 sfalci annuali)	ha	330,00 €	59,72	19.707,60 €
Raccolta e pressatura trifoglio	ha	100,00 €	59,72	5.972,00 €
TOTALE				43.834,48 €

RICAVI				
Anno-Coltura	Produzione (t/ha)	Produzione Totale (t)	Prezzo di vendita (€/t)	Totale (€)
1° (Orzo)	10	597,2	120	71.664,00 €
2° (Trifoglio)	9	537,48	150	80.622,00 €
TOTALE				152.286,00 €

UTILE ATTESO 20 ANNI			
Totale Costi	941.187,20 €	Costo medio ha/anno	6.033,25 €
Totale Ricavi	1.522.860,00 €	Ricavo medio ha/anno	9.761,92 €
UTILE	581.672,80 €	Utile medio ha/anno	487,00 €

L'utile totale atteso nell'arco temporale considerato (anni 20) ammonta a **€ 581.672,80**, corrispondenti a **€ 487,00 annui/ha** (considerando una superficie di **ha 59,72**, corrispondenti alla superficie agricola destinata a tale attività).

8.4. Analisi preliminare dei costi di monitoraggio agronomico

Tabella 11. Analisi economica per il monitoraggio agronomico.

		ATTIVITÀ			COSTO €	
		MONITORAGGIO METEOROLOGICO	RACCOLTA/GESTIONE/ANALISI DATI DSS	MONITORAGGIO QUALIQUANTITATIVO DELLE PRODUZIONI		
FASE PROGETTUALE *	Ante Operam	Installazione stazione meteo € 3.500,00	-	-	€ 3.500,00	
	Corso d'Opera	-	-	-	-	
	Post Operam	Fase di esercizio	Manutenzione e licenza SW € 3.750,00	Agronomo** € 7.875,00	Agronomo** € 7.875,00	€ 19.500,00
		Fase di dismissione	-	-	-	-
TOTALE					€ 23.000,00	

* Ante Operam/ Corso d'Opera/ Post Operam

** Costo giornaliero € 350,00

- Installazione stazione agrometeorologica: si prevede l'installazione della stazione di monitoraggio in fase ante Operam dotata di sensori di Temperatura/umidità, pluviometro, anemometro, sensori per il rilevamento della radiazione solare globale/ evapotraspirazione. Nel periodo di funzionamento della stessa apparecchiatura potranno essere previste delle operazioni di manutenzione stimabili in circa 250 €/anno (per una durata di circa 15 anni (per analogia con i costi agricoli)).
- Agronomo: nelle diverse fasi di monitoraggio si prevede la figura di un Agronomo che monitori i dati rilevati in campo (monitoraggi, stato fitosanitario, fenologia...), i risultati produttivi ottenuti e fornisca indicazioni tecniche di conduzione, per un impegno totale di 3 giorni l'anno.

9. Conformità alle Linee Guida del MiTE

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

In considerazione del fatto che il progetto proposto non intende accedere ad alcun tipo di contributo statale né agli incentivi del PNRR, l'analisi è stata sviluppata per confermare la rispondenza dell'impianto rispetto delle condizioni A, B e D2, identificati dal MiTE quali requisiti minimi che un progetto come quello proposto deve possedere per essere definito "agrivoltaico":

Al fine di agevolare la comprensione si riporta di seguito la modalità di calcolo dei parametri utilizzati per la valutazione per il progetto proposto:

- **Superficie di ingombro dell'impianto agrivoltaico (S_{pv}):** è stata considerata l'area riferibile alla somma di tutte le superfici delle strutture fotovoltaiche proiettate ortogonalmente al terreno. Il numero delle due tipologie di stringhe installate in ciascuna tessera (Figura 51) è stato moltiplicato per l'area proiettata della singola stringa, ottenuta graficamente ed includendo la proiezione dei moduli, delle cornici, delle staffe di sostegno e dei motori dei tracker.

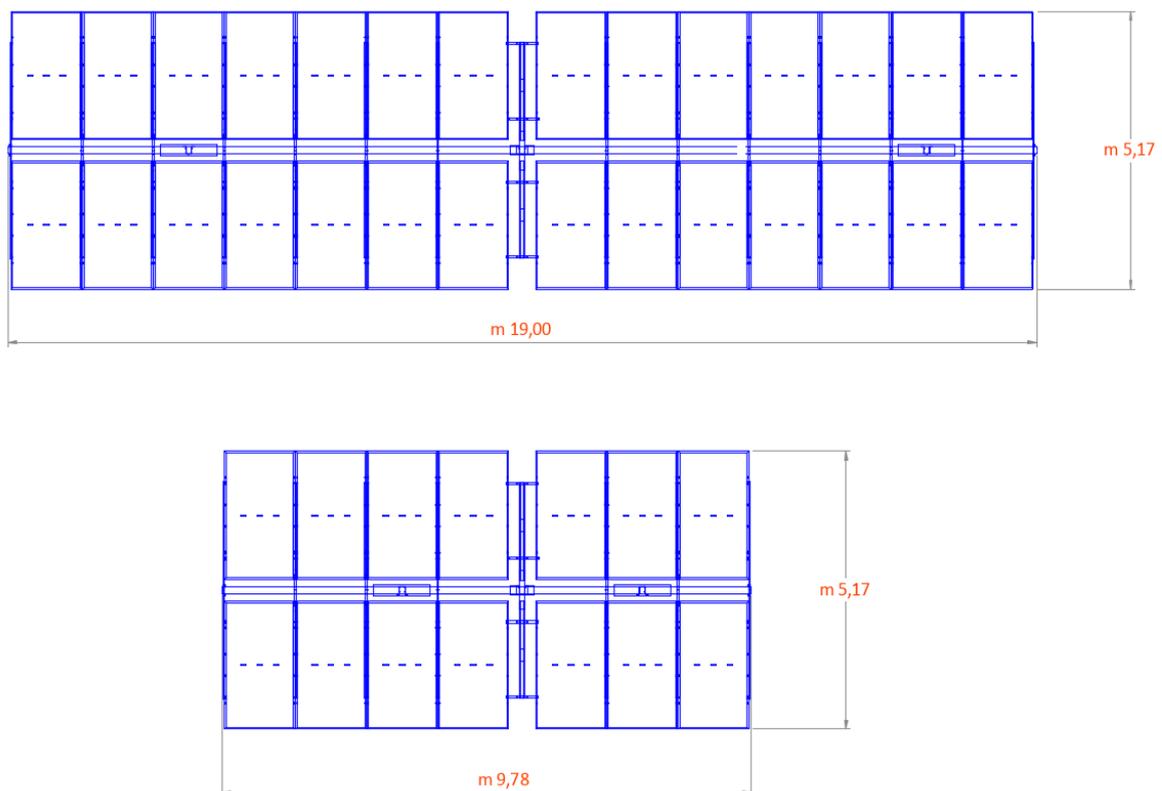


Figura 51. Rappresentazione delle strutture fotovoltaiche utilizzate.

- **Superficie totale di un sistema agrivoltaico (S_{tot}):** per ottenere tale parametro si è fatto riferimento alla superficie delle singole tessere che compongono la totalità del Sistema Agrivoltaico proposto.
 - **Tessere:** le tessere sono state identificate considerando la proiezione ortogonale dei tracker inclinati di 90° (massima superficie proiettata, ovvero con i moduli paralleli al suolo) oltre ad un offset di ogni stringa di valore pari al gap. Per garantire che la tessera rimanga all'interno dell'area recintata, è stata opportunamente rifilata in modo da corrispondere alla recinzione senza superarne i limiti.

- Superficie agricola:** per ciascuna tessera, l'area effettivamente utilizzata per l'attività agricola è stata calcolata sottraendo alla *Superficie Totale* la "**superficie non agricola**" ottenuta sommando l'area occupata dai locali tecnici e dagli stradelli e delle fasce pari alle porzioni di superficie immediatamente prossime ai pali di sostegno. A tale fine è stata considerata una fascia pari alla minima superficie proiettata delle strutture energetiche (tracker inclinati di 55°) ottenuta moltiplicando una larghezza pari a **m 3,06** per la lunghezza totale delle stringhe (Figura 52).

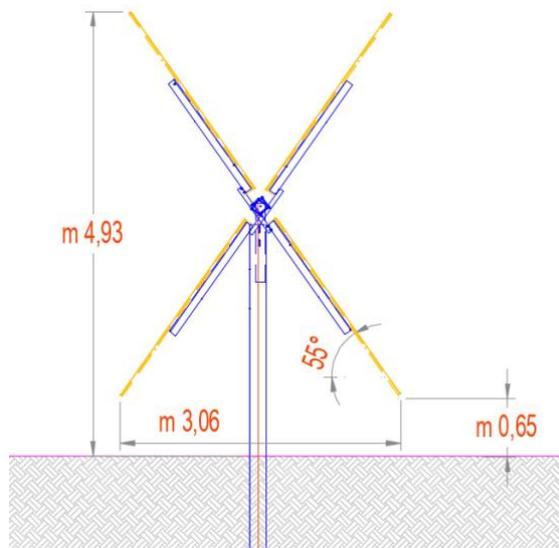


Figura 52. Strutture energetiche utilizzate poste a 55°.

L'impianto agrivoltaico proposto risulta quindi composto da **15 tessere**, rappresentate in Figura 53. A seguire si riportano le valutazioni effettuate per ciascuna tessera:

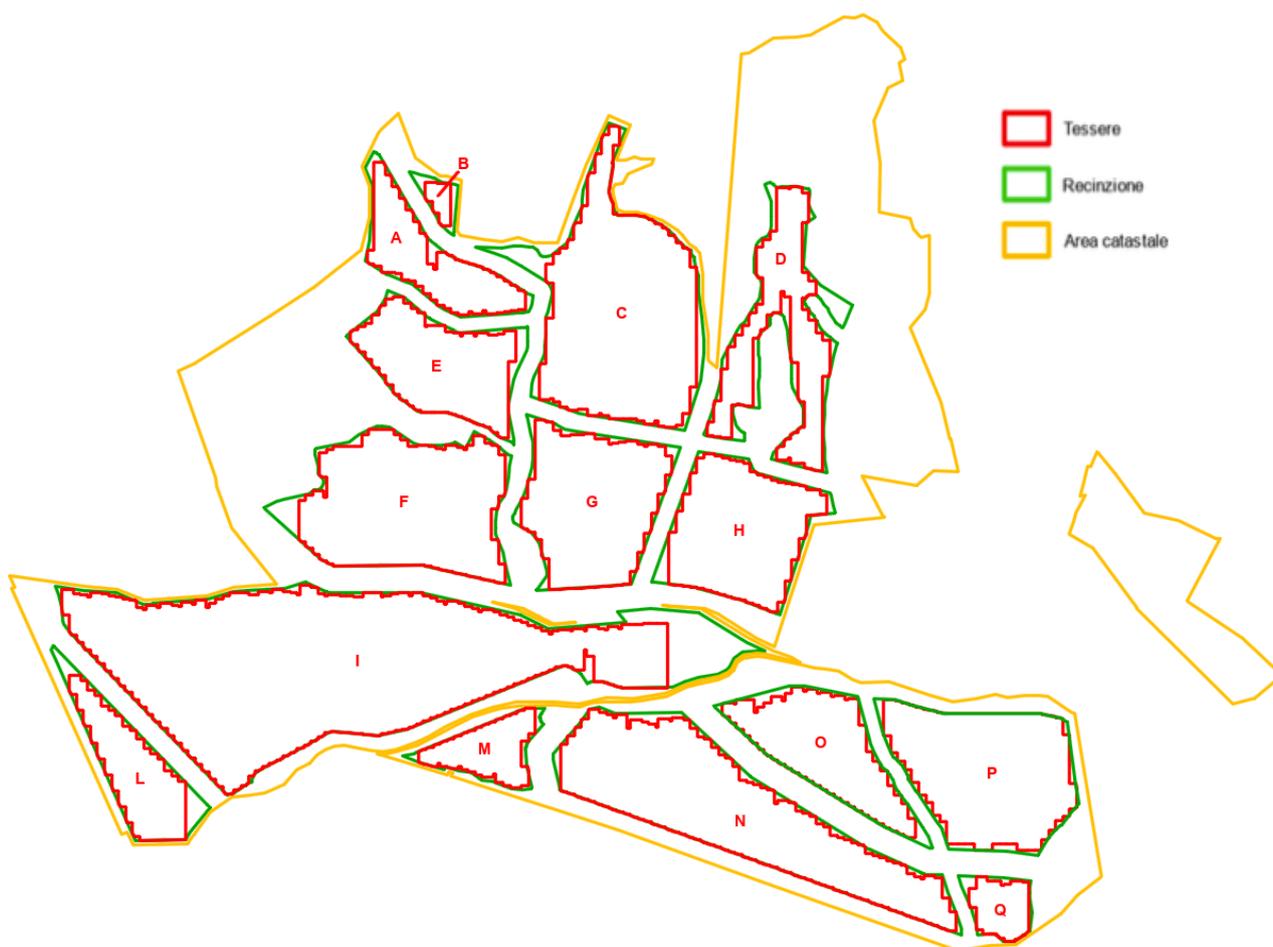


Figura 53. Distribuzione spaziale delle tessere della proposta agrivoltaica

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

L'impianto è stato progettato in modo tale da non compromettere lo svolgimento dell'attività primaria, garantendo al contempo una sinergia della stessa con l'attività di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. In Tabella 12 si riportano le specifiche delle tessere considerate.

Tabella 12. Calcoli per la verifica di conformità al Requisito A delle Linee Guida del MITE

	Tessera A	Tessera B	Tessera C	Tessera D	Tessera E
Superficie Tessera (S_{tot}) (m ²)	25234,76	2411,55	88262,33	37143,59	38331,94
n° Stringhe 14 moduli	8	0	16	18	10
Lunghezza Stringa 14 moduli (m)	9,78	9,78	9,78	9,78	9,78
n° Stringhe 28 moduli	80	6	331	110	134
Lunghezza Stringa 28 moduli (m)	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Larghezza fascia non coltivabile (m)	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06
Locali tecnici e inverter (m ²)	0,00	0,00	29,54	0,00	29,54
Stradelli (m ²)	0,00	0,00	784,84	760,76	340,56
Superficie Non Agricola Tessera (m ²)	4890,61	348,84	20537,55	7694,84	8460,13
Superficie Agricola Tessera (m ²)	20344,15	2062,71	67724,78	29448,75	29871,81
A.1 Rapporto S_{agr}/S_{tot} %	80,62	85,53	76,73	79,28	77,93
Superficie proiettata Stringa 14 moduli (m ²)	50,56	50,56	50,56	50,56	50,56
Superficie proiettata Stringa 28 moduli (m ²)	98,23	98,23	98,23	98,23	98,23
Sup. TOT proiettata Stringhe (m ²)	8262,88	589,38	33323,09	11715,38	13668,42
A.2 LAOR % (S_{pv}/S_{tot})	32,74	24,44	37,75	31,54	35,66

	Tessera F	Tessera G	Tessera H	Tessera I	Tessera L
Superficie Tessera (S_{tot}) (m ²)	70809,17	52991,73	48026,44	192970,87	23709,56
n° Stringhe 14 moduli	10	6	10	40	8
Lunghezza Stringa 14 moduli (m)	9,78	9,78	9,78	9,78	9,78
n° Stringhe 28 moduli	266	199	176	721	78
Lunghezza Stringa 28 moduli (m)	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Larghezza fascia non coltivabile (m)	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06
Locali tecnici e inverter (m ²)	29,54	29,54	70,14	88,62	0,00
Stradelli (m ²)	411,08	413,08	400,96	1390,36	0,00
Superficie Non Agricola Tessera (m ²)	16205,13	12192,04	11003,01	44594,99	4774,33
Superficie Agricola Tessera (m ²)	54604,04	40799,69	37023,43	148375,88	18935,23
A.1 Rapporto S_{agr}/S_{tot} %	77,11	76,99	77,09	76,89	79,86
Superficie proiettata Stringa 14 moduli (m ²)	50,56	50,56	50,56	50,56	50,56
Superficie proiettata Stringa 28 moduli (m ²)	98,23	98,23	98,23	98,23	98,23
Sup. TOT proiettata Stringhe (m ²)	26634,78	19851,13	17794,08	72846,23	8066,42
A.2 LAOR % (S_{pv}/S_{tot})	37,61	37,46	37,05	37,75	34,02

	Tessera M	Tessera N	Tessera O	Tessera P	Tessera Q
Superficie Tessera (S_{tot}) (m ²)	14493,69	86456,88	36874,56	61194,32	9063,36
n° Stringhe 14 moduli	6	26	8	14	2
Lunghezza Stringa 14 moduli (m)	9,78	9,78	9,78	9,78	9,78
n° Stringhe 28 moduli	43	299	123	225	29
Lunghezza Stringa 28 moduli (m)	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Larghezza fascia non coltivabile (m)	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06
Locali tecnici e inverter (m ²)	0,00	59,08	29,54	29,54	0,00
Stradelli (m ²)	0,00	692,96	346,20	415,12	0,00
Superficie Non Agricola Tessera (m ²)	2679,58	18914,00	7766,37	13945,14	1745,91
Superficie Agricola Tessera (m ²)	11814,11	67542,88	29108,19	47249,18	7317,45
A.1 Rapporto S_{agr}/S_{tot} %	81,51	78,12	78,94	77,21	80,74
Superficie proiettata Stringa 14 moduli (m ²)	50,56	50,56	50,56	50,56	50,56
Superficie proiettata Stringa 28 moduli (m ²)	98,23	98,23	98,23	98,23	98,23
Sup. TOT proiettata Stringhe (m ²)	4527,25	30685,33	12486,77	22809,59	2949,79
A.2 LAOR % (S_{pv}/S_{tot})	31,24	35,49	33,86	37,27	32,55

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

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

- Tessera A: S_{agr} m² 20.344,15 pari al **80,6%** della S_{tot} Tessera A (m² 25.234,76)
- Tessera B: S_{agr} m² 2.062,71 pari al **85,5%** della S_{tot} Tessera B (m² 2.411,55)
- Tessera C: S_{agr} m² 67.724,78 pari al **76,7%** della S_{tot} Tessera C (m² 88.262,33)
- Tessera D: S_{agr} m² 29.448,75 pari al **79,3%** della S_{tot} Tessera D (m² 37.143,59)
- Tessera E: S_{agr} m² 29.871,81 pari al **77,9%** della S_{tot} Tessera E (m² 38.331,94)
- Tessera F: S_{agr} m² 54.604,04 pari al **77,1%** della S_{tot} Tessera F (m² 70.809,17)
- Tessera G: S_{agr} m² 40.799,69 pari al **77,0%** della S_{tot} Tessera G (m² 52.991,73)
- Tessera H: S_{agr} m² 37.023,43 pari al **77,1%** della S_{tot} Tessera H (m² 48.026,44)
- Tessera I: S_{agr} m² 148.375,88 pari al **76,9%** della S_{tot} Tessera I (m² 192.970,87)
- Tessera L: S_{agr} m² 18.935,23 pari al **79,9%** della S_{tot} Tessera L (m² 23.709,56)
- Tessera M: S_{agr} m² 11.814,11 pari al **81,5%** della S_{tot} Tessera M (m² 14.493,69)
- Tessera N: S_{agr} m² 67.542,88 pari al **78,1%** della S_{tot} Tessera N (m² 86.456,88)
- Tessera O: S_{agr} m² 29.108,19 pari al **78,9%** della S_{tot} Tessera O (m² 36.874,56)
- Tessera P: S_{agr} m² 47.249,18 pari al **77,2%** della S_{tot} Tessera P (m² 61.194,32)
- Tessera Q: S_{agr} m² 7.317,45 pari al **80,7%** della S_{tot} Tessera Q (m² 9.063,36)

Volendo quindi esprimere un **valore medio** relativo all'impianto, la **superficie agricola risulta pari al 77,7% della superficie totale**, valore assolutamente in linea con i parametri richiesti dal MiTe.

Si specifica inoltre che l'attività agricola proseguirà anche al di fuori delle superfici delimitate dalle tessere (entro comunque l'area recintata pari a ha 87,61) su una superficie netta pari a ha 68,23.

○ **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 m² 8.262,88 pari al **32,7%** della S_{tot} Tessera A (m² 25.234,76)
- S_{pv} Tessera B m² 589,38 pari al **24,4%** della S_{tot} Tessera B (m² 2.411,55)
- S_{pv} Tessera C m² 33.323,09 pari al **37,7%** della S_{tot} Tessera C (m² 88.262,33)
- S_{pv} Tessera D m² 11.715,38 pari al **31,5%** della S_{tot} Tessera D (m² 37.143,59)
- S_{pv} Tessera E m² 13.668,42 pari al **35,7%** della S_{tot} Tessera E (m² 38.331,94)
- S_{pv} Tessera F m² 26.634,78 pari al **37,6%** della S_{tot} Tessera F (m² 70.809,17)
- S_{pv} Tessera G m² 19.851,13 pari al **37,5%** della S_{tot} Tessera G (m² 52.991,73)

- S_{pv} Tessera H m^2 17.794,08 pari al **37,0%** della S_{tot} Tessera H (m^2 48.026,44)
- S_{pv} Tessera I m^2 72.846,23 pari al **37,7%** della S_{tot} Tessera I (m^2 192.970,87)
- S_{pv} Tessera L m^2 8.066,42 pari al **34,0%** della S_{tot} Tessera L (m^2 23.709,56)
- S_{pv} Tessera M m^2 4.527,25 pari al **31,2%** della S_{tot} Tessera M (m^2 14.493,69)
- S_{pv} Tessera N m^2 30.685,33 pari al **35,5%** della S_{tot} Tessera N (m^2 86.456,88)
- S_{pv} Tessera O m^2 12.486,77 pari al **33,9%** della S_{tot} Tessera O (m^2 36.874,56)
- S_{pv} Tessera P m^2 22.809,59 pari al **37,3%** della S_{tot} Tessera P (m^2 61.194,32)
- S_{pv} Tessera Q m^2 2.949,79 pari al **32,5%** della S_{tot} Tessera Q (m^2 9.063,36)

Il valore di **LAOR medio (Land Area Occupation Ratio Medio)** per l'impianto proposto, trattandosi di un impianto costituito da quindici tessere, esso risulta pari a **36,3%**.

- **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 precedentemente esposto, la proposta progettuale garantirà il ripristino dell'attività agricola sulle superfici in disponibilità del proponente. Nell'analisi economica - esplicitata nel Capitolo 8 - è espressa la produttività delle superfici in termini di Produzione Standard (PS): l'attività ipotizzata garantirà una **PS media annua di € 1.279,09/ha**.

Nei Capitoli 8.1, 8.2 e 8.3 è stata invece redatta un'analisi degli utili "costi e ricavi" di tutte le attività agricole previste sulle superfici agrivoltaiche, la cui sintesi è illustrata in Tabella 13:

Tabella 13. Sintesi dell'analisi costi e ricavi dell'attività agricola prevista per il progetto agrivoltaico "Carbonia Flumentepido"

COSTI	
Coltura	Totale (€)
Medicaio (coltura preparatoria)	84.434,63 €
Mandorleto	594.315,00 €
Erbai	941.187,20 €
TOTALE	1.619.936,83 €

RICAVI	
Coltura	Totale (€)
Medicaio (coltura preparatoria)	0,00 €
Mandorleto	871.360,00 €
Erbai	1.522.860,00 €
TOTALE	2.394.220,00 €

UTILE	
Coltura	Totale (€)
Medicaio (coltura preparatoria)	-84.434,63 €
Mandorleto	277.045,00 €
Erbai	581.672,80 €
TOTALE	774.283,18 €

UTILE MEDIO ha/anno	
TOTALE	453,93 €

Volendo esprimere un **valore dell'utile medio** nell'arco temporale considerato di **anni 25** (anni 5 di attività propedeutica al ripristino delle condizioni di fertilità + anni 20 di attività agricola mandorleto/erbai), la proposta progettuale garantirà un **profitto di € 453,93/ha**.

Per il monitoraggio relativo all'esistenza e resa della coltivazione saranno di supporto i documenti di contabilità che dimostrino la presenza della coltivazione agraria, nonché la registrazione dei fascicoli aziendali e delle relazioni agronomiche previste (vedasi Capitolo 7) riferite esclusivamente alle particelle all'interno dell'area recintata.

Si prevede inoltre l'impiego di un DSS per la registrazione delle rese ottenute nel corso del progetto, che potrà rappresentare un ulteriore database utile a dimostrare tale continuità.

- **B.1.b Mantenimento dell'indirizzo produttivo o passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato**

Il presente progetto garantirà il ripristino dell'attività agricola sulle superfici di intervento, aumentando la redditività esprimibile dalle stesse.

- **B.2 Producibilità elettrica minima**

Considerando che la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico risulta pari a 113,840 GWh/anno, corrispondente a **1,299 GWh/ha/anno** (considerando l'area recintata pari a **ha 87,61**) e che un impianto ottimizzato per la produzione di energia elettrica (pitch m 9,00) che utilizzi la stessa tecnologia può garantire una produttività di 145,886 GWh/anno (pari a **1,665 GWh/ha/anno** sulla medesima superficie), il sistema proposto risulta in grado di garantire il **78,0%** della producibilità di un impianto fotovoltaico classico idealmente realizzabile sulla stessa area (vedasi **ALLEGATO 2 e ALLEGATO 3 - Simulazione producibilità impianto AGV e Simulazione producibilità impianto FV standard**).

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

L'attività di monitoraggio è necessaria a garantire la continuità dell'attività agricola proposta, nello specifico, per rispettare i requisiti minimi è necessario implementare il D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola.

La produttività dell'impianto e le condizioni microclimatiche verranno monitorate annualmente attraverso l'utilizzo di una stazione agrometeorologica e di un DSS. Si prevede inoltre che i risultati siano elaborati in una relazione tecnica asseverata da parte di un professionista abilitato.

10. Conclusioni

Data la ormai improrogabile necessità di cambiare paradigma produttivo dell'energia, puntando a produzioni sostenibili da fonti rinnovabili, e dalla crescente richiesta di terreno, per far fronte all'aumento della popolazione e della conseguenziale richiesta di cibo, diventa necessaria l'**ottimizzazione delle superfici**, combinando i vantaggi della produzione di energia e l'utilizzo del terreno libero fra le strutture per l'attività agricola.

Dunque, l'obiettivo principale perseguito durante la progettazione dell'impianto proposto è stato quello garantire l'integrazione sinergica delle strutture per la produzione di energia rinnovabile nel contesto dell'attività agricola.

La proposta progettuale consentirà di:

- **assicurare il ripristino dell'attività agricola sulle superfici oggetto di intervento**, proponendo una conversione dell'utilizzo delle stesse e predisponendole al duplice utilizzo "agro-energetico"; il layout dell'impianto agrivoltaico "Carbonia Flumentepido" è stato progettato in ottica di consentire la coesistenza e la sinergia della componente agricola con quella energetica: le scelte riguardanti la disposizione delle strutture fotovoltaiche e quelle agronomiche (sesto di impianto, densità di impianto, specie seminatrici, ecc.) garantiranno la sostenibilità economica e produttiva dell'intero sistema, pur mantenendo autonome e sostenibili le due componenti.
- **garantire la possibilità, visto il ripristino dell'uso agricolo antecedente all'impianto degli imboschimenti, di accedere al pagamento base della PAC**, 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 (vedasi Capitolo 3).
- **profondere sforzi economici a supporto del comparto agricolo regionale**, al fine di sostenere il più importante settore produttivo - l'allevamento ovino, per la produzione di carni e formaggi - e contribuire al rilancio di un settore - la mandorlicoltura - che ha costituito nel passato un'eccellenza riconosciuta a livello internazionale, prediligendo un sistema di filiera corta ed auspicando l'inserimento delle attività agricole proposte in un contesto consorziato o di cooperativa;
- **sfruttare positivamente le conoscenze esistenti e più aggiornate**, 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, nonché in termini di riparo offerto dalle strutture contro i venti e gli eventi meteorici.
- **proporre un'attività agricola da condurre in maniera avveduta nei confronti delle problematiche ambientali**, perseguendo l'adozione di pratiche e tecniche agronomiche che garantiscano un miglior utilizzo del suolo e delle risorse, diminuendo al contempo l'impatto negativo della stessa sulla salute umana, animale e sull'ambiente; si ribadisce che l'adozione delle modalità di conduzione proposte sono in linea con quanto sostenuto e finanziato dalla programmazione della nuova PAC 2023-2027 (ACA01, ACA03 e ACA24, vedasi Capitolo 6.2) con la possibilità di accedere a tali finanziamenti.

La proposta possiede inoltre gli elementi necessari per il successo di un progetto agrivoltaico (Tabella 14) e, come argomentato nel Capitolo 9, **soddisfa pienamente i requisiti minimi definiti dal MiTE nelle Linee Guida per poter definire un impianto "Agrivoltaico"** (Tabella 15).

Tabella 14. Valutazione sintetica del progetto Agrivoltaico Carbonia Flumentepido

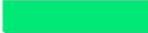
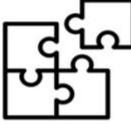
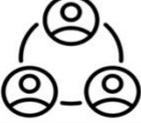
ELEMENTO	DESCRIZIONE	VALUTAZIONE
Clima	 <p>Le condizioni ambientali e del contesto risultano adatte sia alla produzione di energia fotovoltaica che alle colture prescelte</p>	
Configurazione	 <p>La scelta della tecnologia fotovoltaica e la progettazione del layout fotovoltaico è stata effettuata in considerazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> • dello stato dei luoghi e delle necessità delle colture che si intendono coltivare • del fatto che il layout influenzerà il microclima in cui si troveranno a crescere le colture • della necessità di consentire il passaggio dei mezzi agricoli 	
Colture	 <p>Sono state selezionate colture adatte e che offrissero varietà compatibili per taglia e produzione alle condizioni agrivoltaiche. Sono inoltre state valutate le potenzialità economiche del progetto proposto.</p>	
Compatibilità	 <p>Il layout della componente fotovoltaica è scaturito dal confronto tra società proponente, proprietario dei fondi, attuale conduttore e eventuale contoterzista incaricato di effettuare le operazioni sui terreni interessati. Il progetto che soddisfa sia le esigenze delle produzioni agricole sia quelle relative alla produzione di energia. 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. La soluzione finale offre inoltre la possibilità per soluzioni di coltivazione alternative.</p>	
Collaborazione	 <p>Il progetto oltre ad essere stato concepito con la collaborazione di tutti gli attori, prevede attività di monitoraggio in corso d'opera che costituiranno importante mezzo di comunicazione anche in corso d'opera.</p>	

Tabella 15. Tabella Conformità del progetto alla definizione di "agrivoltaico"

REQUISITO	DESCRIZIONE	VALUTAZIONE
A. L'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"	La soluzione proposta adotta 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.	■
A.1 Superficie minima coltivata : Sagr ≥ 0,7 x Stot	L'impianto proposto risulta avere una Superficie agricola ≥ al 70% della Superficie Totale in tutte le tessere, nello specifico la Sagr media è pari a 0,78 .	■
A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli: LAOR ≤ 40%	Il valore di LAOR medio per l'impianto proposto è in tutti i casi (trattandosi di un impianto costituito da quindici tessere) inferiore al 40%, nello specifico pari a 36,3% .	■
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	Il progetto proposto consente il ripristino della destinazione produttiva agricola dei fondi rustici destinati al progetto, massimizzando il potenziale produttivo delle colture.	■
B.1.a Esistenza e resa della coltivazione	Per il monitoraggio relativo all'esistenza e resa della coltivazione saranno di supporto: •documenti di contabilità che dimostrino la presenza delle coltivazioni; •fascicoli aziendali; •relazioni agronomiche; •impiego di un DSS per la registrazione delle rese.	■
B.1.b Mantenimento dell'indirizzo produttivo o passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato	Il presente progetto garantirà il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo, capace di esprimere una maggiore redditività, ovvero la conduzione di un mandorleto allevato in modalità "superintensivo" e l'avvicendamento di erbai destinati all'alimentazione zootecnica.	■
B.2 Producibilità elettrica minima: produzione elettrica specifica dell'impianto (GWh/ha/anno) > 60% produzione elettrica specifica di impianto fotovoltaico standard	Il sistema proposto risulta in grado di garantire il 78,0% della producibilità di un impianto fotovoltaico classico idealmente realizzabile sulla stessa area.	■
D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola	Gli strumenti di monitoraggio in progetto (l'utilizzo DSS e la redazione di relazione tecnica) andranno a costituire un importante database utile a dimostrare la continuità delle produzioni agricole	■

Il progetto nel suo complesso sin dalla fase di progettazione ha inteso sviluppare il binomio agricoltura-energia, al fine di applicare il c.d. *Sustainable Agriculture Concept*, volto a garantire la compatibilità della componente fotovoltaica e delle pratiche agricole in progetto, atte a contribuire non solo al mantenimento, ma anche al miglioramento della produzione agricola derivante dalle stesse rispetto ad una conduzione tradizionale.

A completamento di quanto descritto, vale la pena richiamare alcuni aspetti trattati nello 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.

Il progetto proposto è quindi caratterizzato in senso positivo da molteplici 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'attenzione all'integrazione paesaggistica dell'impianto agrivoltaico, perseguito con le misure di mitigazione messe in atto meglio largamente argomentate nello SIA e nella relazione di inserimento paesaggistico.

Bibliografia

- Agostini A., Colauzzi M., Amaducci S. (2021) Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: An economic and environmental assessment. *Applied Energy* 281: 116102
- Amaducci S., Yin X., Colauzzi M., 2018. Agrivoltaic system to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy* 220 (2018) 545-561. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
- An J., Liu J., Liang Y., Ma Y., Chen C., Cheng Y., Peng P., Zhou N., Zhang R., Addy M., Chen P., Liu Y., Huang G., Rena D., & Ruan R. (2020). Characterization, bioavailability and protective effects of phenolic-rich extracts from almond hulls against pro-oxidant induced toxicity in Caco-2 cells. *Food Chemistry*, 322, Article 126742.
- ANIE (2022). Position Paper Sistemi AGRO-FOTOVOLTAICI – 18 maggio 2022. <https://anierinnovabili.anie.it/position-paper-sistemi-agro-fotovoltaici-18-maggio-2022/?contesto-articolo=/notizie#.Y2JRMnbMI2w>.
- Armstrong A., Ostle N.J., Whitaker J. (2016). Solar Park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environ. Res. Lett.* 11 :074016
- 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
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72, 303–311.
- DePeters, E. J., Swanson, K. L., Bill, H. M., Asmus, J., & Heguy, J. M. (2020). Nutritional composition of almond hulls. *Applied Animal Science*, 36, 761–770.
- 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 (2023). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2021 and inventory report 2023. Submission to the UNFCCC Secretariat. <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-2>
- 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>
- Gauthier M, Pellet D, Monney C, Herrera JM, Rougier M, Baux A. (2017) Fatty acids composition of oilseed rape genotypes as affected by solar radiation and temperature. *Field Crop Res* 212:165–174. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.07.013>.
- Goetzberger and Zastrow, 1982. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. *Int J Solar Energy* 1:55–69.
- GSE (2022). Rapporto Statistico 2020 - Energia da Fonti Rinnovabili in Italia https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Rapporto%20Statistico%20SE%20-%20FER%202020.pdf
- Hassanpour Adeg 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>
- 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.
- Hussain, T., Tan, B., Yin, Y., Blachier, F., Tossou, M. C., & Rahu, N. (2016). Oxidative stress and inflammation: What polyphenols can do for us? *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 7432797.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"				
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023	Pagina 91 di 97

Izquierdo N.G., Aguirrezábal L.A.N., Andrade F.H., Geroudet C., Valentinuz O., Pereyra Iraola M. (2009). Intercepted solar radiation affects oil fatty acid composition in crop species. *Field Crop Res* 114:66–74. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.07.007>.

Legambiente, (2021). Il clima è già cambiato. Le città e le reti di fronte alla sfida dell'adattamento climatico. <http://www.legambiente.puglia.it/images/citta-clima-2021/Citta-Clima-2021-report.pdf>

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

Li, Y. R., Li, S., & Lin, C. C. (2018). Effect of resveratrol and pterostilbene on aging and longevity. *BioFactors*, 44(1), 69–82.

Macknick J., Hartmann H., Barron-Gafford G., Beatty B., Burton R., Seok Choi C., Davis M., Davis R., Figueroa J., Garrett A., Hain L., Herbert S., Janski J., Kinzer A., Knapp A., Lehan M., Losey J., Marley J., MacDonald J., McCall J., Nebert L., Ravi S., Schmidt J., Staie B and Walston L. (2022). The 5 Cs of Agrivoltaic Success Factors in the United States: Lessons from the InSPIRE Research Study. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-6A20-83566. <https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/83566.pdf>.

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

MiTE, Ministero della Transizione Ecologica. (Giugno 2022). Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici. https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PNRR/linee_guida_impianti_agrivoltaici.pdf

Oliveira, B. D., Rodrigues, A. C., Cardoso, B. M. I., Ramos, A. L. C. C., Bertoldi, M. C., Taylor, J. G., ... U. M.. (2016). Antioxidant, antimicrobial and anti-quorum sensing activities of *Rubus rosaefolius* phenolic extract. *Industrial Crops and Products*, 84, 59–66.

Phillips, C. R., Doyle, S. P., Harl, A., Carpenter, C. B., & Aschenbrener, M. (2015). Effect of almond Hull level in a finishing diet on lamb growth and carcass performance. *Journal of Agriculture and Life Science*, 2(2), 11–15.

Pisante M. (2013). *Agricoltura sostenibile*. Edagricole, ISBN 978-88-506-5411-6.

PSP (2022). Piano Strategico Nazionale PAC. Versione del 16/11/2022. https://www.reterurale.it/downloads/PSP_Italia_15112022.pdf

Rad, M. I., Rouzbehan, Y., & Rezaei, J. (2016). Effect of dietary replacement of alfalfa with urea-treated almond hulls on intake, growth, digestibility, microbial nitrogen, nitrogen retention, ruminal fermentation, and blood parameters in fattening lambs. *Journal of Animal Science*, 94, 349–358.

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>.

Salami, S. A., Luciano, G., O'Grady, M. N., Biondi, L., Newbold, C. J., Kerry, J. P., & Priolo, A. (2019). Sustainability of feeding plant by-products: A review of the implications for ruminant meat production. *Animal Feed Science and Technology*, 251, 37–55.

Scerra M., Bognanno M., Foti F., Caparra P., Cilione C., Mangano F., Natalello A., Chies L. (2022). Influence of almond hulls in lamb diets on animal performance and meat quality. *Meat science* 192. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108903>

Scerra, M., Foti, F., Caparra, P., Cilione, C., Violi, L., Fiammingo, G., & D'Agui', G., & Chies, L. (2018). Effects of feeding fresh bergamot (*Citrus bergamia* Risso) pulp at up to 35% of dietary dry matter on growth performance and meat quality from lambs. *Small Ruminant Research*, 169, 160–166.

Scerra, M., Foti, F., Caparra, P., Lanza, M., Natalello, A., Cilione, C., ... Chies, L. (2021). The effect of fresh bergamot pulp on fatty acid composition of suckling kids. *Small Ruminant Research*, 203, Article 106483.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023
			Pagina 92 di 97

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.

Takeoka, G. R., & Dao, L. T. (2003). Antioxidant constituents of almond [*Prunus dulcis* (Mill.) DA Webb] hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(2), 496–501.

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>

Valle B., Simonneau T., Sourd F., Pechier P., Hamard P., Frisson T., Ryckewaert M., Christophe A. (2017). "Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops," *Applied Energy*, Elsevier, vol. 206(C), pages 1495-1507.

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>

Zahra Najari, Z., Khodaiyan, F., Yarmand, M. S., & Hossein, S. S. (2022). Almond hulls waste valorization towards sustainable agricultural development: Production of pectin, phenolics, pullulan, and single cell protein. *Waste Management*, 141, 208–219.

WMO (2018). Guide to Instruments and Methods of Observation. (WMO-No. 8).

Xue J. (2017). Photovoltaic agriculture - new opportunity for photovoltaic applications in China. *Renew Sustain Energy Rev* 2017; 73:1–9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.098>

Mancini F., Nastasi B. (2020). Solar energy data analytics: PV deployment and land use. *Energies* 13, 417.

Allegati

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"				
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023	Pagina 94 di 97

Allegato 1 - Attestazione cessazione impegno di forestazione

Argea

Agenzia regionale
per il sostegno all'agricoltura



REGIONE
AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

Servizio Territoriale del Basso Campidano

PEC

Spett.li
Fenu Giuseppe
Sotgiu Simone
Marroccu Stefano
Marroccu Elisabetta

elisamarroccu72@pec.it

Oggetto: Rif. nota prot. 26801 del 17/04/2023.
Attestazione cessazione impegno di forestazione.
REGG. CEE 797/85, 1094/88 e 1609/89 – Imboschimento su terreni a riposo.

In risposta alla nota in oggetto, si comunica che l'impegno ventennale sui terreni oggetto d'imboschimento realizzato ai sensi dei regolamenti in oggetto, autorizzato al beneficiario Fenu Maria Luisa, CUA FNEMLS42S62B745I, con provvedimento n. 132 del 22/05/2008 prot. 3117, è terminato nell'annualità 2011.

Si informa che la suddetta attestazione era stata fornita precedentemente dal Servizio scrivente con la nota n. 96240 dell'11/12/2018, a seguito della richiesta n. 77793 dello 02/10/2018, sottoscritta dal Sig. Sotgiu Simone.

Distinti saluti

Il Direttore del Servizio
Enrica Argiolas

U.O. Sostegno al Reddito
Coordinatore L. Muscas/ARo

Argea Sardegna

sede legale: via Cagliari 276 - 09170 - Oristano
tel. 0783 321100 • fax 0783 321130
sede amministrativa: via Caprera 8 - 09123 - Cagliari
tel. 070 6798.1 •
C.F. e P.I. 90037020956
www.sardegnaagricoltura.it

Servizio Territoriale del Basso Campidano

via Caprera 8 - 09123 Cagliari
tel. 070 6798.2371/73 •

PEC: argea@pec.agenziaargea.it

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"				
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023	Pagina 95 di 97

Allegato 2 - Simulazione producibilità impianto AGV

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: 2983_Carbonia Flumentepido

Variant: Layout_20230613

Tracking system with backtracking

System power: 56.55 MWp

Carbonia - Italy

Autore

Montana S.p.a. (Italy)

**PVsyst V7.3.4**

VCO, Simulation date:
13/06/23 15:23
with v7.3.4

Montana S.p.a. (Italy)

Project summary

Geographical Site	Situation	Project settings
Carbonia	Latitude 39.19 °N	Albedo 0.20
Italy	Longitude 8.46 °E	
	Altitude 55 m	
	Time zone UTC+1	
Meteo data		
Carbonia		
PVGIS api TMY		

System summary

Grid-Connected System	Tracking system with backtracking		Near Shadings
PV Field Orientation	Tracking algorithm	Linear shadings	Automatic
Orientation	Astronomic calculation	Diffuse shading	
Tracking plane, horizontal N-S axis	Backtracking activated		
Axis azimuth 0 °			
System information			
PV Array	Inverters		
Nb. of modules 81956 units	Nb. of units 15 units		
Pnom total 56.55 MWp	Pnom total 49.50 MWac		
	Pnom ratio 1.142		
User's needs			
Unlimited load (grid)			

Results summary

Produced Energy 113839804 kWh/year	Specific production 2013 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 87.28 %
------------------------------------	---------------------------------------	------------------------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	5
Main results	6
Loss diagram	7
Predef. graphs	8



PVsyst V7.3.4

VCO, Simulation date:
13/06/23 15:23
with v7.3.4

Montana S.p.a. (Italy)

General parameters

Grid-Connected System

PV Field Orientation

Orientation

Tracking plane, horizontal N-S axis
Axis azimuth 0 °

Models used

Transposition Perez
Diffuse Imported
Circumsolar separate

Horizon

Free Horizon

Bifacial system

Model 2D Calculation
unlimited trackers

Bifacial model geometry

Tracker Spacing 12.00 m
Tracker width 4.79 m
GCR 39.9 %
Axis height above ground 2.10 m

Tracking system with backtracking

Tracking algorithm

Astronomic calculation
Backtracking activated

Near Shadings

Linear shadings
Diffuse shading Automatic

Backtracking array

Nb. of trackers 3018 units

Sizes

Tracker Spacing 12.0 m
Collector width 4.79 m
Ground Cov. Ratio (GCR) 39.9 %
Phi min / max. -/+ 55.0 °

Backtracking strategy

Phi limits for BT -/+ 66.4 °
Backtracking pitch 12.0 m
Backtracking width 4.79 m

User's needs

Unlimited load (grid)

Bifacial model definitions

Ground albedo 0.20
Bifaciality factor 80 %
Rear shading factor 5.0 %
Rear mismatch loss 10.0 %
Shed transparent fraction 0.0 %

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer CSI Solar Co., Ltd.
Model CS7N-690TB-AG 1500V
(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 690 Wp
Number of PV modules 81956 units
Nominal (STC) 56.55 MWp
Modules 2927 Strings x 28 In series
At operating cond. (50°C)
Pmpp 52.33 MWp
U mpp 1016 V
I mpp 51490 A

Total PV power

Nominal (STC) 56550 kWp
Total 81956 modules
Module area 254584 m²

Inverter

Manufacturer Sungrow
Model SG3300UD
(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 3300 kWac
Number of inverters 15 units
Total power 49500 kWac
Operating voltage 895-1500 V
Max. power (=>22°C) 3795 kWac
Pnom ratio (DC:AC) 1.14
Power sharing within this inverter

Total inverter power

Total power 49500 kWac
Max. power 56925 kWac
Number of inverters 15 units
Pnom ratio 1.14

**PVsyst V7.3.4**

VC0, Simulation date:
13/06/23 15:23
with v7.3.4

Montana S.p.a. (Italy)

Array losses**Array Soiling Losses**

Loss Fraction 2.0 %

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance

Uc (const) 29.0 W/m²KUv (wind) 0.0 W/m²K/m/s**DC wiring losses**

Global array res. 0.32 mΩ

Loss Fraction 1.5 % at STC

LID - Light Induced Degradation

Loss Fraction 2.0 %

Module Quality Loss

Loss Fraction -0.4 %

Module mismatch losses

Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss

Loss Fraction 0.2 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): User defined profile

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

AC wiring losses**Inv. output line up to MV transfo**

Inverter voltage 630 Vac tri

Loss Fraction 0.98 % at STC

Inverter: SG3300UDWire section (15 Inv.) Alu 15 x 3 x 3000 mm²

Average wires length 100 m

MV line up to Injection

MV Voltage 36 kV

Average each inverter

Wires Alu 3 x 1000 mm²

Length 500 m

Loss Fraction 0.00 % at STC

AC losses in transformers**MV transfo**

Medium voltage 36 kV

One transfo parameters

Nominal power at STC 2.64 MVA

Iron Loss (24/24 Connexion) 2.70 kVA

Iron loss fraction 0.10 % at STC

Copper loss 25.91 kVA

Copper loss fraction 0.98 % at STC

Coils equivalent resistance 3 x 1.47 mΩ

Operating losses at STC (full system)

Nb. identical MV transfos 21

Nominal power at STC 55.54 MVA

Iron loss (24/24 Connexion) 56.67 kVA

Copper loss 544.13 kVA

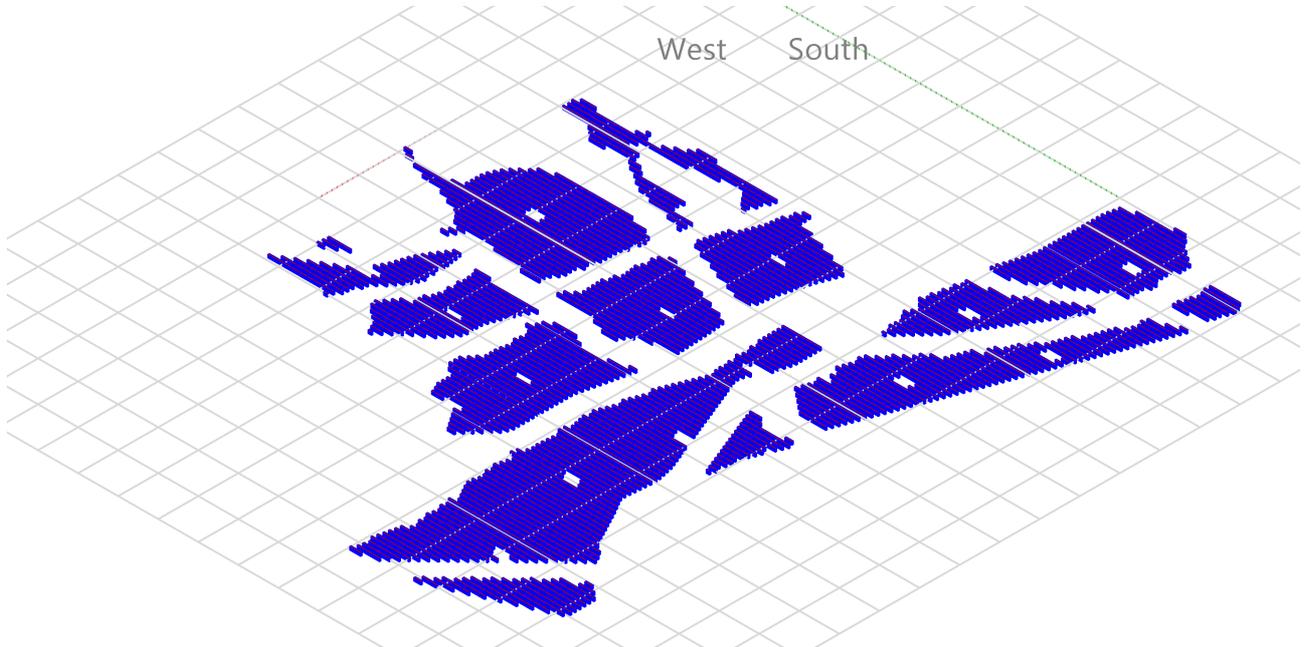


PVsyst V7.3.4

VC0, Simulation date:
13/06/23 15:23
with v7.3.4

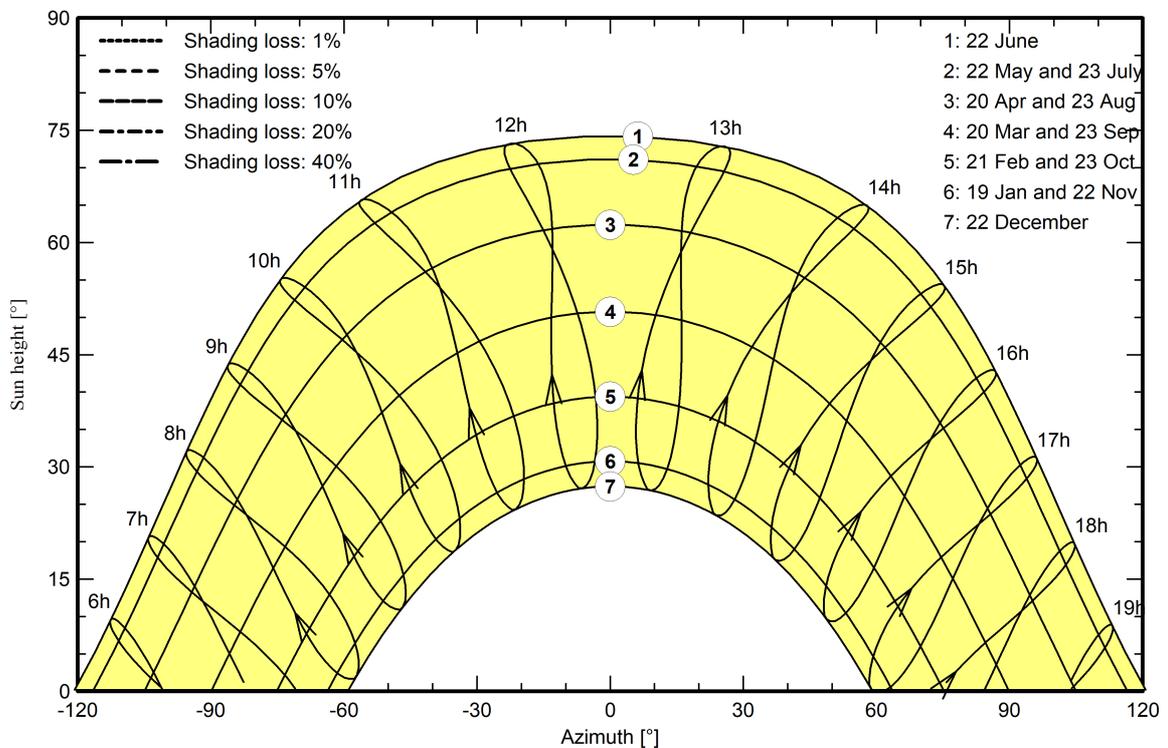
Near shadings parameter

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1





Main results

System Production

Produced Energy 113839804 kWh/year

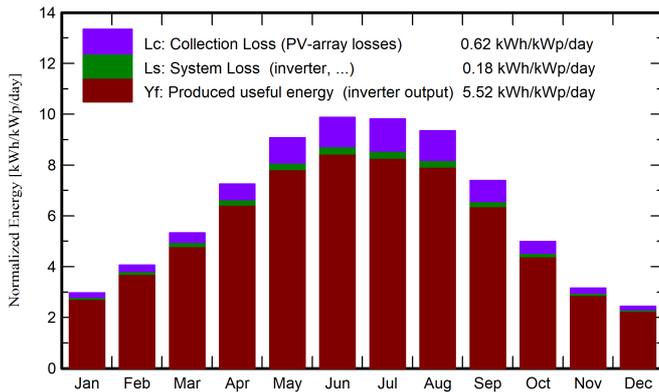
Specific production

2013 kWh/kWp/year

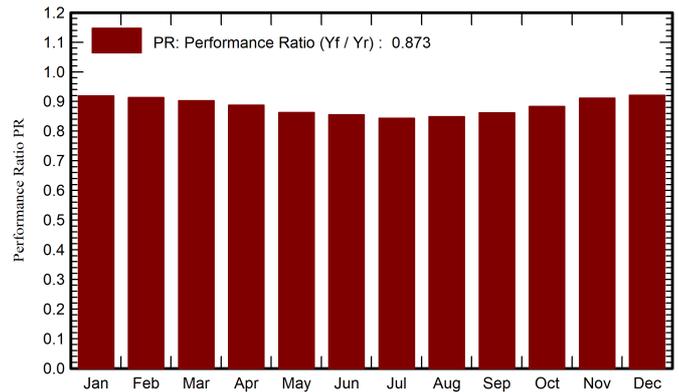
Perf. Ratio PR

87.28 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	69.6	31.29	12.02	92.0	88.0	4929858	4778077	0.919
February	86.1	38.29	12.10	113.7	108.9	6051647	5870038	0.913
March	128.1	55.90	12.25	165.1	158.5	8703845	8431611	0.903
April	170.3	70.39	15.37	217.5	209.1	11276414	10919387	0.888
May	216.8	69.16	20.23	281.1	271.2	14182427	13721775	0.863
June	228.7	67.40	22.59	296.2	286.1	14812384	14333517	0.856
July	233.7	68.73	26.93	304.3	294.0	14999843	14521665	0.844
August	216.4	58.22	25.42	289.8	280.0	14367325	13907058	0.848
September	165.5	51.30	24.43	221.7	213.8	11147276	10805676	0.862
October	115.1	39.95	19.87	154.6	148.8	7966128	7724682	0.884
November	72.7	33.58	15.59	94.8	90.7	5032733	4881559	0.911
December	57.2	29.38	11.83	75.8	72.2	4072978	3944759	0.921
Year	1760.3	613.61	18.26	2306.5	2221.3	117542858	113839804	0.873

Legends

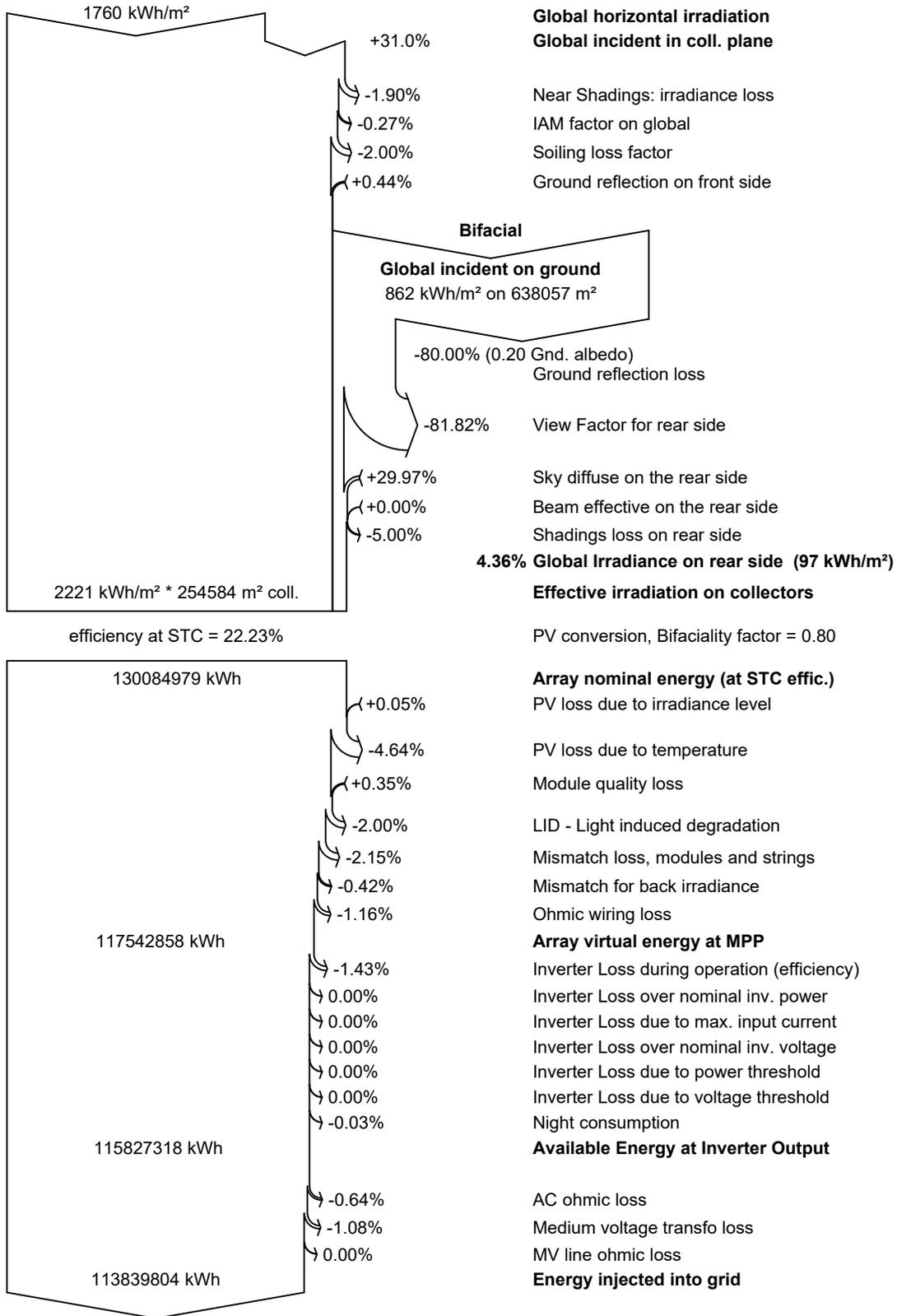
- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E_Grid Energy injected into grid
- PR Performance Ratio



PVsyst V7.3.4

VCO, Simulation date:
13/06/23 15:23
with v7.3.4

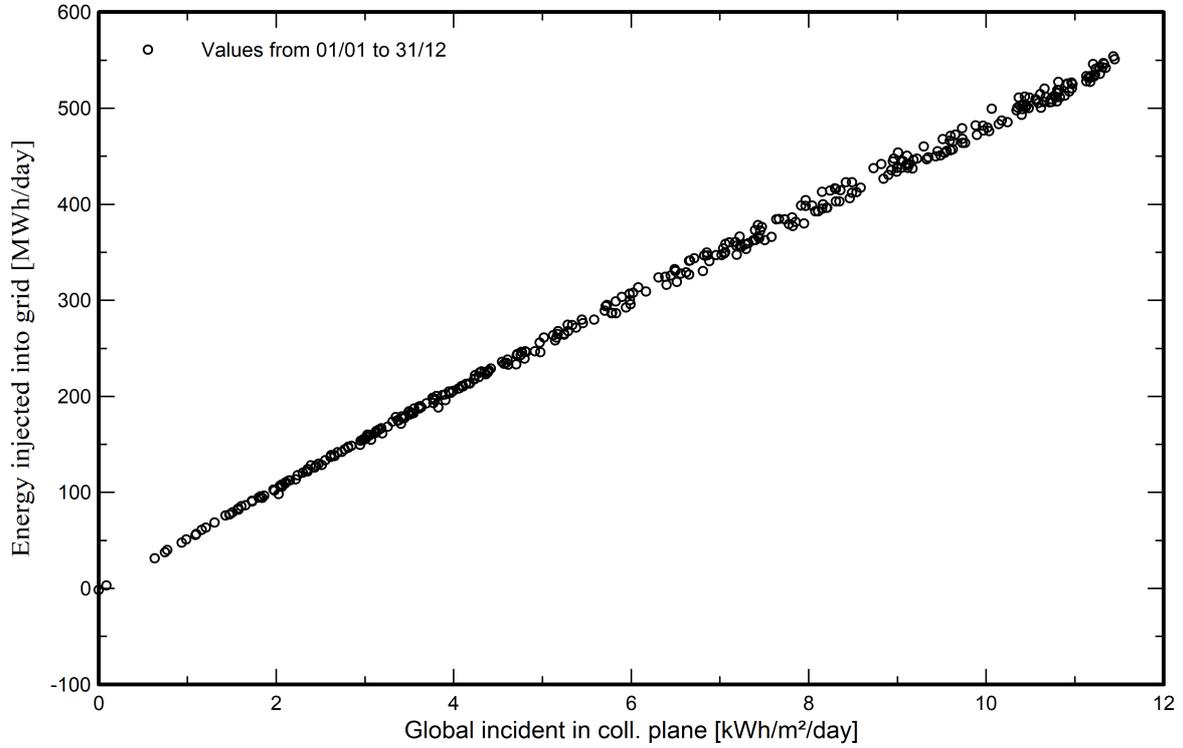
Loss diagram



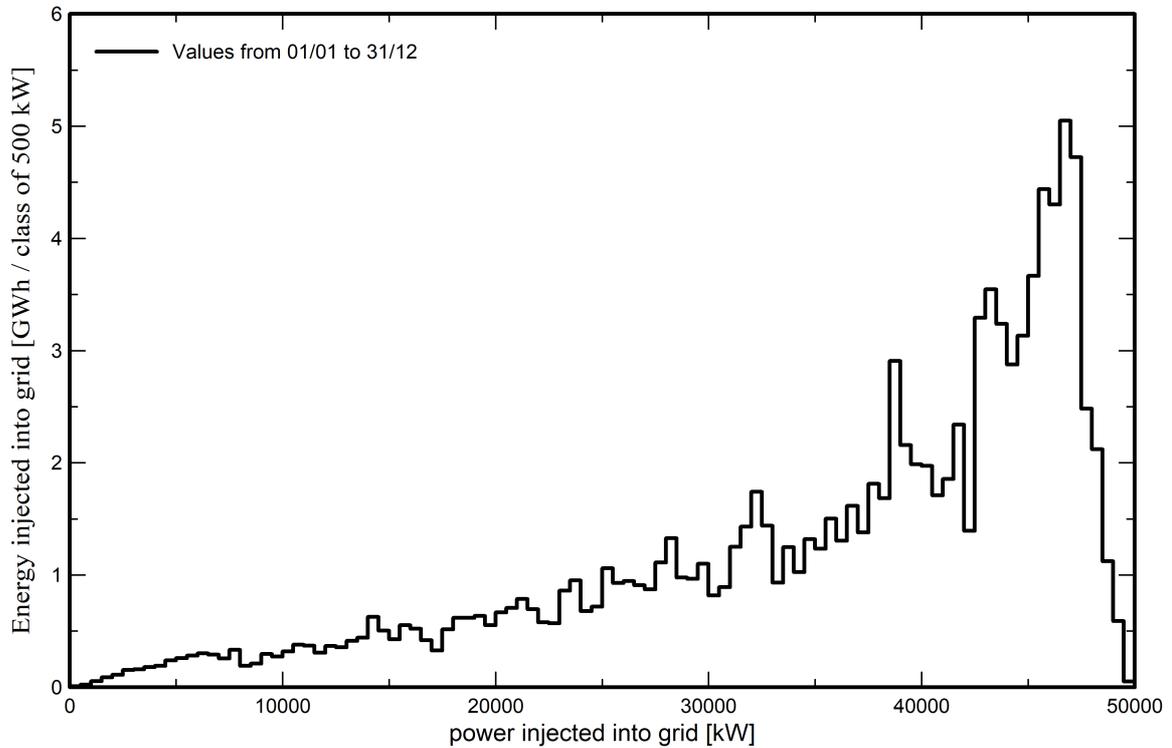


Predef. graphs

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CARBONIA FLUMENTEPIDO"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Luglio 2023
			Pagina 96 di 97

Allegato 3 - Simulazione producibilità impianto FV standard

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: 2983_Carbonia Flumentepido

Variant: Layout_20230613_Per agronomi

Tracking system with backtracking

System power: 76.14 MWp

Carbonia - Italy

Autore

Montana S.p.a. (Italy)

**PVsyst V7.3.4**

VC3, Simulation date:
13/06/23 15:43
with v7.3.4

Montana S.p.a. (Italy)

Project summary

Geographical Site	Situation	Project settings
Carbonia	Latitude 39.19 °N	Albedo 0.20
Italy	Longitude 8.46 °E	
	Altitude 55 m	
	Time zone UTC+1	
Meteo data		
Carbonia		
PVGIS api TMY		

System summary

Grid-Connected System	Tracking system with backtracking		Near Shadings
PV Field Orientation	Tracking algorithm	Linear shadings	Automatic
Orientation	Astronomic calculation	Diffuse shading	
Tracking plane, horizontal N-S axis	Backtracking activated		
Axis azimuth 0 °			
System information			
PV Array	Inverters		
Nb. of modules 110345 units	Nb. of units 19 units		
Pnom total 76.14 MWp	Pnom total 62.70 MWac		
	Pnom ratio 1.214		
User's needs			
Unlimited load (grid)			

Results summary

Produced Energy 145886098 kWh/year	Specific production 1916 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 86.49 %
------------------------------------	---------------------------------------	------------------------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	5
Main results	6
Loss diagram	7
Predef. graphs	8

**PVsyst V7.3.4**VC3, Simulation date:
13/06/23 15:43
with v7.3.4

Montana S.p.a. (Italy)

General parameters**Grid-Connected System****PV Field Orientation****Orientation**Tracking plane, horizontal N-S axis
Axis azimuth 0 °**Models used**Transposition Perez
Diffuse Imported
Circumsolar separate**Horizon**

Free Horizon

Bifacial systemModel 2D Calculation
unlimited trackers**Bifacial model geometry**Tracker Spacing 9.00 m
Tracker width 4.79 m
GCR 53.2 %
Axis height above ground 2.10 m**Tracking system with backtracking****Tracking algorithm**Astronomic calculation
Backtracking activated**Near Shadings**Linear shadings
Diffuse shading Automatic**Backtracking array**

Nb. of trackers 4081 units

SizesTracker Spacing 9.00 m
Collector width 4.79 m
Ground Cov. Ratio (GCR) 53.2 %
Phi min / max. -/+ 55.0 °**Backtracking strategy**Phi limits for BT -/+ 57.7 °
Backtracking pitch 9.00 m
Backtracking width 4.79 m**User's needs**

Unlimited load (grid)

Bifacial model definitionsGround albedo 0.20
Bifaciality factor 80 %
Rear shading factor 5.0 %
Rear mismatch loss 10.0 %
Shed transparent fraction 0.0 %**PV Array Characteristics****PV module**Manufacturer CSI Solar Co., Ltd.
Model CS7N-690TB-AG 1500V
(Custom parameters definition)Unit Nom. Power 690 Wp
Number of PV modules 110345 units
Nominal (STC) 76.14 MWp
Modules 3805 Strings x 29 In series
At operating cond. (50°C)
Pmpp 70.46 MWp
U mpp 1053 V
I mpp 66935 A**Total PV power**Nominal (STC) 76138 kWp
Total 110345 modules
Module area 342770 m²**Inverter**Manufacturer Sungrow
Model SG3300UD
(Custom parameters definition)Unit Nom. Power 3300 kWac
Number of inverters 19 units
Total power 62700 kWac
Operating voltage 895-1500 V
Max. power (=>22°C) 3795 kWac
Pnom ratio (DC:AC) 1.21
Power sharing within this inverter**Total inverter power**Total power 62700 kWac
Max. power 72105 kWac
Number of inverters 19 units
Pnom ratio 1.21

**PVsyst V7.3.4**VC3, Simulation date:
13/06/23 15:43
with v7.3.4

Montana S.p.a. (Italy)

Array losses**Array Soiling Losses**

Loss Fraction 2.0 %

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance

Uc (const) 29.0 W/m²KUv (wind) 0.0 W/m²K/m/s**DC wiring losses**

Global array res. 0.26 mΩ

Loss Fraction 1.5 % at STC

LID - Light Induced Degradation

Loss Fraction 2.0 %

Module Quality Loss

Loss Fraction -0.4 %

Module mismatch losses

Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss

Loss Fraction 0.2 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): User defined profile

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

AC wiring losses**Inv. output line up to MV transfo**

Inverter voltage 630 Vac tri

Loss Fraction 1.04 % at STC

Inverter: SG3300UDWire section (19 Inv.) Alu 19 x 3 x 3000 mm²

Average wires length 100 m

MV line up to Injection

MV Voltage 36 kV

Average each inverter

Wires Alu 3 x 1000 mm²

Length 500 m

Loss Fraction 0.00 % at STC

AC losses in transformers**MV transfo**

Medium voltage 36 kV

One transfo parameters

Nominal power at STC 3.56 MVA

Iron Loss (24/24 Connexion) 3.42 kVA

Iron loss fraction 0.10 % at STC

Copper loss 37.05 kVA

Copper loss fraction 1.04 % at STC

Coils equivalent resistance 3 x 1.16 mΩ

Operating losses at STC (full system)

Nb. identical MV transfos 21

Nominal power at STC 74.74 MVA

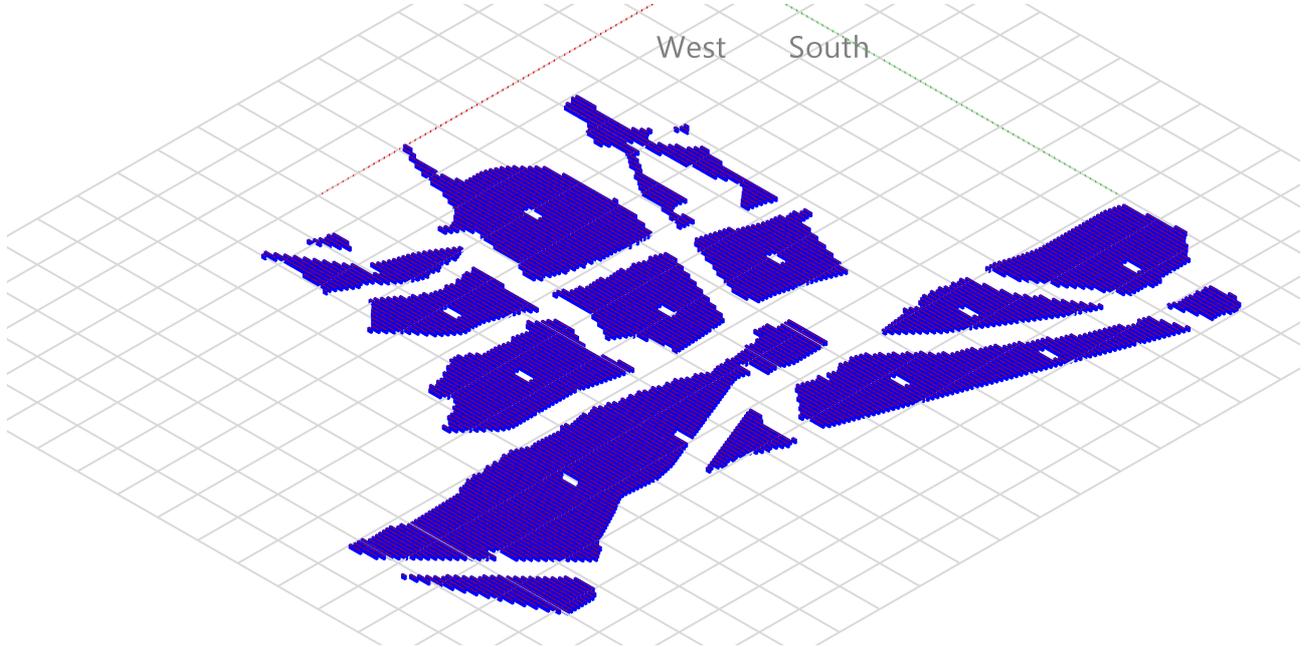
Iron loss (24/24 Connexion) 71.78 kVA

Copper loss 778.03 kVA



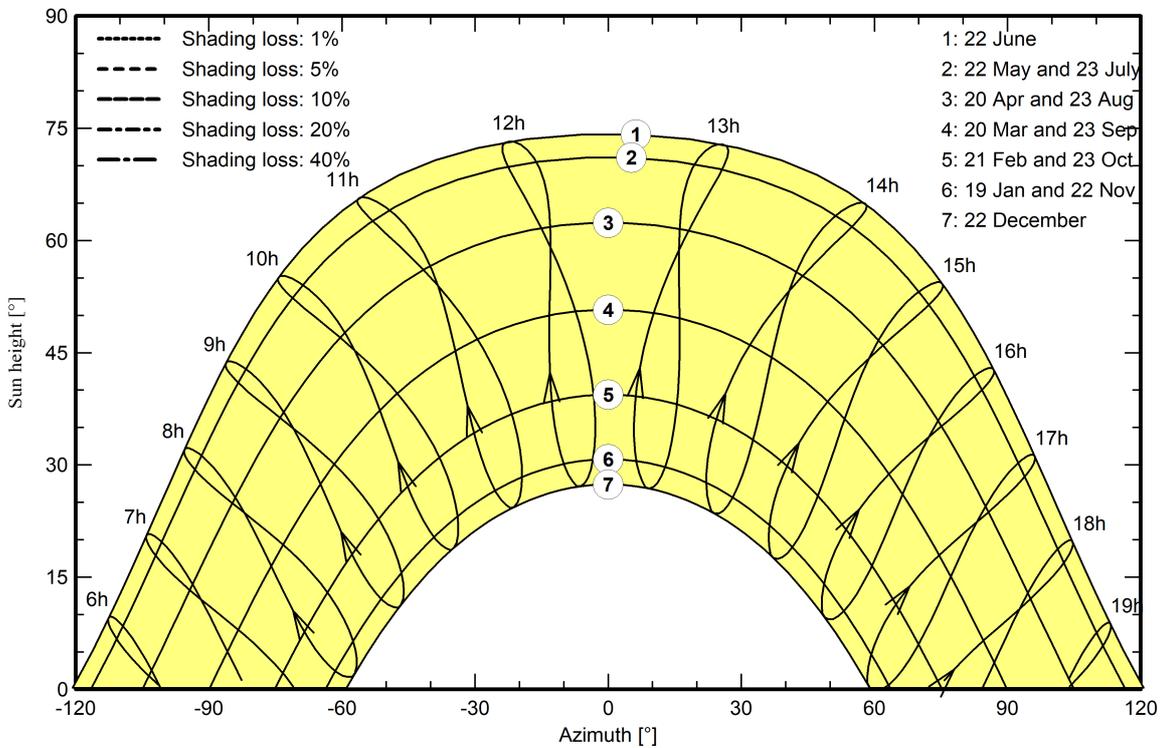
Near shadings parameter

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1





Main results

System Production

Produced Energy 145886098 kWh/year

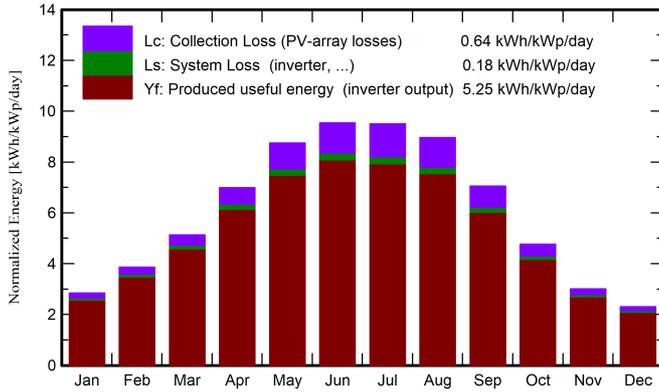
Specific production

1916 kWh/kWp/year

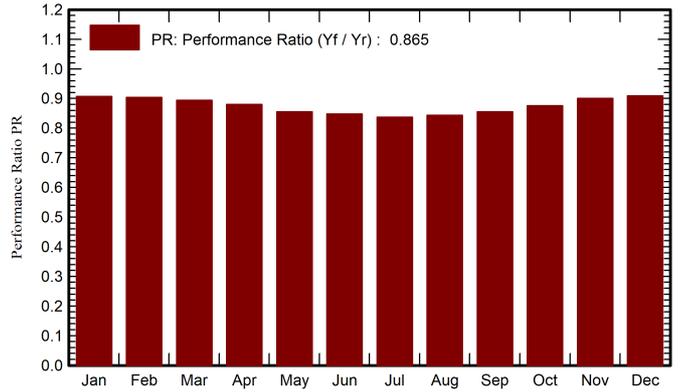
Perf. Ratio PR

86.49 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	69.6	31.29	12.02	88.0	83.5	6276808	6079723	0.907
February	86.1	38.29	12.10	108.0	102.9	7664363	7429900	0.904
March	128.1	55.90	12.25	158.9	151.9	11182842	10823316	0.894
April	170.3	70.39	15.37	209.7	200.7	14516501	14042192	0.880
May	216.8	69.16	20.23	271.4	260.7	18287699	17672432	0.855
June	228.7	67.40	22.59	286.2	275.3	19124436	18482447	0.848
July	233.7	68.73	26.93	294.5	283.4	19403257	18761002	0.837
August	216.4	58.22	25.42	277.6	267.5	18430863	17819847	0.843
September	165.5	51.30	24.43	211.7	203.4	14238192	13788007	0.855
October	115.1	39.95	19.87	147.8	141.5	10169521	9853343	0.876
November	72.7	33.58	15.59	90.2	85.9	6379505	6185094	0.901
December	57.2	29.38	11.83	71.5	67.6	5112535	4948796	0.909
Year	1760.3	613.61	18.26	2215.4	2124.4	150786522	145886098	0.865

Legends

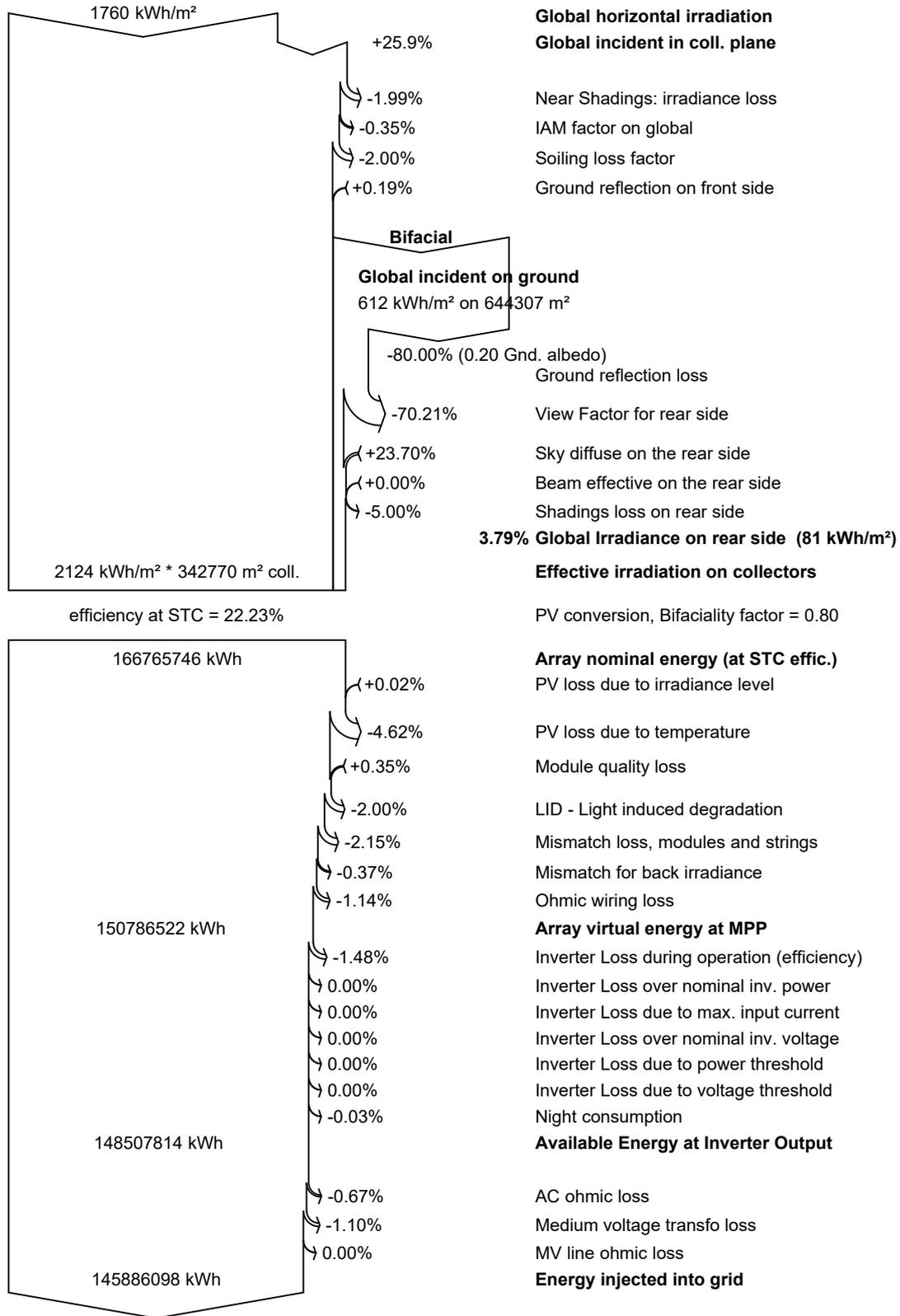
- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E_Grid Energy injected into grid
- PR Performance Ratio



PVsyst V7.3.4

VC3, Simulation date:
13/06/23 15:43
with v7.3.4

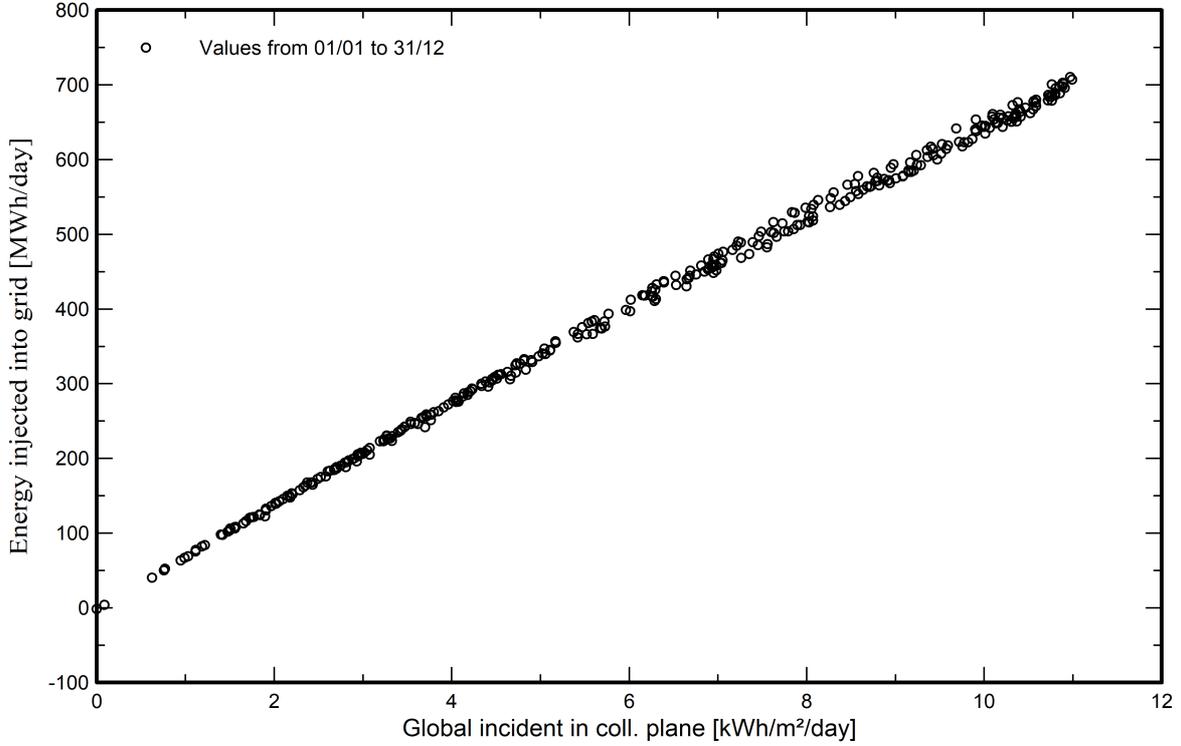
Loss diagram





Predef. graphs

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema

