



APRILE 2023

FLYNIS PV 34 S.r.L.

**IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO
COLLEGATO ALLA RTN**

POTENZA NOMINALE 44,86 MW

COMUNE DI ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)

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_5284_ACQ_VIA_R04_Rev0_Relazione Agronomica e
progetto Agrivoltaico*

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2983_5284_ACQ_VIA_R04_Rev0_Relazione Agronomica e progetto Agrivoltaico	04/2023	Prima emissione	BIOMA	MCu	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	Ordine Ing. Milano A27174
Marco Corrù	Project Manager	
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico acustico/ambientale n. 71
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
Sergio Alifano	Architetto	
Vincenzo Ferrante	Ingegnere Strutturista	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico	
Matthew Piscedda	Perito Elettrotecnico	
Matteo Cuda	Esperto in Scienze Ambientali	
Davide Chiappari	Biologo Ambientale	
Luca Morelli	Ingegnere Ambientale	

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
Graziella Cusmano	Architetto	
Michele Cimino	Geometra	
Andrea Incani	Perito Industriale elettrotecnico- INDITEC	
Sonia Morgese	Ingegnere Idraulico	
Leonardo Cuscito	Perito Agrario Laureato	Periti Agrari della provincia di Bari, n° 1371
Elia Santoro	Agronomo	Agronomo albo n.883 dottori agronomi e forestali provincia di Torino
Emanuela Gaia Forni	Dott.ssa Scienze e Tecnologie Agrarie	
Edoardo Bronzini	Agronomo	Albo n.1026 Dottori Agronomi e Forestali Provincia di Torino
Michele Pecorelli (Studio Geodue)	Geologo - Indagini Geotecniche Geodue	Ordine Geologi Puglia n. 327
Marianna Denora	Architetto - Acustica	Ordine Architetti Bari, Sez. A n. 2521
Feliciano Stoico	Archeologo	

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. La coltivazione di seminativi e la contestuale produzione di energia da fonte rinnovabile	10
3. Quadro normativo dell'agrivoltaico	13
3.1. Linee guida in materia di impianti agrivoltaici - Mite	17
4. L'agricoltura in Puglia	20
4.1. Superfici, coltivazioni ed altre attività agricole	20
4.1.1. Focus sulla coltivazione di frumento duro in Puglia	21
4.2. Prodotti di qualità	22
4.3. Incentivi e sostegno all'agricoltura regionale	24
5. Inquadramento dell'area di intervento.....	28
5.1. Inquadramento catastale	30
5.2. Aspetti pedologici e agronomici.....	33
5.3. Inquadramento climatico	36
5.4. Modalità di conduzione ed attività agricola - stato di fatto.....	41
6. Progetto Agrivoltaico	43
6.1. Componente fotovoltaica	45
6.2. Componente agronomica.....	46
6.2.1. Proposta progettuale: avvicendamento di graminacee e leguminose	47
6.2.2. Scelta delle specie	49
6.2.3. Operazioni colturali	55
6.2.4. Gestione delle superfici.....	57
7. Monitoraggio agrometeorologico	59
8. Analisi economica.....	62
8.1. Analisi economica stato di fatto.....	62
8.2. Analisi economica proposta progettuale	64
8.3. Analisi economica monitoraggio agrometeorologico	67
9. Conformità alle Linee Guida del MiTE.....	68
10. Conclusioni	73
Bibliografia.....	78
Allegati.....	81
Allegato 1 - Simulazione producibilità impianto AGV	1
Allegato 2 - Simulazione producibilità impianto FV standard.....	2

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Aprile 2023
			Pagina 1 di 83

Preambolo

La presente relazione viene redatta su incarico conferito dalla società FlyRen Development S.r.l. - in rappresentanza della società Flynis pv 34 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: 44,86 MWp
- Superficie catastale interessata: 116,72 ha
- Superficie di impianto recintata: 71,23 ha
- Superficie destinata all'attività agricola: 58,02 ha
- Classificazione architettonica: impianto a terra
- Ubicazione: Regione Puglia | Comune di Acquaviva delle Fonti (BA)
- Particelle superficie catastale disponibile: Fg. n° 69 P.IIe n° 52,109, 110 | Fg. n° 70 P.IIe n° 12, 13, 14, 15, 16, 26, 27, 28, 40, 50, 51, 59 | Fg. n° 71 P.IIe n° 3-4-180-187-229 | Fg. n° 86 P.IIe n° 16-32-82-83-87-90 | Fg. n° 94 P.IIe n° 95-173-177-178-180-181 | Fg. n° 95 P.IIe n° 117-123 | Fg. n° 96 P.IIe n° 6-7-36-43-46-47-48-71-72-87-92-98-100-101 | Fg. n° 103 P.IIe n° 2-3-6-8-10-11-15-17-18-19-20-21-28-32-34-37-41-46-116-118-119-120-159-160-167-196-197 | Fg. n° 104 P.IIe n° 51-85-99-174
- Particelle superficie di impianto recintata: Fg. n° 69 P.IIe n° 52-109-110 | Fg. n° 70 P.IIe n° 12-26-27-28-40-50-51-59 | Fg. n° 71 P.IIe n° 187 | Fg. n° 86 P.IIe n° 16-32-82-83-87-90 | Fg. n° 94 P.IIe n° 177-178-180-181 | Fg. n° 96 P.IIe n° 6-43-46-47-48-71-72-92-98-100-101 | Fg. n° 103 P.IIe n° 2-3-6-10-11-15-17-18-19-20-21-28-32-34-37-41-46-118-119-120-159-160-167-196-197 | Fg. n° 104 P.IIe n° 85-99-174
- Ditta committente: Flynis pv 34 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,2022), l'Unione Europea ha raggiunto l'obiettivo 2020 di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, raggiungendo il 20% in meno rispetto al 1990. Tra i fattori chiave che hanno consentito tale miglioramento rientrano "la diffusione delle energie rinnovabili, l'uso di combustibili fossili a minore intensità di carbonio e il miglioramento dell'efficienza energetica, i cambiamenti strutturali nell'economia, la minore domanda di riscaldamento dovuta agli inverni più caldi in Europa", così come anche gli effetti del COVID-19.

Come più approfonditamente illustrato nello Studio di Impatto Ambientale, la strada da percorrere risulta ancora lunga e 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 imponevano quindi un rialzo agli obiettivi nazionali del PNIEC¹, italiano, 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 presuppongono 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 tendenza, al 2030 la potenza installata a eolico e fotovoltaico sarà di poco superiore ai 50 GW, rendendo impossibile l'obiettivo (ulteriormente aumentato con il PTE, il Piano per la transizione ecologica²) di un installato totale di rinnovabili tra i 125 e i 130 GW. Queste cifre saranno raggiungibili solo aumentando il tasso di installazione per raggiungere circa 1,75 GW/anno per l'eolico, contro gli attuali 0,38 GW/anno, e circa 5,6 GW/anno per il fotovoltaico, contro gli 0,73 GW/anno³.

La nuova realtà geopolitica e del mercato dell'energia hanno imposto all'EU di aumentare ulteriormente gli obiettivi su efficienza energetica e rinnovabili, accelerando ulteriormente la transizione verso l'energia pulita al fine di arrivare all'indipendenza energetica dell'Europa da fornitori inaffidabili e da combustibili fossili volatili.

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 Il PTE è il 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/>

Per questo, 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;
- 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.

Tale piano 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 al.*, 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

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).

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 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 (Fraunhofer, 2020; 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.



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

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

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>

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>

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/agrovoltico-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 pannelli 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).

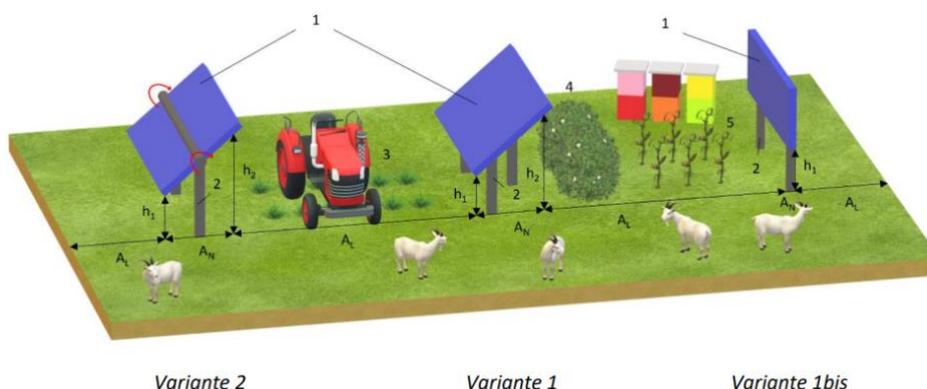


Figura 2. Raffigurazione relativa all'AGRO-FV INTERFILARE, Variante 1 (impianti FV fissi inclinati), Variante 2 (Impianti FV con tracker), Variante 1 bis (Impianti FV fissi verticali) Fonte: ANIE,2022.

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.

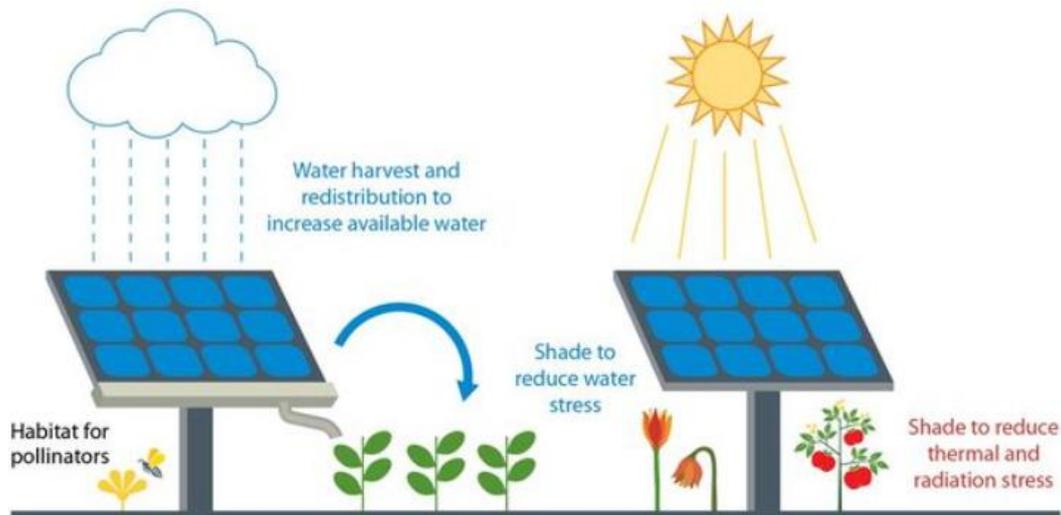


Figura 4. Alcuni benefici per le colture in un sistema agrivoltaico (InSPIRE/Project | Open Energy Information openei.org).

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. 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.

Enel¹⁴ 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 6. 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

¹⁴ <https://www.enelgreenpower.com/it/media/news/2021/02/agri-fotovoltaico-nuove-soluzioni>



Figura 7. Frumento coltivato al di sotto dei pannelli fotovoltaici nelle campagne di Baoji (Cina, 2021) Fonte: <https://www.longi.com/us/news/6716/>

Hassanpour Adeh. *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%).

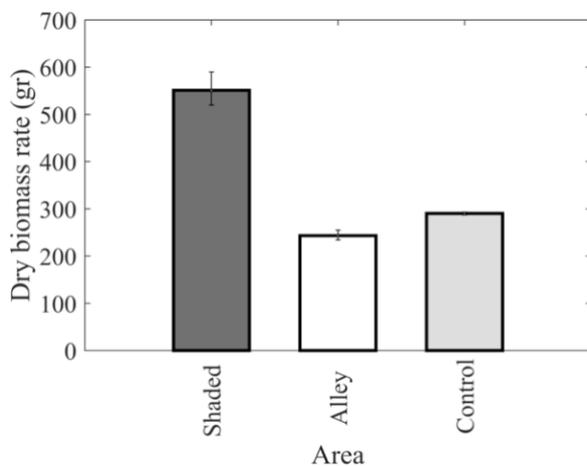


Figura 8. Confronto della biomassa secca nei tre luoghi di campionamento dello studio di Hassanpour Adeh. *et al.* (2018): all'ombra dei pannelli (shaded), nelle aree aperte tra i pannelli (alley) e nell'area di controllo al di fuori dell'impianto agrivoltaico (control). Fonte : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256.g006>

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 Sostenibile¹⁵, 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.

¹⁵ <https://www.agrivoltaicosostenibile.com/>

3. Quadro normativo dell'agrivoltaico

Come meglio illustrato nello SIA sviluppato per la presente istanza, le Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) e, tra queste, in particolare, il fotovoltaico, rivestono ormai un ruolo chiave nella "transizione energetica" (Figura 9) volta al contenimento del c.d. Global Warming e della necessaria progressiva decarbonizzazione del processo di produzione di energia.

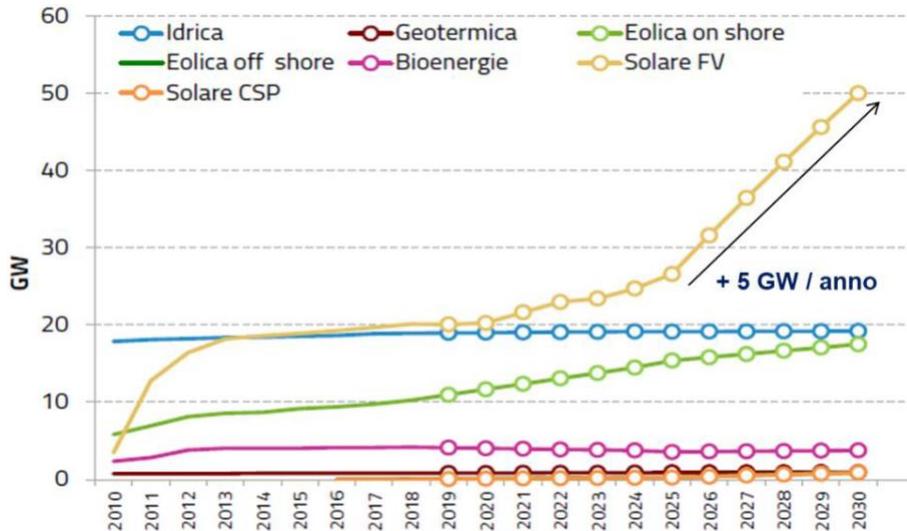


Figura 9. Stima prospettica dell'incremento atteso di installazione di impianti di produzione energetica da FER. Fonte: PNIEC.

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)¹⁶, "[...] 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**".

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;

¹⁶ Elettricità Futura e Confagricoltura, 2021. Impianti FV in aree rurali: sinergie tra produzione agricola ed energetica.

- 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 10).



Figura 10. 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. 28/2011¹⁷, che disponeva il divieto agli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole di poter accedere agli incentivi statali per le FER.

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

¹⁷ 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".

decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28¹⁸, 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 agrivoltaici che adottino soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione";
- *comma 1-quinquies* (poi così modificato dall'art. 11, comma 1, lettera a, Legge n. 34 del 2022): "l'accesso agli incentivi per gli impianti di cui al comma 1-quater è inoltre subordinato alla **contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio**, da attuare sulla base di linee guida adottate dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, in collaborazione con il Gestore dei servizi energetici (GSE) (...), che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate".

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

¹⁸ Il comma 2 art. 4 si riferisce alle all'Autorizzazione Unica (D.Lgs. 387/2003), alla Procedura Abilitativa Semplificata (D.Lgs. 28/2011)

Comune (PAC). L'ente sottolinea che occorre prediligere impianti che non vadano a sottrarre in maniera permanente suolo all'attività agricola, e gli interventi che favoriscono il ripristino della piena funzionalità agro-biologica del suolo; ciò 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 "agrivoltaico", il "*Position Paper - Sistemi AGRO-FOTOVOLTAICI*"¹⁹, sottoscritto da ANIE Rinnovabili, Elettricità Futura e Italia Solare (ANIE, 2022), definisce gli indicatori minimi per qualificare ed etichettare come tale un sistema agrivoltaico, ovvero la coesistenza nel progetto di tutte le tre condizioni di seguito riportate:

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

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

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

Infine, è recentissima (28 giugno 2022) la pubblicazione da parte del **MiTE** (Ministero della Transizione Ecologica) delle "**Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici**" (MiTE, 2022).

¹⁹ <https://www.italiasolare.eu/wp-content/uploads/2022/03/AR-EF-IS-Position-Paper-Agrovoltaico.pdf>

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 **CREA²⁰, GSE²¹, ENEA²² ed RSE²³**, 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 consentano 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):

- **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.

²⁰ Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria

²¹ Gestore dei servizi energetici S.p.A

²² Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

²³ Ricerca sul sistema energetico S.p.A

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:** la superficie necessaria a garantire il prosieguo dell'attività agricola non deve essere 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** (Figura 11), che nel presente lavoro è stata considerata 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 11. 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 Puglia

4.1. Superfici, coltivazioni ed altre attività agricole

La Regione Puglia ha un'estensione totale di ha 1.954.050, di cui poco più del 65% (**ha 1.288.213**) rappresentata dalla **SAU** (superficie agricola utilizzata), contro il 42% della media italiana. Tali superfici rappresentano rispettivamente il 6,5% e l'8% del totale nazionale (CREA, 2022).

L'agricoltura pugliese rappresenta il 4,2% del valore aggiunto dell'economia regionale, puntando molto sulla diversificazione colturale e sul comparto biologico.

L'ISTAT ha censito **48.248 aziende agricole** presenti sul territorio regionale, le quali rappresentavano il 12% del totale nazionale (secondo posto dopo la Sicilia).

Nel **1990** la SAU era di 1.453.865 ettari, nel **2000** era pari a 1.247.577 ettari, nel **2010** era pari a 1.285.290 ettari, mentre nel **2020** (ultimo censimento agricolo) la SAU è di 1.288.213 (registrando un incremento, trend in controtendenza rispetto a quello nazionale)²⁴.

In termini percentuali (Figura 12), il 50% della SAU è coltivata ad **erbacee**, quali cereali, legumi, ortive e foraggere avvicendate (tra le più rappresentative: frumento duro, circa ha 343.500 - avena, circa ha 24.500 - orzo, circa ha 22.500), per il 35% a **specie legnose agrarie** (olivicoltura da olio, ha circa 370.000 - viticoltura da vino, circa ha 89.000 - cerasicoltura e mandorlicoltura, circa ha 18.000; la restante parte del 15% è destinata ai **prati permanenti e ai pascoli**, che contribuiscono a soddisfare il fabbisogno alimentare del comparto zootecnico regionale.²⁵

Superficie investita per principali coltivazioni (000 ha), 2020 - Puglia

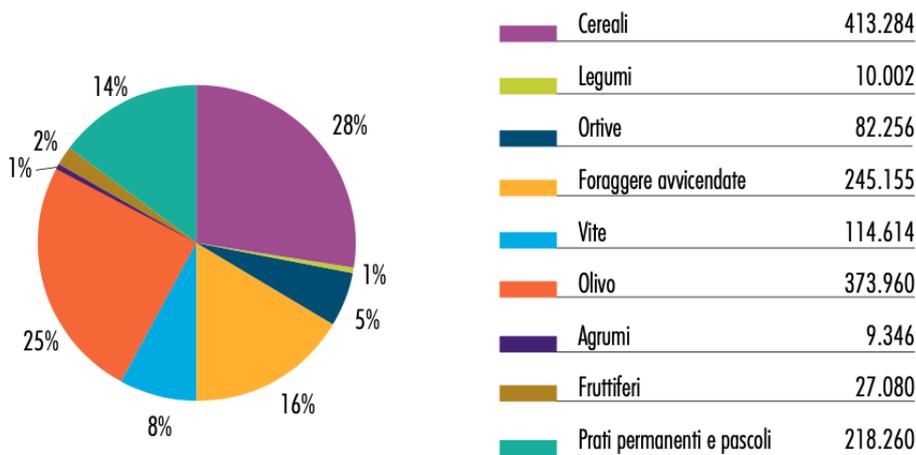


Figura 12. Ripartizione (%) delle coltivazioni nel suolo agricolo pugliese. (CREA, 2022).

Per quanto concerne l'**attività zootecnica**, il comparto regionale mostra una varietà nella consistenza del bestiame, sia in termini di numerosità di capi di bestiame sia di specie animali, consistente in circa 197.000 capi tra bovini e bufalini, circa 250.000 capi per le specie ovine e caprine e circa 24.000 capi per le specie suine.²⁵ In occasione della programmazione economica e finanziaria della Regione Puglia è emersa l'esigenza di innovare il settore cerealicolo per diminuire la dipendenza dall'estero, soprattutto se si considera il delicato momento storico.

A gravare ulteriormente sulla situazione vi è l'emergenza climatica che, nel 2021, ha causato un calo delle produzioni stimato mediamente del -45% (Coldiretti Puglia)^{26;27}.

Le priorità emerse sono l'aumento di resa della produzione, accompagnato da una riduzione degli interventi, senza aumentare l'input energetico e la somministrazione di fertilizzanti (Consiglio Regionale della Puglia).

²⁴ https://www.arpa.puglia.it/pagina3151_aziende-agricole-e-superficie-agricola-utilizzata-sau.html

²⁵ <https://www.istat.it/storage/7-Censimento-agricoltura-Infografiche/1.pdf>

²⁶ <https://www.coldiretti.it/economia/siccita-coldiretti-2-ml-d-danni-nei-campi-23-italia-a-secco>

²⁷ <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2021/06/29/puglia-danni-a-frutta-e-grano-da-temperature-elevate/70951>

4.1.1. Focus sulla coltivazione di frumento duro in Puglia

La Regione Puglia è da sempre zona di eccellenza (per superficie investita, produzione raccolta e qualità) nella coltivazione di cereali da granella (in particolare di frumento duro), guadagnandosi a ragione l'appellativo di "Granaio d'Italia".

In Tabella 1 è riassunto l'andamento della coltura del frumento duro in Puglia e in Italia nell'ultimo decennio, in termini di superficie investita (espressa in ettari) e produzione raccolta (espressa in quintali).

Tabella 1. Elaborazione su dati Istat dell'andamento produttivo della coltura del frumento duro su scala decennale (2012-2022)

Anno	SUPERFICIE (ha)			PRODUZIONE RACCOLTA (q)		
	Italia	Puglia	% Puglia/Italia	Italia	Puglia	% Puglia/Italia
2012	1.260.143	274.700	21,8	41.600.694	7.219.500	17,4
2013	1.270.490	350.000	27,5	39.702.433	10.713.000	27,0
2014	1.287.564	349.800	27,2	40.360.624	10.410.600	25,8
2015	1.328.874	351.000	26,4	43.983.267	9.777.040	22,2
2016	1.383.675	352.000	25,4	50.493.220	12.733.110	25,2
2017	1.304.856	343.300	26,3	42.127.682	9.038.800	21,5
2018	1.278.401	345.500	27,0	41.445.466	9.482.500	22,9
2019	1.223.960	345.000	28,2	38.491.411	9.592.645	24,9
2020	1.210.415	344.300	28,4	38.852.168	9.500.800	24,5
2021	1.228.503	343.500	28,0	40.650.069	9.318.000	22,9
2022	1.237.958	344.200	27,8	36.900.299	7.590.000	20,6

La superficie nazionale investita a frumento duro è rimasta pressoché costante nell'ultimo decennio: sono state infatti registrate minime variazioni annue (\pm 1-2% circa), con un aumento del totale nel primo quinquennio ed un decremento nel secondo.

La superficie pugliese investita a frumento duro ha visto invece un consistente rialzo quantitativo (+27%) ad inizio decennio (2013), per poi stabilizzarsi e rimanere pressoché invariata nel restante periodo.

La produzione totale raccolta e in Puglia e in Italia ha visto una costante crescita nel primo quinquennio, per poi correggere a ribasso nel secondo, ritornando pressoché ai valori iniziali.

Andando ad analizzare invece i dati riferiti all'incidenza del comparto regionale rispetto a quello nazionale (Figura 13), emerge che la Puglia ha, nell'ultimo decennio, rappresentato almeno da un quinto a un quarto (sfiorando anche valore di un terzo) del totale in termine e di superficie investita alla coltura e di produzione totale raccolta.

Questi dati sono testimone del fatto che la Puglia ha da sempre trainato il settore in oggetto, nonostante le evidenti difficoltà degli ultimi anni dovute alla siccità, all'aumento dei prezzi (ad esempio del carburante) e al conflitto russo-ucraino.

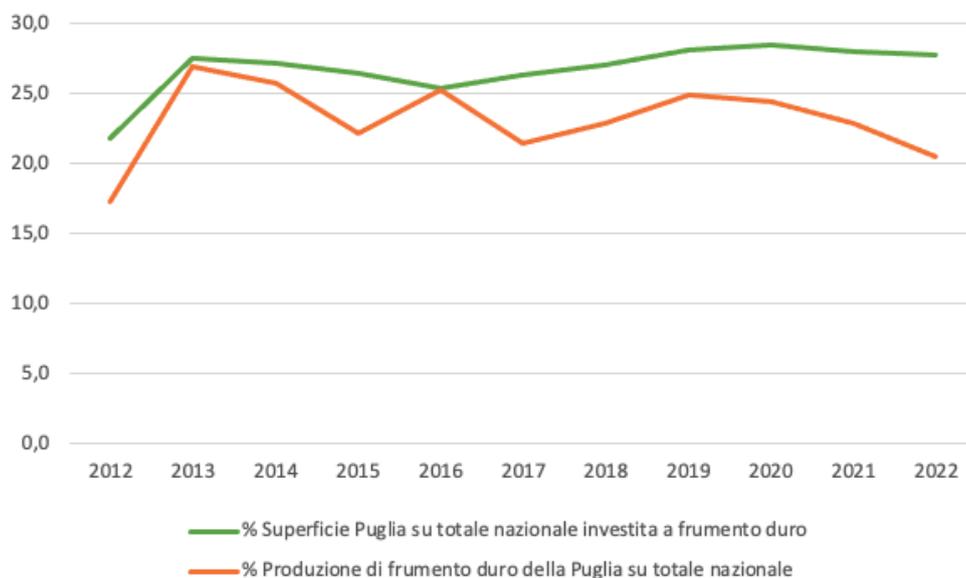


Figura 13. Incidenza % del comparto pugliese sul totale nazionale in termini di superficie investita a frumento duro e produzione raccolta

Secondo Coldiretti, tali perdite sono compensate dall'eccellente qualità del prodotto che si sono tradotte nell'aumento dell'export di prodotti trasformati, come la pasta, le cui vendite sono balzate del 44% nel primo semestre del 2022: questa spinta è stata innescata proprio dall'allarme globale della guerra in Ucraina, circa le garanzie di salubrità del cibo e dall'emergente necessità di consapevolezza e sicurezza in materia agroalimentare.

D'altro canto, l'Italia è ancora ben lontana dall'autosufficienza alimentare in tal senso, essendo ancora dipendente dall'import per il soddisfacimento del fabbisogno interno.

Sempre Coldiretti ha stimato che in Puglia sono stati messi in coltura circa 344.000 ettari nell'inverno 2022: le superfici seminate a frumento duro appaiono dunque stabili ed in linea con il trend del decennio antecedente; ipotizza inoltre che le superfici seminate potrebbero addirittura raddoppiare nel prossimo futuro.

Il rilancio del settore passa dall'aggregazione degli attori dell'intera filiera e dalla definizione di obiettivi qualitativi (puntando esclusivamente su varietà pregiate e riconosciute a livello mondiale) e quantitativi, oltre ad una profonda riflessione sulla definizione dei prezzi equi (affinché non scendano mai al di sotto dei costi di produzione) per far fronte alla concorrenza sleale delle importazioni estere.

4.2. Prodotti di qualità

Secondo le rilevazioni del Sistema d'informazione Nazionale sull'Agricoltura Biologica(SINAB) (Figura 14) la Puglia è regione che detiene il secondo posto nella classifica nazionale - dopo la Sicilia - nell'ambito della conduzione in regime biologico. La SAU vocata a questa tipologia di agricoltura ammonta a quasi ettari 270.000, corrispondente al 12,9% della SAU totale regionale, impiegando oltre 9.200 unità operative in aziende di estensione media di ettari 32.

Distribuzione regionale delle superfici biologiche in Italia
Anni 2019 e 2020
Valori in ettari



Figura 14. Distribuzione regionale delle superfici condotte in biologico in Italia ANNO 2019-2020. Valori in ettari (SINAB, 2021).

Stando a quanto riportato nel *“Rapporto Ismea-Qualivita 2022 sulla Dop economy italiana”* (ISMEA,2022) la Regione vanta dati significativi in valore relativi al comparto delle produzioni agro-alimentari certificate DOP e IGP: si contano **60 prodotti DOP, IGP** (comparto vino 38 filiere e comparto cibo 22 filiere). È la nona regione in Italia in assoluto per valore delle filiere DOP IGP e la quinta per il settore del vino (Figura 15). Tra i più rinomati ricordiamo per il comparto oli e grassi l’olio “Terra d’Otranto” e “Terra di Bari” (DOP) e “Olio di Puglia” (IGP); per il comparto formaggi si menziona la “Mozzarella di Gioia del Colle” (DOP) e la “Burrata di Andria” (IGP); per il comparto delle produzioni orto-frutticole spicca la “Patata Novella di Galatina” (DOP) ed il “Carciofo Brindisino” (IGP).

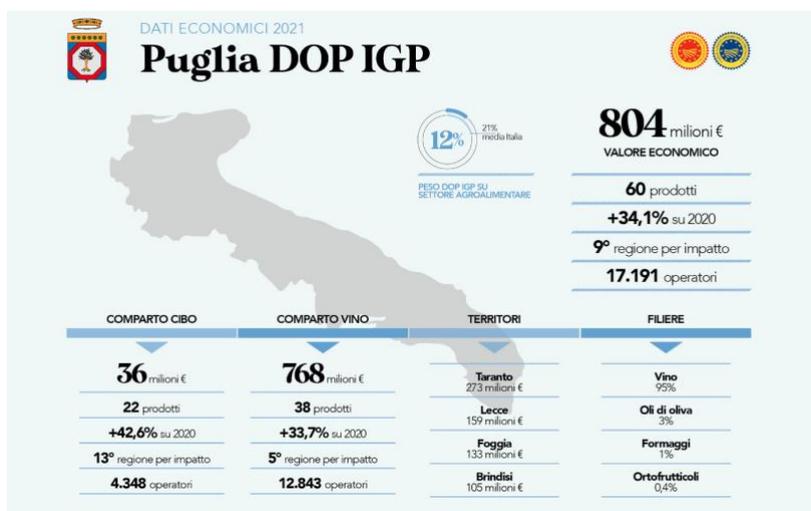


Figura 15. Dati economici regione Puglia DOP; IGP. (ISMEA, 2022).

4.3. Incentivi e sostegno all'agricoltura regionale

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 16. 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.

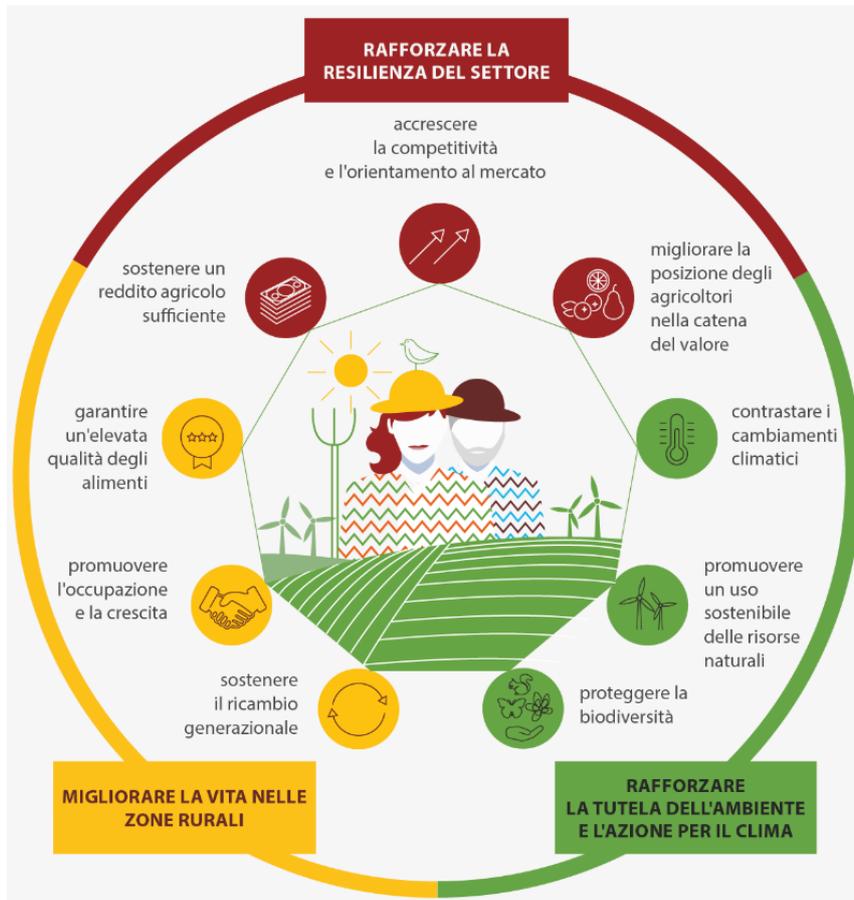


Figura 16. I 3 obiettivi generali della PAC (nei riquadri colorati) e 9 obiettivi specifici della strategia unitaria PAC. Fonte: <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/cap-reform-objectives/>

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**²⁸. 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 17).

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 17. 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.

²⁸ 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 - CSR**²⁹) 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 18). 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 18. Sintesi dei contenuti degli ecoschemi. Fonte : <https://terraevita.edagricole.it/pac-e-psr/eco-schemi-le-scelte-dellitalia>

Limitatamente alla regione di interesse per il presente progetto, la **Puglia**, con seduta della *Giunta del 5 dicembre 2022*, con *DGR n. 1178*, ha approvato il **Complemento regionale per lo Sviluppo Rurale (CSR)**, relativo al Piano strategico della PAC 2023-2027 della Regione.

L'**agricoltura pugliese** mira a una **maggiore resilienza** non trascurando l'**innovazione**, la **tutela della qualità** e della **salute del consumatore**, il sostegno concreto al settore, vittima della crisi energetica in atto e interessato dagli effetti del **cambiamento climatico** e dalle ripercussioni della pandemia.

A tal fine sono 4 le macro aree di intervento verso le quali si concentrano le risorse assegnate alla Puglia nella programmazione 2023/2027³⁰:

- promuovere un settore agricolo smart, resiliente e diversificato che garantisca la sicurezza alimentare per cui sono stanziati **oltre 371 milioni** di euro di cui 96% è costituito da investimenti, mentre il restante 4% è assegnato ad interventi compensativi degli svantaggi naturali;
- tutelare l'ambiente e contribuire agli obiettivi ambientali e climatici dell'Unione, per questa viene assorbita, in termini relativi, la quota più rilevante di risorse del Piano regionale della PAC, con circa il 46% delle risorse pubbliche, pari a più di **540 milioni di euro**, la gran parte dei quali (96%) è attribuita agli interventi che prevedono impegni climatico-ambientali e altri impegni di gestione, mentre, il restante 4% è caratterizzato da investimenti con finalità ambientale;
- rafforzare il tessuto socioeconomico delle aree rurali, a cui risulta assegnato il 17% della spesa pubblica totale del CSR, per un ammontare complessivo di **202 milioni di euro**. Circa il 60% di tali risorse è assegnato all'IC Leader che assume un peso relativo di poco superiore al 10% della spesa pubblica complessiva del Piano; seguono in termini di importanza relativa decrescente l'insediamento dei giovani agricoltori 25% delle risorse, gli investimenti 15% e, infine, gli interventi di cooperazione in ambito rurale;
- obiettivo trasversale AKIS, funzionale alla promozione e condivisione della conoscenza dell'innovazione e della digitalizzazione in agricoltura e nelle aree rurali e all'incoraggiamento della

²⁹ 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)

³⁰ <https://press.regione.puglia.it/-/sviluppo-rurale-2023-2027-approvato-il-complemento-di-programmazione-alla-puglia-pi%C3%B9-di-1-2-mlrd-di-euro-per-sostenere-l-agricoltura-pugliese%C2%A0>

loro diffusione, a cui risulta assegnata una dotazione finanziaria di **31,8 milioni di euro**, pari a circa il 2,7% delle risorse pubbliche totali del CSR.

Di seguito si allegano gli impegni agro-ambientali di interesse rispetto alle tecniche agronomiche proposte nel presente progetto (Figura 19) che la regione ha deciso di attivare:

ACA1 - Produzione integrata (ex Operazione 10.1.1 del PSR della Regione Puglia 2014-2022): l'intervento prevede un sostegno per ettaro di SAU a favore degli agricoltori o delle associazioni di agricoltori che si impegnano ad adottare le disposizioni tecniche indicate nei Disciplinari di Produzione Integrata (DPI) stabiliti per la fase di coltivazione, aderendo al SQNPI.

ACA3 - Tecniche di lavorazione ridotta dei suoli (ex Operazione 10.1.3 del PSR della Regione Puglia 2014-2022): l'intervento è volto a migliorare le performance ambientali, pertanto è possibile combinare gli impegni previsti dal pagamento ACA3 con quelli di alcuni altri interventi agro-climatico-ambientali. L'ACA3 si articola in due azioni (impegni di base):

- adozione di tecniche di semina su sodo / No tillage (NT);
- adozione di tecniche di minima lavorazione / Minimum tillage (MT) e/o di tecniche di lavorazione a bande / strip tillage.

ACA24 - Pratiche agricoltura di precisione. L'intervento prevede un sostegno annuale per ettaro a favore dei beneficiari che si impegnano ad adottare almeno una pratica di agricoltura di precisione; ha come obiettivo la riduzione degli input chimici e idrici. L'intervento è applicabile su tutto il territorio nazionale e a tutte le tipologie colturali per le quali sono disponibili servizi digitali di supporto e DSS.

SRA01 – ACA 1 – PRODUZIONE INTEGRATA		SRA03 – ACA 3 – TECNICHE LAVORAZIONE RIDOTTA DEI SUOLI	
Descrizione dell'ambito di applicazione territoriale	L'intervento può essere attivato su tutto il territorio regionale.	Descrizione dell'ambito di applicazione territoriale	L'intervento può essere attivato su tutto il territorio regionale.
Finalità e descrizione generale	L'intervento "Produzione Integrata" prevede un sostegno per ettaro di SAU a favore dei beneficiari che si impegnano ad aderire al Sistema di Qualità Nazionale Produzione Integrata (SQNPI) e mantenere tale requisito per l'intero periodo di impegno.	Finalità e descrizione generale	L'intervento 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 all'esigenza di favorire la conservazione del suolo.
Collegamento con altri interventi	ACA 3 - Tecniche lavorazione ridotta dei suoli, ACA 4 - Apporto di sostanza organica nei suoli, ACA 15 - Agricoltori custodi dell'agrobiodiversità, ACA 24 - Pratiche agricoltura precisione	Collegamento con altri interventi	ACA 1 - Produzione Integrata, ACA 15 - Agricoltori custodi dell'agrobiodiversità, ACA 24 - Pratiche agricoltura precisione
Principali Criteri di ammissibilità dei beneficiari	C01 Agricoltori singoli o associati; C02 Enti pubblici gestori di aziende agricole. C03 Altri gestori del territorio.	Principali Criteri di ammissibilità dei beneficiari	C01 Agricoltori singoli o associati; C02 Enti pubblici gestori di aziende agricole; C03 Soggetti collettivi nell'ambito dell'intervento di cooperazione, formati da soggetti che rientrano nei criteri C01 e C02.
Dotazione finanziaria intervento	50,00 Meuro, di cui quota FEASR 25,250 Meuro	Dotazione finanziaria intervento	20,00 Meuro, di cui quota FEASR 10,100 Meuro
Previsione pubblicazione Avviso pubblico	2023	Previsione pubblicazione Avviso pubblico	2023
INT. SRA01 Importo unitario previsto	Pagamento per ettaro su superficie agricola soggetta ad impegni di produzione integrata: TARGET 29.400 ettari L'intervento prevede un periodo di impegno di durata pari a cinque anni. La singola annualità dell'impegno è riferita all'anno solare (01/01-31/12). Unit Amount €/ettaro/anno: SRA01 - PUG.01 Agrumi, Vite e Fruttiferi - 292,8 € SRA01 - PUG.03. Olivo - 355,00 € SRA01 - PUG.05. Cereali - 88,00 € SRA01 - PUG.06. Ortive - 390,00 €	INT. SRA03 Importo unitario previsto	Pagamento per superficie agricola sottoposta ad impegni per tecniche di lavorazione ridotta dei suoli: TARGET 19.500 ettari. L'intervento prevede un periodo di impegno di durata pari a cinque anni. La singola annualità dell'impegno è riferita all'anno solare (01/01-31/12). Unit Amount €/ettaro/anno: SRA03.1 - Semina su Sodo - 214,00 €; SRA03.02 - Minima Lavorazione - 208,00 €

SRA24 – ACA 24 – PRATICHE AGRICOLTURA DI PRECISIONE	
Descrizione dell'ambito di applicazione territoriale	L'intervento può essere attivato su tutto il territorio regionale.
Finalità e descrizione generale	L'intervento prevede un sostegno annuale per ettaro a favore dei beneficiari che si impegnano ad adottare almeno una pratica di agricoltura di precisione. L'intervento si compone di 3 azioni che possono essere assunte anche contemporaneamente sulla stessa superficie: Azione.1 – Adozione di tecniche di precisione - Fertilizzazioni Azione.2 - Adozione di tecniche di precisione - Trattamenti fitosanitari Azione.3 - Adozione di tecniche di precisione - Irrigazione
Collegamento con altri interventi	ACA 1 - Produzione Integrata, ACA 3 - Lavorazione ridotta dei suoli, ACA 4 - Apporto di sostanza organica
Principali Criteri di ammissibilità dei beneficiari	C01 Agricoltori singoli o associati; C02 Enti Pubblici gestori di Aziende Agricole; C03 Superficie minima oggetto di interventi: 1 Ha C05 Gruppi colturali: colture erbacee, arboree e orticole
Dotazione finanziaria intervento	10,0 Meuro, di cui quota FEASR 5,05 Meuro
Previsione pubblicazione Avviso pubblico	2023
INT.SRA24 Importo unitario previsto	Pagamento per superficie TARGET 17.500 ettari L'intervento prevede un periodo di impegno di durata pari a cinque anni. La singola annualità dell'impegno è riferita all'anno solare (01/01-31/12). Unit Amount €/ettaro/anno: PUG.01 - Fertilizzazione MEDIO € 225,00 - MAX € 292,00 PUG.02 - Trattamenti antiparassitari MEDIO € 310,00 - MAX € 412,00 PUG.03 - Irrigazione MEDIO € 295,00 - MAX € 467,00

Figura 19. Impegni agro-ambientali attivati dalla Regione Puglia di interesse rispetto alle tecniche agronomiche proposte nel presente progetto.³¹

³¹ <https://terraevita.edagricole.it/wp-content/uploads/sites/11/2022/11/La-Regione-Puglia-e-il-Piano-Strategico-Nazionale-della-PAC-2023-2027.pdf>

5. Inquadramento dell'area di intervento

L'area identificata per l'installazione dell'impianto è localizzata in agro del Comune di Acquaviva delle Fonti, in Provincia di Bari. 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 20 (coord. Area nord 40° 52' 13.53" N - 16° 52' 57.88" E | Area sud 40° 50' 30.74" N - 16° 51' 13.32" E).

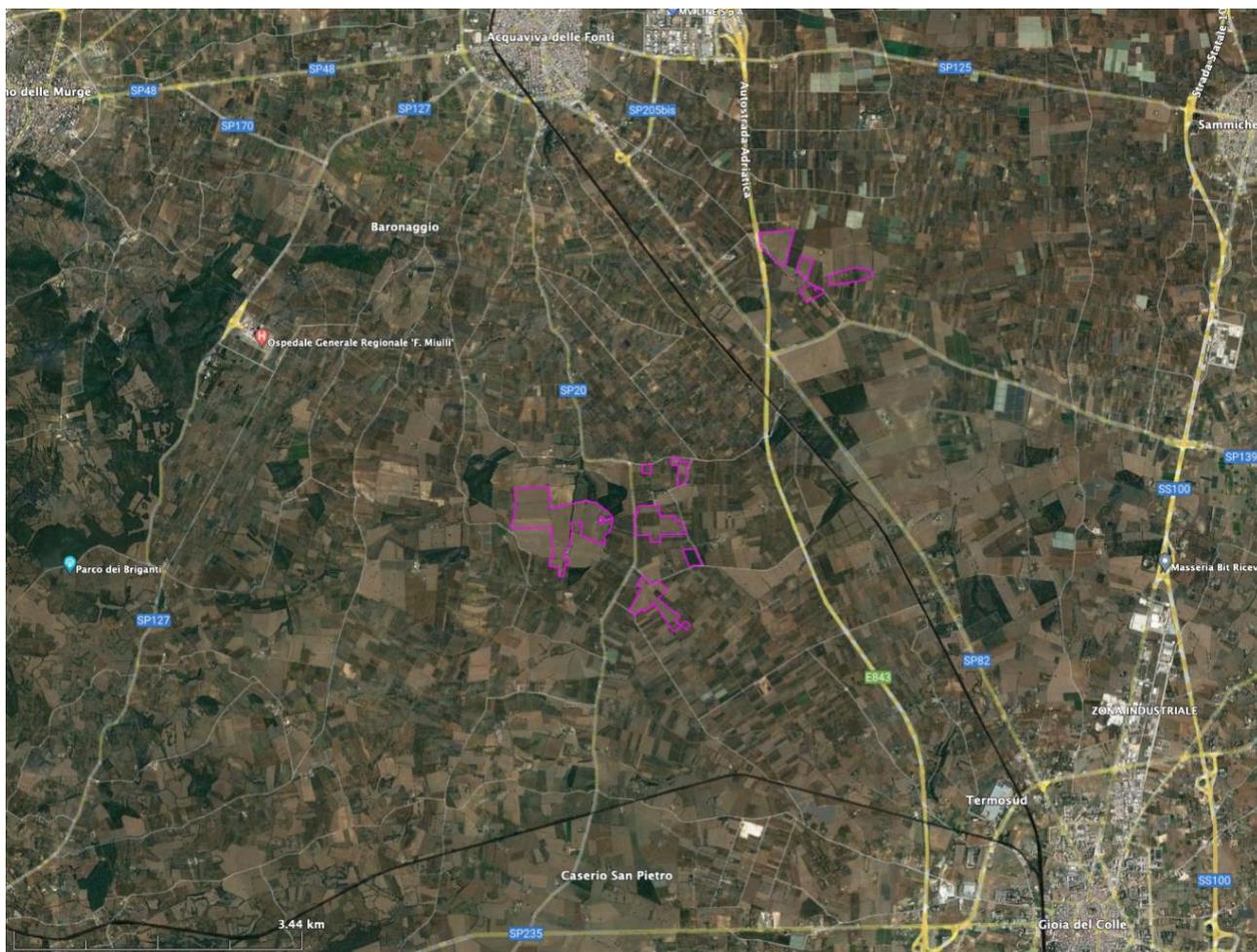


Figura 20. Localizzazione dell'area di intervento su foto satellitare (scala sovralocale) (Fonte cartografica di base: Google Earth).

L'area catastale nella disponibilità del proponente per il progetto agrivoltaico ha un'estensione pari a ha 116,72 complessivi, di cui ha 71,23 recintati.

L'area nord dista in linea d'aria circa km 2,8 N-O dal centro abitato del Comune di Acquaviva delle Fonti (BA) e circa km 6,8 S-E dal centro abitato del Comune di Gioia del Colle (BA); l'area di intervento è raggiungibile percorrendo da Gioia del Colle la SP82 in direzione N-O ed imboccando in direzione ovest la SP139.

L'area sud invece dista in linea d'aria circa km 5,4 N dal centro abitato del Comune di Acquaviva delle Fonti (BA) e circa km 6 S-E dal centro abitato del Comune di Gioia del Colle (BA); l'area di intervento è raggiungibile percorrendo in direzione sud la SP20 partendo dal centro abitato di Acquaviva delle Fonti.

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta, quindi, essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed essendo facilmente raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Aprile 2023
			Pagina 29 di 83

Entrando nel merito del contesto territoriale, l'area di progetto attualmente risulta essere coltivata, inserendosi in uno scenario in cui predomina l'**attività agricola**. La componente rurale, tipica della zona dell'Alta Murgia barese, si costituisce principalmente di seminativi semplici e seminativi arborati (con alberi di ulivo e mandorlo sparsi), oliveti (olivicoltura promiscua o specializzata) ed altri frutteti (soprattutto mandorleti e ciliegeti).

I lotti designati per la produzione energetica confinano interamente con altri campi agricoli e si inserisce in un contesto a bassa densità abitativa, in cui si ravvisano fabbricati e manufatti che verranno esclusi dalle aree di installazione dell'impianto e ai quali verrà applicata una fascia di rispetto di m 10.

L'area oggetto di intervento si colloca, dal punto di vista altimetrico, tra la maggior quota di m 340-355 s.l.m. (area sud) e la quota minima di m 305-312 s.l.m. (area nord), con un dislivello pari a m 40 circa. Il sito si presenta regolare e pianeggiante, con pendenze massime basse, sull'ordine del 2-3%.

La soluzione tecnica prevede il collegamento in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Andria-Brindisi Sud ST". La linea di connessione sarà realizzata in cavo interrato con tensione 36 kV e con lunghezza pari a circa 12,87 km.

5.1. Inquadramento catastale

I fondi rustici interessati dall'intervento, riferibili all'area contrattualizzata in disponibilità del proponente, sono censiti al Catasto Terreni del Comune di Acquaviva delle Fonti (BA), le cui caratteristiche sono riassunte in Tabella 2:

Tabella 2. Particellare dell'area oggetto di intervento

Foglio n°	Particella n°	Superficie ha
69	52*	6,4440
69	109*	3,1060
69	110*	3,1290
70	12*	1,4043
70	13	0,9273
70	14	0,1470
70	15	0,0007
70	16	1,2172
70	26*	1,0860
70	27*	1,2330
70	28*	1,3867
70	40*	1,3637
70	50*	0,2200
70	51*	0,0015
70	59*	0,8593
71	3	1,1547
71	4	0,0620
71	180	0,7247
71	187*	1,7635
71	229	1,2426
86	16*	7,0657
86	32*	0,2681
86	82*	0,6455
86	83*	5,0038
86	87*	7,1300
86	90*	7,8146
94	95	0,6285
94	173	0,6776
94	177*	0,3190
94	178*	0,3111
94	180*	0,3110
94	181*	0,3350
95	117	13,9249
95	123	3,2310
96	6*	1,5841
96	7	4,7540
96	36	1,1430
96	43*	0,7870
96	46*	0,6250
96	47*	1,1223

Foglio n°	Particella n°	Superficie ha
96	48*	1,2650
96	71*	1,4391
96	72*	0,0410
96	87	1,0936
96	92*	4,4113
96	98*	1,3862
96	100*	2,4440
96	101*	3,4247
103	2*	0,6555
103	3*	1,3410
103	6*	0,6843
103	8	0,3347
103	10*	0,6708
103	11*	0,1608
103	15*	0,1795
103	17*	0,1818
103	18*	0,9080
103	19*	0,8016
103	20*	0,7251
103	21*	0,3286
103	28*	0,5795
103	32*	0,1704
103	34*	0,1582
103	37*	0,5850
103	41*	0,1908
103	46*	0,5752
103	116	0,3303
103	118*	0,1659
103	119*	0,1699
103	120*	0,1842
103	159*	1,3200
103	160*	0,2900
103	167*	1,9570
103	196*	0,1907
103	197*	0,1908
104	51	0,6644
104	85*	0,6774
104	99*	0,3466
104	174*	0,3383
TOTALE		116,7156

* Particelle interessate dall'area recintata, la cui superficie catastale totale è pari a ha **84,4574**.

Si riporta di seguito (Figura 21, Figura 22 e Figura 23) uno stralcio dell'inquadramento catastale, riferibile all'area di impianto del progetto agrivoltaico con in evidenza le superfici in disponibilità del proponente (contornate in magenta) e le aree recintate (contornate in blu).

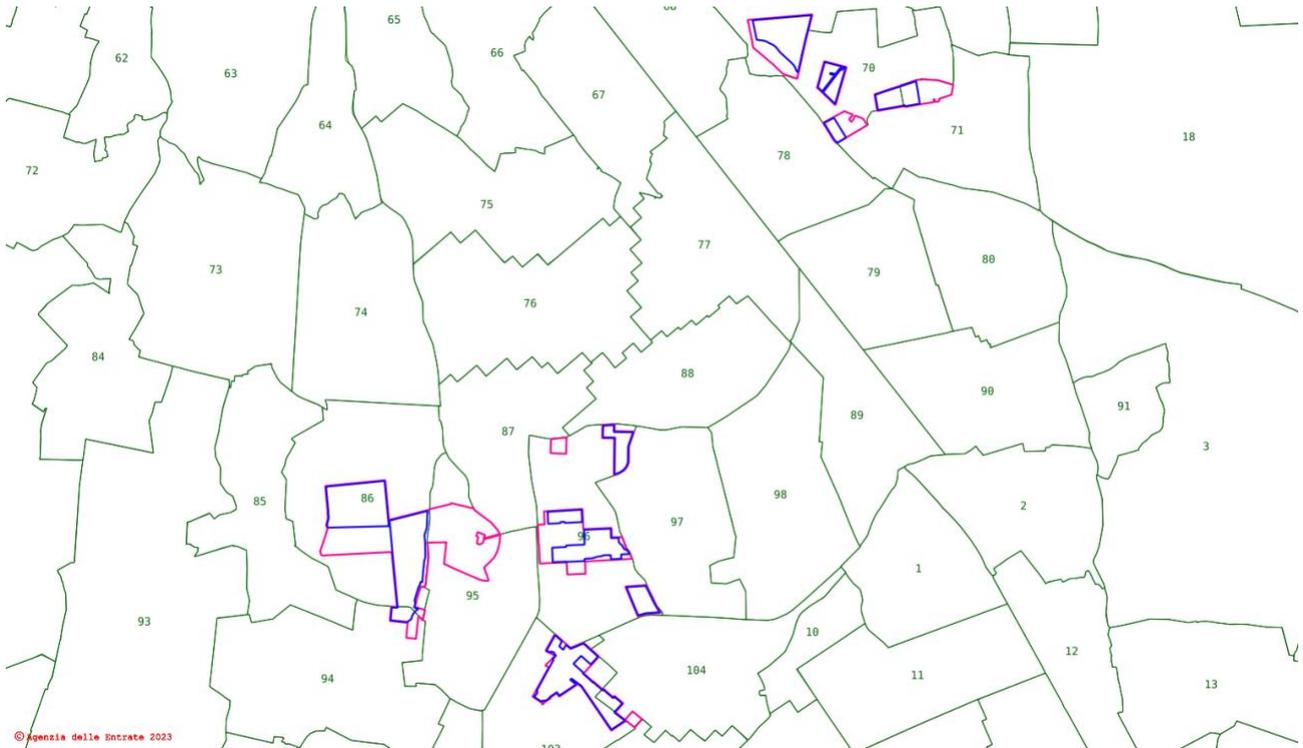


Figura 21. Inquadramento catastale (Fogli) delle aree oggetto di intervento in agro del Comune di Acquaviva delle Fonti (BA).

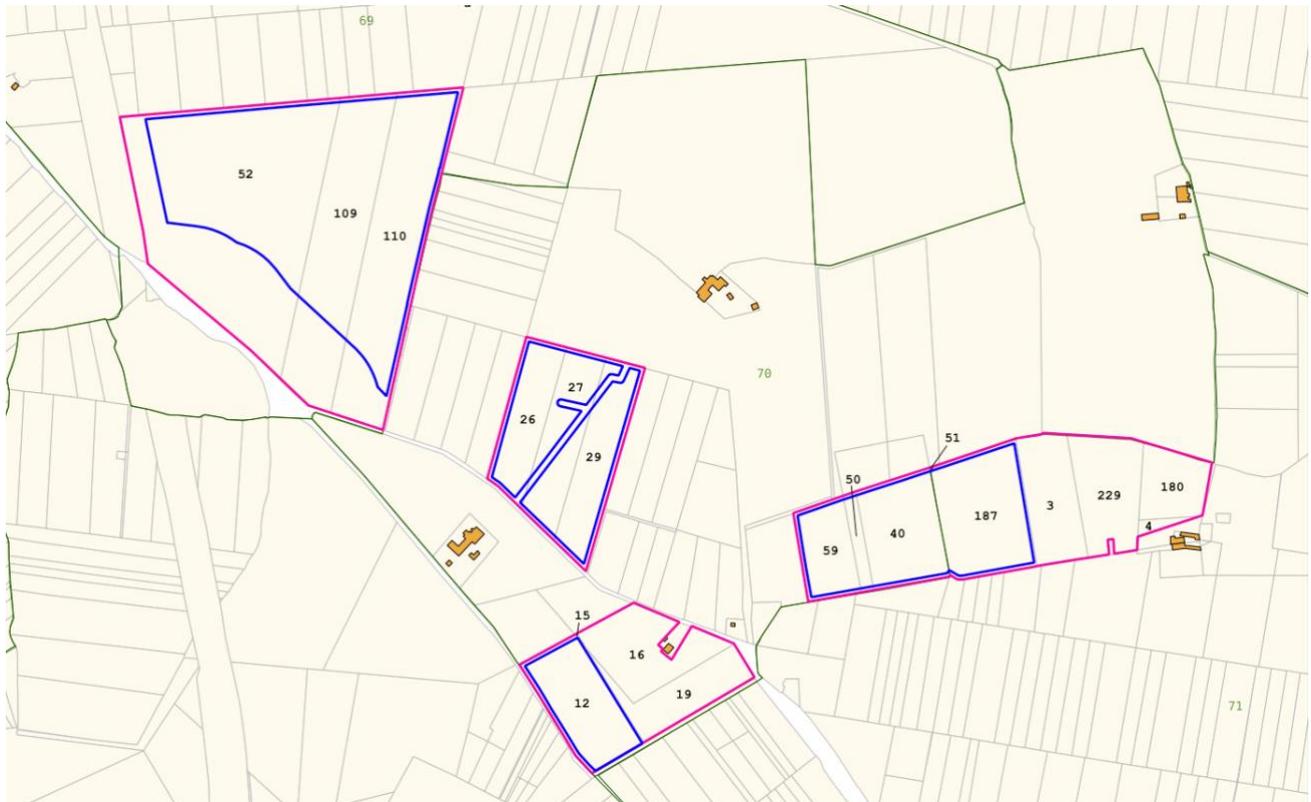


Figura 22. Inquadramento catastale impianto agrivoltaico Fg. n° 69,70 e 71 del Comune di Acquaviva delle Fonti (BA).

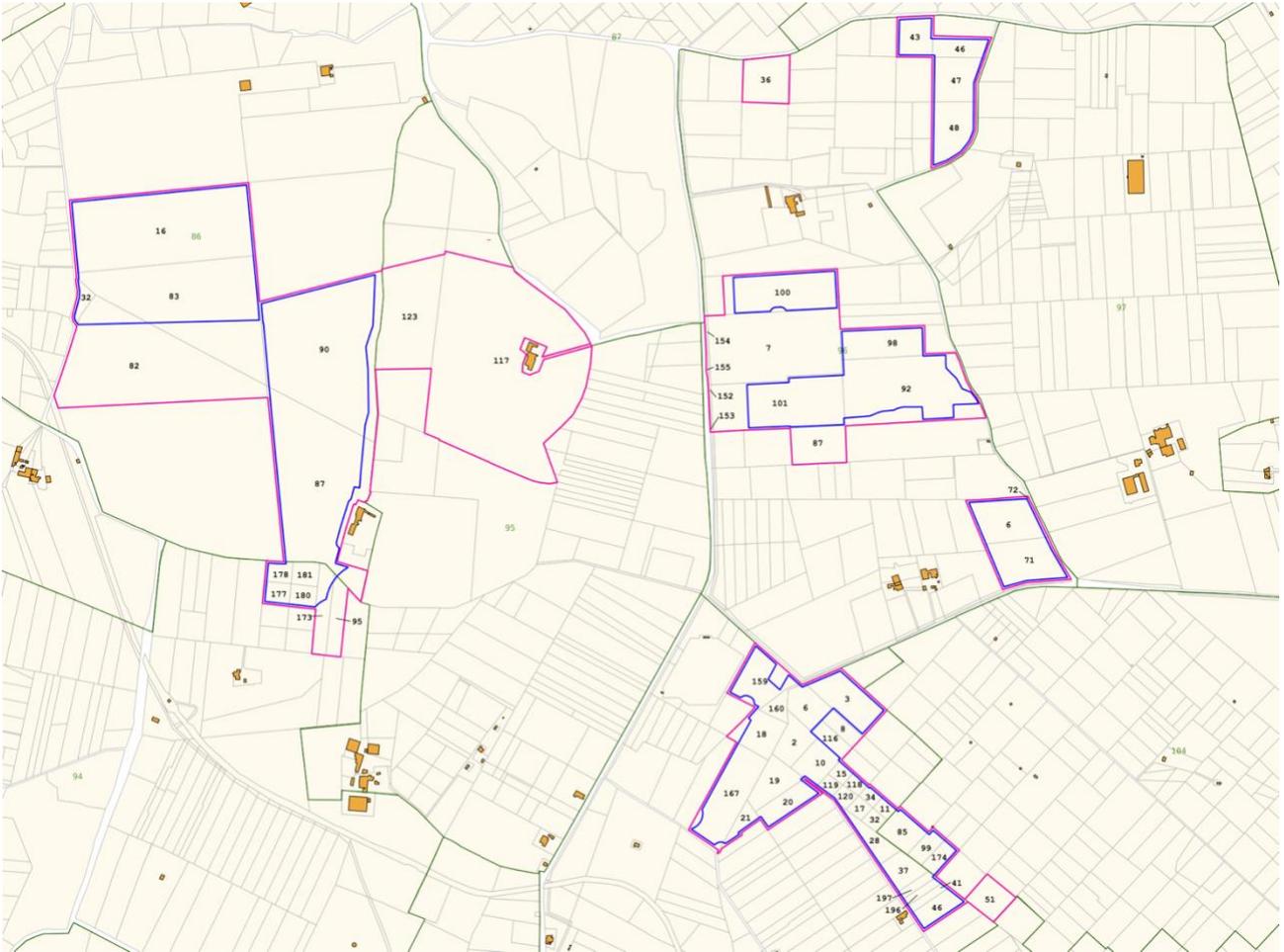


Figura 23. Inquadramento catastale impianto agrivoltaico Fg. n° 86, 94, 95, 96, 103 e 104 del Comune di Acquaviva delle Fonti (BA).

5.2. Aspetti pedologici e agronomici

Osservando la "Carta dei Suoli di Italia" (2012) (Figura 24), l'area oggetto di esame appartiene alla regione pedologica dei "suoli delle colline e dei terrazzi marini del sud Italia su sedimenti calcarei". I fattori fondamentali per la determinazione delle regioni sono le condizioni climatiche e quelle geologiche; si presuppone infatti che tali elementi caratterizzino lo sviluppo di diversi processi pedogenetici così da dar luogo a differenti suoli dominanti.

Questa regione pedologica comprende zone dove sono diffusi i suoli tipici dell'area mediterranea, come le terre rosse mediterranee importanti oltre che sul piano agricolo per colture di qualità, come vite ed olivo, anche sul piano paesaggistico.

Più nello specifico l'area considerata appartiene alla provincia pedologica 44 che comprende diverse tipologie di suolo: *Leptic e Luvic Phaeozem; Leptic e Chromic Luvisol; Haplic Calcisol; Calcic Chernozem; Calcaric Regosol; Calcaric Cambisol; Calcic Kastanozem; Calcaric Leptosol; Calcaric Arenosol.*

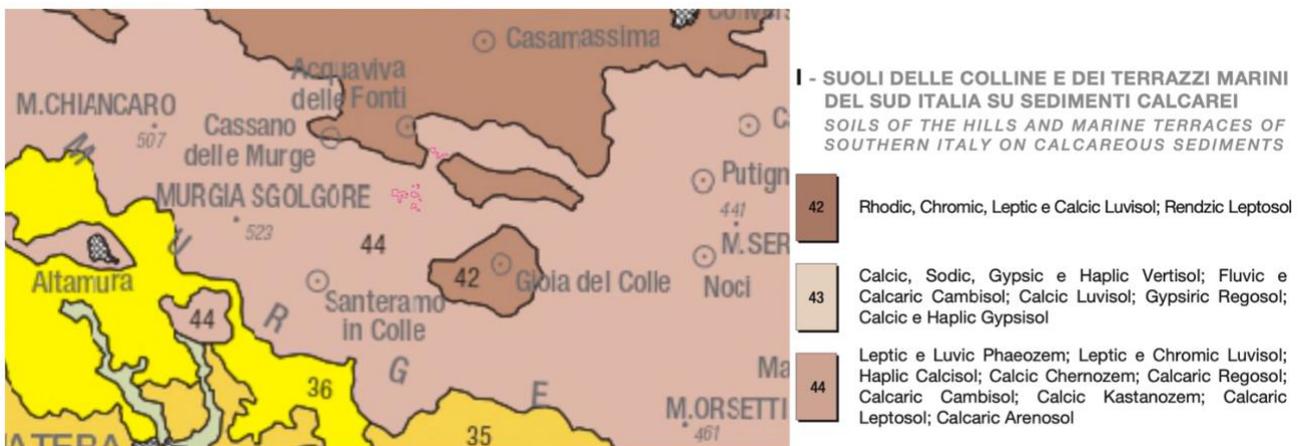


Figura 24. Estratto della "Carta dei suoli di Italia" (2012). Evidenziata in magenta l'area oggetto d'esame. Fonte: https://esdac.jrc.ec.europa.eu/images/Eudasm/IT/2_012Carta_Suoli_Italia.jpg

Consultando i dati aggiornati annualmente da parte del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)³² è possibile desumere lo stato di fatto circa l'intensità del consumo di suolo regionale (di seguito ICS). A livello regionale i dati raccolti mostrano un incremento di ICS (tra il 2018 e il 2019) superiore ai 600 ha; ipotizzando uno scenario che mantenga la velocità del consumo di suolo registrata nell'ultimo anno, dal 2019 al 2050 si registrerebbe una perdita totale di terreno di circa 19.400 Ha.

Volendo approfondire ulteriormente, è possibile fare un focus sui singoli Comuni; quelli che hanno ottenuto "consumo di suolo zero" sono 24 su 258, mentre quelli con percentuali di incremento superiore a 0.5 % (intensità di consumo "elevata") sono 58; l'area considerata ricade in una zona con indice di consumo "medio" (Figura 25).

³² https://www.arpa.puglia.it/pagina3280_intensita-del-consumo-di-suolo.html

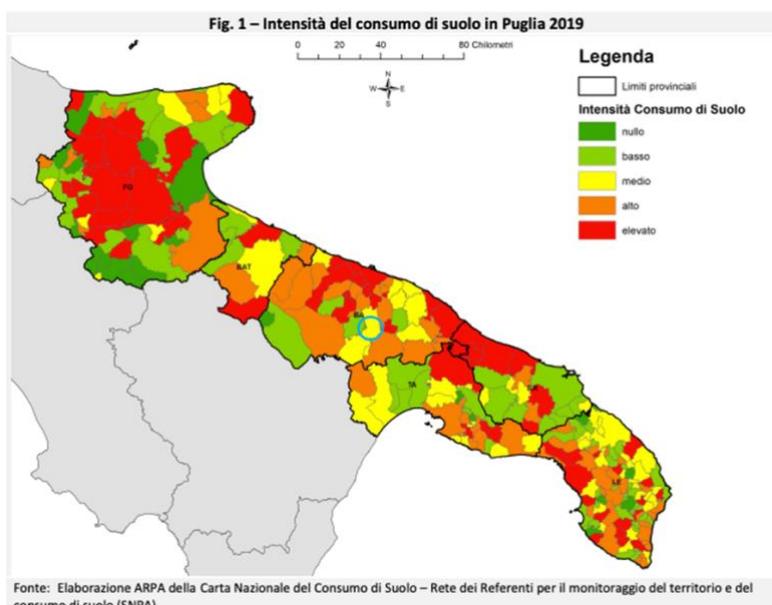


Figura 25. Intensità del consumo di suolo in Puglia nel 2019 (dati aggiornati al 2020). In verde scuro i comuni virtuosi e in rosso quelli che continuano a consumare suolo con una intensità sostenuta. Evidenziato in blu l'area in esame.

Gran parte delle aree indicate a forte rischio di erosione superficiale è coltivata a seminativi (frumento duro in particolare) ed interessata dalla presenza di pascoli intensivi degradati.

Il problema della perdita di fertilità dei terreni interessa particolarmente la parte settentrionale della regione identificabile con la provincia di Foggia, un'area caratterizzata da **sistemi colturali intensivi** (85,6% su SAU), **dove sono molto elevati il tasso di mineralizzazione della sostanza organica ed il rischio di compattazione dei suoli per la forte meccanizzazione che caratterizza l'attività agricola**. Le peculiarità dell'area relativamente agli aspetti climatici (stagione estiva arida) ed a diffuse nonché discutibili pratiche di gestione agronomica, come la monosuccessione del frumento e la bruciatura dei residui colturali, hanno reso **necessario approfondire lo studio sul ruolo che le tecniche conservative possono avere sul miglioramento dei risultati agronomici ed economici nel settore cerealicolo**.

Come appena accennato, **tale fenomeno può essere accelerato dalle attività umane**, in particolare da quelle agro-silvo-pastorali (tipi colturali, sistemi di lavorazione e coltivazione, gestione forestale, pascolamento), per cui non sono applicate specifiche azioni agroambientali di controllo e mitigazione.

L'erosione, soprattutto nelle sue forme più intense, rappresenta una delle principali minacce per la corretta funzionalità del suolo. La rimozione della parte superficiale del suolo ricca di sostanza organica ne riduce, anche in modo rilevante, la produttività e può portare, nel caso di suoli poco profondi, a una perdita irreversibile di terreni coltivabili.

Il sito considerato rientra all'interno di due ambiti paesaggistici, "Puglia Centrale" e "Alta Murgia", i paesaggi individuati sono distinguibili in base a caratteristiche peculiari³³ dai confini più o meno netti.

L'ambito della Puglia Centrale è caratterizzato dalla prevalenza di una matrice olivetata che si spinge fino ai piedi dell'altopiano murgiano. È contraddistinto da due differenti sistemi insediativi: il primo a nord, su una linea che collega l'Alta Murgia alla costa, il secondo a sud che si sviluppa con struttura radiale intorno a Bari. L'ambito dell'Alta Murgia si caratterizza per un esteso mosaico di aree aperte con presenze di due principali matrici: seminativi a cereali e pascoli rocciosi.

³³ Le caratteristiche considerate fanno riferimento a dominanti fisico-ambientali e dinamiche socio-economiche e insediative. Esse permettono di individuare l'originalità del paesaggio e di precisarne gli elementi caratterizzanti.

Analizzando la carta "Uso del suolo" della Regione Puglia³⁴, l'area oggetto di studio ricade in un contesto in cui **predomina l'attività agricola**, con presenza sporadica di superfici artificiali (tuttavia connesse al settore primario).

Come desumibile dalle Figura 26 e Figura 27, la superficie di intervento ricade maggiormente nella classe (Livello IV di categorizzazione) "*Seminativi semplici in aree non irrigue*", contraddistinta con il n° **2111**; nello specifico, predomina la coltivazione di specie erbacee annuali a ciclo autunno-vernino, quali frumento tenero ed avena. Si ravvisa anche una superficie interessata da "*Frutteti e frutti minori*", contraddistinta con il n° **222**, consistenti per lo più in ciliegeti, pescheti e mandorleti specializzati.

Vi anche la presenza di superfici investite a "*vigneti*" e "*uliveti*", contraddistinte rispettivamente con il n° **221** ed il n° **223**.

Sull'area di intervento vi è anche la presenza di "superfici boscate", nello specifico "*aree a pascolo naturale, praterie, incolti*", contraddistinte con il n° **321**; tali aree risultano riconducibili nel caso specifico a superfici a ridosso del margine dei campi e delle strade attigue, dunque non utilizzate propriamente per l'attività agricola.

Infine, per la componente delle "superfici artificiali", si ravvisa la presenza di zone riconducibili alla categoria "*insediamenti produttivi agricoli*", contraddistinte con il n° **1216**: nel caso specifico, questa categorizzazione è correlata alla presenza di fabbricati rurali, zootecnici, capannoni, depositi ed altre strutture correlate all'attività agricola.



Figura 26. Elaborazione della "Carta uso del suolo" della Regione Puglia, con dettaglio della zona di intervento nord.

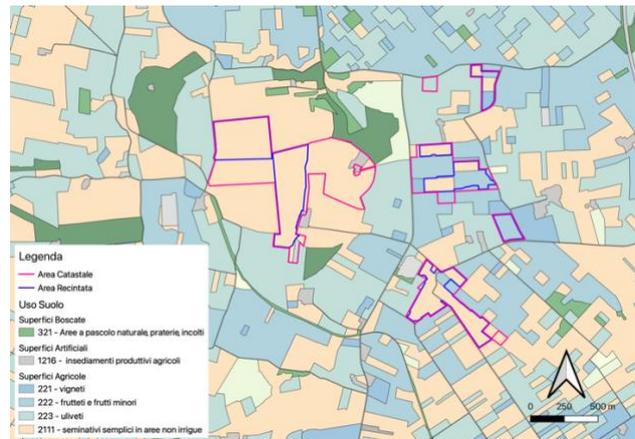


Figura 27. Elaborazione della "Carta uso del suolo" della Regione Puglia, con dettaglio della zona di intervento sud.

³⁴ Tale carta è stata redatta secondo lo standard di classificazione del progetto europeo "Corine Land Conver" (CLC), utilizzando ortofoto regionale (volo aereo 2006-2007) e garantendo maggiore accuratezza nel dettaglio della classificazione (scala 1:5000, utilizzando ortofoto con pixel singolo corrispondente a cm 50)

5.3. Inquadramento climatico

Secondo l'ultimo rapporto IPCC³⁵ (2022) le attuali temperature globali hanno superato la soglia di tolleranza per molte specie sia vegetali che animali, causandone la mortalità (per esempio 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 NOAA³⁶, se consideriamo anche il risultato degli studi della NASA, il 2022 è stato il 5° anno più caldo mai registrato. Nonostante questo record negativo, l'anno appena iniziato (2023) conferma questo trend positivo di innalzamento della temperatura, infatti, 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 gennaio³⁷. 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.

Le città offrono l'opportunità di azione per il clima: edifici verdi, forniture affidabili di acqua potabile ed energia rinnovabile, sistemi di trasporto sostenibili per collegare aree urbane e rurali. Sono tutte iniziative che possono portare a una società più inclusiva, più giusta" e sostenibile (Debra Roberts-Co-Chair, Working Group II, IPCC).

Il territorio Italiano non è escluso dall'innalzamento delle temperature, infatti, ricerche scientifiche riferite 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

³⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change- è l'organismo delle Nazioni Unite per la valutazione della scienza relativa ai cambiamenti climatici.

³⁶ National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-202212>

³⁷ <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-202301>

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 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.**

Per quanto riguarda la Puglia, il clima varia in relazione alla posizione geografica e alle quote sul livello medio marino delle sue zone. Nel complesso la regione è caratterizzata da un clima mediterraneo composto da estati abbastanza calde e poco piovose ed inverni non eccessivamente freddi e mediamente piovosi, con abbondanza di precipitazioni durante la stagione autunnale.

Le temperature medie sono di circa 15 – 16 °C con valori medi più elevati nell'area ionico-salentina e più basse nel Sub-Appennino Dauno e Gargano. Le estati sono abbastanza calde con temperature comprese fra i 25 - 30 °C e punte di oltre 40 °C nelle giornate più calde. Sul versante ionico nel periodo estivo si possono raggiungere temperature particolarmente elevate, anche superiori a 30 - 35 °C per lungo tempo. Gli inverni sono relativamente temperati e la temperatura scende di rado sotto i 0°C, tranne nelle quote più alte del Sub-Appennino Dauno e del Gargano. Nella maggior parte della regione la temperatura media invernale non è inferiore a 5 °C. la neve ad eccezione delle aree di alta quota del Gargano e del Sub-Appennino, è rara.

Il valore medio annuo delle precipitazioni è estremamente variabile. Le aree più piovose sono il Gargano, il Sub-Appennino Dauno e il Salento sudorientale, ove i valori medi di precipitazione sono superiori a 800 mm/anno. Valori di precipitazione annua in media inferiori a 500 mm/anno si registrano nell'area tarantina e nel Tavoliere. Nella restante porzione del territorio le precipitazioni medie annue sono generalmente comprese tra i 500 e i 700 mm/anno.

Le precipitazioni sono in gran parte concentrate nel periodo autunnale (novembre - dicembre) e invernale, mentre le estati sono relativamente secche che, con precipitazioni nulle anche per lunghi intervalli di tempo o eventi di pioggia intensa molto concentrati, ma di breve durata, specialmente nell'area salentina. Questo clima fa sì che alla ricarica degli acquiferi contribuiscano significativamente solo le precipitazioni del tardo periodo autunnale e quelle invernali.

L'analisi climatologica del sito oggetto di studio è stata condotta attraverso la consultazione del sito Annual Weather Averages - Puglia, IT (worldweatheronline.com), in quanto i dati resi disponibili dalla stazione di riferimento per la misurazione dei dati meteorologici da ARPA Puglia sono situati a grande distanza e non risultano quindi adeguati a descrivere il sito.

In Figura 28 si riporta la variazione delle temperature medie nel corso degli anni 2010-2022 nel Comune di Casamassima in quanto il più vicino al sito di progetto. Per quanto riguarda il mese di gennaio (la temperatura minima media raggiunta nel periodo analizzato risulta pari a 8° C) si rilevano le temperature medie più basse, mentre ad agosto le temperature medie estive si attestano tra i 27°C (la più bassa registrata nel 2017) e i 32°C (2022): la media annuale rispetto all'anno 2022 è pari a 15,08°C.

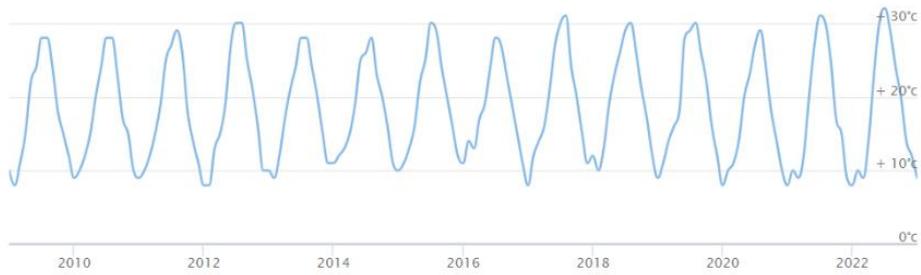


Figura 28. Temperatura media mensile del Comune di Casamassima (BA) - Anni 2010-2022

La Figura 29 mostra la variazione delle temperature minime nel corso degli anni 2010 - 2022 nel Comune di Casamassima. Per quanto riguarda il mese di gennaio (4°C) si rilevano le temperature minime più basse, mentre ad agosto le temperature minime estive si attestano tra i 22°C (la più bassa registrata nel 2010) e 24°C. La media minima annuale al 2022 è di 10,75°C.



Figura 29. Temperatura minima mensile del Comune di Casamassima (BA) - Anni 2010-2022

In Figura 30 è indicata la variazione delle temperature massime medie nel corso degli anni 2010 - 2022 nel Comune di Casamassima. Per quanto riguarda il periodo invernale il mese di gennaio 2014 presenta la temperatura massima del periodo analizzato (14°C), mentre per quanto concerne il periodo estivo, il mese che presenta il picco più alto degli anni analizzati risulta essere (37°C, luglio 2022). La media massima annuale al 2022 è di 19,41°C.

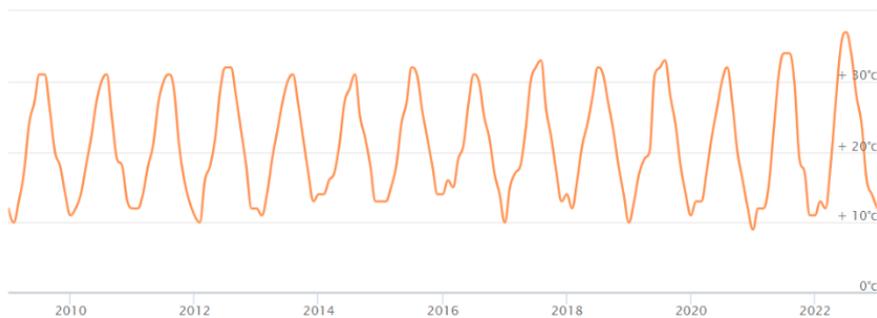


Figura 30. Temperatura massima mensile del Comune di Casamassima (BA) - Anni 2010-2022

Nel medesimo periodo (2010 -2022) risulta che l'umidità relativa media più bassa si è registrata tra i mesi di luglio - settembre 2021 (135%), mentre quella più alta tra i mesi di gennaio - marzo 2011 (240%); l'umidità relativa media del periodo è del 74% (Figura 31).

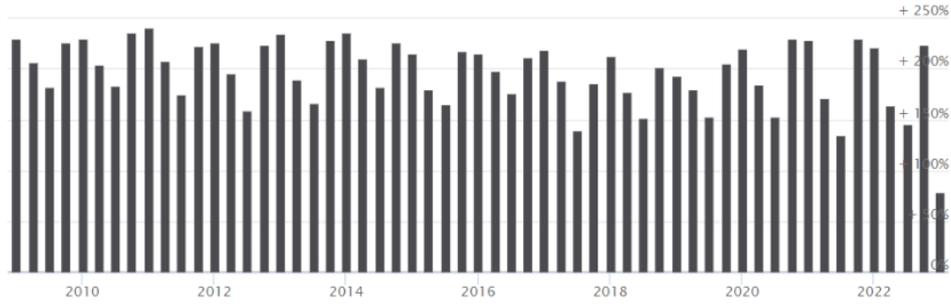


Figura 31. Umidità relativa mensile del Comune di Casamassima (BA) - Anni 2010-2022

Per quanto concerne le precipitazioni (Figura 32), le precipitazioni medie mensili registrate nel 2022 sono state pari a 94,63 mm/mese; il picco è stato raggiunto nei mesi di ottobre e dicembre 2013 con 162,6 mm. I giorni di pioggia (Figura 33) sono, nella media di 6 giorni di pioggia al mese all'anno; il picco è stato raggiunto tra i mesi di gennaio e marzo 2010 con 27 giorni di pioggia in un mese.

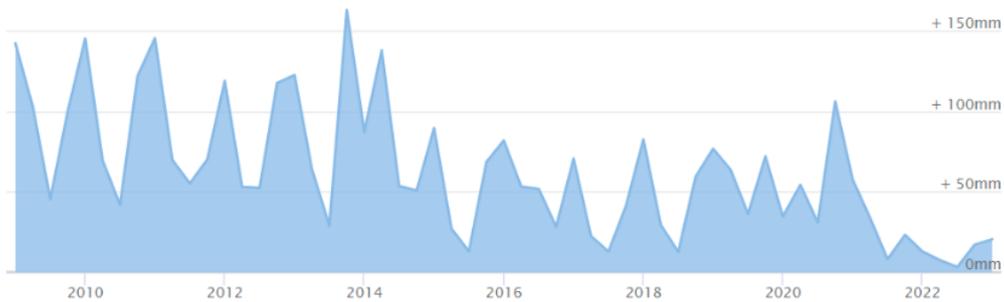


Figura 32. Precipitazioni medie mensili del Comune di Casamassima (BA) - Anni 2010-2022

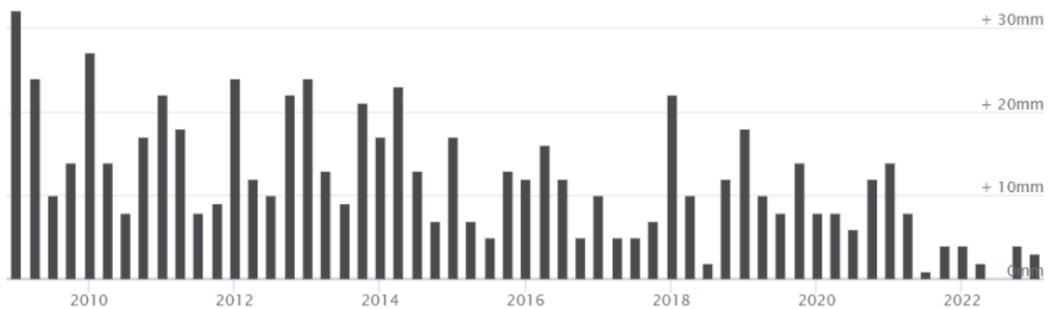


Figura 33. Giorni di pioggia mensili del Comune di Casamassima (BA) - Anni 2010-2022

In Figura 34 è riportato l'andamento medio mensile dell'indice UV nel Comune di riferimento. I mesi che presentano i valori più alti sono quelli estivi (giugno, luglio e agosto), con un valore pari a 7.

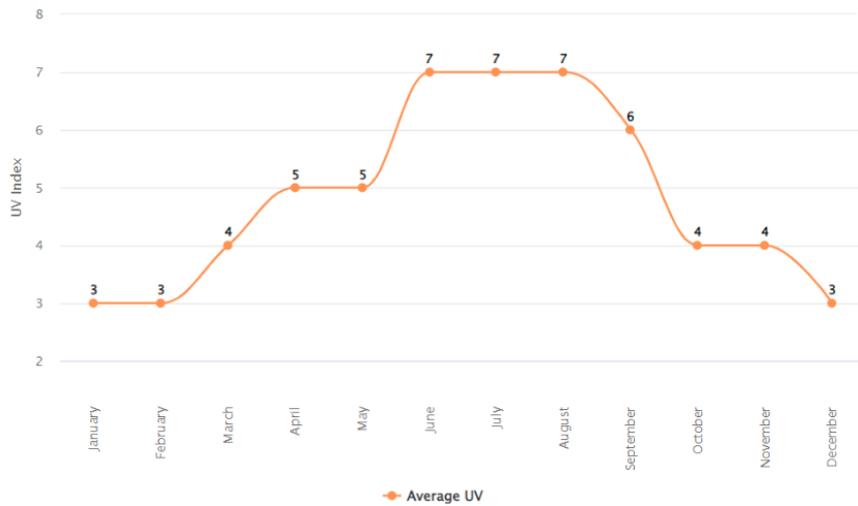


Figura 34. Media mensile indice UV del Comune di Casamassima (BA) - Anni 2010-2022

L'analisi dei fenomeni ventosi si riporta di seguito le statistiche inerenti alla direzione ed alla velocità nel periodo temporale tra 07/2014 - 01/2023 (Figura 35), registrate presso la stazione di Acquaviva delle Fonti e distribuite dal sito internet WindFinder. La stazione di riferimento dista 3,06 km dal sito oggetto di studio. Si ravvisa che le direzioni di vento predominanti nell'area sono comprese tra E e NE, con velocità medie costanti durante l'arco dell'anno comprese tra i 3 e i 4 nodi; le raffiche hanno invece fatto registrare picchi compresi tra i 5 ed i 7 nodi.

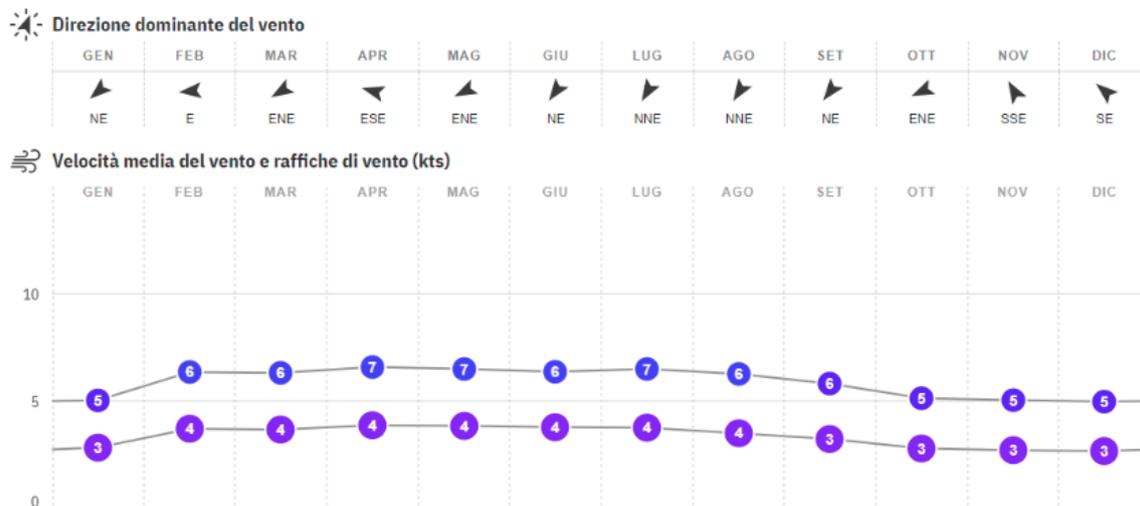


Figura 35. Velocità media e direzione predominante del vento - Anni 2014-2023

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

Le particelle interessate dall'intervento proposto risultano inserite, a vario titolo, nei seguenti fascicoli aziendali AGEA:

- Ditta individuale di Catucci Paolo (partita IVA 05592100720), registrata con codice ATECO 01-25-00 "coltivazione di altri alberi da frutta, frutti di bosco e frutta in guscio";
- Ditta individuale di Cuscito Raffaella (partita IVA 06217820726), registrata con codice ATECO 01-11-06 "coltivazioni miste di cereali e altri seminativi";
- Ditta individuale di Ostuni Maria (partita IVA 07072280725), registrata con codice ATECO 01-25-00 "coltivazione di altri alberi da frutta, frutti di bosco e frutta in guscio";
- Ditta individuale Leo Giovanni (partita IVA 03904370727), registrata con codice ATECO 01-10 "agricoltura";
- Ditta individuale Bavaro Nicola (partita IVA 04561700727), registrata con codice ATECO 01-13-5 "colture miste viticole, olivicole e frutticole";
- Ditta individuale Mallardi Domenico (partita IVA 03945570723), registrata con codice ATECO 01-30-0 "coltivazioni agricole associate all'allevamento di animali: attività mista";
- Ditta individuale Netti Anna Santa (partita IVA 04015500723), registrata con codice ATECO 01-11-6 "coltivazioni miste di cereali e altri seminativi";
- Ditta individuale Ripa Filippo (partita IVA 01185520721), registrata con codice ATECO 01-50-0 "coltivazioni agricole associate all'allevamento di animali: attività mista".

L'area individuata per il progetto ha un'estensione catastale totale (in disponibilità del proponente del progetto) pari a **ha 116,72**; l'estensione delle particelle interessate dall'area recintata è invece pari a **ha 84,46**.

Dall'analisi dei fascicoli aziendali dei conduttori dei fondi agricoli e da interviste telefoniche intercorse con gli stessi, le superfici risultano occupate per lo più da seminativi semplici non irrigui, talvolta avvicendati e talvolta in monosuccessione, destinati all'alimentazione umana e zootecnica. In particolare, vengono coltivate:

- graminacee foraggere: frumento, avena ed altri erbai;
- graminacee da granella (uso umano): frumento duro;
- leguminose foraggere: veccia e trifoglio;
- leguminose da granella (uso umano): cece e lenticchia.

Una superficie minore nell'area oggetto di studio risulta investita da frutteti specializzati a fine ciclo produttivo (impiantati da circa 25-30 anni), nello specifico due **ciliegeti** (uno di circa ha 3,00 ed uno di ha circa 3,40), che vertono in stato di abbandono causa antieconomicità della conduzione; risultano perciò già destinati **allo svellimento** da parte dei proprietari e convertiti in seminativi (Figura 36 e Figura 37).



Figura 36. Ciliegeto destinato all'estirpo insistente nell'area nord

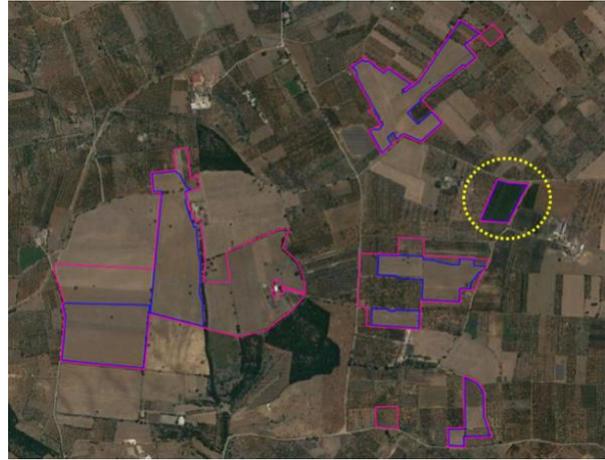


Figura 37. Ciliegeto destinato all'estirpo insistente nell'area sud

Si ravvisa anche la presenza **oliveti tradizionali** in coltura promiscua (alberi sparsi o piccoli impianti promiscui di poche decine di piante, cerchiati in rosso), **vigneti** (cerchiati in ciano) e **mandorleti** (cerchiati in giallo), che sono stati esclusi dall'area destinata all'installazione dei moduli fotovoltaici e dunque preservati poiché ancora capaci di esprimere una redditività soddisfacente ed accettabile (Figura 38 e Figura 39).



Figura 38. Superfici interessate da colture arboree escluse dall'installazione dei moduli fotovoltaici - Area nord

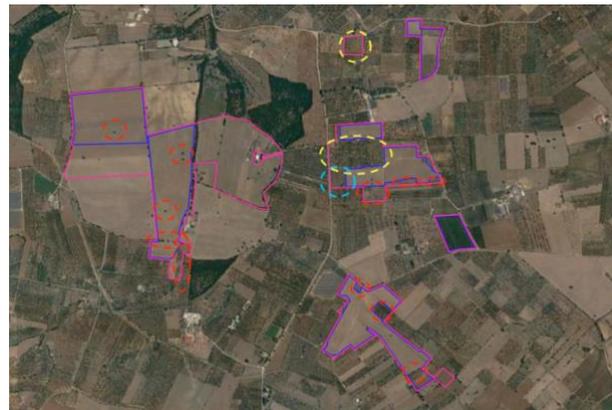


Figura 39. Superfici interessate da colture arboree escluse dall'installazione dei moduli fotovoltaici - Area sud

La conduzione attuale risulta riferibile ad un'**agricoltura tradizionale**, fatta esclusione di una porzione condotta in biologico e vincolata a questa modalità fino a maggio 2023. L'area risulta prevalentemente non irrigua, ad esclusione di piccole superfici dotate di punti di emungimento, sfruttabili nella proposta progettuale con le medesime modalità di impiego (irrigazione di soccorso con rotoloni semoventi).

6. Progetto Agrivoltaico

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

Le soluzioni progettuali sono state contestualizzate rispetto alle specifiche condizioni meteorologiche del sito oggetto di studio (vedasi Capitolo 5.3), nonché rispetto alle modalità di conduzione dell'attività agricola, riferibile per lo più alla coltivazione di specie seminatrici destinate all'alimentazione umana e zootecnica (vedasi Capitolo 5.4).

Il layout di impianto è illustrato nella Figura 40 (area nord) e nella Figura 41 (area sud).



Figura 40. Layout di impianto - Area nord

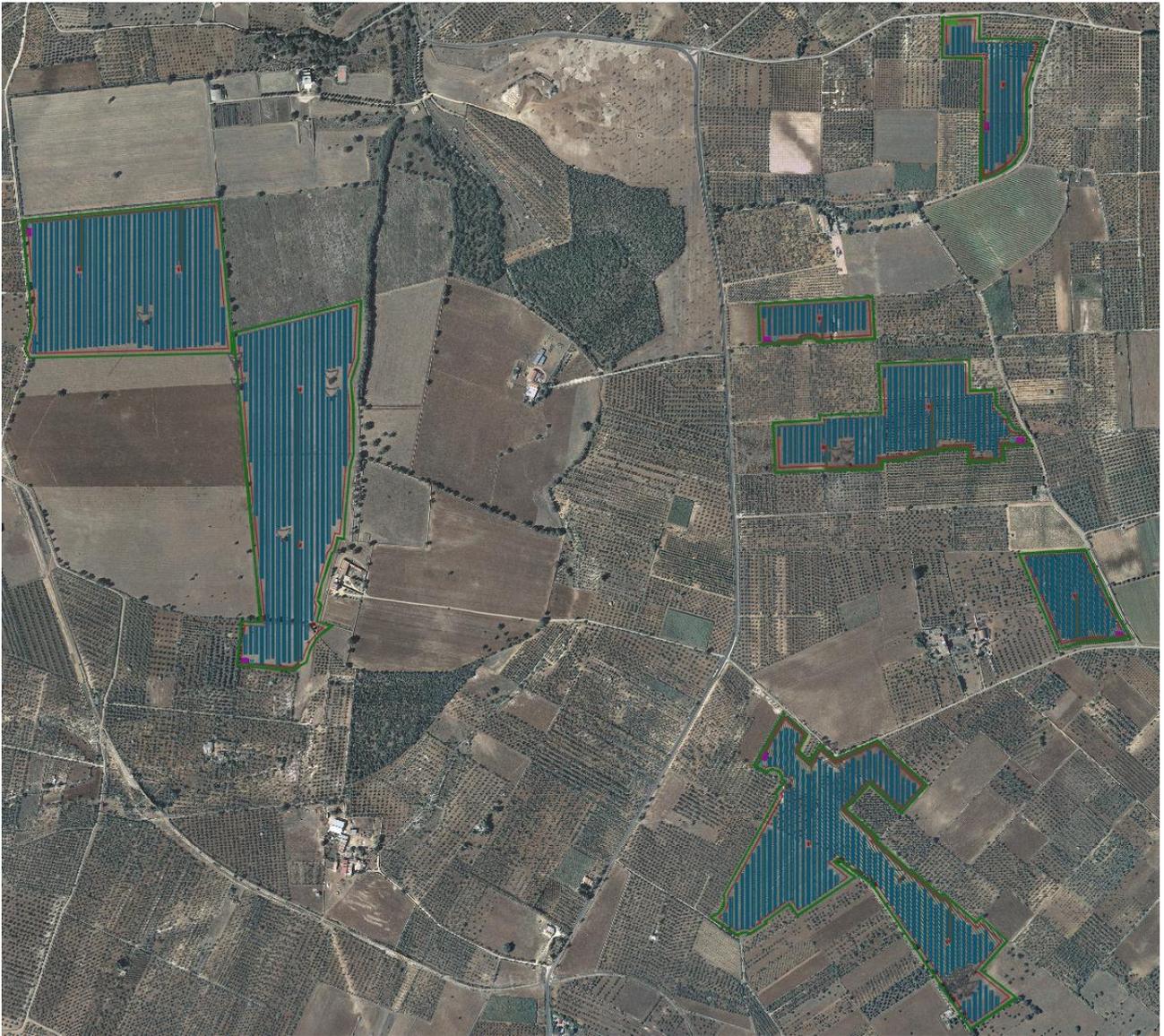


Figura 41. Layout di impianto - Area sud

6.1. Componente fotovoltaica

Per la scelta della soluzione tecnica da impiegare nel presente progetto si è optato per l'utilizzo di moduli di nuova generazione, posizionati su sistemi di supporto ad inseguimento (*tracker*), in ragione del fatto che:

- consentono di coltivare la superficie interessata dall'installazione fotovoltaica, poiché non si creano zone d'ombra concentrata, grazie alla lenta rotazione da est a ovest (permessa dal sistema ad "inseguimento solare" (Figura 42);
- è possibile regolare l'inclinazione dei tracker in relazione sia alle esigenze delle colture in funzione dello stadio fenologico, sia all'eventualità di ricorrere ad operazioni colturali (come la semina o la mietitrebbiatura) che richiedano il passaggio di mezzi con altezza superiore alla minima distanza del pannello dal suolo.

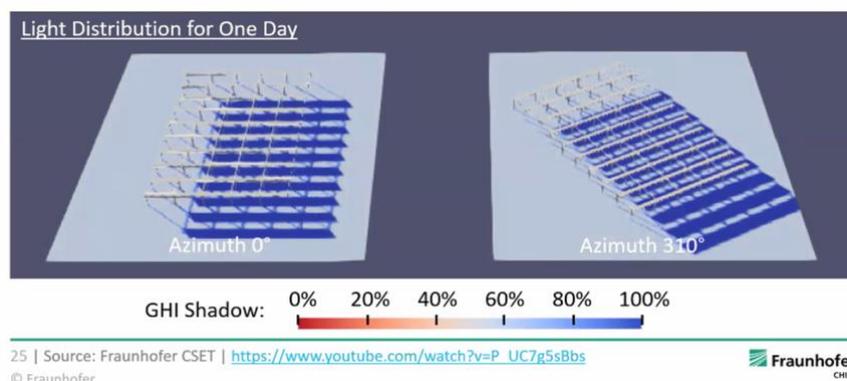


Figura 42. Distribuzione della zona d'ombra sotto i pannelli durante il giorno. FCR CSET: Light Simulation for Agrivoltaics plant with azimuth of 0° and -30° (Central Chile).

Attraverso la valutazione delle ombre, si è cercato di minimizzare e, ove possibile, eliminare l'effetto di ombreggiamento, così da garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo in termini di produttività dell'impianto fotovoltaico in oggetto.

Il sistema fotovoltaico proposto prevede di utilizzare **inseguitori solari monoassiali a doppia vela con moduli bifacciali**, che ruotano sull'asse Est-Ovest seguendo l'andamento del sole. Le strutture metalliche di supporto (pali infissi per una **profondità stimata di m 2,00**) sono **disposte lungo l'asse Nord-Sud su file parallele** opportunamente distanziate tra loro con un interasse (distanza palo-palo, denominata "**pitch**") pari a **m 11,50** per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti (Figura 43). 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**. Il nodo è posizionato a **m 2,83** da terra.

Tale soluzione consente di avere, nel momento di massima apertura - Zenith solare - **una fascia di larghezza di circa m 6,30**, completamente libera dalla copertura dei pannelli tra le stringhe (di seguito denominata "**gap**"). Prima e dopo il mezzogiorno, la superficie libera (e conseguentemente la zona di ombra) si modificherà in base all'inclinazione dei moduli, dipendente a sua volta dalla posizione del sole.

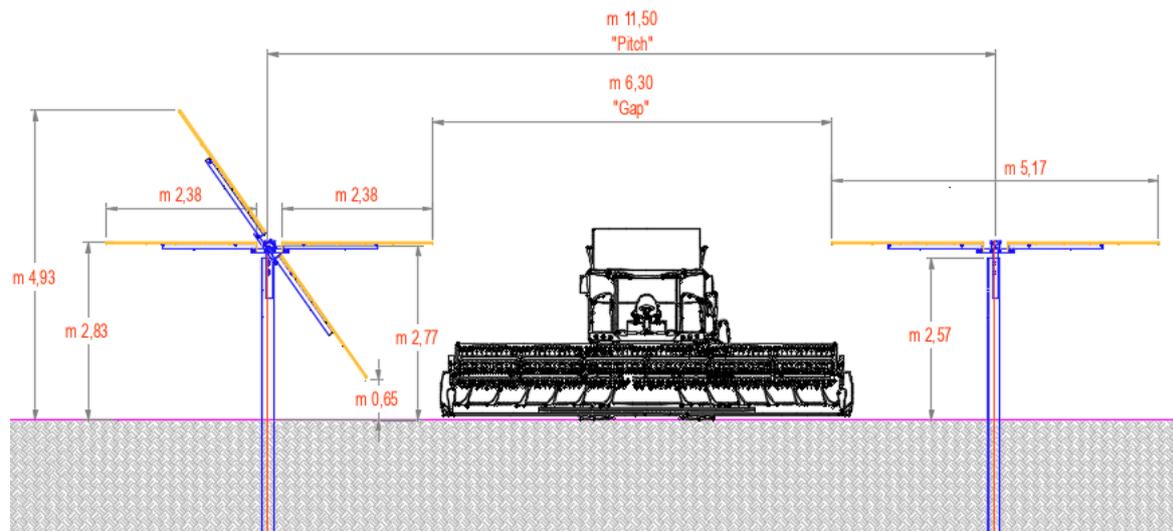


Figura 43. Vista delle strutture fotovoltaiche in sezione.

Il progetto in esame prevede, inoltre, la realizzazione di una fascia compresa tra la recinzione perimetrale e le stringhe di moduli, larga almeno m 6,50 e finalizzata a consentire un agevole spazio di manovra ai macchinari necessari all'attività agricola.

6.2. Componente agronomica

Le scelte agronomiche e gli accorgimenti tecnici da adottare per **l'integrazione della componente energetica nel contesto agricolo** del progetto proposto sono stati concepiti al fine di soddisfare diverse esigenze, quali:

- contribuire a soddisfare il fabbisogno di energia da fonti rinnovabili e la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica rurale, nonché la costituzione di **un'integrazione diretta del reddito** del proprietario del fondo;
- assicurare la coesistenza tra componente agricola ed energetica attraverso **oculate scelte tecniche ed agronomiche** (scelta delle specie, scelta delle tecniche e delle operazioni colturali, ecc.);
- mantenere **l'indirizzo colturale attuale, ovvero la coltivazione in rotazione di specie seminatrici destinate all'alimentazione umana e foraggere**, proponendo soluzioni tecnico-agronomiche atte a garantire una resa costante e la sostenibilità del sistema colturale in termini di sfruttamento delle risorse;
- integrare colture affini, ridurre le lavorazioni meccaniche in situ e l'uso oculato, limitato e consapevole di prodotti per la fertilizzazione ed il diserbo delle colture, **perseguendo l'adozione di pratiche riferibili all'agricoltura integrata, conservativa e di precisione**, in linea con quanto sostenuto e finanziato dalla nuova PAC 2023-2027 con - Produzione integrata (ex Operazione 10.1.1 del PSR della Regione Puglia 2014-2022), ACA3 - Tecniche di lavorazione ridotta dei suoli (ex Operazione 10.1.3 del PSR della Regione Puglia 2014-2022) e ACA24 Pratiche agricoltura di precisione (vedasi Paragrafo 4.3).

Dal punto di vista reddituale (approfondito nel Capitolo 8) e gestionale (approfondito nel Capitolo 6.2.3 e 6.2.4), la proposta agronomica garantirà:

- la redditività dei terreni agricoli in linea con quella attuale;
- l'impiego della totalità delle macchine e degli attrezzi già impiegati sui medesimi appezzamenti.

6.2.1. Proposta progettuale: avvicendamento di graminacee e leguminose

Per la progettazione dell'impianto agrivoltaico si è presa in considerazione la necessità di offrire continuità all'indirizzo produttivo in atto, identificando una soluzione in cui l'inserimento della componente energetica fosse compatibile con la produzione agricola, valorizzando al contempo il territorio e le sue risorse.

Come precedentemente esposto nel Capitolo 5.4, l'area oggetto di intervento è attualmente vocata alla coltivazione di specie erbacee da granella destinate al consumo umano e di specie foraggere (foraggi affienati).

Il progetto proposto prevede la **coltivazione di specie erbacee e prevede l'avvicendamento** di graminacee e leguminose con destinazione mista, evitando il ristoppio³⁸.

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 colturale 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.

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).

Alfine di impostare una gestione agronomica sostenibile (anche in termini di abbattimento dei costi di produzione) si prevede il ricorso a tecniche che garantiscano un minor impatto ambientale contribuendo alla riduzione dell'immissione nell'ambiente di sostanze chimiche.

A tal fine le superfici agricole oggetto di intervento saranno gestite utilizzando tecniche riferibili all'**agricoltura conservativa** (AC) e alla **produzione integrata**, in linea con quanto sostenuto dal PSR della Regione Puglia con l'Operazione 10.1.3 e Operazione 10.1.1 della PAC uscente e con gli **ACA1, ACA3** della nuova **PAC 2023-2027**.

Le tecniche di **agricoltura conservativa** (Figura 44), prevedendo il minimo disturbo del suolo e una copertura continua, contribuiscono a mitigare fenomeni di eccessivo depauperamento della risorsa suolo, problematica a cui il suolo della regione Puglia è particolarmente sensibile (vedasi Capitolo 5.2), migliorandone la fertilità e la struttura, aumentando la capacità di infiltrazione delle acque e contribuendo a una gestione più efficace della risorsa idrica.

Inoltre, prevedendo avvicendamenti colturali virtuosi si contribuisce a preservare la fertilità agronomica e la sostanza organica del suolo oltre che a garantire la diversificazione dell'agroecosistema. L'AC si è dimostrata utile per il controllo e il miglioramento della qualità del suolo e della sua capacità di resilienza (Derpsch e

³⁸ Con il termine ristoppio si intende la ripetizione di una coltura (soprattutto cereali) per due o più anni consecutivi.

Friedrich, 2009) e rappresenta un utile rimedio per i problemi legati al consumo di suolo dovuto all'erosione superficiale ad opera di vento ed acqua

Le tecniche proposte, oltre a garantire un minor impatto dell'attività agricola sull'ambiente, meglio si adattano alla coesistenza dell'infrastruttura energetica, contemplando un minor numero di interventi in campo e riducendo quindi il rischio di sporcare eccessivamente la componente fotovoltaica durante le fasi di preparazione del suolo.



disturbo minimo del suolo



copertura continua del suolo (adeguata e razionale gestione dei residui colturali sulla superficie del suolo)



avvicendamenti colturali

Figura 44. I principi dell'agricoltura conservativa. Fonte: <https://www.fao.org/conservation-agriculture/en/>.

L'introduzione della *minima lavorazione* (**1**) e l'impiego di macchine combinate, capaci di svolgere più operazioni in un unico passaggio, può consentire inoltre, a seconda del tipo di terreno e di coltura, una riduzione dei consumi di gasolio pari o superiore al 50% rispetto alle tecniche convenzionali (Venetoagricoltura, 2019).

La scelta delle specie e delle modalità di esecuzione delle operazioni agricole (esclusione delle operazioni di aratura) mirano a garantire una *copertura continua del suolo* (**2**) durante l'arco dell'anno solare, e prevedono la possibilità di sfruttare i residui colturali per la semina diretta di altre specie (semina su sodo) e come apporto di sostanza organica (sovescio parziale dei residui).

Al fine di minimizzare l'impatto sull'ambiente verrà impostata una *rotazione colturale* (**3**) che prevede la variazione della specie coltivata nello stesso appezzamento, migliorando la fertilità del terreno e assicurando, a parità di condizioni, una resa maggiore.

Per **produzione integrata** si intende quel sistema di produzione agro-alimentare che utilizza metodi produttivi e di difesa dalle avversità delle produzioni agricole volti a ridurre al minimo l'uso delle sostanze chimiche di sintesi e a razionalizzare la fertilizzazione, nel rispetto dei principi ecologici, economici e tossicologici (ReteRuraleNazionale,2022).

L'agricoltura conservativa e la produzione integrata condividono quindi l'importanza attribuita alla fertilità agronomica, alla sostanza organica, alle rotazioni colturali, alle colture intercalari e, più in generale, alla diversificazione dell'agroecosistema. Si tratta inoltre di tecniche maggiormente compatibili con la presenza dei pannelli poiché prevedono un minor numero di interventi in campo rispetto all'agricoltura convenzionale. La gestione agronomica proposta risulta inoltre pienamente in linea con i principi dalla Politica Agricola Comunitaria (vedasi Capitolo 4.3).

6.2.2. 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.

L'avvicendamento proposto (riassunto di seguito in Tabella 3) prevede l'alternarsi di colture depauperanti e miglioratrici e non prevede specie da rinnovo. Tale scelta è dovuta al fatto che si è privilegiato il mantenimento delle coltivazioni attualmente praticate sui fondi e poiché l'inserimento di colture intercalari avrebbe comportato un maggiore fabbisogno idrico nel periodo estivo, che non può essere garantito in ragione del clima dell'areale in cui si svilupperà il progetto.

Tabella 3. Dettaglio dell'avvicendamento colturale proposto

AVVICENDAMENTO COLTURALE PROGETTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"												
A/M	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O
1°	FRUMENTO DURO											
2°	TRIFOGLIO ALESSANDRINO											
3°	AVENA/ORZO											
4°	CECE/LENTICCHIA											

La proposta avanzata prevede una **rotazione quadriennale**, con assenza di ristoppio. L'alternanza prevede anche la duplice destinazione produttiva, ovvero l'uso umano e quello zootecnico: tale scelta è dettata anche dalla necessità di diversificazione del rischio economico delle superfici interessate dall'intervento.

Si specifica inoltre che la proposta di avvicendamento colturale è stata ipotizzata tenendo conto del dilagare della pandemia di *Xylella Fastidiosa* Wells et al. nella Regione Puglia, selezionando specie non inserite nell' "Allegato I - Elenco dei vegetali noti per essere sensibili agli isolati europei e non europei dell'organismo specifico («piante specificate»)" del D.M. 13/02/2018 "Misure di emergenza per la prevenzione, il controllo e l'eradicazione di *Xylella fastidiosa* (Well et al.) nel territorio della Repubblica italiana".

Ipotizzando la fine dei lavori di installazione della componente fotovoltaica in autunno, la rotazione potrà cominciare con la coltura depauperante destinata alla produzione di granella per uso umano, ovvero il frumento duro.

Il **frumento duro** (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* Desf.) è un cereale appartenente alla famiglia delle Poaceae (anche dette graminacee) a ciclo annuale autunno-vernino (Figura 45). Nell'avvicendamento colturale occupa il ruolo di coltura depauperante, in quanto dalle spiccate esigenze in azoto, avvantaggiandosi dall'essere preceduta da una coltura miglioratrice. Tale specie è il frutto di selezione antropica per l'adattamento a climi caldo-aridi, tipici del meridione d'Italia: proprio a queste latitudini è in grado di rifuggire il freddo e l'umidità eccessiva, esprimendo al meglio le proprie qualità produttive.



Figura 45. Campo coltivato a frumento duro - Fonte:

https://www.syngenta.it/sites/g/files/kgtney1566/files/styles/main_media_large/public/media/image/2016/06/16/04_frumento_duro_1240x1000.webp?itok=TppKtXM5

Il frumento duro è coltivato principalmente per la produzione di granella destinata al consumo umano. Le cariossidi sono prettamente destinate alla molitura per l'ottenimento di farine e semole: gli impasti derivanti da esse presentano estendibilità minore rispetto a quelli ottenuti dal frumento tenero ma elevata tenacità, rendendoli perciò più adatti al settore pastario.

Come esposto nel Capitolo 4.1.1, tale specie rappresenta un punto di forza storico del settore agricolo pugliese in termini di superficie investita, produzione e qualità: da qui la scelta di inserirla nella rotazione proposta, puntando su varietà universalmente riconosciute per il loro valore produttivo dal punto di vista quali-quantitativo, nonché adatte al contesto agrivoltaico.

Tra le cultivar ipotizzate, il frumento duro "PANORAMIX" è apparso il più idoneo al contesto. La cultivar è caratterizzata da un'epoca di spigatura medio-precoce, il che la agevola nello sfuggire alla stretta³⁹ derivante dall'avvento delle calde temperature estive. Presenta una taglia medio-bassa, rendendola idonea all'inserimento nel contesto dell'impianto agrivoltaico proposto.

La varietà esprime buona resistenza all'allettamento ed al freddo, risultando molto tollerante nei confronti delle principali avversità (Oidio, Ruggine Bruna, Septoria e Fusarium spp.).

Dal punto di vista della produttività, è tra le varietà con più alto indice di resa, nonché in termini di resa espressa in q/ha.⁴⁰ Dal punto di vista qualitativo, la granella prodotta presenta un eccellente indice di glutine ed un ottimo indice di giallo.

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

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 (Figura 46). Si inserisce nelle rotazioni come coltura principale, alternandosi tipicamente con i cereali (in particolare con il frumento), 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).

³⁹ 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.

⁴⁰ Prove di confronto varietale della Rete nazionale Frumento Duro coordinate dal CREA nella Regione Puglia – Annata agraria 2020-2021 - Fonte: https://www.arsarp.it/files/ARSARP/Biodiversita_e_ricerca/pdf_SUD_PENINS_IA29-2021_def_2.pdf



Figura 46. 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 sodo⁴¹ nel sud Italia 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 simbiotico⁴² 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 Puglia 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.

Al prato annuale destinato allo sfalcio di trifoglio alessandrino succederanno due graminacee foraggere, ovvero avena ed orzo. Si specifica che verranno tuttavia coltivate su superfici distinte. Le superfici destinate a ciascuna coltura saranno valutate in base alla destinazione delle biomasse e alla loro collocazione sul mercato locale.

L'**orzo** (*Hordeum vulgare* L.) è una specie erbacea a ciclo autunno-vernino appartenente alla famiglia delle Poaceae (anche dette graminacee) (Figura 47), coltivata per molteplici usi.

⁴¹ 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 culturali delle coltivazioni precedenti.

⁴² *Phyllobacterium trifolii* Valverde et al. 2005 infetta tipicamente gli apparati radicali dei generi *Trifolium* e *Lupinus*.



Figura 47. Campo coltivato ad orzo - Fonte: <https://i0.wp.com/www.naturalmia.it/wp-content/uploads/2015/09/orzo-1.jpg>

Questa coltura 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 della Regione Puglia. Ha basse esigenze in 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.

Oltre alla produzione di cariossidi destinate all'uso umano tal quali e all'impiego nel processo della maltazione per la produzione di birra, l'orzo è coltura di riferimento per l'alimentazione zootecnica. Il kg di orzo è infatti l'equivalente di 1 Unità Foraggera (U.F.)⁴³, esteso come alimento per tutte le specie allevate e caratterizzato da un elevato valore energetico e da un equilibrato rapporto proteina/energia.

L'orzo coltivato a fini zootecnici può avere diverse destinazioni: erbaio verde o appassito, granella secca, trinciato raccolto nella fase di maturazione latteo-cerosa e destinato all'insilaggio.

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 esigenze di mercato, di destinazione del prodotto 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.

L'**avena** (*Avena sativa* L.) è una specie erbacea a ciclo annuale autunno-vernino appartenente alla famiglia delle graminacee, coltivata anch'essa per usi e zootecnici e per l'alimentazione umana (Figura 48).

È una coltura poco esigente in termini di condizioni ambientali, di tipologia di terreno, di lavorazioni preparatorie e di fertilità. Le rese medie ottenibili con lavorazioni ridotte o semina su sodo non sono significativamente diverse da quelle conseguibili con le lavorazioni classiche. È una coltura tuttavia depauperante, avvantaggiandosi dall'essere preceduta e successa da una specie miglioratrice come una leguminosa. Le cariossidi che produce sono spesso usate intere per l'alimentazione di equini, ovini e suini o di norma schiacciate o macinate per quella bovina da latte e da carne.

Nell'areale di riferimento, occupa tipicamente l'arco temporale delle altre graminacee.

⁴³ 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 48. Particolare di spighe di avena - Fonte: https://www.noisiamoagricoltura.com/wp-content/uploads/2018/11/field-8948_1280-1024x768.jpg

Alle due colture foraggere sopra descritte, seguiranno due colture da granella destinate al consumo umano, ovvero il cece e la lenticchia. Anch'esse, come la coppia foraggiera avena/orzo verranno coltivate su superfici distinte. Le superfici destinate a ciascuna coltura saranno valutate in base alla destinazione delle granelle e alla loro collocazione sul mercato locale.

Il **cece** (*Cicer arietinum* L.) è una specie erbacea annuale appartenente alla famiglia delle Fabaceae (anche dette leguminose) (Figura 49).



Figura 49. Particolare di una pianta di cece pronta per la raccolta- Fonte: <https://www.carcassola.it/files/ceci-5big.jpg>

Nell'avvicendamento colturale, occupa il posto tipico delle specie da rinnovo, in particolare precedendo e seguendo frumento, orzo e avena.

Nell'areale di riferimento causa siccità si evitano semine tardive, risultando tuttavia pianta arido-resistente in virtù delle radici profonde e degli steli e foglie densamente pubescenti.

La coltivazione in terreni eccessivamente umidi e fertili riduce di molto l'allegagione, abbattendo le rese.

Ha bassissime esigenze anche in termini di lavorazioni del terreno e preparazione del letto di semina, riuscendo a germinare agevolmente ed insediarsi anche in strati a struttura grossolana.

Questa specie è prettamente vocata all'utilizzo dei suoi semi come alimento umano, sia freschi (cotti o crudi), sia tostati ed essiccati. È di molto limitato il suo utilizzo invece per il foraggiamento zootecnico, in virtù dell'elevata presenza in essa di acidi organici. Le paglie residue invece possono essere impiegate come lettiera.

La **lenticchia** (*Lens culinaria* L.) è anch'essa una pianta erbacea a ciclo annuale appartenente alla famiglia delle Fabaceae (Figura 50).



Figura 50. Campo coltivato a lenticchie- Fonte: https://www.w.giardinaggio.it/ortofrutta/coltivazione-ortaggi/coltivare-lenticchie_NG1.jpg

Il ciclo produttivo nell'Italia meridionale coincide con quello del cece. Risulta moderatamente resistente alle alte temperature e al secco, temendo più del cece le gelate prolungate. Mal si adatta ai terreni eccessivamente umidi e fertili, trovando dunque giusta collocazione nell'avvicendamento dopo una coltura depauperante. Per la sua coltivazione è preferibile prevedere qualche intervento di sarchiatura per il controllo meccanico delle infestanti od in alternativa una distanza di semina relativamente più stretta.

I semi di lenticchia sono destinati prevalentemente per l'alimentazione umana. Fieni e paglie possono essere destinate, ugualmente al cece, per l'impiego come lettiera.

Le specie proposte nell'avvicendamento hanno mostrato quindi una spiccata resistenza alla siccità e risultano idonee alla coltivazione nell'areale in cui insisterà l'impianto agrivoltaico. Le leguminose scelte hanno basse esigenze nutritive e miglioreranno la dotazione in azoto del terreno, avvantaggiando le graminacee che le seguiranno nell'avvicendamento, il che si tradurrà in limitati apporti di concimazione.

Le specie scelte hanno inoltre una spiccata propensione - in particolare le leguminose e l'avena - ad essere gestite limitando anche il numero di lavorazioni del terreno.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Aprile 2023
			Pagina 55 di 83

L'avvicendamento così impostato ,evitando il ristoppio e prevedendo una corretta successione di specie, contribuirà a prevenire il rischio che incorrano fisiopatie e consentirà di limitare il ricorso a prodotti fitosanitari.

Dal punto di vista produttivo, la rotazione ipotizzata garantirà il mantenimento del duplice uso (umano e zootecnico) delle superfici, in linea con quello attuale.

6.2.3. Operazioni colturali

Le operazioni colturali previste risultano in linea con quanto sostenuto dal PSR della Regione Puglia 2014-2022 (Operazione 10.1.3) e nel nuovo ACA3 della nuova PAC 2023-2027. Nello specifico, si prevede il ricorso alla **Minima lavorazione** (*Minimum Tillage* - **MT**): la preparazione del letto di semina di tutte le specie proposte sarà effettuata con **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.

- **FRUMENTO DURO:**

La coltivazione del frumento comincerà con una MT, ipotizzabile nel mese di ottobre. Seguirà la semina, ipotizzata nella terza 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 160-170 kg/ha di semente raggiungendo una densità di cariossidi seminate di 400-500 su m², ottenendo così un numero stimato di spighe di 600-700 su m².

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).

Alla fine del mese di giugno (fase di maturazione piena delle cariossidi, dunque quando le cariossidi cessano lo sviluppo e l'aumento del peso secco) si procederà alla raccolta del frumento duro mediante mietitrebbiatura, che consentirà il taglio e la contestuale sgranatura delle spighe, separando la granella dalla paglia e dalla pula. La paglia residua espulsa in andane verrà in seguito imballata mediante passaggio con rotoimballatrice e destinata al foraggiamento animale o impiegata come lettiera.

- **TRIFOGLIO ALESSANDRINO:**

La coltivazione del trifoglio da erbaio sfalciabile comincerà con una MT e semina, idealmente eseguite con le medesime modalità e tempistiche del frumento duro. Verrà impiegata una quantità stimata di 20-40 kg/ha. 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. Si prevede - contestualmente alla semina - una leggera concimazione fosforica (70 kg/ha) e potassica (60 kg/ha) in base ai dati raccolti con il monitoraggio; tale apporto non si esclude possa essere garantito dallo spandimento di letame bovino facilmente reperibile in zona.

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. Il foraggio affienato verrà poi venduto sul mercato locale, presumibilmente ad allevatori locali per l'alimentazione degli animali da reddito. L'ultimo sfalcio avverrà idealmente a giugno-luglio.

- **ORZO:**

La coltivazione dell'orzo destinata all'alimentazione zootecnica seguirà le medesime modalità di semina del frumento duro; la minima lavorazione garantirà l'interramento degli ultimi ricacci e dei residui colturali del trifoglio alessandrino. La semina avverrà a cavallo tra la fine di ottobre e la metà di novembre. La coltura si avvantaggerà della fertilità residua lasciata dal trifoglio; pertanto si ipotizza che non verranno eseguite concimazioni, essendo per altro coltura meno esigente in azoto rispetto al frumento.

La quantità di semente di riferimento per l'orzo si aggira sul valore di 140-150 kg/ha. Si prevede di modularla in base alle scelte di destinazione produttiva.

Verranno impiegate anche in questo caso sementi conciate ed è previsto un intervento preventivo a base di prodotti cuprici.

L'orzo, se destinato alla fienagione verde, sarà raccolto con le medesime modalità del trifoglio (sfalcio e pressatura con macchina apposita); 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.

- **AVENA:**

La coltivazione dell'avena seguirà la medesima trafila dell'orzo. La quantità di semente di riferimento si aggira sul valore di 150-200 kg/ha in caso di produzione di granella e di 180-250 kg/ha in caso di coltura per erbaio. Anch'essa, se destinata alla produzione di granella, sarà raccolta con mietitrebbiatura nel mese di maggio-giugno ed i culmi residui destinati alla raccolta in rotoballe; se destinata alla fienagione la biomassa verrà invece sfalciata e pressata. Non sono previsti interventi di concimazione, potendo l'avena sfruttare la fertilità residua del trifoglio che la precede. Si ipotizza l'esecuzione di un intervento preventivo contro le fisiopatie con le medesime modalità adottate per le altre graminacee.

- **CECE:**

La coltivazione del cece comincerà con una MT seguita dalla semina, presumibilmente nel mese di novembre. Verrà distribuita una quantità di semente pari a 100 kg/ha, raggiungendo una densità di plantule di circa 40 a m². Durante il ciclo produttivo, si prevede l'esecuzione di passaggi di sarchiatura o rincalzatura per ridurre il rischio di infestanti, data la distanza di semina tra le file di circa 25-30 cm. L'eventuale esecuzione di interventi fitosanitari e saranno valutati in base ai dati raccolti dal monitoraggio (vedasi Capitolo 7).

La raccolta della granella verrà effettuata presumibilmente nel mese di maggio, attraverso operazione di mietitrebbiatura, permettendo il taglio delle piante e la contestuale sgranatura dei baccelli. La paglia residua potrà essere raccolta e destinata all'utilizzo come lettiera per l'allevamento zootecnico.

- **LENTICCHIA:**

La coltivazione della lenticchia seguirà le medesime lavorazioni del cece, consistenti in una MT seguita dalla semina, presumibilmente nel mese di novembre, distribuendo una quantità di semente pari a 80-90 kg/ha in file distanziate cm 30-40. Come per il cece, è previsto almeno un'operazione di sarchiatura. L'utilizzo di fertilizzanti e prodotti fitosanitari sarà valutato in base ai dati raccolto mediante monitoraggio. La raccolta

della granella verrà effettuata presumibilmente nel mese di maggio, con mietitrebbiatura permettendo il taglio delle piante e la contestuale sgranatura dei baccelli. La paglia residua potrà essere raccolta e destinata all'utilizzo come lettiera o alimento per l'allevamento zootecnico.

6.2.4. 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. **La pratica irrigua sarà limitata ad interventi di emergenza** - secondo disponibilità dei punti di emungimento già presenti - ed in base ai dati raccolti dal monitoraggio (vedasi Capitolo 7), secondo le medesime modalità dello stato di fatto.

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**, come illustrato nel Capitolo 5.2, è intensificato dallo sfruttamento intensivo di suoli per l'agricoltura, associato all'eliminazione sistematica di barriere naturali.

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) 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, tale soluzione appare sostenibile dal punto di vista **ambientale** poiché si riduce l'immissione nell'ambiente di prodotti inquinanti; **economico** in termini di risparmio rispetto all'acquisto di fertilizzanti chimici e **sociale** poiché l'utilizzo di scarti di altre filiere produttive, pienamente in linea con i principi dell'economia circolare⁴⁴, permette di ottimizzare il consumo di risorse nel ciclo produttivo, valorizzando gli scarti di altre produzioni con consequenziali vantaggi per l'intera società. Si specifica che le quantità di effluenti zootecnici palabili (letame) utilizzati per la concimazione sarà modulata con oculatezza in base ai dati raccolti dal monitoraggio agronomico e che lo spandimento sarà evitato nei giorni di pioggia e nei giorni immediatamente successivi, scongiurando rischi di lisciviazione dei nitrati e percolazione degli stessi verso gli strati più interni di terreno e nelle falde sottostanti. 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.

⁴⁴ Il passaggio da un'economia lineare ad un'economia circolare è un prerequisito per raggiungere l'obiettivo di neutralità climatica sancito dal Green Deal per il 2050 (Commissione Europea, 2019)

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Aprile 2023
			Pagina 58 di 83

Considerato il mantenimento dell'indirizzo produttivo, **verranno impiegate macchine facilmente reperibili**, già in possesso a contoterzisti della zona.

Si prevede inoltre la creazione di **fasce protettive tagliafuoco** (comunemente dette "precese"), al fine di prevenire l'insorgenza di incendi spontanei dovuti alle elevate temperature estive e alla presenza di residui vegetali secchi.

Come disposto dall'art. 6 del Decreto del Presidente della Giunta regionale n° 180 del 26 marzo 2015 (ai sensi della L. 353/2000 e della L.r. 7/2014), a conclusione delle operazioni di mietitrebbiatura saranno create delle fasce sgombre da ogni residuo vegetale. Tali precese avranno una larghezza continua di m 15 e verranno create perimetralmente a ridosso delle singole aree recintate dell'impianto agrivoltaico entro la data perentoria del 15 luglio, attraverso passaggio con attrezzo estirpatore trainato da trattore agricola o intervento di erpicatura, garantendo che un eventuale incendio innescato nell'area oggetto di intervento non si propaghi alle aree circostanti e confinanti.

In termini di destinazione dei prodotti:

- le granelle di frumento duro, cece e lenticchia verranno vendute nel mercato locale di riferimento e destinate al consumo umano;
- le biomasse di orzo, avena e trifoglio verranno idealmente vendute ad allevatori locali e destinate al foraggiamento animale;
- le paglie residue saranno anch'esse idealmente vendute ad allevatori locali ed utilizzate come foraggio o come lettiera.

7. Monitoraggio agrometeorologico

Come descritto nel Capitolo 6.2, si è optato di condurre il terreno 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)**⁴⁵.

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 (DSS⁴⁶, 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"⁴⁷, 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 51);
- impiego di un supporto informativo (Decision Support System, DSS, Figura 51) 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 campagna⁴⁸.

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

⁴⁵ 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)

⁴⁶ 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.

⁴⁷ <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/12069>

⁴⁸ 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.

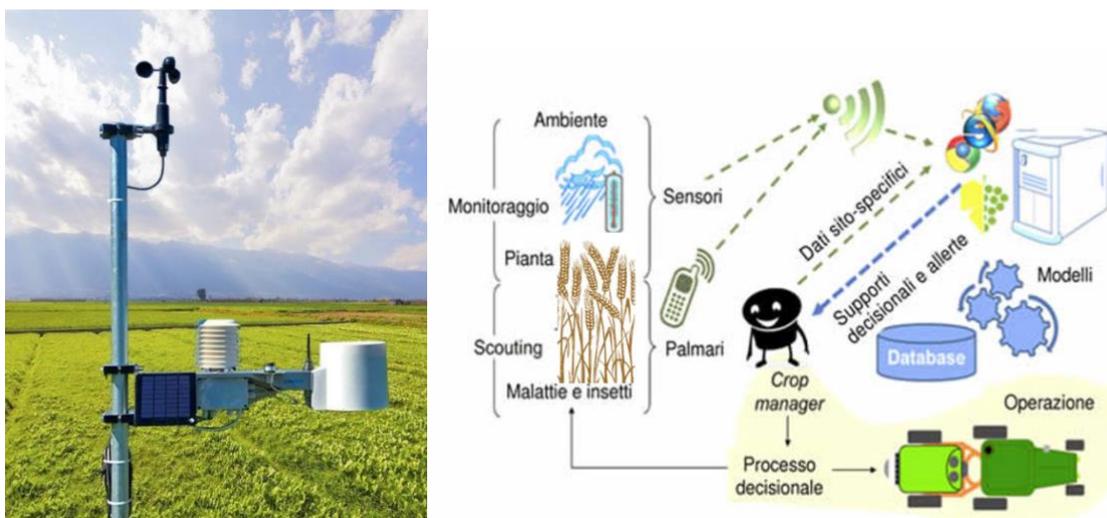


Figura 51. Stazione agrometeorologica e schema di flusso dei DSS

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 8.2) 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 52. 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;

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Aprile 2023
			Pagina 61 di 83

- 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, il frumento e il cece si ricorrerà a modelli previsionali per il genere Fusarium ed altri parassiti fungini (causanti mal del piede, oidio e marciumi radicali), per il cece e la lenticchia a modelli previsionali per patogeni riferibili al genere Ascochyta.

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 eventuali interventi irrigui.

Infine, per tutte le colture in rotazione la registrazione delle produzioni ottenute dalle diverse colture 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.

8. Analisi economica

Il progetto ha come obiettivo il mantenimento dell'indirizzo produttivo aziendale, basato su una rotazione di seminativi destinata all'alimentazione umana e animale. L'intervento propone il miglioramento della rotazione quadriennale attuale attraverso l'adozione della tecnica di "minima lavorazione". L'alternanza delle colture garantisce il susseguirsi di specie depauperanti (frumento, avena e orzo) e specie miglioratrici (trifoglio, cece, lenticchia).

La superficie utilizzata nell'analisi dello stato di fatto è pari all'area catastale delle particelle interessate dalla recinzione di progetto al netto delle superfici investite a ciliegeto in corso di espanto (84,46 - 6,41 = 78,05 ha, vedasi Capitolo 5.1), mentre per l'analisi del progetto è stata considerata come superficie agricola l'area recintata al netto dell'area non coltivabile, degli stradelli e dei locali tecnici (Capitolo 9).

Tabella 4. Valori considerati per il calcolo delle superficie agricola di progetto

Superficie	m ²	*	
Area recintata	712.281,96	n° Stringhe	2.465
Locali Tecnici	1.840,44	Lunghezza Stringhe (m)	18,72
Stradelli	20.427,56	Larghezza non coltivabile (m)	2,38
Fasce non coltivabili*	109.824,62		
Superficie non agricola	132.092,62		
Superficie agricola	580.189,34		

La voce "Fasce non coltivabili" è stata ottenuta moltiplicando il numero di stringhe per la loro lunghezza unitaria, per la "larghezza non coltivabile", pari a m 2,38 (in dettaglio nel Capitolo 9, in Figura 54).

8.1. Analisi economica stato di fatto

L'area oggetto di studio risulta attualmente occupata da una rotazione quadriennale su una superficie totale pari a **78,05 ha**. Il primo e il secondo anno l'intera superficie è occupata rispettivamente da frumento tenero e trifoglio alessandrino, i due anni successivi l'area viene suddivisa in due porzioni di **40 ha** e di **38,05 ha** e coltivate a avena e orzo il terzo anno, cece e lenticchia il quarto anno.

L'analisi economica - costi, ricavi e reddito - relativa alla conduzione del fondo (stato di fatto) è riportata in Tabella 5.

Tabella 5. Analisi economica dello stato di fatto

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 1				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Concimazione di fondo (prodotto e distribuzione)	ha	140,00 €	78,05	10.927,00 €
Aratura	ha	160,00 €	78,05	12.488,00 €
Erpicatura	ha	140,00 €	78,05	10.927,00 €
Semina frumento duro	ha	140,00 €	78,05	10.927,00 €
Acquisto sementi frumento duro (160 Kg/Ha)	kg	0,88 €	6400	5.632,00 €
Trattamento preventivo (prodotti cuprici e distribuzione)	ha	150,00 €	78,05	11.707,50 €
Mietitrebbiatura e trasporto frumento duro	ha	180,00 €	78,05	14.049,00 €
TOTALE				76.657,50 €

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 2

Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Concimazione di fondo (prodotto e distribuzione)	ha	140,00 €	78,05	10.927,00 €
Aratura	ha	160,00 €	78,05	12.488,00 €
Erpicatura	ha	140,00 €	78,05	10.927,00 €
Semina trifoglio alessandrino	ha	140,00 €	78,05	10.927,00 €
Acquisto sementi trifoglio alessandrino (30 Kg/Ha)	kg	4,52 €	1200	5.424,00 €
Sfalcio trifoglio alessandrino (3 sfalci)	ha	540,00 €	78,05	42.147,00 €
Raccolta e pressatura trifoglio (3 raccolte)	ha	300,00 €	78,05	23.415,00 €
Aratura	ha	160,00 €	78,05	12.488,00 €
Erpicatura	ha	140,00 €	78,05	10.927,00 €
Semina avena	ha	140,00 €	40	5.600,00 €
Acquisto sementi avena (180 Kg/Ha)	kg	0,69 €	7200	4.968,00 €
Semina orzo	ha	140,00 €	38,05	5.327,00 €
Acquisto sementi orzo (140 Kg/Ha)	kg	0,64 €	5600	3.584,00 €
TOTALE				159.149,00 €

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 3

Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Trattamento preventivo (prodotti cuprici e distribuzione)	ha	150,00 €	78,05	11.707,50 €
Mietitrebbiatura e trasporto avena	ha	180,00 €	40	7.200,00 €
Mietitrebbiatura e trasporto orzo	ha	180,00 €	38,05	6.849,00 €
TOTALE				25.756,50 €

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 4

Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Concimazione di fondo (prodotto e distribuzione)	ha	140,00 €	78,05	10.927,00 €
Aratura	ha	160,00 €	78,05	12.488,00 €
Erpicatura	ha	140,00 €	78,05	10.927,00 €
Semina cece	ha	140,00 €	40	5.600,00 €
Acquisto sementi cece (100 Kg/Ha)	kg	2,62 €	4000	10.480,00 €
Semina lenticchia	ha	140,00 €	38,05	5.327,00 €
Acquisto sementi lenticchia (80 Kg/Ha)	kg	5,20 €	3044	15.828,80 €
Mietitrebbiatura e trasporto cece	ha	180,00 €	40	7.200,00 €
Mietitrebbiatura e trasporto lenticchia	ha	180,00 €	38,05	6.849,00 €
TOTALE				85.626,80 €

COSTI TOTALI	
TOTALE	347.189,80 €

RICAVI				
Anno-Coltura	Produzione (t/ha)	Produzione Totale (t)	Prezzo di vendita (€/t)	Totale (€)
1-FRUMENTO DURO	1,5	117,075	352,5	41.268,94 €
2-TRIFOGLIO ALESSANDRINO	15	1170,75	150	175.612,50 €
3-AVENA	13	520	240	124.800,00 €
3-ORZO	13	494,65	240	118.716,00 €
4-CECE	0,8	32	950	30.400,00 €
4-LENTICCHIA	0,8	30,44	980	29.831,20 €
TOTALE				520.628,64 €

REDDITO ATTESO 4 ANNI	
TOTALE	173.438,84 €

Il reddito totale stimato per tale superficie (**ha 78,05**) sui 4 anni risulta pari a € 173.438,84, corrispondenti a **555,54 €/ha annui**.

8.2. Analisi economica proposta progettuale

La superficie destinata alla rotazione colturale proposta risulta pari a **ha 58,02**, ottenuta sottraendo dall'area recintata (71,23 ha) la superficie occupata dai locali tecnici, dagli stradelli e dalla minima superficie proiettata delle strutture energetiche (con i tracker inclinati di 55°), ottenuta moltiplicando la larghezza pari a m 2,38 per la somma delle lunghezze delle singole stringhe. L'area esterna alla recinzione, ma compresa nella superficie catastale, potrà essere condotta dal proprietario come indicato nello stato di fatto oppure gestito in linea con il progetto agrivoltaico.

Tabella 6. Analisi economica estimativa dell'ipotesi progettuale

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 1				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Discatura con erpice	ha	140,00 €	58,02	8.122,80 €
Semina frumento duro e rullatura	ha	140,00 €	58,02	8.122,80 €
Acquisto sementi frumento duro (160 Kg/Ha)	kg	0,88 €	9283,2	8.169,22 €
Tattamento preventivo (prodotti cuprici e distribuzione)	ha	150,00 €	58,02	8.703,00 €
Mietitrebbiatura e trasporto frumento duro	ha	180,00 €	58,02	10.443,60 €
Raccolta e pressatura paglia	ha	100,00 €	58,02	5.802,00 €
TOTALE				49.363,42 €

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 2

Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Discatura con erpice	ha	140,00 €	58,02	8.122,80 €
Semina trifoglio alessandrino	ha	140,00 €	58,02	8.122,80 €
Acquisto sementi trifoglio alessandrino (30 Kg/Ha)	kg	4,52 €	1740,6	7.867,51 €
Sfalcio trifoglio alessandrino (3 sfalci)	ha	540,00 €	58,02	31.330,80 €
Raccolta e pressatura trifoglio (3 raccolte)	ha	300,00 €	58,02	17.406,00 €
Discatura con erpice	ha	140,00 €	58,02	8.122,80 €
Semina avena	ha	140,00 €	29,01	4.061,40 €
Acquisto sementi avena (180 Kg/Ha)	kg	0,69 €	5221,8	3.603,04 €
Semina orzo	ha	140,00 €	29,01	4.061,40 €
Acquisto sementi orzo (140 Kg/Ha)	kg	0,64 €	4061,4	2.599,30 €
TOTALE				95.297,85 €

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 3

Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Trattamento preventivo (prodotti cuprici e distribuzione)	ha	150,00 €	58,02	8.703,00 €
Sfalcio avena	ha	180,00 €	29,01	5.221,80 €
Raccolta e pressatura paglia	ha	100,00 €	29,01	2.901,00 €
Sfalcio orzo	ha	180,00 €	29,01	5.221,80 €
Raccolta e pressatura orzo	ha	100,00 €	29,01	2.901,00 €
TOTALE				24.948,60 €

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 4

Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Discatura con erpice	ha	140,00 €	58,02	8.122,80 €
Semina cece	ha	140,00 €	29,01	4.061,40 €
Acquisto sementi cece (100 Kg/Ha)	kg	2,62 €	2901	7.600,62 €
Semina lenticchia	ha	140,00 €	29,01	4.061,40 €
Acquisto sementi lenticchia (80 Kg/Ha)	kg	5,20 €	2320,8	12.068,16 €
Sarchiatura (2 passaggi)	ha	260,00 €	58,02	15.085,20 €
Mietitrebbiatura e trasporto cece	ha	180,00 €	29,01	5.221,80 €
Raccolta e pressatura paglia	ha	100,00 €	29,01	2.901,00 €
Mietitrebbiatura e trasporto lenticchia	ha	180,00 €	29,01	5.221,80 €
Raccolta e pressatura paglia	ha	100,00 €	29,01	2.901,00 €
TOTALE				67.245,18 €

COSTI TOTALI	
TOTALE	236.855,05 €

RICAVI				
Anno-Coltura	Produzione (t/ha)	Produzione Totale (t)	Prezzo di vendita (€/t)	Totale (€)
1-FRUMENTO DURO	1	58,02	352,5	20.452,05 €
1-ROTOBALLE	2	58,02	80	4.641,60 €
2-TRIFOGLIO ALESSANDRINO	12	696,24	150	104.436,00 €
3-AVENA	12	480	240	115.200,00 €
3-ORZO	12	348,12	240	83.548,80 €
4-CECE	0,8	23,208	950	22.047,60 €
4-LENTICCHIA	0,8	23,21	980	22.743,84 €
4-ROTOBALLE	1	98,02	50	4.901,00 €
TOTALE				377.970,89 €

REDDITO ATTESO 4 ANNI	
TOTALE	141.115,84 €

Per le rese sono stati considerati i valori disponibili in letteratura (Baldoni *et al.*, 2001):

- frumento duro, resa pari a **1 t/ha**;
- trifoglio alessandrino (erbaio) **12 t/ha**;
- avena (erbaio), resa pari a **12 t/ha**;
- orzo (erbaio), resa pari a **12 t/ha**;
- cece, resa pari a **0,8 t/ha**;
- lenticchia, resa pari a **0,8 t/ha**.

in virtù dell'ombreggiamento parziale dovuto all'installazione dell'impianto fotovoltaico, nel calcolo economico si è considerata, in via preventiva, **una produttività inferiore al 90% per i seminativi**. Questa scelta potrà essere valutata - agronomicamente ed economicamente - nel corso degli anni anche grazie all'impiego del DSS previsto per il monitoraggio dell'andamento delle produzioni (vedasi Capitolo 7).

Il reddito atteso per i quattro anni di rotazione colturale è pari a **141.115,84 €**. Il **reddito medio totale stimato** considerando l'area destinata all'attività agricola totale (**ha 58,02**) ammonta a **€ 608,05 / ha annui**.

8.3. Analisi economica monitoraggio agrometeorologico

Come indicato nel Capitolo 7, si prevede l'installazione di una stazione agrometeorologica in campo per la quale si stimano i costi indicati in Tabella 7, ottenuti ipotizzando una vita dell'impianto di 25 anni e il costo per la sensoristica la licenza per la consultazione dei dati. È stato inoltre considerato il costo di un agronomo senior che sarà il responsabile dell'analisi dell'integrazione dei dati, anche attraverso la redazione di report specifici.

Tabella 7. Analisi economica estimativa 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 stazione e licenza SW DSS € 31.250,00	Agronomo** € 13.125,00	Agronomo** € 13.125,00	€ 57.500,00
		Fase di dismissione	-	-	-	-
TOTALE					€ 61.000,00	

* 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 stringhe installate in ciascuna tessera (Figura 53) 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.

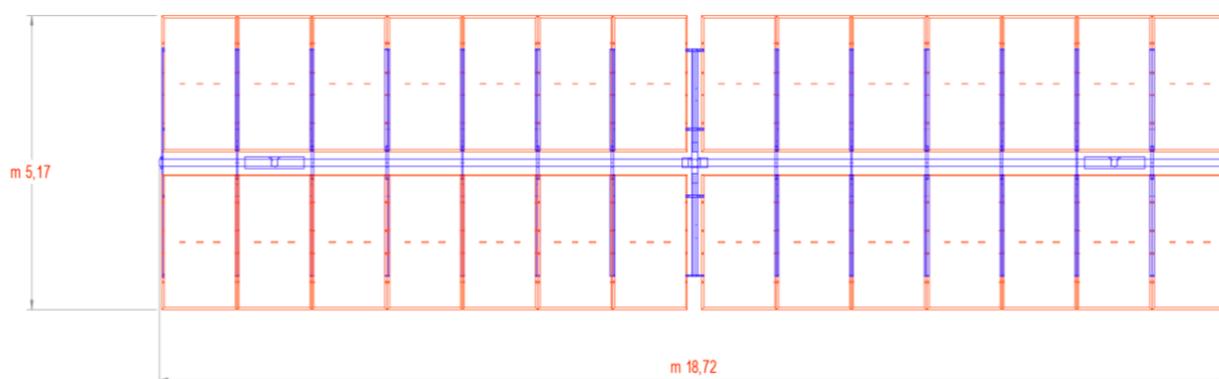


Figura 53. Rappresentazione della struttura fotovoltaica utilizzata.

- **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 valore pari al *gap*.
- **Superficie agricola:** per ciascuna tessera, l'area effettivamente utilizzata per l'attività agricola è stata calcolata sottraendo alla *Superficie Totale* la "**superficie non agricola**" 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 2,38** per la lunghezza totale delle stringhe (Figura 54). Nel calcolo sono stati considerati come area non agricola anche i locali tecnici e gli stradelli interni alla tessera.

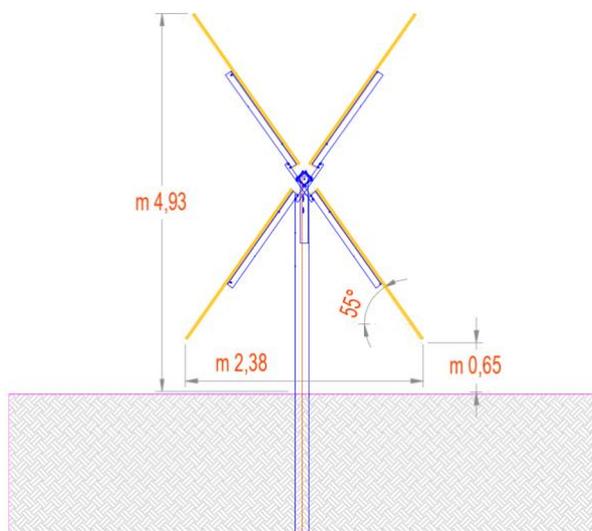


Figura 54. Strutture energetiche utilizzate poste a 55° .

L'impianto agrivoltaico proposto risulta quindi composto da **13 tessere**, rappresentata in Figura 55. A seguire si riportano le valutazioni effettuate per ciascuna tessera:

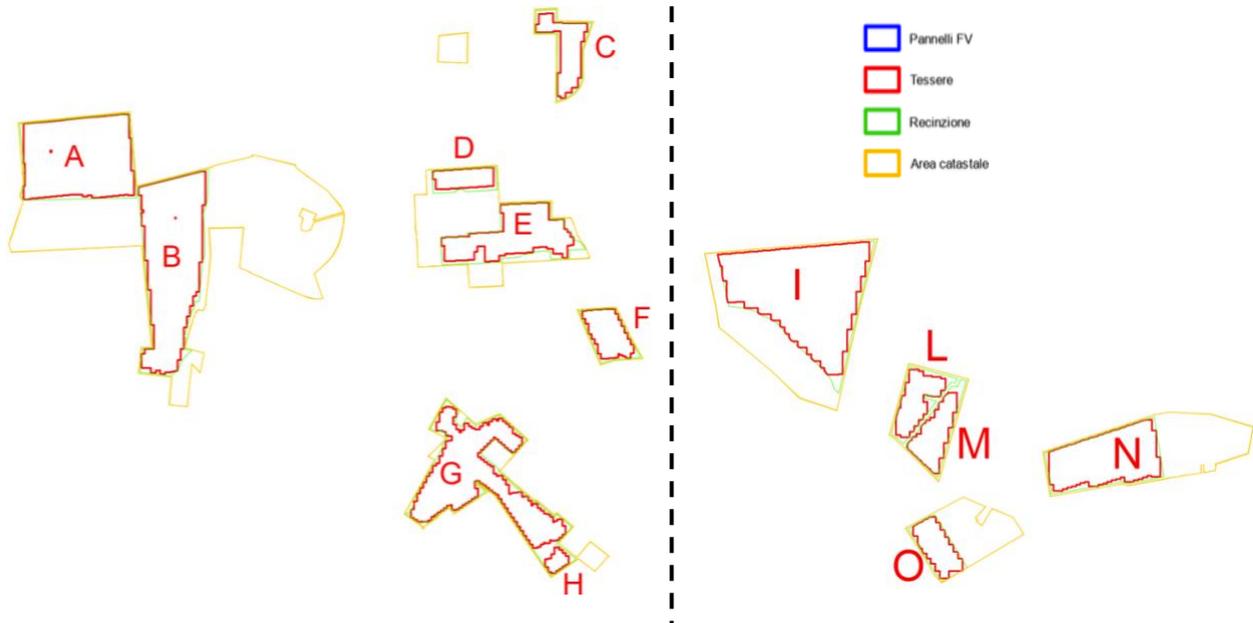


Figura 55. Distribuzione spaziale delle tessere della proposta agrivoltaica.

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

L'impianto è stato progettato in modo tale da non compromettere la continuità dell'attività primaria, garantendo al contempo una sinergia della stessa con l'attività di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. In Tabella 8 si riportano le specifiche delle tessere considerate.

Tabella 8. Calcoli per la verifica di conformità al Requisito A delle Linee Guida del MITE

	Tessera A	Tessera B	Tessera C	Tessera D	Tessera E	Tessera F	Tessera G
Superficie Tessera (S_{tot}) (m ²)	115.780,84	130.725,55	25.943,60	15.337,06	59.243,22	23.291,46	104.247,59
n° Stringhe	477	540	97	54	230	88	402
Lunghezza Stringa (m)	18,72	18,72	18,72	18,72	18,72	18,72	18,72
Larghezza fascia non coltivabile (m)	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38
Locali tecnici e inverter (m ²)	68,83	33,08	46,57	24,27	33,08	30,70	85,32
Stradelli (m ²)	2.241,50	2.290,80	1.038,80	148,96	617,88	449,64	938,76
Superficie Non Agricola Tessera (m ²)	23.562,40	26.382,82	5.407,07	2.579,12	10.898,29	4.401,06	18.934,63
Superficie Agricola Tessera (S_{agr}) (m ²)	92.218,44	104.342,73	20.536,53	12.757,94	483.44,93	18.890,40	85.312,96
A.1 Rapporto S_{agr}/S_{tot} %	79,6	79,8	79,2	83,2	81,6	81,1	81,8
Superficie proiettata Stringa (m ²)	96,78	96,78	96,78	96,78	96,78	96,78	96,78
Sup. TOT proiettata Stringhe (S_{pv}) (m ²)	46.164,06	52.261,20	9.387,66	5.226,12	22.259,40	8.516,64	38.905,56
A.2 LAOR % (S_{pv}/S_{tot})	39,9	40,0	36,2	34,1	37,6	36,6	37,3

	Tessera H	Tessera I	Tessera L	Tessera M	Tessera N	Tessera O
Superficie Tessera (S_{tot}) (m ²)	5.072,27	78.905,40	11.759,79	12.661,41	35.288,89	10.701,59
n° Stringhe	16	318	37	40	133	33
Lunghezza Stringa (m)	18,72	18,72	18,72	18,72	18,72	18,72
Larghezza fascia non coltivabile (m)	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38
Locali tecnici e inverter (m ²)	0,00	16,54	165,78	16,54	132,78	121,29
Stradelli (m ²)	0,00	847,12	34,40	418,64	1008,20	550,68
Superficie Non Agricola Tessera (m ²)	712,86	15.031,70	1.848,66	2.217,32	7.066,61	2.142,24
Superficie Agricola Tessera (S_{agr}) (m ²)	4.359,41	63.873,70	9.911,13	10.444,09	28.222,28	8.559,35
A.1 Rapporto S_{agr}/S_{tot} %	85,9	80,9	84,3	82,5	80,0	80,0
Superficie proiettata Stringa (m ²)	96,78	96,78	96,78	96,78	96,78	96,78
Sup. TOT proiettata Stringhe S_{pvTOT} (m ²)	1.548,48	30.776,04	3.580,86	3.871,20	12.871,74	3.193,74
A.2 LAOR % (S_{pv}/S_{tot})	30,5	39,0	30,5	30,6	36,5	29,8

○ **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 92.218,44 pari al **79,6%** della S_{tot} (m² 115.780,84)
- Tessera B: S_{agr} m² 104.342,73 pari al **79,8%** della S_{tot} (m² 130.725,55)
- Tessera C: S_{agr} m² 20.536,53 pari al **79,2%** della S_{tot} (m² 25.943,60)
- Tessera D: S_{agr} m² 12.757,94 pari al **83,2%** della S_{tot} (m² 15.337,06)
- Tessera E: S_{agr} m² 48.344,93 pari al **81,6%** della S_{tot} (m² 59.243,22)
- Tessera F: S_{agr} m² 18.890,40 pari al **81,1%** della S_{tot} (m² 23.291,46)
- Tessera G: S_{agr} m² 85.312,96 pari al **81,8%** della S_{tot} (m² 104.247,59)
- Tessera H: S_{agr} m² 4.359,41 pari al **85,9%** della S_{tot} (m² 5.072,27)
- Tessera I: S_{agr} m² 63.873,70 pari al **80,9%** della S_{tot} (m² 78.905,40)
- Tessera L: S_{agr} m² 9.911,13 pari al **84,3%** della S_{tot} (m² 11.759,79)
- Tessera M: S_{agr} m² 10.444,09 pari al **82,5%** della S_{tot} (m² 12.661,41)
- Tessera N: S_{agr} m² 28.222,28 pari al **80,0%** della S_{tot} (m² 35.288,89)
- Tessera O: S_{agr} m² 8.559,35 pari al **80,0%** della S_{tot} (m² 10.701,59)

Volendo quindi esprimere un **valore rappresentativo dell'impianto**, la **superficie agricola totale** (507773,89 ha) **risulta pari al 80,7% della superficie totale** (628958,67 ha), 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 71,23) su una superficie netta pari a **ha 58,02**.

○ **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

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Aprile 2023
			Pagina 71 di 83

riassunte nel Capitolo 6.1 e più ampiamente indicate negli elaborati tecnici, garantirà il soddisfacimento di tale requisito.

Nello specifico:

- S_{pv} Tessera A m^2 46.164,06 pari al **39,9%** della S_{tot} Tessera A (m^2 115.780,84)
- S_{pv} Tessera B m^2 52.261,20 pari al **40,0%** della S_{tot} Tessera B (m^2 130.725,55)
- S_{pv} Tessera C m^2 9.387,66 pari al **36,2%** della S_{tot} Tessera C (m^2 25.943,60)
- S_{pv} Tessera D m^2 5.226,12 pari al **34,1%** della S_{tot} Tessera D (m^2 15.337,06)
- S_{pv} Tessera E m^2 22.259,40 pari al **37,6%** della S_{tot} Tessera D (m^2 59.243,22)
- S_{pv} Tessera F m^2 8.516,64 pari al **36,6%** della S_{tot} Tessera D (m^2 23.291,46)
- S_{pv} Tessera G m^2 38.905,56 pari al **37,3%** della S_{tot} Tessera A (m^2 104.247,59)
- S_{pv} Tessera H m^2 1.548,48 pari al **30,5%** della S_{tot} Tessera B (m^2 5.072,27)
- S_{pv} Tessera I m^2 30.776,04 pari al **39,0%** della S_{tot} Tessera C (m^2 78.905,40)
- S_{pv} Tessera L m^2 3.580,86 pari al **30,5%** della S_{tot} Tessera D (m^2 11.759,79)
- S_{pv} Tessera M m^2 3.871,20 pari al **30,6%** della S_{tot} Tessera D (m^2 12.661,41)
- S_{pv} Tessera N m^2 12.871,74 pari al **36,5%** della S_{tot} Tessera D (m^2 35.288,89)
- S_{pv} Tessera O m^2 3.193,74 pari al **29,8%** della S_{tot} Tessera D (m^2 10.701,59)

Considerando l'insieme delle tessere il valore del **LAOR (Land Area Occupation Ratio Medio)** per l'impianto proposto, la S_{pvTOT} pari a 238562,70 ha risulta pari a **37,9%** della Superficie Totale (628958,67 ha).

- **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**

Considerando che il progetto prevede di mantenere l'attuale indirizzo produttivo e che il protocollo di coltivazione consigliato si è dimostrato utile a minimizzare/annullare l'impiego di input chimici in termini di diserbo, trattamenti e concimazioni, il nuovo sistema AGV consentirà all'attuale conduttore un risparmio in termini di costi di produzione, che andrà a compensare la parziale perdita in termini di resa ottenibile ad ha in ragione della presenza delle strutture fotovoltaiche. Come evidenziato nell'analisi economica (esplicitata nel Capitolo 8), la conduzione attuale consente di ottenere un margine lordo di **555,54 €/ha/anno**. La soluzione proposta, introducendo pratiche agronomiche che si sono dimostrate in grado di ridurre gli input in termini di concimi e un più efficiente utilizzo dei prodotti fitosanitari potrà consentire di ottenere un margine lordo pari a **608,05 €/ha/anno**.

Il progetto proposto consente quindi il mantenimento della destinazione produttiva agricola dei fondi rustici destinati al progetto e il valore medio della produzione agricola attesa sull'area destinata al sistema agrivoltaico risulta superiore a quello degli anni solari antecedenti il progetto.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Aprile 2023
			Pagina 72 di 83

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 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 mantenimento dell'indirizzo produttivo attualmente in corso, ovvero la coltivazione di specie seminative destinate all'alimentazione umana ed al foraggiamento zootecnico;

- **B.2 Producibilità elettrica minima**

Considerando che la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico risulta pari a 82,867 GWh/anno, corrispondente a **1,163 GWh/ha/anno** (considerando l'area recintata pari a **ha 71,23**) e che un impianto ottimizzato per la produzione di energia elettrica (pitch m 9,80) che utilizzi la stessa tecnologia può garantire una produttività di 93,094 GWh/anno (pari a **1,307 GWh/ha/anno** sulla medesima superficie), il sistema proposto risulta in grado di garantire l'**89,0%** della producibilità di un impianto fotovoltaico classico idealmente realizzabile sulla stessa area (vedasi **ALLEGATO 1 e ALLEGATO 2 - 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 redatta da un professionista abilitato.

10. Conclusioni

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

In ragione di quanto esposto, l'impianto proposto è stato progettato nell'ottica di **integrare armoniosamente le strutture per la produzione di energia rinnovabile alla conduzione agricola** consentendo di:

- **mantenere la possibilità di accedere al sostegno della PAC**, resa possibile data la prosecuzione dell'attività agricola, come auspicato dal CREA nelle "Considerazioni connesse allo sviluppo del sistema agrivoltaico" per l'esame del D.L. 17/2022 prima della conversione in legge (vedere Capitolo 3).
- **assicurare la continuità produttiva alle superfici oggetto di intervento**, come esposto nel Capitolo 5.2 l'area individuata per la realizzazione dell'impianto ricade in un "ambiente agrario", in cui predominano gli indirizzi cerealicoli. La proposta qui avanzata garantisce la continuità della conduzione agricola in atto introducendo interventi volti al suo miglioramento.
- **migliorare l'attività agricola in essere** proponendo pratiche in linea con quanto promosso con la PAC entrante: introducendo tecniche agronomiche che garantiscano un miglior utilizzo del suolo e delle risorse. La rotazione colturale in progetto prevede infatti, oltre alle colture cerealicole, da sempre coltivate nella zona, il ricorso a fabacee (sempre con medesima destinazione: alimentazione zootecnica e umana) e l'introduzione dell'impiego di tecniche colturali migliorative che possono rallentare il fenomeno erosivo tipico della zona oggetto d'esame, riferibili all'"agricoltura conservativa" (impegno ACA3 della PAC 2023-2027). Tale fenomeno è spesso accelerato da attività agro-silvo-pastorali, per cui non sono applicate specifiche azioni agroambientali di controllo e mitigazione, ad esempio le monoculture cerealicole gestite in maniera intensiva (vedasi Capitolo 5.2). Inoltre, sulle superfici oggetto di intervento sarà introdotta l'adozione di un sistema di conduzione riferibile alla "produzione integrata" (impegno ACA01 della PAC 2023-2027), integrando tecniche di monitoraggio riferibili all'"agricoltura di precisione" (impegno ACA24 della PAC 2023-2027) (vedasi Capitolo 4.3 e Capitolo 6.2).
- **contribuire al fabbisogno nazionale di frumento duro e ridurre la dipendenza estera**, infatti, come meglio illustrato nel Capitolo 4.1.1, la regione Puglia è da sempre zona altamente vocata per la produzione cerealicola, costituendo uno dei maggiori produttori nazionali. Garantire le superfici investite a frumento duro in Puglia, contribuisce a sostenere la produzione nazionale; la Puglia ha da sempre trainato il settore in oggetto, nonostante le evidenti difficoltà degli ultimi anni dovute alla siccità, all'aumento dei prezzi (ad esempio del carburante) e al conflitto russo-ucraino, garantendo la produzione regionale si potrà ridurre, in parte, la dipendenza estera di questo prodotto⁴⁹.
- **sfruttare positivamente le conoscenze esistenti** che testimoniano come la presenza della componente energetica di progetto comporti spesso miglioramenti per le colture sottostanti in termini di riduzione della radiazione incidente, con conseguente riduzione dell'evapotraspirazione e quindi condizioni più favorevoli per lo sviluppo, nonché in termini di riparo offerto dalle strutture contro i venti e gli eventi meteorici spesso estremi e imprevedibili.

⁴⁹ L'Italia è lontana dall'autosufficienza alimentare di frumento duro, essendo ancora dipendente dall'import per il soddisfacimento del fabbisogno interno: circa il 40% degli utilizzi interni di frumento duro sono importati da Paesi europei; inoltre, la produzione a grano duro Italiana nel 2022 si sarebbe attestata a circa 3,94 m di t, contro le 4,06 del 2021, dunque in calo di circa il 3%. <https://ilfattoalimentare.it/grano-pasta-andrea-villani.html>; <https://durodisicilia.wordpress.com/2022/10/20/diamo-i-numeri-istat-2022-del-grano-duro-in-italia/comment-page-1/>

- assicurare l'introduzione di una **gestione orientata e maggiormente efficace del ciclo "agro-energetico"**; tale aspetto risulta premiale per l'attuale conduttore che intende proseguire l'attività agricola anche in presenza della componente fotovoltaica. Il layout dell'impianto agrivoltaico è stato progettato per consentire la coesistenza e la sinergia della componente agricola con quella energetica: le scelte riguardanti la disposizione delle strutture fotovoltaiche e quelle agronomiche (scelta delle specie, operazioni colturali, ecc.) garantiranno la sostenibilità economica e produttiva dell'intero sistema, pur mantenendo autonome e sostenibili le due componenti.

Al fine di comprendere come il progetto sia coerente con la Politica Agricola Comune, è importante considerare che la presenza dell'impianto agrivoltaico non interferisce di fatto con la possibilità di percepire aiuti. Infatti, il progetto, proposto:

- non interferisce con l'attività agricola;
- non utilizza strutture che impediscono l'ordinario ciclo colturale;
- consente il mantenimento di buone condizioni agronomiche e ambientali.

Ai sensi del regolamento (UE) n. 1307/2013, e in particolare dell'articolo 32 (Attivazione dei diritti all'aiuto), paragrafo 3, riguardante gli ettari ammissibili al sostegno PAC, fermo restando l'utilizzo prevalente per l'attività agricola, è consentito, previa comunicazione preventiva all'organismo pagatore competente, svolgere un'attività non agricola purché vengano rispettate alcune condizioni. Infatti, quando la superficie agricola di un'azienda è utilizzata anche per attività non agricole, essa si considera utilizzata prevalentemente per attività agricole se l'esercizio di tali attività (agricole) non è seriamente ostacolato dall'intensità, dalla natura, dalla durata e dal calendario delle attività non agricole. Tale regolamento è stato abrogato dall'entrata in vigore di un altro regolamento (UE), il n. 2115/2021, che però mantiene all'art. 3 la definizione di superficie agricola e all'art 4 specifica che "Ai fini degli interventi sotto forma di pagamenti diretti, l'«ettaro ammissibile» è determinato in modo tale da comprendere superfici che sono a disposizione dell'agricoltore e che consistono in:

a) qualsiasi superficie agricola dell'azienda che, durante l'anno per il quale è richiesto il sostegno, sia utilizzata per un'attività agricola o, qualora la superficie sia adibita anche ad attività non agricole, sia utilizzata prevalentemente per attività agricole; in casi debitamente giustificati per ragioni ambientali connesse o alla biodiversità e al clima, gli Stati membri possono decidere che gli ettari ammissibili comprendano anche determinate superfici utilizzate per attività agricole solo ogni due anni;

b) qualsiasi superficie dell'azienda che:

I. presenta elementi caratteristici del paesaggio soggetti all'obbligo di mantenimento ai sensi della norma BCAA 8 indicata nell'allegato III;

II. è utilizzata per raggiungere la quota minima di seminativo destinato a superfici ed elementi non produttivi, compresi i terreni lasciati a riposo, ai sensi della norma BCAA 8 elencati nell'allegato III;

III. per la durata del corrispondente impegno dell'agricoltore, è impegnata o mantenuta a seguito di un regime per il clima e l'ambiente di cui all'articolo 31.

*Se gli Stati membri decidono in tal senso, l'ettaro ammissibile può contenere altri elementi caratteristici del paesaggio, purché questi non siano predominanti e non ostacolino in modo significativo lo svolgimento dell'attività agricola a causa della superficie da essi occupata sulla parcella agricola. Nell'attuare tale principio, gli Stati membri possono fissare una quota massima della parcella agricola che può essere coperta da tali altri elementi caratteristici del paesaggio.
(...)*

c) qualsiasi superficie dell'azienda che abbia dato diritto a pagamenti a norma del titolo III, capo II, sezione 2, sottosezione 2, del presente regolamento o del regime di pagamento di base o del regime

di pagamento unico per superficie di cui al titolo III del regolamento (UE) n. 1307/2013 e che non sia un «ettaro ammissibile» secondo quanto determinato dagli Stati membri sulla base dei punti i) e ii) del presente paragrafo:

- I. in seguito all'applicazione delle direttive 92/43/CEE, 2009/147/CE o 2000/60/CE a tale superficie;
- II. in seguito a interventi basati sulle superfici a norma del presente regolamento e rientranti nel sistema integrato di cui all'articolo 65, paragrafo 1, del regolamento (UE) 2021/2116, che consente la produzione di prodotti non elencati nell'allegato I TFUE mediante paludicoltura, o ai sensi di regimi nazionali per la biodiversità o la riduzione dei gas a effetto serra le cui condizioni siano conformi a tali interventi basati sulle superfici, a condizione che tali interventi e regimi nazionali contribuiscano al conseguimento di uno o più obiettivi specifici di cui all'articolo 6, paragrafo 1, lettere d), e) e f), del presente regolamento;(...)"

La proposta possiede inoltre gli elementi necessari per il successo di un progetto agrivoltaico (Tabella 9) e, come argomentato nel Capitolo 9, **soddisfa pienamente i requisiti minimi definiti dal MiTE nelle Linee Guida per poter definire un impianto "Agrivoltaico"** (Tabella 10).

Tabella 9. Valutazione sintetica del progetto Agrivoltaico Mandorlecchia

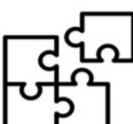
ELEMENTO	DESCRIZIONE	VALUTAZIONE
Clima	 <p>Le condizioni ambientali e del contesto risultano adatte sia alla produzione di energia fotovoltaica che alle colture prescelte</p>	
Configurazione	 <p>La scelta della tecnologia fotovoltaica e la progettazione del layout fotovoltaico è stata effettuata in considerazione:</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 10. 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 Sagricola $\geq 0,7 \times Stot$	L'impianto proposto risulta avere una Sagricola $\geq 0,7$ per tutte le tre tipologie di tessere, nello specifico la Sagricola media è pari a 0,81	
A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR – Land Area Occupation Ratio $\leq 40\%$):	Il valore di LAOR medio per l'impianto proposto è in tutti i casi (trattandosi di un impianto costituito da tre tessere) inferiore al 40%, nello specifico pari a 37,9% .	
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 mantenimento della destinazione produttiva agricola dei fondi rustici destinati al progetto, massimizzando il potenziale produttivo dei due sottosistemi.	
B.1.a Esistenza e resa della coltivazione	Per il monitoraggio relativo all'esistenza e resa della coltivazione saranno di supporto: <ul style="list-style-type: none"> • documenti di contabilità che dimostrino la presenza della coltivazione agraria; • 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 mantenimento dell'indirizzo produttivo attualmente in corso, ovvero la coltivazione di specie seminatrici destinate all'alimentazione umana ed al foraggiamento zootecnico.	
B.2 Producibilità elettrica minima la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico (espressa in GWh/ha/anno) non inferiore al 60% rispetto a quella di un impianto fotovoltaico standard	Il sistema proposto risulta in grado di garantire l' 89,0% 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 del DSS e la redazione di una relazione tecnica) andranno a costituire un importante database utile a dimostrare la continuità delle produzioni agricole.	

Il progetto nel suo complesso ha inteso sviluppare il binomio agricoltura-energia sin dalla fase di progettazione, 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.

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;

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Aprile 2023
			Pagina 77 di 83

- 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'impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della biodiversità del sito oggetto di intervento, limitando il ricorso a prodotti chimici di sintesi per il diserbo e la concimazione;
- 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: 545-561. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
- Amendola, S., Maimone, F., Pelino, V., & Pasini, A. (2019). New records of monthly temperature extremes as a signal of climate change in Italy. *International Journal of Climatology*, 39: 2491-2503.
- Andrew A.C., Bionaz M., Smallman M.A., Hasan D., Graham M., Rosati A., Higgins C. and Ates A. (2022). Seasonal Herbage and Lamb Production from Grass, Herbal Ley and Legume Pastures Established Within Solar Arrays.
- 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
- Aruffo, E., & Di Carlo, P. (2019). Homogenization of instrumental time series of air temperature in Central Italy (1930–2015). *Climate Research*, 77: 193-204
- Brunetti, M., Maugeri, M., & Nanni, T. (2006). Trends of the daily intensity of precipitation in Italy and teleconnections. *Il Nuovo Cimento*, 29 C (1): 105-116.
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F., & Nanni, T. (2004). Changes in daily precipitation frequency and distribution in Italy over the last 120 years. *Journal of Geophysical Research*, 109, D05102. [doi:10.1029/2003JD004296](https://doi.org/10.1029/2003JD004296).
- CREA, 2022. L'agricoltura pugliese conta 2022. <https://www.crea.gov.it/web/politiche-e-bioeconomia/-/l-agricoltura-pugliese-counta-2022>
- Derpsch R., Friedrich T. (2009) Global Overview of Conservation Agriculture Adoption. Proceedings, Lead Paper, 4th World Congress on Conservation Agriculture, pp. 429-438. <https://journals.openedition.org/factsreports/1941>.
- Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Nogier A., Ferard Y (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 36: 2725-2732.
- EEA (2022). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2020 and inventory report 2022. Submission to the UNFCCC Secretariat. <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-1>.
- Fioravanti, G., Piervitali, E. & Desiato, F. (2016). Recent changes of temperature extremes over Italy: an index-based analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 123: 473–486.
- Fraunhofer ISE (2020) Agrivoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/APV-Guideline.pdf>
- 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.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"				
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Aprile 2023	Pagina 79 di 83

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

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.

IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf

Ismea - Fondazione Qualivita (2022). Rapporto 2021 Ismea – Qualivita sulle produzioni agroalimentari e vitivinicole italiane DOP, IGP e STG. 2021. <https://www.qualivita.it/pubblicazioni/rapporto-ismea-qualivita-2021/#toggle-id-1>

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.legambientepuglia.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>

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

NOAA National Centers for Environmental Information, Monthly Global Climate Report for January 2023, pubblicato online a febbraio 2023, recuperato il 7 marzo 2023 <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202301/supplemental/page-2>

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

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>.

ReteRuraleNazionale (2022). Linee Guida Nazionali Di Produzione Integrata 2023. Organismo Tecnico Scientifico del ministero dell’Agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste. Rev.3 del 15/11/2022.

Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Oberfell, 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.

SINAB, 2022. ANTICIPAZIONI "BIO IN CIFRE 2022". <https://www.sinab.it/reportannuali/anticipazioni-bio-cifre-2022>

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

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Aprile 2023
			Pagina 80 di 83

Toledo C., Scognamiglio A. (2021) Agrivoltaic Systems Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns). 13, 6871. <https://doi.org/10.3390/su13126871> .

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>

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>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"				
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Aprile 2023	Pagina 81 di 83

Allegati

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Gennaio 2023

Allegato 1 - Simulazione producibilità impianto AGV

PVsyst - Rapporto di simulazione

Sistema connesso in rete

Progetto: Acquaviva delle Fonti

Variante: Nuova variante di simulazione - 44,86 MW

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

Potenza di sistema: 44.86 MWc

Acquaviva delle Fonti - Italia

Autore

Montana S.p.a. (Italy)



Progetto: Acquaviva delle Fonti

Variante: Nuova variante di simulazione - 44,86 MW

PVsyst V7.3.2

VC1, Simulato su
17/03/23 08:34
con v7.3.2

Montana S.p.a. (Italy)

Sommario del progetto

Luogo geografico Acquaviva delle Fonti Italia	Ubicazione Latitudine 40.86 °N Longitudine 16.88 °E Altitudine 334 m Fuso orario UTC+1	Parametri progetto Albedo 0.20
Dati meteo Acquaviva delle Fonti PVGIS api TMY		

Sommario del sistema

Sistema connesso in rete Orientamento campo FV Orientamento Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S Asse dell'azimut 0 °	Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking) Algoritmo dell'inseguimento Calcolo astronomico Backtracking attivato	Ombre vicine Ombre lineari Diffuse shading Automatico
Informazione sistema Campo FV Nr. di moduli 69020 unità Pnom totale 44.86 MWc	Inverter Numero di unità 130 unità Pnom totale 39.00 MWac Rapporto Pnom 1.150	
Bisogni dell'utente Carico illimitato (rete)		

Sommario dei risultati

Energia prodotta 82867.21 MWh/anno	Prod. Specif. 1847 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR 86.68 %
------------------------------------	---------------------------------	------------------------------

Indice dei contenuti

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



Progetto: Acquaviva delle Fonti

Variante: Nuova variante di simulazione - 44,86 MW

PVsyst V7.3.2

VC1, Simulato su
17/03/23 08:34
con v7.3.2

Montana S.p.a. (Italy)

Parametri principali

Sistema connesso in rete

Orientamento campo FV

Orientamento

Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S
Asse dell'azimut 0 °

Modelli utilizzati

Trasposizione Perez
Diffuso Importato
Circumsolare separare

Orizzonte

Orizzonte libero

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

Algoritmo dell'inseguimento

Calcolo astronomico
Backtracking attivato

Ombre vicine

Ombre lineari
Diffuse shading Automatico

Campo con backtracking

N. di eliostati 2465 unità

Dimensioni

Distanza eliostati 11.5 m
Larghezza collettori 5.17 m
Fattore occupazione (GCR) 44.9 %
Phi min / max -/+ 55.0 °

Strategia Backtracking

Phi limits for BT -/+ 63.2 °
Distanza tavole backtracking 11.5 m
Larghezza backtracking 5.17 m

Bisogni dell'utente

Carico illimitato (rete)

Caratteristiche campo FV

Modulo FV

Costruttore Canadian Solar Inc.
Modello CS7N-650MB-AG 1500V
(definizione customizzata dei parametri)

Potenza nom. unit. 650 Wp
Numero di moduli FV 69020 unità
Nominale (STC) 44.86 MWc
Moduli 2465 Stringhe x 28 In serie
In cond. di funz. (50°C)
Pmpp 41.21 MWc
U mpp 949 V
I mpp 43417 A

Potenza PV totale

Nominale (STC) 44863 kWp
Totale 69020 moduli
Superficie modulo 214400 m²

Inverter

Costruttore Huawei Technologies
Modello SUN2000-330KTL-H1-Preliminary V0.2
(definizione customizzata dei parametri)

Potenza nom. unit. 300 kWac
Numero di inverter 130 unità
Potenza totale 39000 kWac
Voltaggio di funzionamento 500-1500 V
Potenza max. (=>30°C) 330 kWac
Rapporto Pnom (DC:AC) 1.15
Power sharing within this inverter

Potenza totale inverter

Potenza totale 39000 kWac
Potenza max. 42900 kWac
Numero di inverter 130 unità
Rapporto Pnom 1.15

Perdite campo

Perdite per sporco campo

Fraz. perdite 3.0 %

Fatt. di perdita termica

Temperatura modulo secondo irraggiamento
Uc (cost) 29.0 W/m²K
Uv (vento) 0.0 W/m²K/m/s

Perdite DC nel cablaggio

Res. globale campo 0.36 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Perdita di qualità moduli

Fraz. perdite -0.4 %

Perdite per mismatch del modulo

Fraz. perdite 2.0 % a MPP

Perdita disadattamento Stringhe

Fraz. perdite 0.1 %



Perdite campo

Fattore di perdita IAM

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

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

Perdite cablaggio AC

Linea uscita inv. sino al trasformatore MT

Tensione inverter 800 Vac tri
Fraz. perdite 0.83 % a STC

Inverter: SUN2000-330KTL-H1-Preliminary V0.2

Sezione cavi (130 Inv.) Rame 130 x 3 x 120 mm²
Lunghezza media dei cavi 100 m

Perdite AC nei trasformatori

Trafo MV

Media tensione 30 kV

Transformer parameters

Potenza nominale a STC 44.14 MVA
Iron Loss (Connessione 24/24) 39.06 kVA
Iron loss fraction 0.09 % a STC
Perdita nel rame 499.37 kVA
Copper loss fraction 1.13 % a STC
Resistenza equivalente induttori 3 x 0.16 mΩ



Parametri per ombre vicine

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

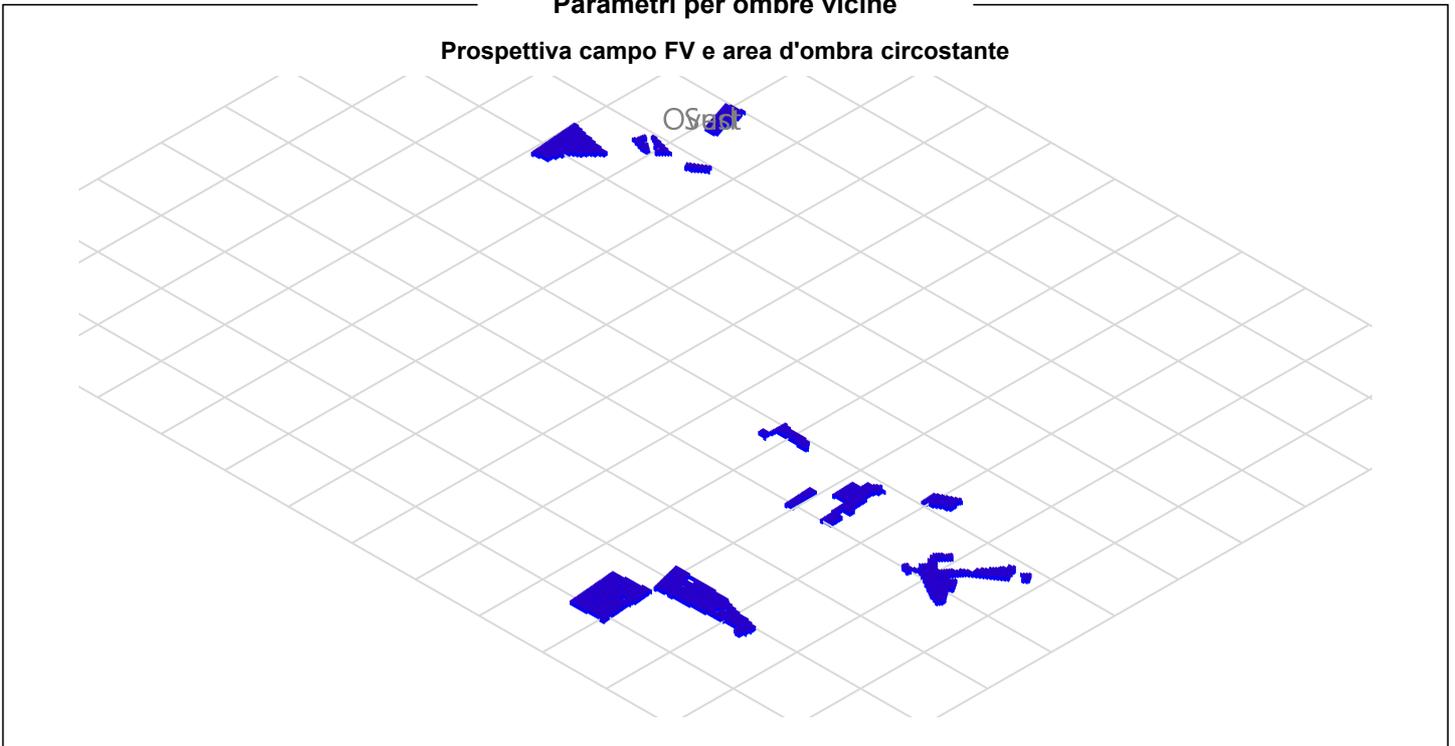
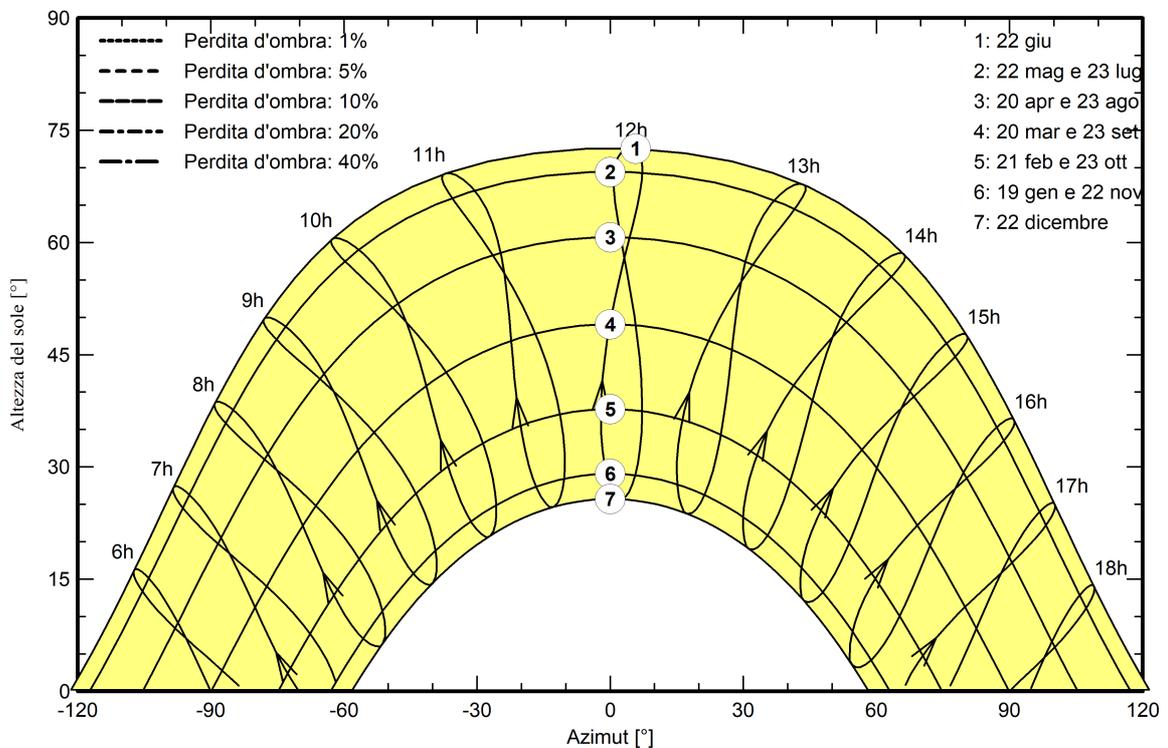


Diagramma iso-ombre

Orientamento #1





Progetto: Acquaviva delle Fonti

Variante: Nuova variante di simulazione - 44,86 MW

PVsyst V7.3.2

VC1, Simulato su
17/03/23 08:34
con v7.3.2

Montana S.p.a. (Italy)

Risultati principali

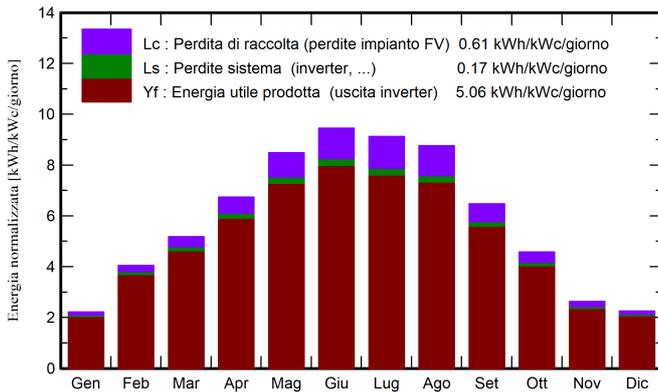
Produzione sistema

Energia prodotta 82867.21 MWh/anno

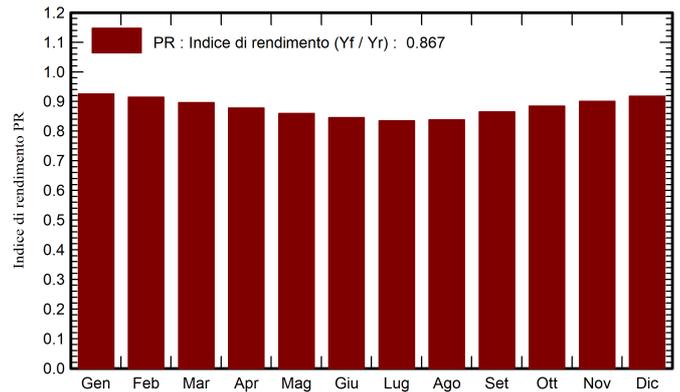
Prod. Specif. 1847 kWh/kWc/anno

Indice di rendimento PR 86.68 %

Produzione normalizzata (per kWp installato)



Indice di rendimento PR



Bilanci e risultati principali

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Gennaio	54.6	28.26	5.22	68.8	65.5	2946	2854	0.925
Febbraio	85.4	34.17	6.81	113.3	108.3	4789	4647	0.915
Marzo	123.8	49.47	10.20	160.6	153.7	6660	6453	0.896
Aprile	159.5	64.73	12.04	202.3	193.5	8235	7970	0.878
Maggio	204.2	72.45	17.03	263.0	252.3	10486	10143	0.860
Giugno	220.5	68.80	21.56	283.6	272.5	11122	10754	0.845
Luglio	218.7	67.33	24.48	282.8	271.8	10954	10592	0.835
Agosto	205.8	61.97	24.77	271.6	260.8	10551	10207	0.838
Settembre	148.3	53.75	19.05	194.4	186.3	7789	7544	0.865
Ottobre	108.2	43.75	16.06	141.9	135.8	5807	5631	0.885
Novembre	62.4	30.55	12.71	78.9	75.2	3289	3187	0.900
Dicembre	53.0	25.60	8.51	70.1	66.7	2977	2885	0.918
Anno	1644.4	600.83	14.92	2131.1	2042.4	85605	82867	0.867

Legenda

GlobHor Irraggiamento orizzontale globale

DiffHor Irraggiamento diffuso orizz.

T_Amb Temperatura ambiente

GlobInc Globale incidente piano coll.

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

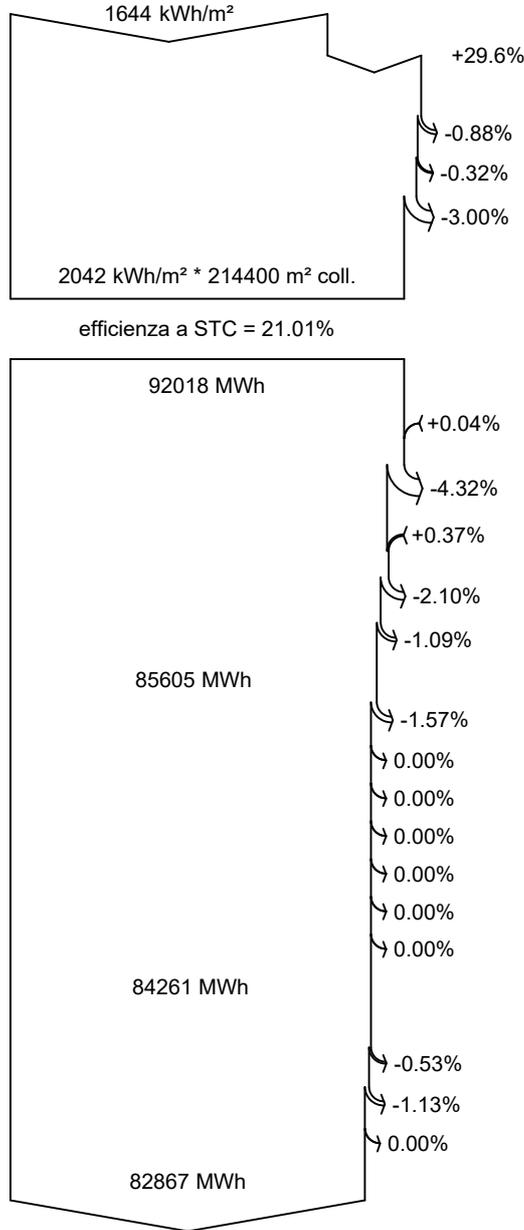
EArray Energia effettiva in uscita campo

E_Grid Energia immessa in rete

PR Indice di rendimento



Diagramma perdite



Irraggiamento orizzontale globale

Globale incidente piano coll.

- Ombre vicine: perdita di irraggiamento
- Fattore IAM su globale
- Perdite per sporco campo

Irraggiamento effettivo su collettori

- Conversione FV

Energia nominale campo (effic. a STC)

- Perdita FV causa livello d'irraggiamento

- Perdita FV causa temperatura

- Perdita per qualità modulo

- Perdita disadattamento moduli e stringhe

- Perdite ohmiche di cablaggio

Energia apparente impianto a MPPT

- Perdita inverter in funzione (efficienza)
- Perdita inverter per superamento Pmax
- Perdita inverte a causa massima corrente in ingresso
- Perdita inverter per superamento Vmax
- Perdita inverter per non raggiungimento Pmin
- Perdita inverter per non raggiungimento Vmin
- Consumi notturni

Energia in uscita inverter

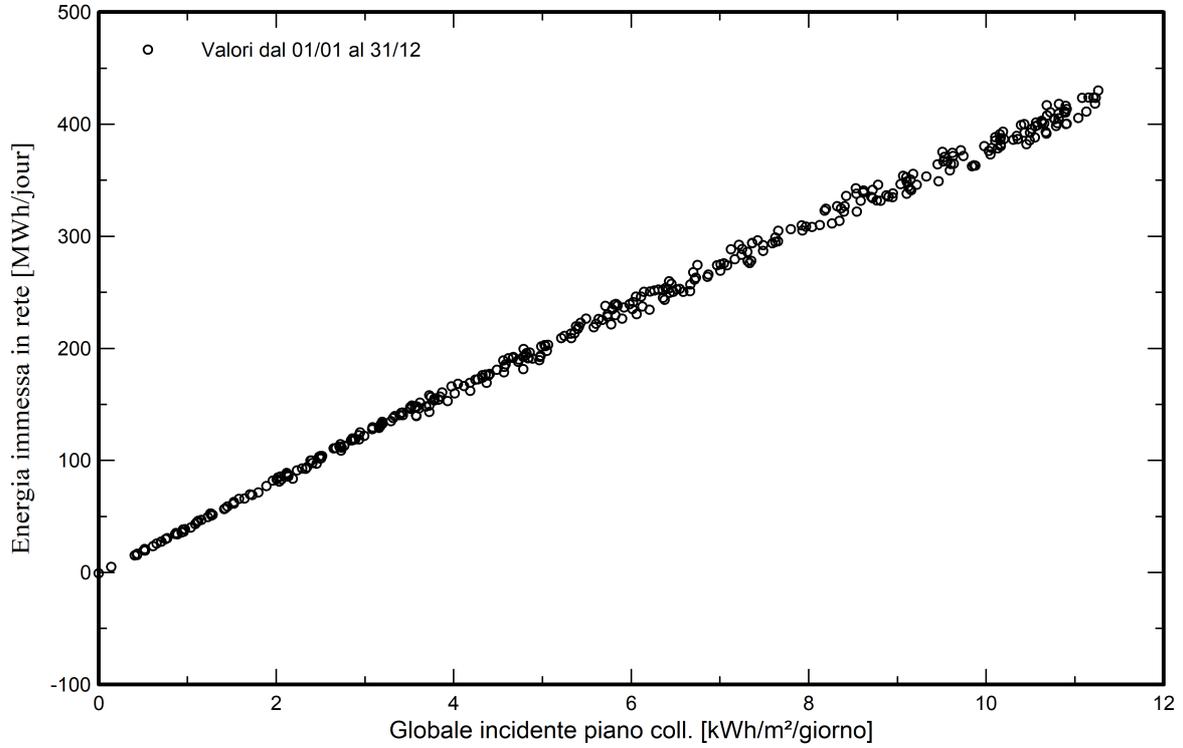
- Perdite ohmiche AC
- Perdita del trasfo Medio Voltaggio
- Perdita ohmmica sulla linea MV

Energia immessa in rete

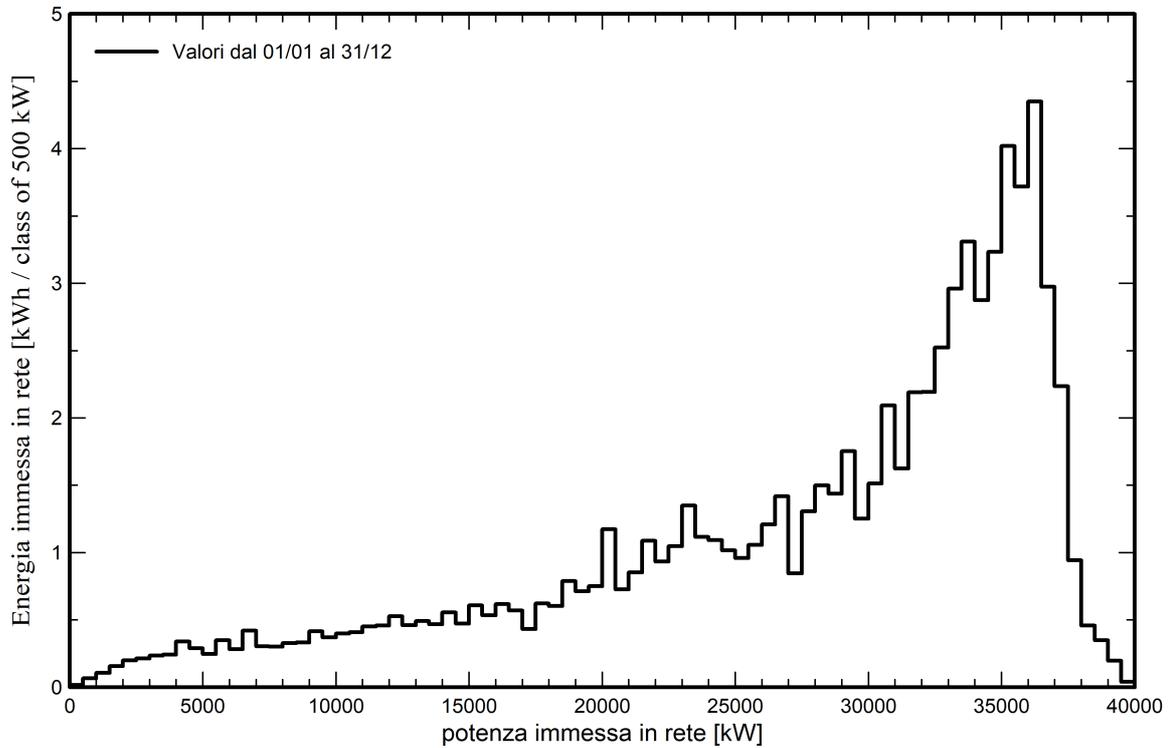


Grafici predefiniti

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MANDORLECCHIA"			
R04	Relazione Agronomica e Progetto Agrivoltaico	rev 00	Gennaio 2023

Allegato 2 - Simulazione producibilità impianto FV standard

PVsyst - Rapporto di simulazione

Sistema connesso in rete

Progetto: Acquaviva delle Fonti

Variante: Nuova variante di simulazione - 53,29 MQW

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

Potenza di sistema: 53.29 MWc

Acquaviva delle Fonti - Italia

Autore

Montana S.p.a. (Italy)



Progetto: Acquaviva delle Fonti

Variante: Nuova variante di simulazione - 53,29 MQW

PVsyst V7.3.2

VC2, Simulato su
24/03/23 10:01
con v7.3.2

Montana S.p.a. (Italy)

Sommario del progetto

Luogo geografico
Acquaviva delle Fonti
Italia

Ubicazione
Latitudine 40.86 °N
Longitudine 16.88 °E
Altitudine 334 m
Fuso orario UTC+1

Parametri progetto
Albedo 0.20

Dati meteo

Acquaviva delle Fonti
PVGIS api TMY

Sommario del sistema

Sistema connesso in rete

Orientamento campo FV

Orientamento

Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S
Asse dell'azimut 0 °

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

Algoritmo dell'inseguimento

Calcolo astronomico
Backtracking attivato

Ombre vicine

Ombre lineari
Diffuse shading Automatico

Informazione sistema

Campo FV

Nr. di moduli 81984 unità
Pnom totale 53.29 MWc

Inverter

Numero di unità 154 unità
Pnom totale 46.20 MWac
Rapporto Pnom 1.153

Bisogni dell'utente

Carico illimitato (rete)

Sommario dei risultati

Energia prodotta 93094.39 MWh/anno Prod. Specif. 1747 kWh/kWc/anno Indice rendimento PR 84.09 %

Indice dei contenuti

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



Progetto: Acquaviva delle Fonti

Variante: Nuova variante di simulazione - 53,29 MQW

PVsyst V7.3.2

VC2, Simulato su
24/03/23 10:01
con v7.3.2

Montana S.p.a. (Italy)

Parametri principali

Sistema connesso in rete

Orientamento campo FV

Orientamento

Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S
Asse dell'azimut 0 °

Modelli utilizzati

Trasposizione Perez
Diffuso Importato
Circumsolare separare

Orizzonte

Orizzonte libero

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

Algoritmo dell'inseguimento

Calcolo astronomico
Backtracking attivato

Ombre vicine

Ombre lineari
Diffuse shading Automatico

Campo con backtracking

N. di eliostati 2901 unità

Dimensioni

Distanza eliostati 9.80 m
Larghezza collettori 5.17 m
Fattore occupazione (GCR) 52.7 %
Phi min / max -/+ 55.0 °

Strategia Backtracking

Phi limits for BT -/+ 58.0 °
Distanza tavole backtracking 9.80 m
Larghezza backtracking 5.17 m

Bisogni dell'utente

Carico illimitato (rete)

Caratteristiche campo FV

Modulo FV

Costruttore Canadian Solar Inc.
Modello CS7N-650MB-AG 1500V
(definizione customizzata dei parametri)

Potenza nom. unit. 650 Wp
Numero di moduli FV 81984 unità
Nominale (STC) 53.29 MWc
Moduli 2928 Stringhe x 28 In serie
In cond. di funz. (50°C)
Pmpp 48.95 MWc
U mpp 949 V
I mpp 51572 A

Potenza PV totale

Nominale (STC) 53290 kWp
Totale 81984 moduli
Superficie modulo 254671 m²

Inverter

Costruttore Huawei Technologies
Modello SUN2000-330KTL-H1-Preliminary V0.2
(definizione customizzata dei parametri)

Potenza nom. unit. 300 kWac
Numero di inverter 154 unità
Potenza totale 46200 kWac
Voltaggio di funzionamento 500-1500 V
Potenza max. (=>30°C) 330 kWac
Rapporto Pnom (DC:AC) 1.15
Power sharing within this inverter

Potenza totale inverter

Potenza totale 46200 kWac
Potenza max. 50820 kWac
Numero di inverter 154 unità
Rapporto Pnom 1.15

Perdite campo

Perdite per sporco campo

Fraz. perdite 3.0 %

Fatt. di perdita termica

Temperatura modulo secondo irraggiamento
Uc (cost) 20.0 W/m²K
Uv (vento) 0.0 W/m²K/m/s

Perdite DC nel cablaggio

Res. globale campo 0.30 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Perdita di qualità moduli

Fraz. perdite -0.4 %

Perdite per mismatch del modulo

Fraz. perdite 2.0 % a MPP

Perdita disadattamento Stringhe

Fraz. perdite 0.1 %



Perdite campo

Fattore di perdita IAM

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

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

Perdite cablaggio AC

Linea uscita inv. sino al trasformatore MT

Tensione inverter 800 Vac tri
Fraz. perdite 0.83 % a STC

Inverter: SUN2000-330KTL-H1-Preliminary V0.2

Sezione cavi (154 Inv.) Rame 154 x 3 x 120 mm²
Lunghezza media dei cavi 100 m

Linea MV fino alla iniezione

Voltaggio MV 30 kV
Conduttori Rame 3 x 1000 mm²
Lunghezza 100 m
Fraz. perdite 0.01 % a STC

Perdite AC nei trasformatori

Trafo MV

Media tensione 30 kV

Transformer parameters

Potenza nominale a STC 52.43 MVA
Iron Loss (Connessione 24/24) 46.20 kVA
Iron loss fraction 0.09 % a STC
Perdita nel rame 594.93 kVA
Copper loss fraction 1.13 % a STC
Resistenza equivalente induttori 3 x 0.14 mΩ



Parametri per ombre vicine

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

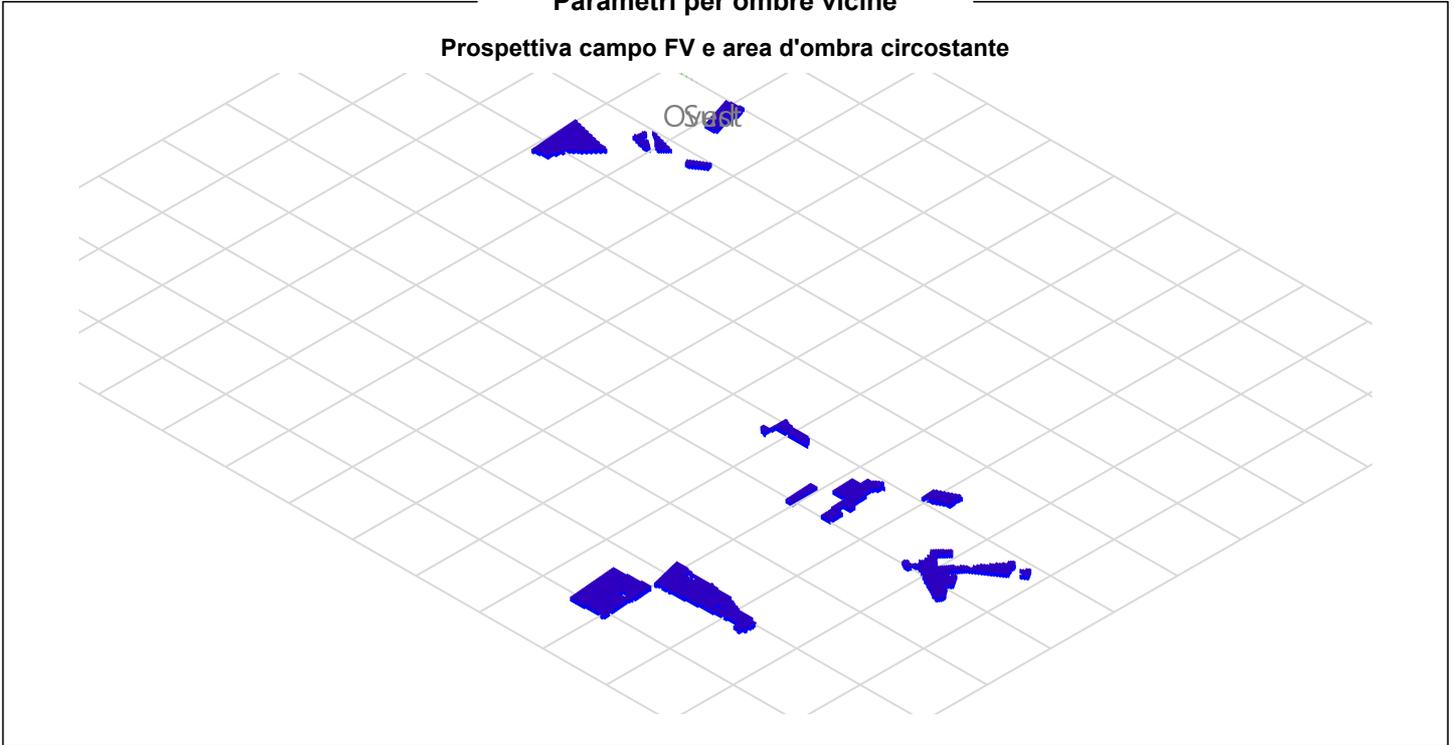
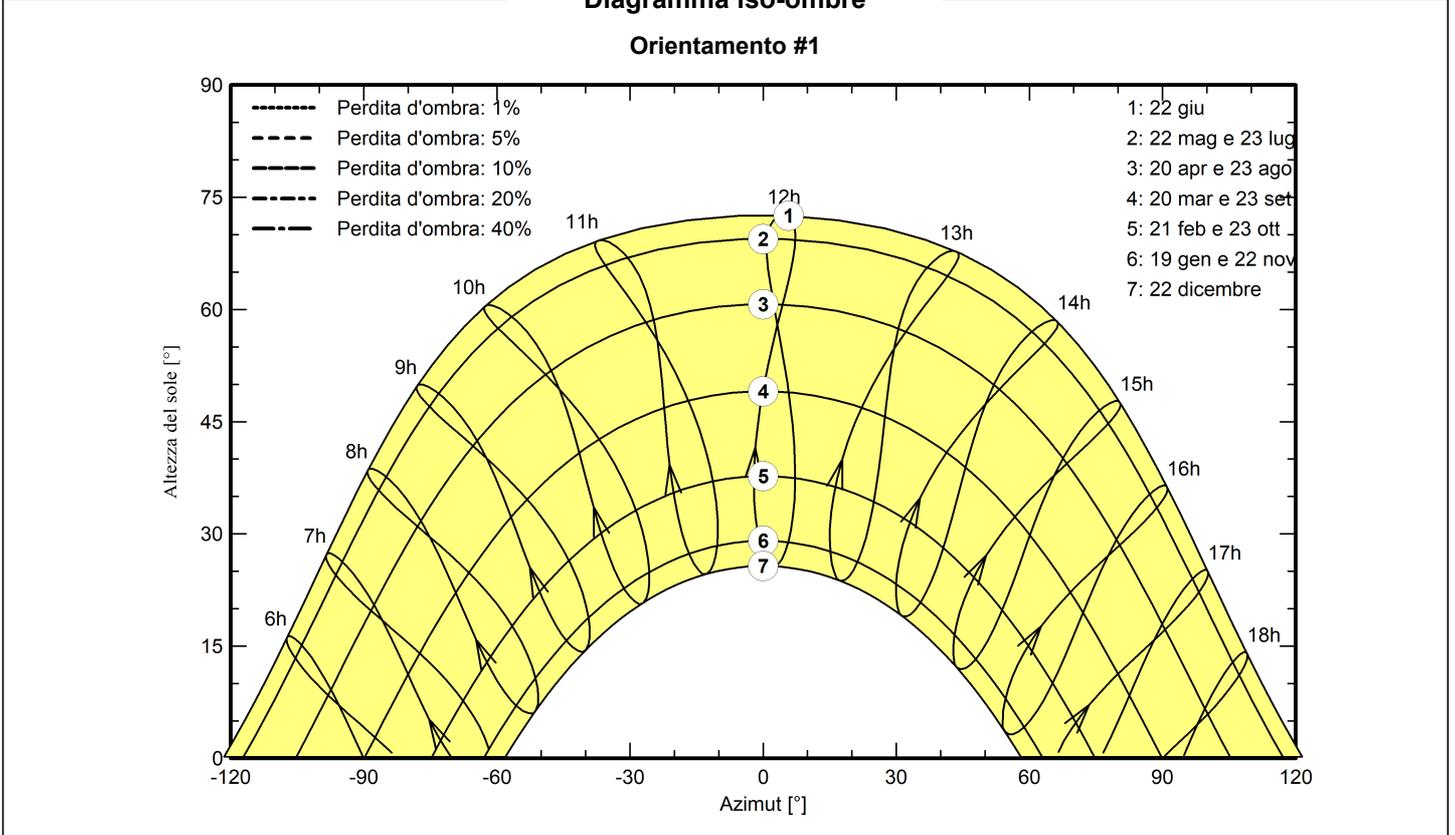


Diagramma iso-ombre

Orientamento #1





Progetto: Acquaviva delle Fonti

Variante: Nuova variante di simulazione - 53,29 MQW

PVsyst V7.3.2
VC2, Simulato su
24/03/23 10:01
con v7.3.2

Montana S.p.a. (Italy)

Risultati principali

Produzione sistema

Energia prodotta 93094.39 MWh/anno

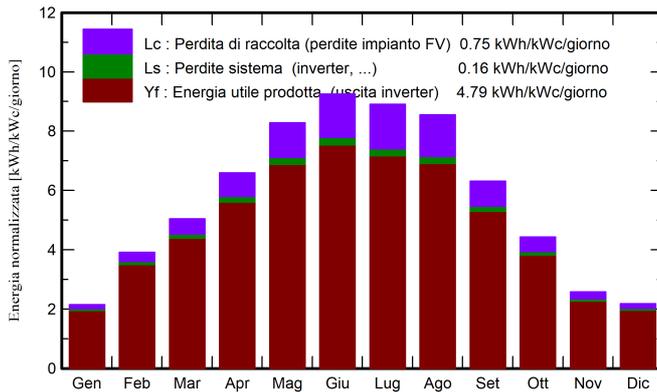
Prod. Specif.

1747 kWh/kWc/anno

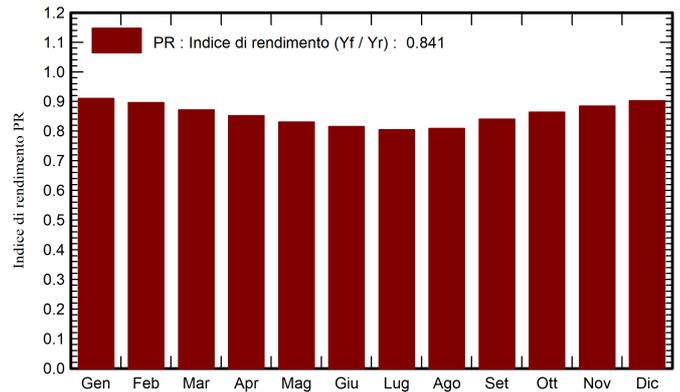
Indice di rendimento PR

84.09 %

Produzione normalizzata (per kWp installato)



Indice di rendimento PR



Bilanci e risultati principali

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	ratio
Gennaio	54.6	28.26	5.22	66.6	63.3	3337	3231	0.910
Febbraio	85.4	34.17	6.81	109.6	104.7	5392	5231	0.896
Marzo	123.8	49.47	10.20	156.3	149.4	7499	7264	0.872
Aprile	159.5	64.73	12.04	197.7	189.1	9280	8981	0.852
Maggio	204.2	72.45	17.03	256.9	246.3	11762	11377	0.831
Giugno	220.5	68.80	21.56	277.7	266.5	12467	12058	0.815
Luglio	218.7	67.33	24.48	276.2	265.2	12244	11845	0.805
Agosto	205.8	61.97	24.77	265.1	254.4	11809	11428	0.809
Settembre	148.3	53.75	19.05	189.4	181.3	8752	8476	0.840
Ottobre	108.2	43.75	16.06	137.2	131.2	6516	6317	0.864
Novembre	62.4	30.55	12.71	77.2	73.5	3754	3636	0.884
Dicembre	53.0	25.60	8.51	67.5	64.2	3356	3250	0.903
Anno	1644.4	600.83	14.92	2077.4	1989.1	96167	93094	0.841

Legenda

GlobHor Irraggiamento orizzontale globale

DiffHor Irraggiamento diffuso orizz.

T_Amb Temperatura ambiente

GlobInc Globale incidente piano coll.

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

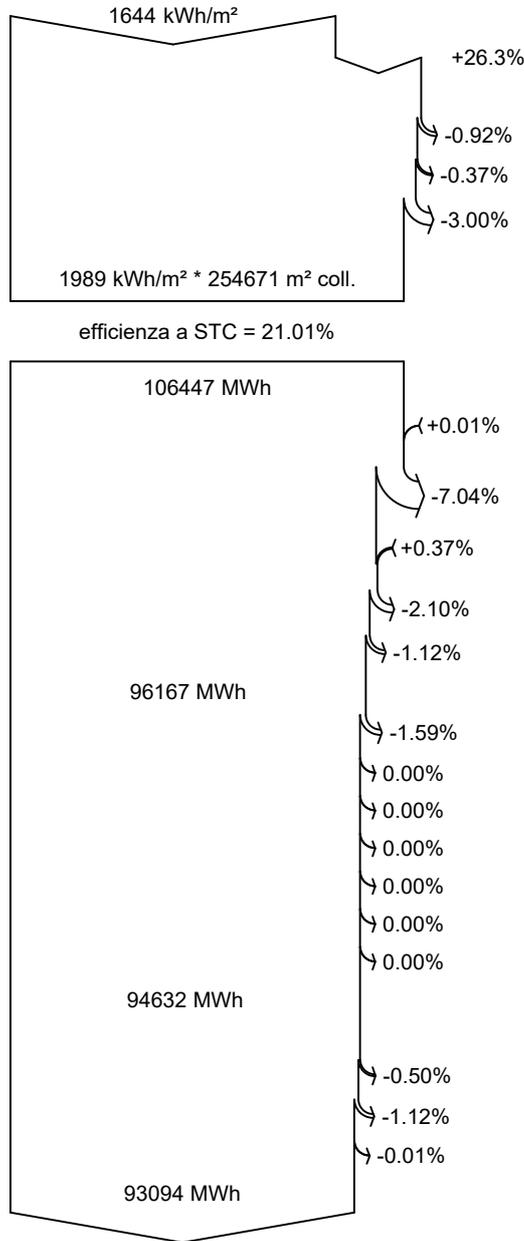
EArray Energia effettiva in uscita campo

E_Grid Energia immessa in rete

PR Indice di rendimento



Diagramma perdite



Irraggiamento orizzontale globale

Globale incidente piano coll.

- Ombre vicine: perdita di irraggiamento
- Fattore IAM su globale
- Perdite per sporco campo

Irraggiamento effettivo su collettori

- Conversione FV

Energia nominale campo (effic. a STC)

- Perdita FV causa livello d'irraggiamento

- Perdita FV causa temperatura

- Perdita per qualità modulo

- Perdita disadattamento moduli e stringhe

- Perdite ohmiche di cablaggio

Energia apparente impianto a MPPT

- Perdita inverter in funzione (efficienza)
- Perdita inverter per superamento Pmax
- Perdita inverte a causa massima corrente in ingresso
- Perdita inverter per superamento Vmax
- Perdita inverter per non raggiungimento Pmin
- Perdita inverter per non raggiungimento Vmin
- Consumi notturni

Energia in uscita inverter

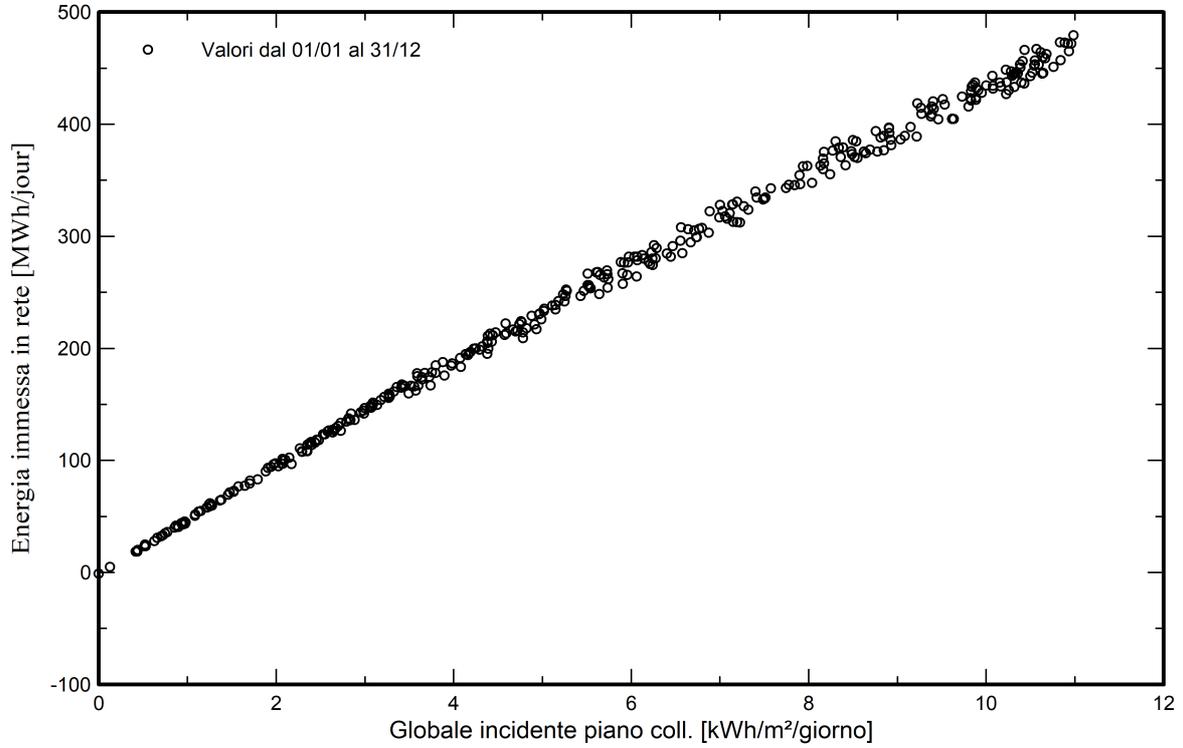
- Perdite ohmiche AC
- Perdita del trasfo Medio Voltaggio
- Perdita ohmmica sulla linea MV

Energia immessa in rete



Grafici predefiniti

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema

