

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "PV GROTTAGLIE"
CON POTENZA NOMINALE DI 35,3276 MVA
E POTENZA INSTALLATA DI 39.807,6 MWp**

REGIONE PUGLIA

PROVINCIA di TARANTO
COMUNE di GROTTAGLIE

OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN NEI COMUNI DI GROTTAGLIE E TARANTO

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:	Titolo:
R01a	Relazione di verifica requisiti agrivoltaico ai sensi delle Linee Guida Nazionali

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
n.a.	A4	R01a_RelazioneRequisitiAgronomici_01a

Progettazione:	Committente:
 Dott. Ing. Fabio CALCARELLA Studio Tecnico Calcarella Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce Mob. +39 340 9243575 fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu	PV - INVEST ITALIA S.R.L. Indirizzo: Via Sant'Osvaldo, 67 - 39100 Bolzano (BZ) P.IVA: 03047190214 - REA: BZ - 227293 PEC: pvinvestitaliasrl@legalmail.it
 	

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Settembre 2024	Prima emissione	STC	FC	PV - INVEST ITALIA s.r.l.

Sommario

1. LINEE GUIDA IN MATERIA DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI.....	2
1.1. Premessa.....	2
2. REQUISITO A – L’impianto rientra nella definizione di agrivoltaico	5
3. REQUISITO B – L’impianto garantisce adeguati valori di produzione energetica ed agricola	
11	
3.1. Requisito B.1 esistenza e resa della coltivazione.....	11
3.2. Requisito B.2 producibilità elettrica minima	13
4. REQUISITO C – Impianto fotovoltaico con moduli elevati da terra	18
5. REQUISITI D e E – Monitoraggio	19
5.1. Requisito D.1 – Sistema di monitoraggio risparmio idrico	19
5.2. Requisito D.2 – Sistema della continuità dell’attività agricola.....	20
2.1. Requisito E.1 – Monitoraggio e recupero della fertilità del suolo	20
2.2. Requisito E.2 – Monitoraggio del Microclima	20
2.3. Requisito E.3 – Monitoraggio della Resilienza ai cambiamenti climatici	21
3. CONCLUSIONI.....	23

1. LINEE GUIDA IN MATERIA DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI

1.1. Premessa

Il Ministero della Transizione Ecologica – Dipartimento per l'Energia ha definito nel giugno 2022 di concerto con

- CREA – Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria
- GSE – Gestore Servizi Elettrici S.p.a.
- ENEA – Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile
- RSE – Ricerca sul Sistema energetico S.p.a.

Le Linee Guida in materia di impianti Agrivoltaici ovvero *“impianti fotovoltaici che consentano di preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione, garantendo, al contempo, una buona produzione energetica da fonte rinnovabile”*.

In tale documento sono state dettagliatamente indicati i requisiti che questa tipologia di impianti devono avere e rispettare per rispondere alle finalità di impianti agrivoltaici.

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 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; Si noti che si riferisce, a mero titolo di esempio, di studi relativi a specifiche configurazioni spaziali, e alla latitudine del territorio tedesco.

REQUISITO D: Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta 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;

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.

Successivamente nel gennaio 2023 è stata pubblicata la Norma Italiana **CEI PAS 82-93 Impianti Agrivoltaici**, che chiarisce e puntualizza le metodologie di calcolo di alcuni parametri indicati nei Requisiti delle Linee Guida. La norma è stata poi aggiornata nel dicembre 2023.

Infine il 31 maggio 2024 è stato pubblicato da parte del MASE e del GSE le **Regole Operative al DM Agrivoltaico (Allegato 1 al Decreto di approvazione)**. Di cui riportiamo integralmente la Premessa.

Il documento disciplina le regole operative del Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica del 22 dicembre 2023, n. 436, nel seguito DM Agrivoltaico o Decreto, entrato in vigore in data 14 febbraio 2024, recante disposizioni per l'incentivazione della realizzazione di sistemi agrivoltaici di natura sperimentale in attuazione dell'articolo 14, comma 1, lettera c) del Decreto Legislativo n. 199 del 2021, in coerenza con le misure di sostegno agli investimenti previsti dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, nel seguito PNRR.

Le regole forniscono le informazioni necessarie per garantire il rispetto delle previsioni del DM Agrivoltaico ai fini del riconoscimento degli incentivi previsti, composti da:

- un contributo in conto capitale nella misura massima del 40% dei costi ammissibili a valere sulle risorse finanziarie pari a 1.098.992.050,96 € attribuite all'investimento *1.1 Sviluppo agro-voltaico* della Missione 2, Componente 2 del PNRR;
- una tariffa incentivante applicata alla produzione di energia elettrica netta immessa in rete.

Il GSE si riserva di aggiornare le presenti regole operative nel caso di mutamento del quadro normativo di riferimento, sulla base dell'esperienza acquisita nella gestione del meccanismo e in caso di esigenze di maggiore supporto rappresentate dagli stakeholder, nell'ambito del percorso di confronto avviato. Gli eventuali aggiornamenti saranno sottoposti per l'approvazione al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. Per approfondimenti su temi specifici, si rimanda alla pubblicazione di idonea documentazione sul sito del GSE, nell'area riservata alla misura

Di seguito sono verificati puntualmente i Requisiti, sopra specificati, soddisfatti dall'impianto in progetto con riferimento ai due documenti menzionati (Linee Guida Agrivoltaici e CEI PAS 82-93).

Si premette che le definizioni relative al sistema agrivoltaico si intendono riferite alle singole "tessere", che lo compongono. Per il progetto in esame, nel prosieguo, si farà riferimento alle "tessere" così denominate, e chiaramente indicate nella figura sotto.

1. Sotto Campo A1.1
2. Sotto Campo A1.2
3. Campo A2
4. Sotto Campo B3.1
5. Sotto Campo B3.2
6. Campo B4
7. Campo C5
8. Campo C6

L'impianto in progetto è suddiviso in 8 "tessere". Di seguito l'inquadramento di suddette "tessere":



Campi o "tessere" che compongono l'impianto agrivoltaico

2. REQUISITO A – L'impianto rientra nella definizione di agrivoltaico

L'impianto rientra nella definizione di agrivoltaico quando sono soddisfatti i seguenti parametri:

1. A.1. In tutti gli appezzamenti di progetto ("tessere") almeno il 70% è destinato all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole.
2. A.2 La percentuale della Superficie ricoperta dai moduli (LAOR – Land Area Occupation Ratio) è inferiore al 40% della Superficie Totale a disposizione.

Calcolo della Superficie Agricola a disposizione – REQUISITO A.1

La CEI-PAS 82-93 chiarisce che la Superficie Totale comprende la superficie utilizzata per coltura e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico. Essa è quindi rappresentata dalla porzione di superficie destinata alla produzione agricola nella disponibilità del soggetto richiedente (S_{agr}), prescelta per la realizzazione del sistema agrivoltaico.

$$S_{tot} = S_{agr} + S_N$$

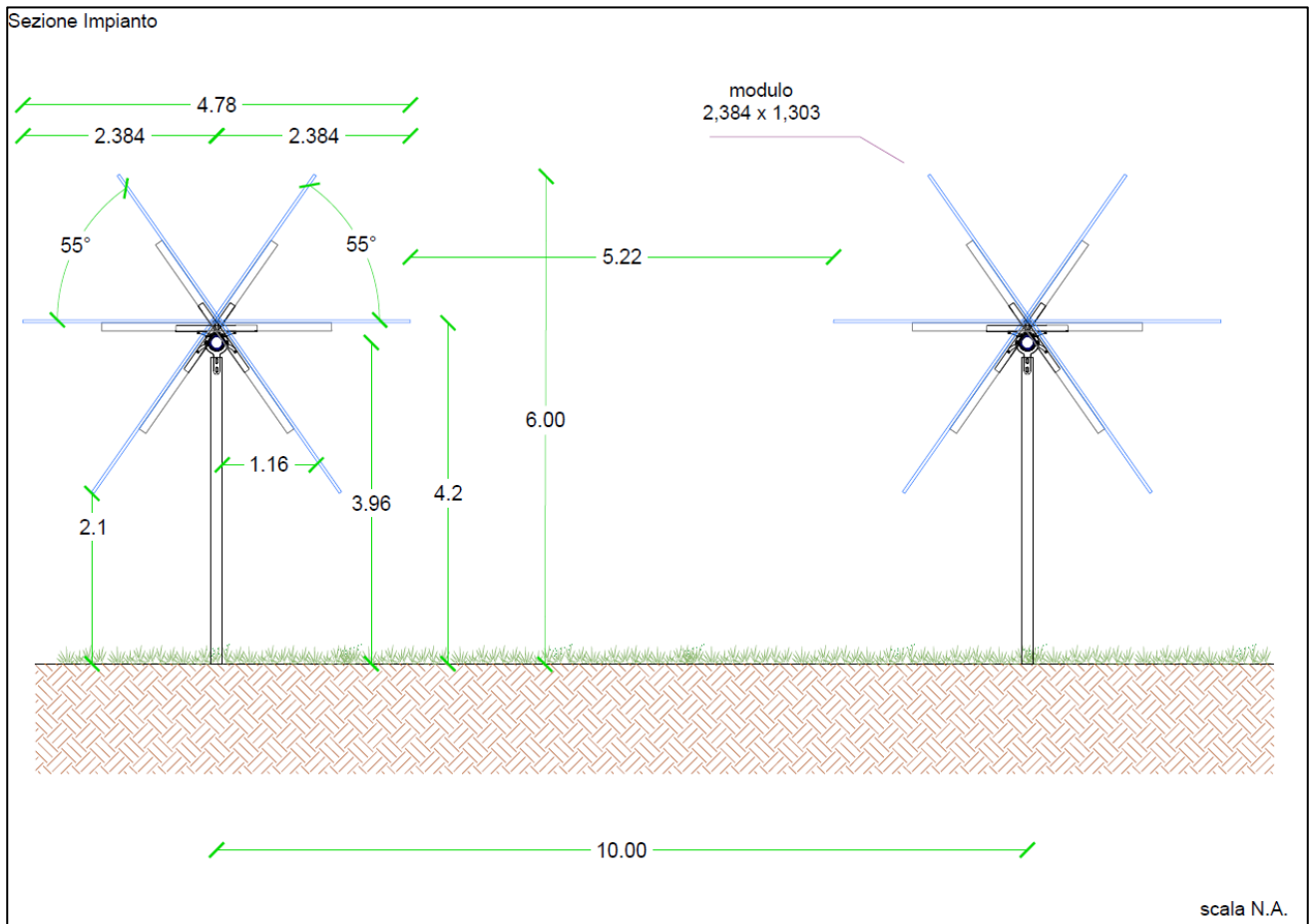
La stessa CEI PAS 82-93 chiarisce che:

- La S_{tot} può essere costituita da porzioni di superfici poste oltre la recinzione dell'impianto agrivoltaico: le fasce di mitigazione perimetrale se rientranti nel piano agronomico di progetto fanno parte della S_{agr} .
- La S_N è la superficie NON utilizzata per attività agricola, concorrono al calcolo della S_N :
 - o La superficie che non è utilizzabile a fini agrari a causa dell'installazione dei moduli fotovoltaici e delle relative strutture di sostegno
 - o La superficie occupata da altri componenti dell'impianto agrivoltaico (S_c) quali: cabine elettriche, quadri elettrici, inverter, strade
 - o Le superfici non utilizzabili per attività agricola per ragioni tecniche ed agronomiche o di sicurezza

Ai fini del calcolo della S_{tot} e della S_N per l'impianto in progetto vale quanto di seguito riportato.

Superficie totale S_{tot}

Dal momento che le opere di mitigazione perimetrali esterne alla recinzione di impianto fanno parte del Piano Agronomico, queste saranno incluse nel calcolo della superficie totale.



**Sezione con indicazione delle altezze max e min dei moduli.
L'IMPIANTO È UN AGRIVOLTAICO ELEVATO**

Superficie NON agricola S_N

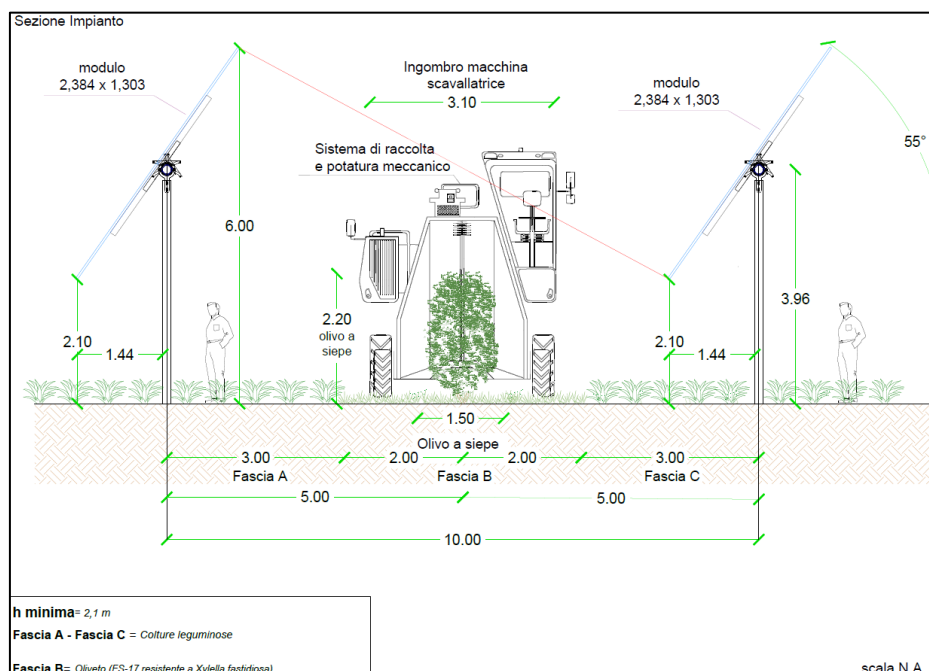
L'impianto è costituito da strutture con rotazione (inseguitori mono assiali) con **moduli elevati da terra** ovvero che hanno un'altezza minima (ruotati a 55°) di **2,1 m dal terreno**. Pertanto la superficie sotto i moduli e fra le file di moduli è coltivabile, fatta eccezione per i pali di sostegno della struttura. A tal proposito **in maniera del tutto conservativa** sarà esclusa dal computo della superficie coltivabile una **fascia di ampiezza pari a 30 cm**, considerata in corrispondenza dell'asse degli inseguitori (dove sono posti i pali di sostegno) per tutta la lunghezza degli inseguitori monoassiali. In termini pratici per ogni "tessera" il calcolo sarà così effettuato:

$$\text{numero di inseguitori} \times \text{lunghezza unitaria dell'inseguitore} \times 0,3 \text{ m}$$

Pertanto ai fini del calcolo della S_N NON saranno prese in considerazione:

- Le superfici occupate dai pali della struttura o meglio una fascia di 30 cm in corrispondenza dei pali di sostegno degli inseguitori
- Le superfici occupate da Cabine e Shelter
- Le superfici occupate dalle strade interne

Nel progetto in esame **Cabine e Shelter sono posizionati in corrispondenza delle strade interne** e pertanto nel calcolo sarà sottratta soltanto la superficie delle strade, CHE Già COMPRENDE Cabine e Shelter.



Sezione del layout agricolo

Il calcolo della superficie agricola a disposizione, per ciascuna “tessera” è effettuato utilizzando i valori riportati nella seguente tabella.

Lotto	Superficie totale (mq)	Superficie recintata (mq)	Superficie strade (mq)	Numero Inseguitori	Lunghezza inseguitori	Fascia non coltivabile in corrispondenza dei pali di fondazione	Sup. non coltivabile intorno ai pali di fondazione (mq)	Sn - Superficie totale NON coltivabile (mq)	Superficie agricola (mq)	Sagr/Stot
	a	b	c	d	e	f	g=d x e x f	h=g+c	i= a-h	l=i/a
Campo A1.1	18.338	6.789	2.400	18	18,762	0,300	101	2.501	15.837	86,36%
Campo A1.2	143.900	111.227	9.000	503	18,762	0,300	2.831	11.831	132.069	91,78%
Campo A2	155.640	128.918	8.940	592	18,762	0,300	3.332	12.272	143.368	92,12%
Macro Area A	317.878	246.934	20.340	1.113	18,762	0,300	6.265	26.605	291.273	91,63%
Campo B3.1	14.702	8.948	2.217	27	18,762	0,300	152	2.369	12.333	83,89%
Campo B3.2	33.487	10.754	3.210	27	18,762	0,300	152	3.362	30.125	89,96%
Campo B4	103.517	62.571	8.095	250	18,762	0,300	1.407	9.502	94.015	90,82%
Macro Area B	151.706	82.273	13.522	304	18,762	0,300	1.711	15.233	136.473	89,96%
Campo C5	129.283	80.480	7.465	358	18,762	0,300	2.015	9.480	119.803	92,67%
Campo C6	97.741	58.857	5.966	256	18,762	0,300	1.441	7.407	90.334	92,42%
Macro Area C	227.024	139.336	13.431	614	18,762	0,300	3.456	16.887	210.137	92,56%
TOTALE	696.608	468.543	47.293	2.031	-	-	11.432	58.725	637.883	91,57%

Dalla Tabella di calcolo sopra riportata si evince chiaramente che la relazione:

$$\text{Sagr} > 0,7 \text{ Stot}$$

è ampiamente verificata per ogni “tessera”, per ogni macroarea, e per l’impianto agrovoltatico considerato nella sua totalità, e quindi il REQUISITO A1 delle Linee Guida è soddisfatto.

Calcolo del LAOR – Requisito A.2

Per valutare la densità dell'applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione si considera il rapporto tra superficie occupata tra i moduli e superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico. Le linee Guida prevedono che tale valore debba essere maggiore del 40%:

$$\text{LAOR} = S_{\text{moduli}} / S_{\text{tot}} < 40\%$$

La superficie occupata dai moduli è così calcolata

$$\text{Numero inseguitori} \times \text{Lunghezza inseguitori} \times \text{Larghezza inseguitori}$$

In pratica i moduli sono considerati in posizione orizzontale di massima "copertura" del terreno. Di seguito si riporta la tabella di calcolo del LAOR, che viene effettuata per ciascuna tessera, per ciascuna macro area e per l'impianto agrivoltaico considerato complessivamente.

Lotto	Superficie totale (mq)	Superficie recintata (mq)	Numero Inseguitori	Lunghezza inseguitori	Larghezza inseguitori	Superficie Inseguitori	LAOR riferito alla superficie totale del sistema agrivoltaico	LAOR riferito alla superficie recintata
	a	b	c	d	e	f=c x d x e	g= f/a	h=g/b
Campo A1.1	18.338	6.789	18	18,762	4,788	1.617	8,82%	23,82%
Campo A1.2	143.900	111.227	503	18,762	4,788	45.186	31,40%	40,62%
Campo A2	155.640	128.918	592	18,762	4,788	53.181	34,17%	41,25%
Macro Area A	317.878	246.934	1.113	18,762	4,788	99.984	31,45%	40,49%
Campo B3.1	14.702	8.948	27	18,762	4,788	2.425	16,50%	27,11%
Campo B3.2	33.487	10.754	27	18,762	4,788	2.425	7,24%	22,55%
Campo B4	103.517	62.571	250	18,762	4,788	22.458	21,70%	35,89%
Macro Area B	151.706	82.273	304	18,762	4,788	27.309	18,00%	33,19%
Campo C5	129.283	80.480	358	18,762	4,788	32.160	24,88%	39,96%
Campo C6	97.741	58.857	256	18,762	4,788	22.997	23,53%	39,07%
Macro Area C	227.024	139.336	614	18,762	4,788	55.157	24,30%	39,59%
TOTALE	696.608	468.543	2.031	-	-	182.450	26,19%	38,94%

Con riferimento alla superficie totale effettivamente occupata dall'impianto agrivoltaico che comprende anche le superfici esterne alla recinzione è evidente che il LAOR è sempre ampiamente inferiore al 40%, sia per le singole tessere sia per il sistema agrivoltaico nella totalità, pertanto il **REQUISITO A2 delle Linee Guida è soddisfatto.**



Per puro esercizio e per dare una ulteriore indicazione dell'idoneità dell'impianto agrivoltaico il LAOR è stato calcolato anche con riferimento alle superfici recintate di ogni tessera. In tal caso per il Campo A1.2 e il Campo A2 il LAOR risulta di poco superiore al 40%, mentre considerando l'impianto nella totalità il LAOR risulta sempre inferiore al 40%.

3. REQUISITO B – L'impianto garantisce adeguati valori di produzione energetica ed agricola

Nel corso della vita tecnica dell'impianto devono essere rispettate le condizioni di reale integrazione tra attività agricola e produzione elettrica valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.

In particolare devono essere verificate le seguenti condizioni:

1. B.1) la continuità dell'attività agricola sul terreno oggetto dell'intervento
2. B.2) la producibilità elettrica dell'impianto agrovoltaiico rispetto ad un impianto standard e il mantenimento dell'efficienza

3.1. Requisito B.1 esistenza e resa della coltivazione

La valutazione economica della produzione agricola per il caso in progetto è stata determinata considerando la variazione di utilizzo del suolo tra la situazione *ante operam* e quella prevista *post operam*.

Ante operam tutto il terreno a disposizione è utilizzato per colture erbacee cerealicole e leguminose a rotazione.

Post operam una parte della superficie a disposizione è utilizzata per olivicoltura intensiva, una parte per colture leguminose. Una parte è utilizzata per la realizzazione di zone rifugio e aree di mitigazione che ovviamente non producono valore agricolo.

Per la valutazione economica si è fatto riferimento al database RICA (<http://arearica.crea.gov.it>) che indica su scala regionale con riferimento all'anno 2021 (ultimi annualità disponibile) valori di mercato di vari prodotti.

In particolare per i seminativi si è fatto riferimento alla coltura a più alto valore aggiunto tra quelle coltivabili (frumento duro) e pertanto si è considerata un valore di 1.396 €/ha.

I valori economici sono stati rivalutati a giugno 2024 calcolato facendo riferimento al coefficiente di rivalutazione ISTAT (da sito rivaluta.istat.it) pari a 1,125.

REPORT - ANALISI SETTORIALE COLTURE

ANNO: 2021 - TERRITORIO: Puglia

COLTURA: Cereali e leguminose da granella [In pieno campo] - CERTIFICAZIONE BIOLOGICA: NO

Coltura Mostra le 20 colonne vuote	UM	Cereali e leguminose da granella [In pieno campo]							
		Avena	Cece	Fava, favino e favetta	Frumento duro	Frumento tenero	Lupino	Orzo	Pisello secco
DIMENSIONI DEL PROCESSO									
Osservazioni	nr	45	11	37	184	16	7	63	7
Superficie coltura	ha	326,63	28,78	236,22	2.687,88	60,18	36,44	356,09	77,44
Incidenza Superficie irrigata	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
INDICI									
Resa prodotto principale	q.li/ha	28	12	21	34	39	15	42	23
Prezzo prodotto principale	€/q.le	22	97	31	41	28	105	23	30
PLT - Produzione Lorda Totale	€/ha	728	1.253	651	1.396	1.118	1.551	987	716
PLV - Produzione Lorda Vendibile	€/ha	520	1.253	613	1.378	669	1.535	904	716
PRT - Produzione Reimpiegata/Trasformata	€/ha	208	0	38	18	449	16	83	0
CS - Costi Specifici	€/ha	314	382	218	436	365	227	366	359
ML - Margine Lordo	€/ha	414	871	433	960	753	1.325	621	357
MO - Margine Operativo	€/ha	-258	-183	-206	276	-24	166	-184	-299

*Valore della produzione per ettaro dei terreni agricoli per cereali e leguminose da granella in pieno campo
(Fonte <http://arearica.crea.gov.it>)*

Per quanto attiene l'attività di olivicoltura intensiva non ci sono dati statistici sul sito istituzionale di CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria).

Elaborando i dati della Relazione del Progetto Agricolo abbiamo nel periodo di 20 anni un utile netto medio di **772.541 €/ha per anno**.

Sulla base di queste considerazioni qualitative sono stati valutati i valori economici riportati in tabella.

SERVIZIO ECOSISTEMICO PRODUZIONE AGRICOLA (Ante Operam)				
	Superficie	Valore economico del SES 2021	Valore economico del SES attualizzato giugno 2024 (per ha)	Valore economico TOTALE del SES attualizzato 2024
Superficie agricola ad uso estensivo	69,66	1.396,00	1.570,50	109.401,03
SERVIZIO ECOSISTEMICO PRODUZIONE AGRICOLA (Post Operam)				
	Superficie	Valore economico del SES 2021	Valore economico del SES attualizzato giugno 2024 (per ha)	Valore economico TOTALE del SES attualizzato 2024
Superficie agricola ad uso estensivo (Colture leguminose)	25,33	1.396,00	1.570,50	39.780,77
Superficie agricola ad uso intensivo (Oliveto)	35,77	-	772.541,00	27.633.791,57
Cespuglieti (Mitigaz. - Compensaz.)	3,36	-	-	-
TOTALE				27.673.572,34

È evidente che l'olivicoltura intensiva determina un cambio di redditività importante, pari a circa **27,7 milioni di euro per anno**, quindi **la realizzazione del progetto genera un netto miglioramento della redditività agricola dei terreni interessati dall'intervento agrivoltaico**.

Requisito B.1b mantenimento dell'indirizzo produttivo

La conduzione agricola attuale (*ante operam*) delle aree di progetto prevede la coltivazione mista di foraggio e orticole.

La conduzione agricola di progetto (*post operam*) prevede:

- Oliveto intensivo (35,77 ha)
- Coltivazioni erbacee: colture leguminose (25,33 ha)
- Mitigazione e compensazione: costituita da essenze autoctone (3,36 ha)

L'intera superficie sarà condotta secondo i dettami dell'agricoltura biologica.

Possiamo in definitiva affermare che il nuovo indirizzo produttivo determina un valore economico più elevato e in generale migliora la produzione agricola, che sarà al 100% biologica.

In definitiva il Requisito B.1 delle Linee Guida risulta essere soddisfatto.

3.2. Requisito B.2 producibilità elettrica minima

Il Requisito B.2 prevede che la produzione di energia dell'impianti agrivoltaici sia superiore al 60% della produzione di un impianto fotovoltaico standard.

Un **impianto fotovoltaico standard** è costituito da moduli su strutture fisse. Tipicamente questo tipo di impianto ha una densità di potenza di 0,9 ha/MWp, con utilizzo di moduli fotovoltaici di ultima generazione con potenza nominale unitaria elevata (700 Wp quali quelli che andremo a prendere come riferimento).

Pertanto andando a considerare una superficie recintata di progetto pari a 46,85 ha, potremmo installare un **impianto standard** realizzato con moduli fotovoltaici su strutture fisse inclinati di 35°, con efficienza del 14% per una potenza complessiva di circa 52 MWp, allo scopo di quantificare la producibilità elettrica di riferimento.

Le Regole Operative del DM Agrivoltaico, prevedono che il confronto tra la produzione dell'impianto agrivoltaico e la produzione dell'impianto fotovoltaico standard sia fatta utilizzando lo strumento di

calcolo PVGIS del Joint Research Centre – JRC della Commissione europea, disponibile gratuitamente su Internet.

I dati che sono stati inseriti nella procedura di calcolo della producibilità attesa sia per l'impianto agrivoltaico sia per l'impianto fotovoltaico standard di riferimento sono di seguito riportati.

Impianto agrivoltaico

Posizione: coordinate geografiche del sito di installazione dell'impianto agrivoltaico

Database di radiazione solare: SARAH 2

Tecnologia FV: tecnologia adottata per l'impianto agrivoltaico, ovvero per il caso in progetto moduli fotovoltaici monocristallini potenza unitaria 700 W

Potenza di picco (kW): somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici dell'impianto agrivoltaico, calcolate alle Standard Test Conditions, pari a 39.807 kWp

Perdite di sistema: 14%

Posizione di montaggio: a terra

Opzioni di montaggio: struttura mobile come prescelta per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico

Orientamento: orientamento asse inseguitore N-S con moduli che ruotano giornalmente da est a ovest

Impianto fotovoltaico standard di riferimento

Posizione: coordinate geografiche del sito di installazione dell'impianto agrivoltaico

Database di radiazione solare: SARAH 2

Tecnologia FV: tecnologia adottata per l'impianto agrivoltaico, ovvero per il caso in progetto moduli fotovoltaici monocristallini potenza unitaria 700 W

Potenza di picco (kW): somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici dell'impianto fotovoltaico di riferimento, calcolate alle Standard Test Conditions, pari a 52.000 kWp definita sulla base della superficie recintata disponibile (0,9 ha/MWp)

Perdite di sistema: 14%.

Posizione di montaggio: a terra

Opzioni di montaggio: struttura fissa

Orientamento: sud

Inclinazione: angolo pari alla latitudine meno dieci gradi, ovvero per il caso in esame inclinazione di 35°



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

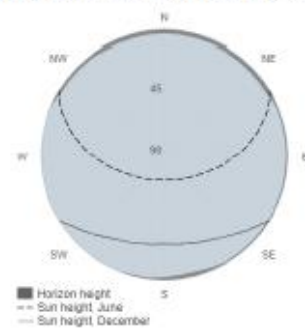
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 40.493,17.438
Horizon: Calculated
Database used: PVGIS-SARAH2
PV technology: Crystalline silicon
PV installed: 52000 kWp
System loss: 14 %

Simulation outputs

Slope angle: 35 (opt) °
Azimuth angle: 0 °
Yearly PV energy production: 78651127.14 kWh
Yearly in-plane irradiation: 1940.61 kWh/m²
Year-to-year variability: 2846495.82 kWh
Changes in output due to:
Angle of incidence: -2.7 %
Spectral effects: 0.71 %
Temperature and low irradiance: -7.52 %
Total loss: -22.06 %

Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	4813859.10.4	797970.2	
February	4998209.16.1	739386.1	
March	6629701.57.9	784521.7	
April	7218021.76.9	632965.5	
May	7858137.86.8	478061.5	
June	7956142.04.3	338558.6	
July	8583440.24.1	231835.0	
August	8333928.66.8	497187.5	
September	6946404.74.9	430335.8	
October	6130924.46.8	642629.6	
November	4704643.00.9	565926.0	
December	4477713.02.8	600750.7	

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].
H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].
SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

Risultati del PVGIS per l'impianto FOTOVOLTAICO STANDARD DI RIFERIMENTO



Performance of tracking PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation

Provided inputs:

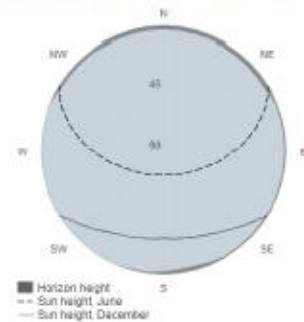
Latitude/Longitude: 40.493,17.438
Horizon: Calculated
Database used: PVGIS-SARAH2
PV technology: Crystalline silicon
PV installed: 39907 kWp
System loss: 14 %

Simulation outputs

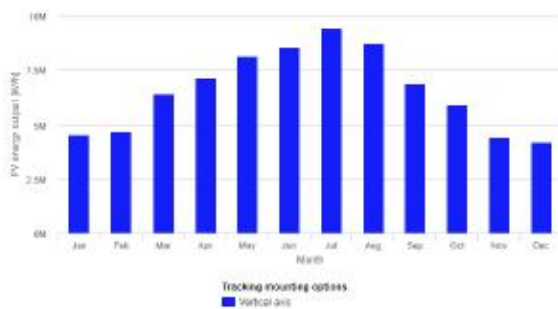
Slope angle [°]: 54 (opt)
Yearly PV energy production [kWh]: 79192393.76
Yearly in-plane irradiation [kWh/m²]: 2529.96
Year-to-year variability [kWh]: 3144081.6
Changes in output due to:
Angle of incidence [%]: -1.46
Spectral effects [%]: 0.67
Temp. and low irradiance [%]: -7.83
Total loss [%]: -21.37

* VA: Vertical axis

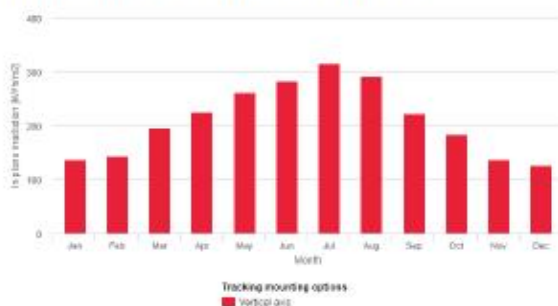
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from tracking PV system:



Monthly in-plane irradiation for tracking PV system:



Month	E_m	H(m)	SD_m
January	459565237.4	825938.6	
February	475045543.5	757284.4	
March	638781557.2	846819.9	
April	711934826.3	744824.2	
May	814129852.3	536504.4	
June	857840882.7	482188.6	
July	946079315.8	329566.0	
August	874604896.0	603431.6	
September	685316823.0	495165.0	
October	585247750.8	665119.7	
November	447473337.3	584789.7	
December	423200825.7	616017.6	

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh]

H_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²]

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh]

Risultati del PVGIS per l'impianto AGRIVOLTAICO IN PROGETTO

Il programma PVGIS indica per l'impianto standard di tipologia sopra indicata, nella posizione geografica di progetto nelle condizioni sopra definite una produzione media annua di circa **1.512 MWh/MWp** per anno.

Lo stesso programma PVGIS indica per l'impianto agrivoltaico in progetto (inseguitori monoassiali con asse N-S) una produzione media annua di circa **1.989 MWh/MWp** per anno.

In Tabella è riportato il confronto tra la produzione media annua dell'impianto di riferimento standard e l'impianto in progetto.

Tipologia impianto FV	Caratteristiche	Moduli FV	Potenza installata (MWp)	Produzione media annua (MWh/MWp)	Produzione Totale annua (MWh/anno)
Impianto FV Standard	Strutture fisse orientamento Sud inclinazione 35°	Moduli 700 W monocristallini	52	1.512	78.651.127
Impianto FV di Progetto	Inseguitori monoassiali orientamento N-S rotazione +/- 55°	Moduli 700 W monocristallini	39,81	1.988	79.192.394

La produzione dell'impianto fotovoltaico standard è pertanto pari a **78.651,13 MWh/anno**, mentre la produzione dell'impianto agrivoltaico in progetto è pari a **79.192,39 MWh/anno**.

Dal momento che

$$79.192,39 \text{ MWh/anno} > 78.651,13 \text{ MWh/anno}$$

Anche il Requisito B2 relativo alla producibilità elettrica minima è verificato. Tale Requisito prevede che la produzione di energia dell'impianti agrivoltaici sia superiore al 60% della produzione di un impianto fotovoltaico standard.

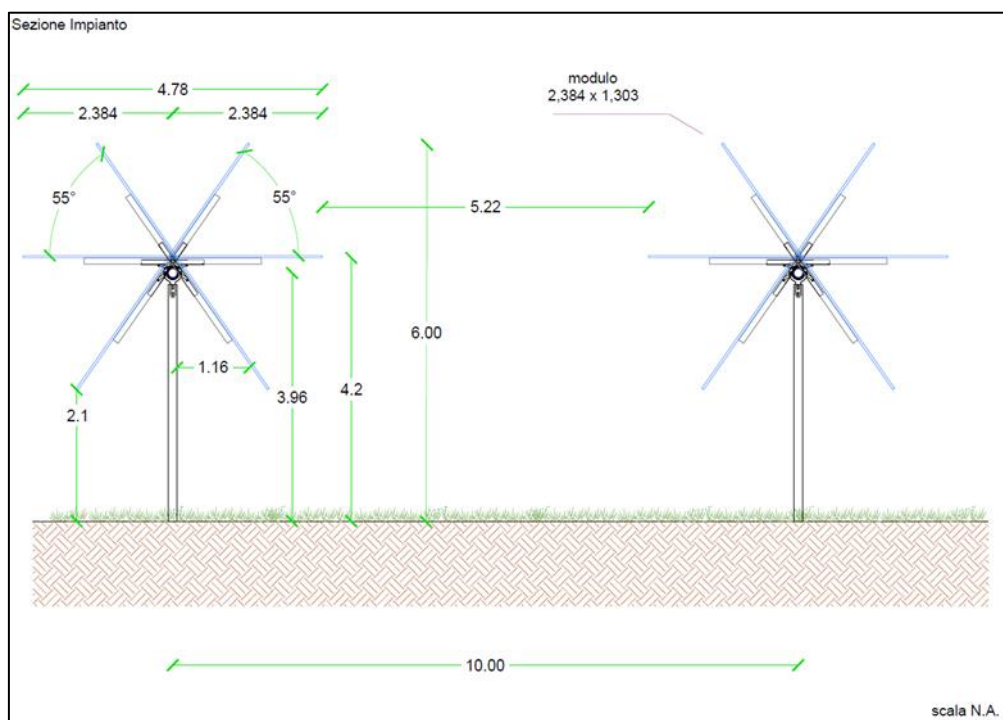
Per il caso in progetto l'utilizzo della tecnologia con inseguitori monoassiali permette di avere una produzione maggiore rispetto alla tecnologia standard con una potenza installata minore e quindi con un numero minore di moduli installati.

4. REQUISITO C – Impianto fotovoltaico con moduli elevati da terra

Il **Requisito C** è riferito all'ottimizzazione delle prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici sia in termini agricoli consentendo il passaggio di mezzi meccanici necessari alla lavorazione agricola e minimizzando le interferenze fra l'operatività tecnica e quella agricola.

A tal proposito le Linee Guida e la CEI PAS definiscono l'altezza minima dei moduli rispetto al piano di campagna **pari a 2,1 m nel caso di attività colturale**.

Come si evince dalla sezione di progetto (di seguito riportata per facilità di lettura), anche quando i moduli sono ruotati di $\pm 55^\circ$ rispetto al piano orizzontale l'altezza minima dal piano campagna è di 2,1 m, pertanto **l'impianto rispetta il Requisito C delle Linee Guida del MiTE** e può essere definito **"impianto agrivoltaico in elevato"**



Sezione con indicazione delle altezze max e min dei moduli

5. REQUISITI D e E – Monitoraggio

Il **Requisito D** delle Linee Guida del MiTE prevede che l'impianto agrivoltaico sia dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle aziende agricole interessate

5.1. Requisito D.1 – Sistema di monitoraggio risparmio idrico

Allo scopo di garantire che i parametri tipici dell'impianto agrivoltaico siano garantiti per tutta la vita tecnica dell'impianto sarà implementato un sistema di monitoraggio.

Il progetto prevede l'installazione di una centralina di gestione automatizzata dell'irrigazione completa di sensoristica distribuita omogeneamente nell'oliveto per valutare l'evapotraspirazione collegato ad un sistema agrometeorologico per valutare l'effetto di ombreggiamento dei tracker rispetto alla coltura più lontana da questi. I parametri che verranno misurati tramite sensoristica e immagazzinati in un cloud apposito saranno:

- l'umidità nel suolo a differenti profondità;
- la temperatura della pianta;
- la temperatura ambiente;
- il punto di rugiada;
- il punto di pioggia;
- la pressione barometrica;
- la velocità del vento;
- la temperatura del suolo a differenti profondità;
- la conducibilità elettrica nel suolo a differenti profondità;
- il pH del suolo a differenti profondità;
- il livello di CO₂;

Tali parametri saranno misurati anche nella componente agricola al di sotto dei tracker, sebbene la **coltivazione erbacea prevista sia in asciutto**: questi parametri saranno utilizzati esclusivamente ai fini del monitoraggio dell'agrivoltaico avanzato.

Il Requisito D1 prevede un monitoraggio del risparmio idrico rispetto alla situazione ex ante non applicabile a colture in asciutta quale quelle attualmente presenti e previste a progetto.

Pertanto **il Requisito D.1 non è applicabile all'impianto agrivoltaico in progetto.**

5.2. Requisito D.2 – Sistema della continuità dell'attività agricola

Tale monitoraggio è assicurato da una relazione tecnica asseverata redatta da agronomo terzo con cadenza stabilita (biennale) che certificherà:

1. L'esistenza e la resa della coltivazione
2. Il mantenimento dell'indirizzo produttivo

Per la redazione di detta relazione asseverata saranno attinte informazioni dal "fascicolo aziendale" previsto dalla normativa vigente.

Dal momento che si prevede di predisporre tale relazione tecnica agronomica asseverata (R03a_RelazioneTecnicaAgronomica_03a), il Requisito D.2 sarà soddisfatto.

2.1. Requisito E.1 – Monitoraggio e recupero della fertilità del suolo

Il requisito E.1 riguarda il monitoraggio di terreni attualmente non coltivati che potrebbero essere restituiti all'attività agricola.

I terreni su cui è prevista la realizzazione dell'impianto agrivoltaico sono attualmente utilizzati per colture erbacee cerealicole e leguminose a rotazione. **Non si tratta pertanto di recupero di terreni attualmente non coltivati, ne consegue che il Requisito E.1 non è applicabile. Come vedremo nel Piano di Monitoraggio ambientale sarà comunque implementato un Sistema di Monitoraggio atto a verificare il mantenimento della fertilità del suolo.**

Tale monitoraggio verrà realizzando confrontando i parametri di alcuni campioni di suolo prelevati a diverse profondità allo stato subito precedente l'inizio della messa in opera con i campioni di suolo negli stessi punti e alla stessa profondità dopo i 5 anni della messa in funzione dell'impianto. I parametri da misurare saranno:

- sostanza organica (come rapporto C/N);
- stoccaggio di carbonio;
- fauna tellurica.

Sarà inoltre interessante confrontare i cambiamenti di tali parametri con quelli del punto D.2 sul cambiamento delle pratiche agronomiche, anche considerando la conversione da agricoltura di tipo convenzionale a quella di tipo biologico.

2.2. Requisito E.2 – Monitoraggio del Microclima

Lo "Studio Modellistico previsionale degli effetti sul microclima, comfort termico e qualità dell'aria dell'Impianto Agrivoltaico sito in Grottaglie", facente parte dello Studio di Impatto Ambientale di progetto, mette in evidenza che Il progetto agrivoltaico si dimostra efficace nel migliorare la qualità

dell'aria nell'area interessata dal progetto grazie all'assorbimento e all'accumulo di inquinanti da parte delle specie vegetali selezionate. Questo effetto riveste un'importanza significativa nel contesto dei rischi climatici. Attraverso l'assorbimento di CO₂ e altri inquinanti atmosferici da parte delle specie vegetali impiegate nell'agrivoltaico, si può contribuire alla riduzione della concentrazione di gas serra nell'atmosfera, essenziale per contrastare i cambiamenti climatici e i loro effetti negativi, come l'aumento delle temperature, l'innalzamento del livello del mare, l'alterazione dei regimi delle precipitazioni e l'incremento degli eventi meteorologici estremi.

Ad ogni modo, allo scopo di verificare la bontà delle previsioni progettuali, così come peraltro indicato nel Piano di Monitoraggio Ambientale, sarà implementato, in fase di esercizio, un monitoraggio del microclima nelle aree di impianto.

Così come indicato nelle Linee Guida tali aspetti possono essere monitorati tramite sensori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria unitamente a sensori per la misura della radiazione posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto. In particolare, il monitoraggio sarà riferito a

- la temperatura ambiente esterno (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- la temperatura retro-modulo (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- l'umidità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con igrometri/psicrometri (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti);
- la velocità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con anemometri.

I risultati di tale monitoraggio saranno registrati, e raccolti in una relazione quinquennale redatta dal proponente.

L'implementazione dell'attività di monitoraggio sopra descritta soddisfa le indicazioni del Requisito E.2.

2.3. Requisito E.3 – Monitoraggio della Resilienza ai cambiamenti climatici

Fra gli elaborati di progetto allegati al SIA sono stati redatti, a cura della dott.ssa Elisa Gatto, PhD Biologa, i seguenti documenti:

- Studio meteoclimatico – Inquadramento meteoclimatico e valutazione dei rischi climatici fisici del Comune di Grottaglie;
- Analisi della Qualità dell'aria – Valutazione dello stato di qualità dell'aria del Comune di Grottaglie;

- Studio Modellistico previsionale degli effetti sul microclima, comfort termico e qualità dell'aria dell'Impianto Agrivoltaico sito in Grottaglie.

Questi elaborati, in linea con gli Orientamenti tecnici per infrastrutture a prova di clima per il periodo di programmazione 2021-2027 (2021/C 373/01), permettono la resa a prova di clima del progetto, che è un processo che integra misure di mitigazione dei cambiamenti climatici (per il raggiungimento della neutralità climatica) e di adattamento ad essi (per il raggiungimento della resilienza climatica), consentendo agli investitori privati e istituzionali europei di prendere decisioni informate su progetti ritenuti compatibili con l'accordo di Parigi. La valutazione della vulnerabilità e dei rischi climatici permette di individuare, valutare e implementare un sistema di monitoraggio mirato in risposta ai cambiamenti climatici che interessano l'area di studio.

In fase di esercizio saranno verificate le previsioni progettuali indicate nei documenti sopra elencati.

Per quanto sopra possiamo sostanzialmente affermare che anche il Requisito E.3 delle Linee Guida risulta essere soddisfatto.

3. CONCLUSIONI

In tabella riportiamo in sintesi la verifica dei requisiti di cui alle Linee Guida

REQUISITO	DESCRIZIONE	SODDISFATTO
A.1	Sup. Agricola > 70 % della Sup. a disposizione	SI
A.2	LAOR – Land Area Occupation Ratio < 40%	SI
B1a	Esistenza e resa della coltivazione	SI
B1b	Mantenimento e miglioramento dell'indirizzo produttivo	SI
B2	Producibilità elettrica minima	SI
C	Impianto fotovoltaico con moduli elevati da terra	SI
D.1	Sistema di monitoraggio idrico	Non applicabile
D.2	Sistema della continuità dell'attività agricola	SI redigere se si redige relazione agronomica asseverata
E.1	Monitoraggio e recupero della fertilità del suolo	Non applicabile
E.2	Monitoraggio del Microclima	SI da implementare sistema di monitoraggio
E.3	Monitoraggio della Resilienza ai cambiamenti climatici	SI da implementare sistema di monitoraggio

Da quanto sopra riportato si evince che l'impianto in progetto soddisfa tutti i requisiti previsti dalle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici redatti dal MiTE – Dipartimento energia e pubblicate nel giugno 2022, fatto salvo che i Requisiti D.1 (Monitoraggio del risparmio idrico) e E.1 (Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo) non sono applicabili al caso in esame.

Il rispetto dei Requisiti A, B, C, D assicurano che l'impianto possa essere definito come **impianto agrivoltaico avanzato**

Implementate, così come previsto a progetto, le attività di monitoraggio del microclima e di resilienza ai cambiamenti climatici con l'installazione di strumenti di rilevazione e registrazione dei dati, l'impianto agrivoltaico in progetto soddisfa i pre – requisiti per l'accesso ai contributi del PNNR.

Più in generale possiamo concludere che la coerenza con i Requisiti delle Linee Guida è una ulteriore prova della validità tecnica della iniziativa.