

Linee Guida

in materia di

Impianti Agrivoltaici



Giugno 2022

Indice

Introduzione.....	3
1 INQUADRAMENTO GENERALE: ENERGIA E AGRICOLTURA	4
1.1 Definizioni.....	4
1.2 Una breve disamina della produttività agricola	7
1.3 Incidenza dei costi energetici nelle aziende agricole	9
1.4 Aziende agricole attive nella produzione di energia elettrica da fotovoltaico	10
1.5 L'autoconsumo di energia rinnovabile nelle aziende agricole	11
1.6 I contributi PAC e la connessione agricoltura/produzione di energia da fonti rinnovabili	14
2 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI E DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO	16
2.1 Caratteristiche generali dei sistemi agrivoltaici.....	16
2.2 Caratteristiche e requisiti degli impianti agrivoltaici.....	19
2.3 REQUISITO A: l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"	20
2.4 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	22
2.5 REQUISITO C: l'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra.....	23
2.6 REQUISITI D ed E: i sistemi di monitoraggio	25
3 ULTERIORI REQUISITI E CARATTERISTICHE PREMIALI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI	29
3.1 Premessa	29
3.2 Caratteristiche del soggetto che realizza il progetto	29
3.3 Applicazioni di agricoltura digitale e di precisione	29
3.4 Autoconsumo.....	30
3.5 Ulteriori indicatori per il miglioramento delle prestazioni di un sistema agrivoltaico e della qualità del suo sito di installazione	30
4 ANALISI DEI COSTI DI INVESTIMENTO	32
4.1 Analisi dei costi di impianti agrivoltaici e sovra costi medi rispetto alle soluzioni tecnologiche convenzionali	32
4.1.1 Analisi dei costi di investimento per l'impianto agrivoltaico	32
4.1.2 Costi di O&M dei sistemi agrivoltaici.....	33
4.1.3 Costo di generazione (LCOE) dei sistemi agrivoltaici.....	34
4.2 Costi del sistema di monitoraggio.....	35
4.2.1 Costi del monitoraggio della produzione elettrica	35
4.2.2 Costi del monitoraggio della continuità dell'attività agricola sottostante l'impianto	35
4.2.3 Costi del monitoraggio degli effetti dell'attività concorrente energetica e agricola	35
Bibliografia	37

Introduzione

Come definito dal decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 199¹ (di seguito anche decreto legislativo n. 199/2021) di recepimento della direttiva RED II, l'Italia si pone come obiettivo quello di accelerare il percorso di crescita sostenibile del Paese, al fine di raggiungere gli obiettivi europei al 2030 e al 2050.

L'obiettivo suddetto è perseguito in coerenza con le indicazioni del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) e tenendo conto del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

In tale ambito, risulta di particolare importanza individuare percorsi sostenibili per la realizzazione delle infrastrutture energetiche necessarie, che consentano di coniugare l'esigenza di rispetto dell'ambiente e del territorio con quella di raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione.

Fra i diversi punti da affrontare vi è certamente quello dell'integrazione degli impianti a fonti rinnovabili, in particolare fotovoltaici, realizzati su suolo agricolo.

Una delle soluzioni emergenti è quella di realizzare impianti c.d. "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 fonti rinnovabili.

A riguardo, è stata anche prevista, nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, una specifica misura, con l'obiettivo di sperimentare le modalità più avanzate di realizzazione di tale tipologia di impianti e monitorarne gli effetti.

Il tema è rilevante e merita di essere affrontato in via generale, anche guardando al processo di individuazione delle c.d. "aree idonee" all'installazione degli impianti a fonti rinnovabili, previsto dal decreto legislativo n. 199 del 2021 e, dunque, ai diversi livelli possibili di realizzazione di impianti fotovoltaici in area agricola, ivi inclusa quella prevista dal PNRR. In tutti i casi, gli impianti agrivoltaici costituiscono possibili soluzioni virtuose e migliorative rispetto alla realizzazione di impianti fotovoltaici standard.

In tale quadro, è stato elaborato e condiviso il presente documento, prodotto nell'ambito di un gruppo di lavoro coordinato dal **MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA - DIPARTIMENTO PER L'ENERGIA**, e composto da:

- **CREA** - Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria;
- **GSE** - Gestore dei servizi energetici S.p.A.;
- **ENEA** - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile;
- **RSE** - Ricerca sul sistema energetico S.p.A.

Il lavoro prodotto ha, dunque, lo scopo di chiarire quali sono le caratteristiche minime e i requisiti che un impianto fotovoltaico dovrebbe possedere per essere definito agrivoltaico, sia per ciò che riguarda gli impianti più avanzati, che possono accedere agli incentivi PNRR, sia per ciò che concerne le altre tipologie di impianti agrivoltaici, che possono comunque garantire un'interazione più sostenibile fra produzione energetica e produzione agricola.

¹ D.lgs. 8/11/2021 n. 199 "Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n.285 del 30 novembre 2021, e in vigore dal 15 dicembre 2021

PARTE I

1 INQUADRAMENTO GENERALE: ENERGIA E AGRICOLTURA

1.1 Definizioni

Ai fini del presente documento si applicano le definizioni di cui all' art. 2 del decreto legislativo n.199 del 2021 e le seguenti:

- a) Attività agricola: produzione, allevamento o coltivazione di prodotti agricoli, comprese la raccolta, la mungitura, l'allevamento e la custodia degli animali per fini agricoli;
- b) Impresa agricola: imprenditori agricoli, come definiti dall'articolo 2135 del codice civile, in forma individuale o in forma societaria anche cooperativa, società agricole, come definite dal decreto legislativo 29 marzo 2004, n. 99, e s.m.i., se persona giuridica, e consorzi costituiti tra due o più imprenditori agricoli e/o società agricole;
- c) Impianto fotovoltaico: insieme di componenti che producono e forniscono elettricità ottenuta per mezzo dell'effetto fotovoltaico; esso è composto dall'insieme di moduli fotovoltaici e dagli altri componenti (BOS), tali da consentire di produrre energia elettrica e fornirla alle utenze elettriche in corrente alternata o in corrente continua e/o di immetterla nella rete distribuzione o di trasmissione;
- d) Impianto agrivoltaico (o agrovoltaico, o agro-fotovoltaico): impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione;
- e) Impianto agrivoltaico avanzato: impianto agrivoltaico che, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, e ss. mm.:
 - i) adotta 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 eventualmente consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione;
 - ii) prevede la contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto dell'installazione fotovoltaica sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture, la continuità delle attività delle aziende agricole interessate, il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici;
- f) Sistema agrivoltaico avanzato: sistema complesso composto dalle opere necessarie per lo svolgimento di attività agricole in una data area e da un impianto agrivoltaico installato su quest'ultima che, attraverso una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, integri attività agricola e produzione elettrica, e che ha lo scopo di valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi, garantendo comunque la continuità delle attività agricole proprie dell'area;
- g) Volume agrivoltaico (o Spazio poro): 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;
- h) 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);
- i) 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;
- j) Altezza minima dei moduli fotovoltaici rispetto al suolo: altezza misurata da terra fino al bordo inferiore del modulo fotovoltaico; in caso di moduli installati su strutture a inseguimento l'altezza è misurata con i moduli collocati alla massima inclinazione tecnicamente raggiungibile. Nel caso in cui i moduli abbiano altezza da terra

variabile si considera la media delle altezze;

- k) Produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FV_{agri}): produzione netta che l'impianto agrivoltaico può produrre, espressa in GWh/ha/anno;
- l) Producibilità elettrica specifica di riferimento ($FV_{standard}$): stima dell'energia che può produrre un impianto fotovoltaico di riferimento (caratterizzato da moduli con efficienza 20% su supporti fissi orientati a Sud e inclinati con un angolo pari alla latitudine meno 10 gradi), espressa in GWh/ha/anno, collocato nello stesso sito dell'impianto agrivoltaico;
- m) Potenza nominale di un impianto agrivoltaico: è la potenza elettrica dell'impianto fotovoltaico, determinata dalla somma delle singole potenze nominali di ciascun modulo fotovoltaico facente parte del medesimo impianto, misurate alle condizioni STC (*Standard Test Condition*), come definite dalle pertinenti norme CEI, espressa in kW;
- n) Produzione netta di un impianto agrivoltaico: è l'energia elettrica misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata in bassa tensione, prima che essa sia resa disponibile alle eventuali utenze elettriche e prima che sia effettuata la trasformazione in media o alta tensione per l'immissione nella rete elettrica diminuita dell'energia elettrica assorbita dai servizi ausiliari di centrale, delle perdite nei trasformatori principali e delle perdite di linea fino al punto di consegna dell'energia alla rete elettrica, espressa in MWh;
- o) SAU (Superficie Agricola Utilizzata): superficie agricola utilizzata per realizzare le coltivazioni di tipo agricolo, che include seminativi, prati permanenti e pascoli, colture permanenti e altri terreni agricoli utilizzati. Essa esclude quindi le coltivazioni per arboricoltura da legno (pioppeti, noceti, specie forestali, ecc.) e le superfici a bosco naturale (latifoglie, conifere, macchia mediterranea). Dal computo della SAU sono escluse le superfici delle colture intercalari e quelle delle colture in atto (non ancora realizzate). La SAU comprende invece la superficie delle piantagioni agricole in fase di impianto;
- p) SANU (Superficie agricola non utilizzata): Insieme dei terreni dell'azienda non utilizzati a scopi agricoli per una qualsiasi ragione (di natura economica, sociale o altra), ma suscettibili ad essere utilizzati a scopi agricoli mediante l'intervento di mezzi normalmente disponibili presso un'azienda agricola. Rientrano in questa tipologia gli eventuali terreni abbandonati facenti parte dell'azienda ed aree destinate ad attività ricreative, esclusi i terreni a riposo (Tare per fabbricati, Tare degli appezzamenti, Boschi, Arboricoltura da legno, Orti familiari).
- q) RICA (Rete di Informazione Contabile Agricola): indagine campionaria svolta in tutti gli Stati dell'Unione Europea, gestita in Italia dal CREA, basata su un campione ragionato di circa 11.000 aziende, strutturato in modo da rappresentare le diverse tipologie produttive e dimensionali presenti sul territorio nazionale, consentendo una copertura media a livello nazionale del 95% della Superficie Agricola Utilizzata, del 97% del valore della Produzione Standard, del 92% delle Unità di Lavoro e del 91% delle Unità di Bestiame;
- r) PAC (Politica Agricola Comune): insieme di regole dettate dall'Unione europea, ai sensi dell'articolo 39 del Trattato sul Funzionamento dell'Unione europea, per incrementare la produttività dell'agricoltura; assicurare un tenore di vita equo alla popolazione agricola; stabilizzare i mercati; garantire la sicurezza degli approvvigionamenti; assicurare prezzi ragionevoli ai consumatori;
- s) LAOR (*Land Area Occupation Ratio*): rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (S_{pv}), e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (S_{tot}). Il valore è espresso in percentuale;
- t) SIGRIAN (Sistema informativo nazionale per la gestione delle risorse idriche in agricoltura): strumento di riferimento per il monitoraggio dei volumi irrigui previsto dal Decreto del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali del 31/07/2015 "Approvazione delle linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo", che raccoglie tutte le informazioni di natura gestionale, infrastrutturale e agronomica relative all'irrigazione collettiva ed autonoma a livello nazionale; è un geodatabase, strutturato come un WebGis in cui tutte le informazioni sono associate a dati geografici, collegati tra loro nei diversi campi, con funzione anche di banca dati storica utile ai fini di analisi dell'evoluzione dell'uso irriguo dell'acqua nelle diverse aree del Paese;
- u) SIAN (Sistema informativo agricolo nazionale): strumento messo a disposizione dal Ministero delle Politiche

Agricole Alimentari e Forestali e dall'Agea - Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura, per assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla gestione degli adempimenti previsti dalla PAC, con particolare riguardo ai regimi di intervento nei diversi settori produttivi;

- v) Buone Pratiche Agricole (BPA): le buone pratiche agricole (BPA) definite in attuazione di quanto indicato al comma 1 dell'art. 28 del Reg. CE n. 1750/99 e di quanto stabilito al comma 2 dell'art. 23 del Reg. CE 1257/99, nell'ambito dei piani di sviluppo rurale.

1.2 Una breve disamina della produttività agricola

Il settore agricolo da sempre si caratterizza per una forte integrazione con gli altri settori, molto spesso per contrastare il fenomeno di bassi redditi derivanti dall'attività primaria. I dati della RICA permettono di approfondire le variabili economiche e strutturali delle aziende agricole. Il quadro che emerge dall'analisi dei dati è quanto mai variabile e collegato a diversi fattori:

- gli elementi territoriali;
- la specializzazione produttiva (gli orientamenti tecnico economici - OTE)²;
- la dimensione strutturale ed economica.

Gli indici di produttività presentano un'elevata variabilità relazionata ai caratteri strutturali e organizzativi della produzione e alla tipologia di specializzazione territoriale. Risalta la netta distinzione tra le circoscrizioni territoriali, in particolare, la gran parte delle regioni del Nord per livelli di produttività più alti del valore medio nazionale, e quelle del Centro e del Sud per valori a questo inferiori.

Per approfondire la valutazione della dinamica produttiva e reddituale delle aziende agricole italiane si esaminano i principali indicatori economici RICA, costruiti rapportando i parametri indicativi dei risultati di gestione con i dati strutturali concernenti l'impiego di fattori produttivi. In particolare, l'analisi della produttività considera:

- *gli indici di produttività del lavoro e della terra* - ottenuti dal rapporto tra Produzione Lorda Vendibile (PLV) e, rispettivamente, Unità di Lavoro Totali (ULT) e Superficie Agricola Utilizzata (SAU) - diretti a misurare l'efficienza economica per addetto occupato a tempo pieno e per ettaro di superficie coltivata;
- *gli indici di produttività netta del lavoro e della terra*, che misurano l'entità del Valore Aggiunto al netto degli ammortamenti (VA) per unità di lavoro e per ettaro di SAU;
- *la redditività aziendale*, data dal rapporto tra Reddito Netto (RN)³ e unità di lavoro o ettaro di SAU, che fornisce degli indici volti a misurare la redditività netta unitaria per occupato e per ettaro di superficie aziendale.

Nel 2019, a livello nazionale i dati indicano per la produttività del lavoro un valore medio di 46.605 euro per unità di lavoro sostanzialmente stabile rispetto al triennio precedente (+0,1%); la produttività media della terra si attesta a 3.800 euro per ettaro e mostra una leggera flessione (-1,6%).

Riguardo la produttività per ettaro di superficie coltivata vi sono importanti differenze geografiche da segnalare.

Risalta infatti la maggiore entità dell'indicatore registrata in Liguria (11.654 euro), in Trentino (9.070 euro) e in Alto Adige (7.283 euro). In tali aree, l'elevata produttività per ettaro trova spiegazione nella diffusione di ordinamenti produttivi specializzati e intensivi su superfici agricole ridotte, quali ortofloricoltura, viticoltura e frutticoltura. Nella lettura del dato ligure, va considerato il peso delle aziende ortofloricole in serra che rappresentano una quota importante dell'intero settore. L'indice, in generale, si assesta su valori superiori al valore medio nazionale nelle regioni del Nord, eccetto che in Valle d'Aosta dove si registra la situazione opposta – e simile a quella delle regioni del Centro e del Sud – con una produttività per ettaro di poco superiore al valore più basso in assoluto, registrato per la regione Sardegna (1.128 euro).

Gli indici di produttività, pertanto, presentano un'elevata variabilità relazionata ai caratteri strutturali e organizzativi della produzione e alla tipologia di specializzazione territoriale.

² L'OTE indica la specializzazione produttiva di un'azienda, ed è determinato dall'incidenza percentuale della produzione standard delle diverse attività produttive dell'azienda rispetto alla sua produzione standard totale.

³ L'indice reddito netto aziendale (RN) rappresenta l'insieme dei redditi che spettano all'imprenditore agricolo nonché l'indicatore economico di sintesi delle scelte tecniche, commerciali e organizzative della produzione in ambito aziendale e, pertanto, misura la capacità dell'azienda agricola di remunerare tutti i fattori produttivi utilizzati nel ciclo produttivo.

La valutazione della capacità aziendale di generare un livello di reddito tale da sostenere i costi fissi viene valutata attraverso il Valore aggiunto netto (VA) per unità di lavoro (ULT) e per ettaro di superficie (SAU). Il primo indicatore assume un valore medio nazionale di 27.511 euro (-2,0% rispetto al triennio precedente), mentre per il secondo indicatore si ha un valore medio nazionale di 2.275 euro che registra un decremento più sostenuto (-4,3% rispetto al triennio precedente). Gli andamenti negativi osservati attestano che, a fronte della stabilità del valore della produzione, l'incidenza dei costi intermedi e degli ammortamenti è stata impattante sulla gestione.

Il quadro di sintesi degli aspetti economici caratterizzanti la gestione delle aziende agricole si completa con l'analisi della redditività (RN) per unità di fattore produttivo, sempre riferiti a lavoro e terra (ULT e SAU). Nel 2019 l'indicatore del risultato ultimo della gestione aziendale a livello nazionale è stato pari a 18.121 euro per occupato (-6,4% rispetto al triennio precedente) e 1.492 euro per ettaro di SAU (-9,6%), risultati questi che in generale mettono in evidenza un peggioramento dei risultati aziendali, sebbene anche in questo caso si osservino differenze territoriali.

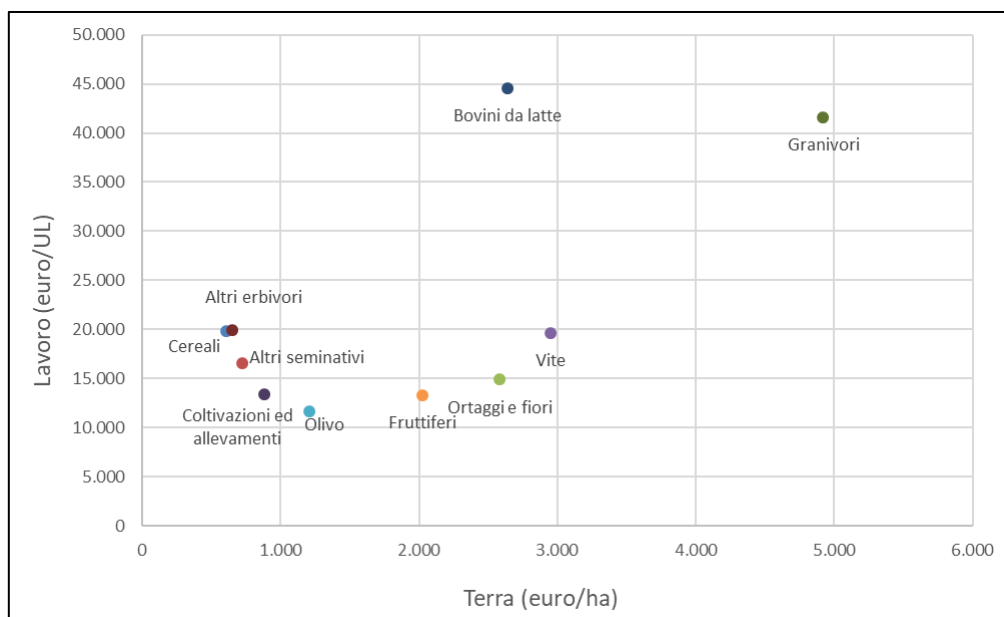
Un'elevata variabilità si osserva anche per la redditività della terra, che registra il valore più elevato in Trentino (5.139 euro; -15,5%), seguito dalla Liguria (4.901 euro; -2,1%). A livello di circoscrizione si rileva che le regioni del Nord, con l'esclusione della Valle d'Aosta, presentano valori superiori a quello medio nazionale, congiuntamente alla Campania e alla Calabria, quest'ultima con una redditività maggiore a quella conseguita in altre regioni tradizionalmente più performanti.

Se declinata a livello di indirizzo produttivo, l'analisi della redditività rispetto ai fattori produttivi evidenzia una marcata differenziazione nei valori medi aziendali (Fig. 1). Le aziende specializzate nell'allevamento di granivori si caratterizzano per il più elevato livello medio di redditività della terra (4.924 euro), significativamente al di sopra sia del dato medio nazionale, sia dei dati calcolati per gli altri indirizzi considerati. In genere questa tipologia di aziende tende a caratterizzarsi, oltre che per una ridotta ampiezza delle superfici aziendali – in quanto prevalentemente orientate all'attività zootecnica – anche per elevati livelli di produttività della terra e redditività del lavoro (41.517 euro), dato quest'ultimo inferiore solo al valore dell'indicatore registrato per le aziende con indirizzo bovini da latte (44.533 euro), in assoluto il più elevato livello di reddito per occupato.

Il quadro di sintesi delineato rileva che gli indirizzi granivori e bovini da latte sono caratterizzati dalle migliori performance reddituali; a questi si affianca l'indirizzo vite, per il quale entrambi gli indici di redditività dei fattori produttivi mostrano valori superiori al relativo dato medio nazionale.

Con riferimento ai restanti indirizzi produttivi si nota che le aziende ortofloricole e quelle fruttifere presentano una discreta redditività della terra, le aziende dedite alla coltivazione di cereali e all'allevamento di altri erbivori conseguono risultati simili nonché una redditività del lavoro in linea o lievemente superiore al dato medio nazionale, mentre gli indirizzi altri seminativi, olivo e coltivazioni ed allevamento si caratterizzano per una esigua redditività del lavoro e della terra.

Figura 1 – Reddittività della terra e del lavoro per indirizzo produttivo nel 2019 (medie aziendali in euro per ettaro e Unità di Lavoro).



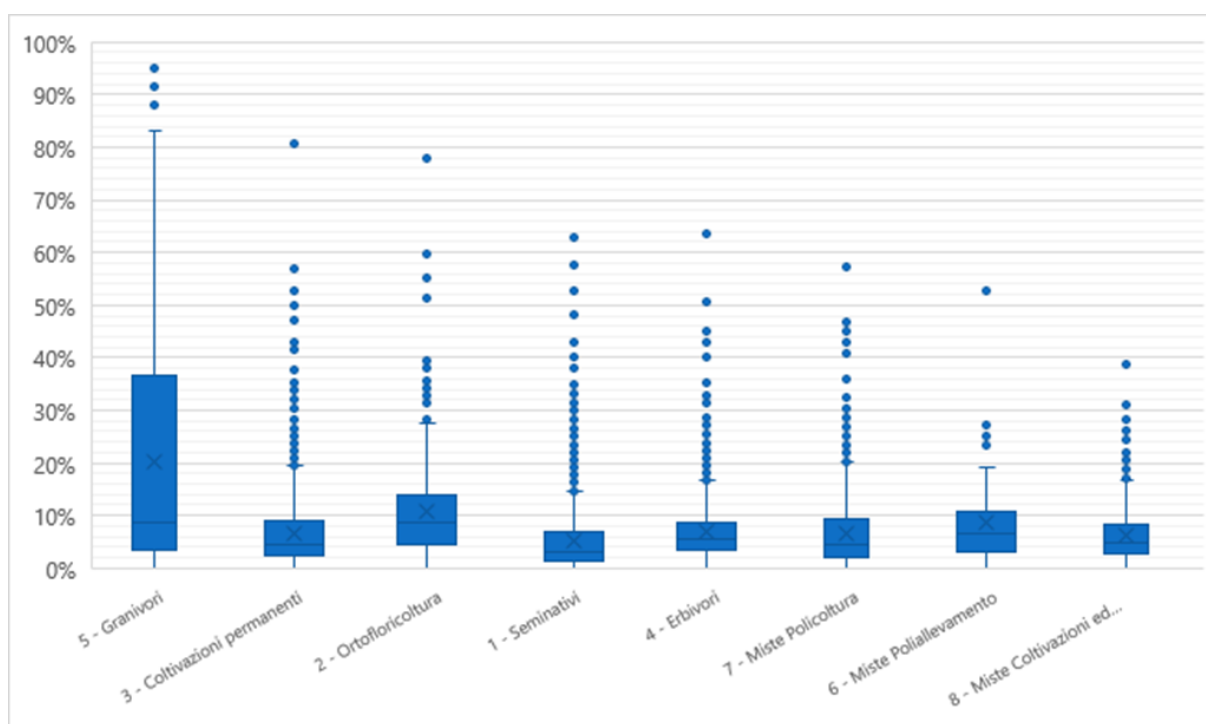
Fonte: elaborazioni CREA su dati RICA 2019

1.3 Incidenza dei costi energetici nelle aziende agricole

In base alle stime fatte usando la banca dati RICA, i costi di approvvigionamento energetico a carico delle aziende agricole – includendo anche fonti fossili per carburante e combustibile – rappresentano oltre il 20% dei costi variabili, con percentuali più elevate per alcuni settori produttivi, quali ad esempio gli erbivori e i granivori (circa 30%).

Pertanto, investimenti dedicati all'efficientamento energetico e alla produzione di energia rinnovabile per l'autoconsumo si traducono in un abbattimento di costi in grado di innalzare, anche sensibilmente, la redditività agricola.

Figura 2 – Incidenza dei costi energetici sui costi totali nelle aziende agricole (%).



Fonte: elaborazioni CREA su dati RICA 2019

Un importante approfondimento, che si riporta nel seguito, riguarda i costi energetici delle imprese agricole per l'approvvigionamento idrico a fini irrigui.

Per le aziende agricole con colture irrigue, i costi relativi all'energia per il sollevamento/distribuzione dell'acqua irrigua dipendono dal tipo di approvvigionamento irriguo. L'approvvigionamento può avvenire tramite servizio idrico di irrigazione (ENTI IRRIGUI) o tramite autoapprovvigionamento (definito all'art.6 del RD 1775/1933).

Il 50% dei prelievi irrigui è in autoapprovvigionamento, il 18% delle imprese presentano una modalità di approvvigionamento mista, mentre il restante è imputato al servizio idrico di irrigazione (SII), fornito in forma collettiva dagli enti irrigui.

Le aziende agricole associate ad un SII pagano un contributo consortile agli enti irrigui, che comprende anche i costi energetici per il sollevamento di acqua irrigua dai corpi idrici. Le aziende che si approvvigionano da pozzi aziendali, invece, sostengono in toto i costi di approvvigionamento.

Il SIGRIAN contiene il dettaglio dei costi relativi all'energia per la messa in funzione delle pompe di sollevamento e l'elenco degli enti irrigui che sostengono tali oneri.

Nel caso di installazione di impianto agrivoltaico è opportuno valutare la possibilità di raccogliere l'acqua piovana utilizzando la superficie dei moduli, convogliando opportunamente l'acqua raccolta, in quanto questo può comportare per l'azienda agricola un risparmio per l'approvvigionamento idrico a fini irrigui.

1.4 Aziende agricole attive nella produzione di energia elettrica da fotovoltaico

Il 4% delle aziende agricole che costituiscono il campione RICA per il 2019 produce ed utilizza energia proveniente da fotovoltaico. Si tratta di aziende medio grandi, caratterizzate da una dimensione strutturale media di quasi 50 ettari e oltre 500 UBA (Unità di Bestiame Adulto). Mediamente il 40% della SAU di tali aziende è di proprietà delle stesse⁴.

In termini di ordinamento produttivo, il 90% delle aziende con fotovoltaico è rappresentato da aziende specializzate soprattutto nelle coltivazioni permanenti (18,9% del campione RICA) e nei seminativi (18,4%), seguite dagli erbivori (11%).

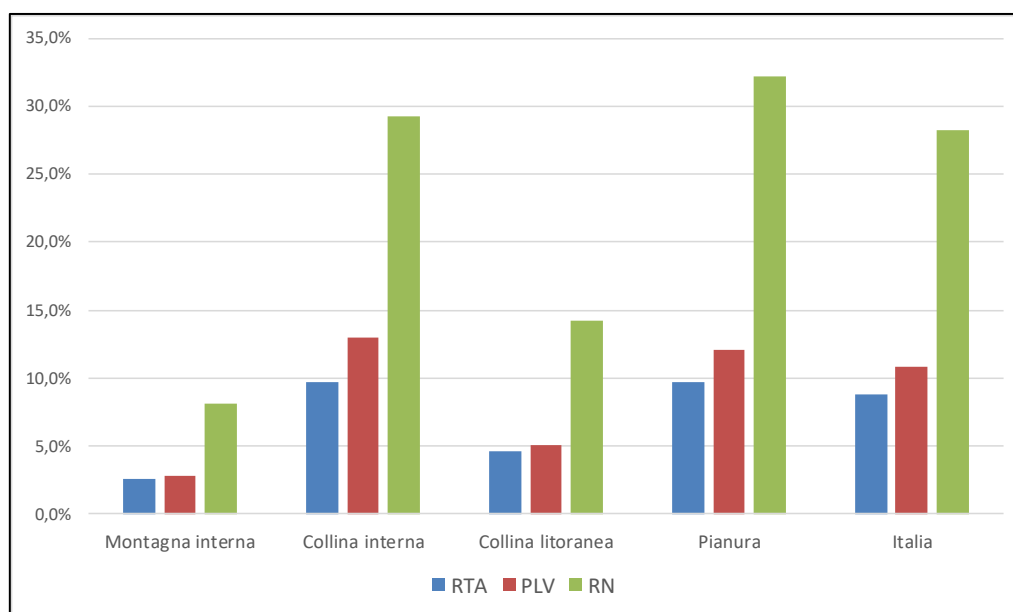
Nella figura 3 viene rappresentata l'incidenza percentuale dei ricavi della vendita di energia rinnovabile sui ricavi totali aziendali (RTA: ricavi complessivi aziendali derivanti dalla cessione di prodotti e servizi, nonché dall'introito dei sussidi pubblici), sulla produzione lorda vendibile aziendale (PLV: produzione che può essere venduta dall'azienda ed è pertanto uguale alla produzione lorda totale al netto della quota di produzione riutilizzata nell'azienda stessa come mezzo di produzione), sul valore aggiunto (VA: saldo tra RTA e i Costi Correnti, riassume il risultato lordo di gestione dei processi produttivi e rappresenta un margine lordo che non tiene conto dei costi fissi, né di quelli di manodopera, né di altri oneri e proventi che non sono legati alla produzione di beni e prodotti agricoli) e, infine, sul reddito netto aziendale (RN: risultato economico complessivo dell'azienda agricola, individua la capacità di remunerare tutti i fattori produttivi utilizzati nell'azienda)⁵ distinguendola a seconda della fascia altimetrica ove opera l'azienda.

A livello nazionale, l'incidenza percentuale del valore dei ricavi da *energia rinnovabile* è pari a 8,8% sui ricavi totali, a 10,9% sulla produzione lorda vendibile, a 17,9% sul valore aggiunto e, infine, a 28,3% sul reddito netto aziendale. Analizzando tali dati in base alla ripartizione altimetrica, si evince come la pianura faccia registrare i valori più elevati dell'incidenza percentuale, pari a oltre il 32% nel caso del reddito netto. Segue la collina interna col 29,2%. L'incidenza minore dei ricavi da energia rinnovabile sul reddito netto si registra nella montagna interna e, risulta pari a poco oltre l'8%.

⁴ I risultati dell'analisi qui proposta fanno riferimento alle sole aziende del campione RICA che producono ed utilizzano energia rinnovabile proveniente da impianti fotovoltaici. Sono, pertanto, escluse tutte le altre fonti di energia rinnovabile (come ad esempio biogas, eolico, ecc.).

⁵ La fascia altimetrica (montagna, collina, pianura) con il valore medio più elevato dell'indice RN risulta essere la pianura, nella quale assume un valore pari a circa 7.200 €/ha di SAU. Segue la collina interna dove l'indice assume un valore medio pari a poco oltre 6.300 €/ha di SAU. La collina litoranea, con circa 4.350 €/ha fa registrare, invece, la performance peggiore.

Figura 3 – Incidenza percentuale dei ricavi da Energia Rinnovabile su RTA, PLV, VA e RN nelle aziende con fotovoltaico



Fonte: Elaborazioni CREA

Gli indicatori sintetizzati in Tabella 1, rendono piuttosto evidente che le aziende agricole che al loro interno producono elettricità da fotovoltaico sono quelle maggiormente strutturate, capaci di raggiungere livelli di produttività elevati, in quanto la loro produzione è specializzata e spesso collegata alle attività zootecniche.

In tali casi la redditività raggiunge livelli di rilievo, anche grazie al fatto che l'azienda riesce a raggiungere livelli di efficienza energetica maggiore, oltre al beneficio derivante dall'autoconsumo e dalla vendita dell'energia prodotta.

Tabella 1 - Raffronto tra i valori medi degli indicatori economici aziendali [€/ha]

	Ricavi totali aziendali [RTA/ha]	Produzione lorda vendibile [PLV /ha]	Valore Aggiunto [VA/ha]	Reddito Netto aziendale [RN/ha]
Aziende RICA complessivo	11.221	10.078	6.201	3.796
Aziende RICA con fotovoltaico	18.287	10.204	11.098	6.566

Fonte: Elaborazioni CREA su dati RICA

1.5 L'autoconsumo di energia rinnovabile nelle aziende agricole

Gli investimenti da parte delle imprese agricole dedicati alla produzione di energie rinnovabili, se opportunamente dimensionati, si traducono in un abbattimento dei costi operativi in grado di innalzare la redditività agricola e migliorare la competitività. L'autoconsumo dell'energia prodotta tramite l'impianto agrivoltaico si configura pertanto come uno strumento di efficienza aziendale.

Lo stesso PNRR prevede che la misura di investimento dedicata allo sviluppo degli impianti agrivoltaici contribuisca alla sostenibilità non solo ambientale, ma anche economica delle aziende coinvolte.

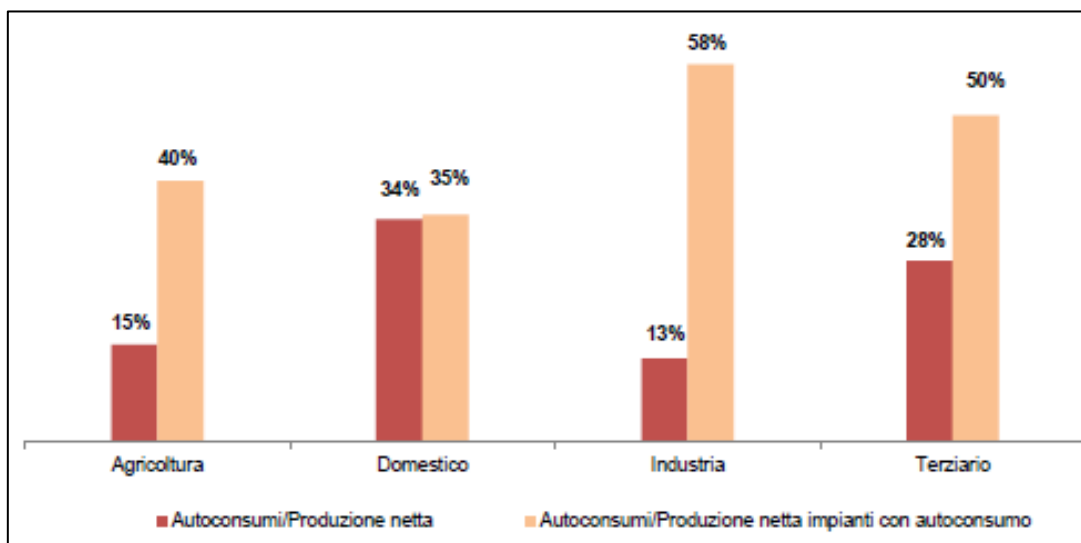
L'investimento previsto dal PNRR si pone infatti il fine di rendere più competitivo il settore agricolo, riducendo i costi di approvvigionamento energetico (ad oggi stimati oltre il 20 per cento dei costi variabili delle aziende e con punte ancora più elevate per alcuni settori erbivori e granivori), e migliorando al contempo le prestazioni climatiche-ambientali.

Identificare un obiettivo minimo di autoconsumo per l'energia prodotta dall'impianto agrivoltaico va nel senso di favorire quanto suddetto in ottica premiale.

Nel 2020, in Italia, gli autoconsumi fotovoltaici ammontano a 4.735 GWh, un valore pari al 19,0% della produzione complessiva degli impianti fotovoltaici e al 46,0% della produzione dei soli impianti che autoconsumano. In termini assoluti, il massimo livello di autoconsumo è registrato nel mese di luglio; in termini percentuali, le quote di autoconsumo più elevate si rilevano invece in corrispondenza dei mesi invernali.

Nel settore domestico, la quasi totalità dei titolari di impianti fotovoltaici autoconsuma; è tuttavia nei settori terziario e industriale che si rilevano le quote percentuali di autoconsumo più elevate. Nel settore agricolo, risulta un autoconsumo del 15% della produzione complessiva, e una quota del 40% considerando le sole casistiche con autoconsumo. Si sottolinea, tuttavia, che i dati citati si riferiscono principalmente ad applicazioni fotovoltaiche tradizionali collocate sulle coperture aziendali o a terra.

Figura 4 - Profili di autoconsumo per settore di attività nel 2020, intesi come rapporto tra l'energia autoconsumata e l'energia autoprodotta



Fonte: elaborazioni GSE

Si riporta di seguito un dettaglio regionale degli impianti fotovoltaici nel settore agricolo, con indicazione della produzione elettrica e dell'autoconsumo, qui inteso come rapporto tra l'energia autoprodotta e l'energia autoconsumata (non dunque tra l'energia autoconsumata e l'energia consumata).

Tabella 2 - Distribuzione regionale degli impianti fotovoltaici attribuibili al settore agricolo nel 2020, con indicazione degli autoconsumi e delle relative % sulla produzione, calcolate sia considerando la produzione di tutti gli impianti sia la produzione dei soli impianti in autoconsumo

Regioni	Tutti gli impianti					Soli impianti in autoconsumo				
	Numero impianti	Potenza installata (MW)	Prod. lorda (GWh)	Auto-consumi (GWh)	% autoconsumi sulla produzione	Numero impianti	Potenza installata (MW)	Prod. lorda (GWh)	Auto-consumi (GWh)	% autoconsumi sulla produzione
Abruzzo	680	42	53	7	13%	470	19	22	7	32%
Basilicata	553	50	67	4	6%	364	10	11	4	36%
Calabria	1.012	62	79	10	13%	708	21	24	10	42%
Campania	1.370	53	57	14	25%	1.208	30	34	14	41%
Emilia Romagna	4.986	360	421	51	12%	2.986	113	117	51	44%
Friuli Venezia Giulia	1.452	62	64	16	25%	1.184	40	41	16	39%
Lazio	1.282	82	95	16	17%	1.081	37	39	16	41%
Liguria	326	18	20	2	10%	256	6	6	2	33%
Lombardia	4.115	352	354	57	16%	2.910	146	138	57	41%
Marche	1.448	142	180	9	5%	856	27	30	9	30%
Molise	249	12	14	3	21%	201	6	7	3	43%
Piemonte	4.082	239	261	40	15%	3.024	101	102	40	39%
Puglia	1.832	112	139	24	17%	1.449	51	59	24	41%
Sardegna	1.193	164	209	21	10%	1.054	49	58	21	36%
Sicilia	2.185	158	208	27	13%	1.742	57	71	27	38%
Toscana	2.733	125	150	21	14%	2.312	48	52	21	40%
Provincia autonoma di Bolzano	2.077	75	83	20	24%	1.223	46	51	20	39%
Provincia autonoma di Trento	533	23	24	10	42%	443	17	18	10	56%
Umbria	1.172	65	73	9	12%	927	28	30	9	30%
Valle D'Aosta	179	3	4	1	25%	159	2	3	1	33%
Veneto	4.656	297	318	62	19%	3.517	151	153	62	41%
Italia	38.115	2.497	2.870	423	15%	28.074	1.004	1.065	423	40%

Fonte: elaborazioni GSE

Tabella 3 - Distribuzione degli impianti fotovoltaici in autoconsumo attribuibili al settore agricolo per classe di potenza - anno 2020 (stima GSE)

Classi di potenza	Numero impianti	Potenza installata (MW)	Prod. lorda (GWh)	Autoconsumi (GWh)
1. Fino a 3 kW	1.180	3	4	2
2. Tra 3 kW e 20 kW	19.676	264	289	108
3. Tra 20 kW e 200 kW	6.834	505	526	213
4. Tra 200 kW e 1MW	367	191	200	84
5. Tra 1 MW e 5 MW	17	41	47	17
Totale	28.074	1.004	1.065	423

Fonte: elaborazioni GSE

In merito ai consumi elettrici delle aziende agricole, essi risultano essere limitati, pari globalmente a circa 2,4 TWh corrispondenti a 0,186 MWh/ha⁶. Effettuando una ripartizione dei consumi elettrici in relazione alla numerosità e all'estensione delle aziende agricole, si riscontra per il cluster di aziende di dimensioni maggiori (sopra i 50 ha) un consumo medio annuo di 16,6 MWh.

Tabella 4 - Stima dei consumi elettrici (MWh) delle imprese agricole classificate in termini di superficie agricola utilizzata

Classe di superficie agricola	Numero di imprese agricole	Superficie agricola utilizzata - ettari	Superficie agricola utilizzata media per impresa	Consumi elettrici medi per impresa (MWh)	Consumi elettrici (MWh) per impresa - intervallo per classe di superficie	Consumi elettrici totali (MWh)	% Consumi elettrici per classe di superficie	% numerosità aziende per classi di superficie
<i>fino a 5 ettari</i>	717.287	1.458.501	2,0	0,4	<i>minori di 0,93 MWh</i>	271.281	12%	60%
<i>da 5 a 10 ettari</i>	187.184	1.269.806	6,8	1,3	<i>da 0,93 a 1,86 MWh</i>	236.184	10%	16%
<i>da 10 a 20 ettari</i>	136.187	1.666.079	12,2	2,3	<i>da 1,86 a 3,72 MWh</i>	309.891	13%	11%
<i>da 20 a 50 ettari</i>	104.138	2.773.974	26,6	5,0	<i>da 3,72 a 9,3 MWh</i>	515.959	22%	9%
oltre i 50 ettari	60.338	5.375.304	89,1	16,6	maggiori di 9,3 MWh	999.807	43%	5%
Totale	1.205.134	12.543.664	10,4	1,9		2.333.122	100%	100%

Fonte: elaborazioni GSE

1.6 I contributi PAC e la connessione agricoltura/produzione di energia da fonti rinnovabili

La PAC incide profondamente sulle scelte aziendali riguardanti l'uso del suolo agricolo. La PAC, infatti, costituisce l'ossatura portante delle sovvenzioni agricole e rappresenta mediamente almeno il 20% del reddito aziendale. L'Italia riceve complessivamente, per un settennio, contributi per 40 miliardi di euro. Di questi una parte è destinata agli aiuti diretti, che da soli raggiungono il valore di 2,1 miliardi annui e sono destinati a una platea di 800.000 aziende, che utilizzano una superficie di oltre 10 milioni di ha.

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 quest'ultima rispetti tutte le seguenti condizioni:

- non occupi la superficie agricola interferendo con l'ordinaria attività agricola per un periodo superiore a sessanta giorni;
- non utilizzi strutture permanenti che interferiscano con lo svolgimento dell'ordinario ciclo colturale;

⁶ Fonte elaborazione dati:

- ISTAT (classificazione delle imprese agricole per superficie, anno di osservazione 2016);
- MiSE (quota di consumi elettrici, anno 2018)
- Eurostat (consumi energetici, anno 2019)

c) consenta il mantenimento di buone condizioni agronomiche e ambientali.

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.

Spetta agli Stati membri stabilire dei criteri che impediscano la concessione di aiuti (PAC) ai terreni in cui l'attività agricola non è prevalente, nella misura in cui essa è seriamente ostacolata da attività non agricole.

L'installazione di impianti agrivoltaici si pone come possibile soluzione per il rispetto dei requisiti suddetti. D'altronde, ai fini della conservazione della PAC, va considerata l'ipotesi che, da un punto di vista reddituale e in base alle scelte imprenditoriali, l'attività agricola diventi marginale rispetto all'attività economica legata alla produzione di energia fotovoltaica, con quest'ultima che potrebbe rappresentare l'attività economica principale del beneficiario. In particolare, va tenuto conto del fatto che l'importo annuo dei pagamenti diretti, vale a dire della sola componente di sostegno al reddito degli agricoltori garantita dalla politica agricola comunitaria (PAC), deve essere almeno pari al 5 % dei proventi totali ottenuti da attività non agricole nell'anno fiscale più recente per cui sono disponibili tali prove.

PARTE II

2 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI E DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

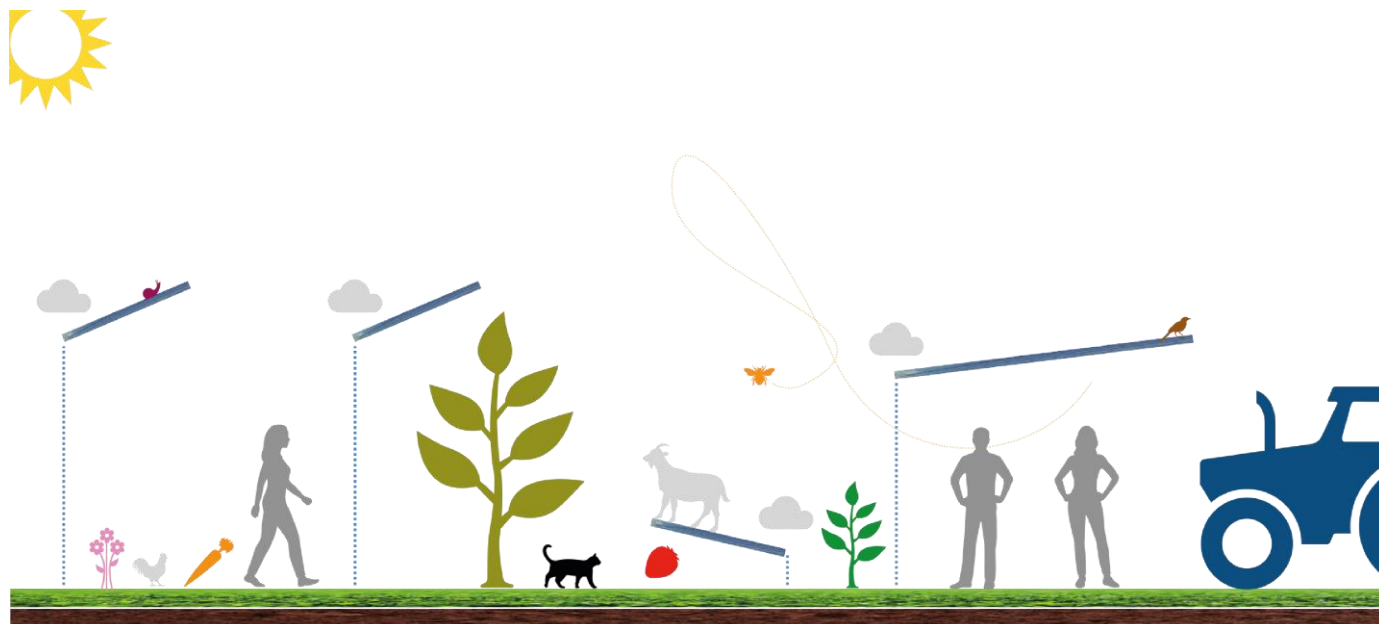
2.1 Caratteristiche generali dei sistemi agrivoltaici

I sistemi agrivoltaici possono essere caratterizzati da diverse configurazioni spaziali (più o meno dense) e gradi di integrazione ed innovazione differenti, al fine di massimizzare le sinergie produttive tra i due sottosistemi (fotovoltaico e colturale), e garantire funzioni aggiuntive alla sola produzione energetica e agricola, finalizzate al miglioramento delle qualità ecosistemiche dei siti.

Dal punto di vista spaziale, il sistema agrivoltaico può essere descritto come un “pattern spaziale tridimensionale”, composto dall’impianto agrivoltaico, e segnatamente, dai moduli fotovoltaici e dallo spazio libero tra e sotto i moduli fotovoltaici, montati in assetti e strutture che assecondino la funzione agricola, o eventuale altre funzioni aggiuntive, spazio definito “volume agrivoltaico” o “spazio poro”, come mostrato in Figura 5.

Sia l’impianto agrivoltaico, sia lo spazio poro si articolano in sottosistemi spaziali, tecnologici e funzionali.

Figura 5 - Schematizzazione di un sistema agrivoltaico



Fonte: Alessandra Scognamiglio, “Photovoltaic landscapes”: Design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 55, 2016, Pages 629-661, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.072>.

Un sistema agrivoltaico è un sistema complesso, essendo allo stesso tempo un sistema energetico ed agronomico. In generale, la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata alle attività agricole risultano in opposizione, poiché le soluzioni ottimizzate per la massima captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l’agricoltura e viceversa. Ad esempio, un eccessivo ombreggiamento sulle piante può generare ricadute negative sull’efficienza fotosintetica e, dunque, sulla produzione; o anche le ridotte distanze spaziali tra i moduli e tra i moduli ed il terreno possono interferire con l’impiego di strumenti e mezzi meccanici in genere in uso in agricoltura. Ciò significa che una soluzione che privilegi solo una delle due componenti - fotovoltaico o agricoltura - è passibile di presentare effetti negativi sull’altra.

È dunque importante fissare dei parametri e definire requisiti volti a conseguire prestazioni ottimizzate sul sistema complessivo, considerando sia la dimensione energetica sia quella agronomica.

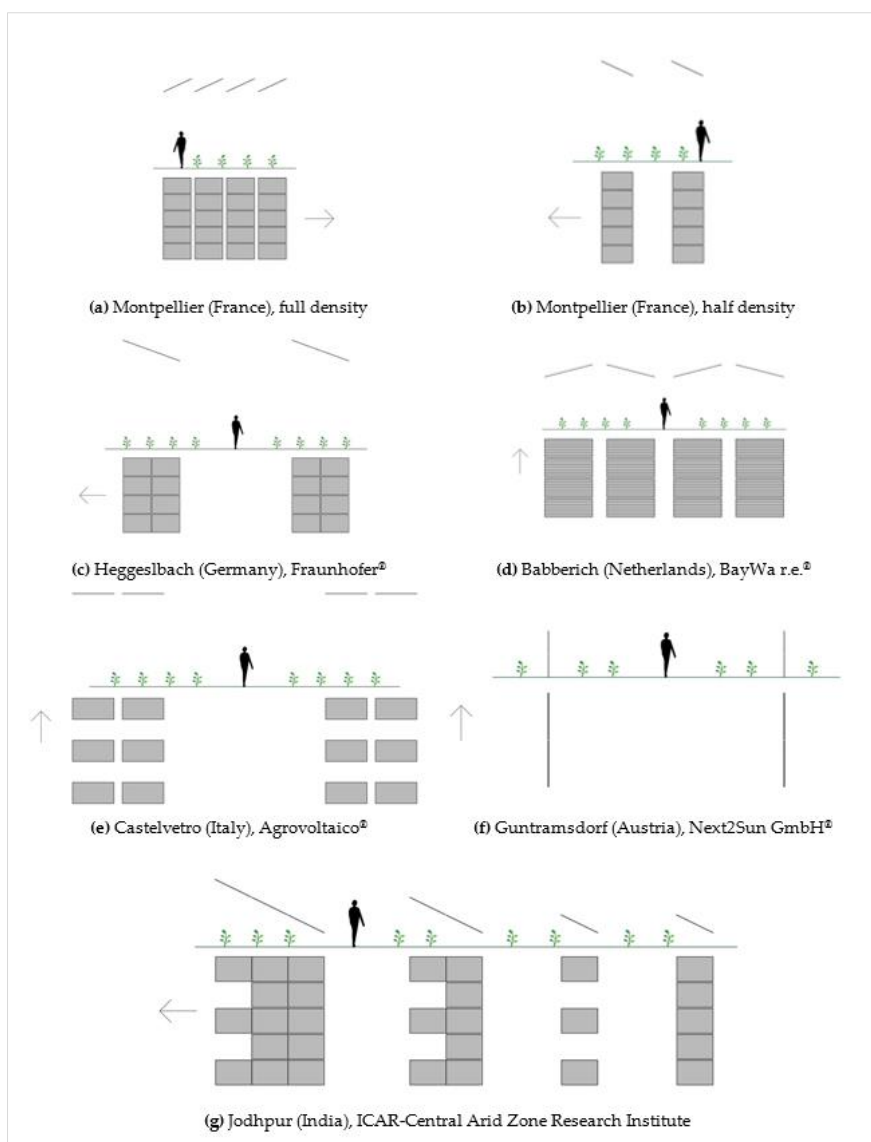
Figura 6 - Le due parti che compongono il sistema agrivoltaico, e cioè il sistema fotovoltaico e lo spazio poro, possono essere scomposte in subsistemi.



Fonte: elaborazioni ENEA

Nella Figura 7 sono mostrati alcuni esempi da letteratura, in cui si è cercata l'ottimizzazione della prestazione agrivoltaica complessiva variando il pattern del fotovoltaico (geometria e densità della trama dei moduli fotovoltaici) e l'altezza dei moduli da terra.

Figura 7 - Diversi pattern spaziali scelti per ottimizzare le prestazioni complessive dei sistemi agrivoltaici in base a diversi tipi di colture. Si apprezza la ricerca della configurazione ottimale tramite la variazione della disposizione in pianta dei moduli, della loro altezza da terra, e della loro specifica giacitura.



Fonte: Toledo, C.; Scognamiglio, A. *Agrivoltaic Systems Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns)*. *Sustainability* 2021, 13, 6871.

Un impianto agrivoltaico, confrontato con un usuale impianto fotovoltaico a terra, presenta dunque una maggiore variabilità nella distribuzione in pianta dei moduli, nell'altezza dei moduli da terra, e nei sistemi di supporto dei moduli, oltre che nelle tecnologie fotovoltaiche impiegate, al fine di ottimizzare l'interazione con l'attività agricola realizzata all'interno del sistema agrivoltaico.

Il pattern tridimensionale (distribuzione spaziale, densità dei moduli in pianta e altezza minima da terra) di un impianto fotovoltaico a terra corrisponde, in generale, a una progettazione in cui le file dei moduli sono orientate secondo la direzione est-ovest (angolo di azimuth pari a 0°) ed i moduli guardano il sud (nell'emisfero nord), con un angolo di inclinazione al suolo (tilt) pari alla latitudine meno una decina di gradi; le file di moduli sono distanziate in modo da non generare ombreggiamento reciproco se non in un numero limitato di ore e l'altezza minima dei moduli da terra è tale che questi non siano frequentemente ombreggiati da piante che crescono spontaneamente attorno a loro. Questo pattern - ottimizzato sulla massima prestazione energetica ed economica in termini di produzione elettrica - si modifica nel caso di un impianto agrivoltaico per lasciare spazio alle attività agricole e non ostacolare (o anche favorire) la crescita delle piante (cfr. paragrafo 3.3, punto 1).

Un sistema agrivoltaico può essere costituito da un'unica “tessera” o da un insieme di tessere, anche nei confini di proprietà di uno stesso lotto, o azienda. Le definizioni relative al sistema agrivoltaico si intendono riferite alla singola tessera. Nella figura seguente, sulla sinistra è riportato un sistema agrivoltaico composto da una sola tessera, sulla destra un sistema agrivoltaico composto da più tessere. Le definizioni e le grandezze del sistema agrivoltaico trattate nel presente documento, ove non diversamente specificato, si riferiscono alla singola tessera.

Figura 8 – Configurazioni di un sistema agrivoltaico a unica tessera e a insieme di tessere



Fonte: elaborazioni ENEA

Con riguardo alla compresenza dell'attività agricola con gli impianti fotovoltaici, alcuni studi, condotti in Germania⁷, hanno riportato una prima valutazione del comportamento di differenti colture sottoposte alla riduzione della radiazione luminosa, distinguendole in “colture non adatte”, le piante con un elevato fabbisogno di luce, per le quali anche modeste densità di copertura determinano una forte riduzione della resa come ad es. frumento, farro, mais, alberi da frutto, girasole, ecc.; “Colture poco adatte” ad es. cavolfiore, barbabietola da zucchero, barbabietola rossa; “Colture adatte”, per le quali un'ombreggiatura moderata non ha quasi alcun effetto sulle rese (segale, orzo, avena, cavolo verde, colza, piselli, asparago, carota, ravanella, porro, sedano, finocchio, tabacco); “Colture mediamente adatte” ad es. cipolle, fagioli, cetrioli, zucchine; “Colture molto adatte”, ovvero colture per le quali l'ombreggiatura ha effetti positivi sulle rese quantitative come ad es. patata, luppolo, spinaci, insalata, fave.

Di tali aspetti è necessario tenere conto ove un'azienda agricola progetti di avviare la realizzazione di un sistema agrivoltaico. L'ottimizzazione contemporanea dell'ambito agricolo ed energetico è infatti, come già detto, fondamentale per la buona riuscita del progetto.

2.2 Caratteristiche e requisiti degli impianti agrivoltaici

Nella presente sezione sono trattati con maggior dettaglio gli aspetti e i requisiti che i sistemi agrivoltaici devono rispettare al fine di rispondere alla finalità generale per cui sono realizzati, ivi incluse quelle derivanti dal quadro normativo attuale in materia di incentivi.

Possono in particolare essere definiti i seguenti requisiti:

- **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;

⁷ 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.

Si ritiene dunque che:

- Il rispetto dei requisiti A, B è necessario per definire un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola come “agrivoltaico”. Per tali impianti dovrebbe inoltre previsto il rispetto del requisito D.2.
- Il rispetto dei requisiti A, B, C e D è necessario per soddisfare la definizione di “impianto agrivoltaico avanzato” e, in conformità a quanto stabilito dall’articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, classificare l’impianto come meritevole dell’accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche.
- Il rispetto dei A, B, C, D ed E sono pre-condizione per l’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 (cfr. Capitolo 4).

2.3 REQUISITO A: l’impianto rientra nella definizione di “agrivoltaico”

Il primo obiettivo nella progettazione dell’impianto agrivoltaico è senz’altro quello di creare le condizioni necessarie per non compromettere la continuità dell’attività agricola e pastorale, garantendo, al contempo, una sinergica ed efficiente produzione energetica.

Tale risultato si deve intendere raggiunto al ricorrere simultaneo di una serie di condizioni costruttive e spaziali. In particolare, sono identificati i seguenti parametri:

- A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione;
- A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola;

A.1 Superficie minima per l’attività agricola

Un parametro fondamentale ai fini della qualifica di un sistema agrivoltaico, richiamato anche dal decreto-legge 77/2021, è la continuità dell’attività agricola, atteso che la norma circoscrive le installazioni ai terreni a vocazione agricola.

Tale condizione si verifica laddove l’area oggetto di intervento è adibita, per tutta la vita tecnica dell’impianto agrivoltaico, alle coltivazioni agricole, alla floricoltura o al pascolo di bestiame, in una percentuale che la renda significativa rispetto al concetto di “continuità” dell’attività se confrontata con quella precedente all’installazione (caratteristica richiesta anche dal DL 77/2021)⁸.

Pertanto si dovrebbe garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico, S_{tot}) che **almeno il 70% della superficie sia destinata all’attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA).**

$$S_{agricola} \geq 0,7 \cdot S_{tot}$$

A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR)

⁸ Nel caso di terreni non precedentemente utilizzati si dovrebbe far riferimento a parametri medi della zona geografica di appartenenza.

Come già detto, un sistema agrivoltaico deve essere caratterizzato da configurazioni finalizzate a garantire la continuità dell'attività agricola: tale requisito può essere declinato in termini di "densità" o "porosità".

Per valutare la densità dell'applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione è possibile considerare indicatori quali la densità di potenza (MW/ha) o la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR).

Nella prima fase di sviluppo del fotovoltaico in Italia (dal 2010 al 2013) la densità di potenza media delle installazioni a terra risultava pari a circa 0,6 MW/ha, relativa a moduli fotovoltaici aventi densità di circa 8 m²/kW (ad. es. singoli moduli da 210 W per 1,7 m²). Tipicamente, considerando lo spazio tra le stringhe necessario ad evitare ombreggiamenti e favorire la circolazione d'aria, risulta una percentuale di superficie occupata dai moduli pari a circa il 50%.

L'evoluzione tecnologica ha reso disponibili moduli fino a 350-380 W (a parità di dimensioni), che consentirebbero, a parità di percentuale di occupazione del suolo (circa 50%), una densità di potenza di circa 1 MW/ha. Tuttavia, una ricognizione di un campione di impianti installati a terra (non agrivoltaici) in Italia nel 2019-2020 non ha evidenziato valori di densità di potenza significativamente superiori ai valori medi relativi al Conto Energia.

Una certa variabilità nella densità di potenza, unitamente al fatto che la definizione di una soglia per tale indicatore potrebbe limitare soluzioni tecnologicamente innovative in termini di efficienza dei moduli, suggerisce di optare per la percentuale di superficie occupata dai moduli di un impianto agrivoltaico.

Nella successiva tabella 4, si può notare la variabilità di questo fattore in funzione delle diverse configurazioni dei sistemi agrivoltaici esaminati. **Al fine di non limitare l'aggiunta di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti si ritiene opportuno adottare un limite massimo di LAOR del 40 %:**

$$LAOR \leq 40\%$$

La tabella di seguito riassume parametri di occupazione di suolo per diverse tipologie di installazioni fotovoltaiche.

Tabella 5 - Densità di potenza e occupazione di suolo per possibili installazioni fotovoltaiche a terra o con sistemi agrivoltaici

Tipologia di impianto	Colture	Densità potenza [MW/ha]	Potenza moduli [W]	Superficie singolo modulo [m ²]	Densità moduli [m ² /kW]	Superficie moduli [m ² /ha]	LAOR [%]
FTV a terra Conto Energia (moduli 210 W)		0,6	210	1,7	8,1	4.857	49%
FTV a terra 2020 (moduli 250 W)		0,7	250	1,7	6,8	4.857	49%
FTV a terra 2020 (moduli 350 W)		1,0	350	1,7	4,9	4.857	49%
Caso tipo Agrivoltaico 1 (LAOR 30%, moduli 250 W)		0,4	250	1,7	6,8	3.000	30%
Caso tipo Agrivoltaico 2 (LAOR 30%, moduli 350 W)		0,6	350	1,7	4,9	3.000	30%
Agrivoltaico Jinzhai 2016, 545 kW		0,3	330	1,9	5,9	1.951	20%
Agrivoltaico Virgilio 2011, 2,1 MW	grano invernale, mais	0,2	280	1,9	6,9	1.305	13%
Agrivoltaico Castelvetro 2011, 1,3 MW	grano invernale, mais	0,2	280	1,9	6,9	1.312	13%
Agrivoltaico Heggelbach 2016, 194 kW	grano invernale, patate, trifoglio, sedano rapa	0,6	270	1,7	6,2	3.540	35%
Agrivoltaico Nidoleres 2018, 2,2MW	vite	0,5	282	1,7	6,0	2.947	29%

Fonte: elaborazioni GSE

2.4 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

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

In particolare, dovrebbero essere verificate:

- B.1) la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento;
- B.2) la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa.

Per verificare il rispetto del requisito B.1, l'impianto dovrà inoltre dotarsi di un sistema per il monitoraggio dell'attività agricola rispettando, in parte, le specifiche indicate al requisito D.

B.1 Continuità dell'attività agricola

Gli elementi da valutare nel corso dell'esercizio dell'impianto, volti a comprovare la continuità dell'attività agricola, sono:

a) L'esistenza e la resa della coltivazione

Al fine di valutare statisticamente gli effetti dell'attività concorrente energetica e agricola è importante accertare la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di installazione di sistemi agrivoltaici. In particolare, tale aspetto può essere valutato tramite il valore della produzione agricola prevista sull'area

destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari successivi all'entrata in esercizio del sistema stesso espressa in €/ha o €/UBA (Unità di Bestiame Adulto), confrontandolo con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari antecedenti, a parità di indirizzo produttivo. In assenza di produzione agricola sull'area negli anni solari precedenti, si potrebbe fare riferimento alla produttività media della medesima produzione agricola nella zona geografica oggetto dell'installazione.

In alternativa è possibile monitorare il dato prevedendo la presenza di una zona di controllo che permetterebbe di produrre una stima della produzione sul terreno sotteso all'impianto.

b) Il mantenimento dell'indirizzo produttivo

Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Fermo restando, in ogni caso, il mantenimento di produzioni DOP o IGP. Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato a livello complessivo aziendale; la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell'ambito della Indagine RICA per tutte le aziende contabilizzate.

A titolo di esempio, un eventuale riconversione dell'attività agricola da un indirizzo intensivo (es. ortofloricoltura) ad uno molto più estensivo (es. seminativi o prati pascoli), o l'abbandono di attività caratterizzate da marchi DOP o DOPG, non soddisfano il criterio di mantenimento dell'indirizzo produttivo.

B.2 Producibilità elettrica minima

In base alle caratteristiche degli impianti agrivoltaici analizzati, si ritiene che, la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FV_{agri} in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard ($FV_{standard}$ in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60 % di quest'ultima:

$$FV_{agri} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$$

2.5 REQUISITO C: l'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra

La configurazione spaziale del sistema agrivoltaico, e segnatamente l'altezza minima di moduli da terra, influenza lo svolgimento delle attività agricole su tutta l'area occupata dall'impianto agrivoltaico o solo sulla porzione che risulti libera dai moduli fotovoltaici. Nel caso delle colture agricole, l'altezza minima dei moduli da terra condiziona la dimensione delle colture che possono essere impiegate (in termini di altezza), la scelta della tipologia di coltura in funzione del grado di compatibilità con l'ombreggiamento generato dai moduli, la possibilità di compiere tutte le attività legate alla coltivazione ed al raccolto. Le stesse considerazioni restano valide nel caso di attività zootecniche, considerato che il passaggio degli animali al di sotto dei moduli è condizionato dall'altezza dei moduli da terra (connettività).

In sintesi, l'area destinata a coltura oppure ad attività zootecniche può coincidere con l'intera area del sistema agrivoltaico oppure essere ridotta ad una parte di essa, per effetto delle scelte di configurazione spaziale dell'impianto agrivoltaico.

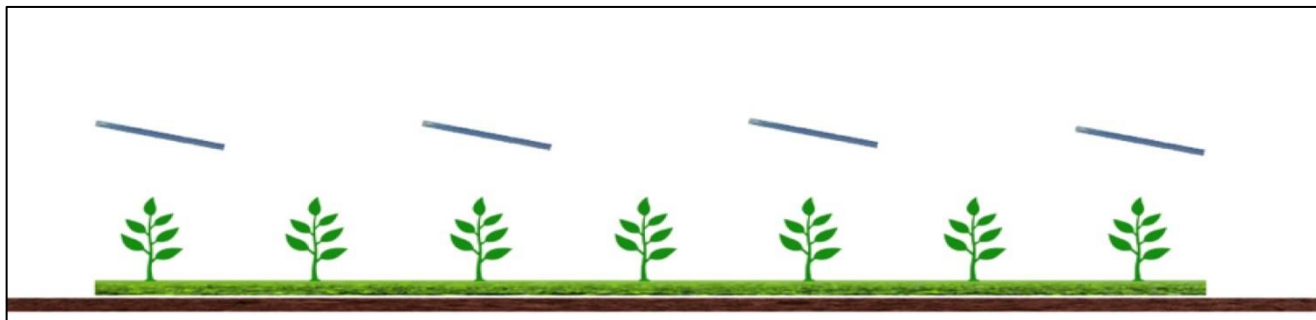
Nelle considerazioni a seguire si fa riferimento, per semplicità, al caso delle colture ma analoghe considerazioni possono essere condotte nel caso dell'uso della superficie del sistema agrivoltaico a fini zootecnici.

Si possono esemplificare i seguenti casi:

TIPO 1) l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto ai moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura, e cioè i moduli fotovoltaici svolgono una funzione sinergica alla coltura, che si può esplicare nella prestazione di protezione della coltura (da eccessivo soleggiamento,

grandine, etc.) compiuta dai moduli fotovoltaici. In questa condizione la superficie occupata dalle colture e quella del sistema agrivoltaico coincidono, fatti salvi gli elementi costruttivi dell'impianto che poggiano a terra e che inibiscono l'attività in zone circoscritte del suolo.

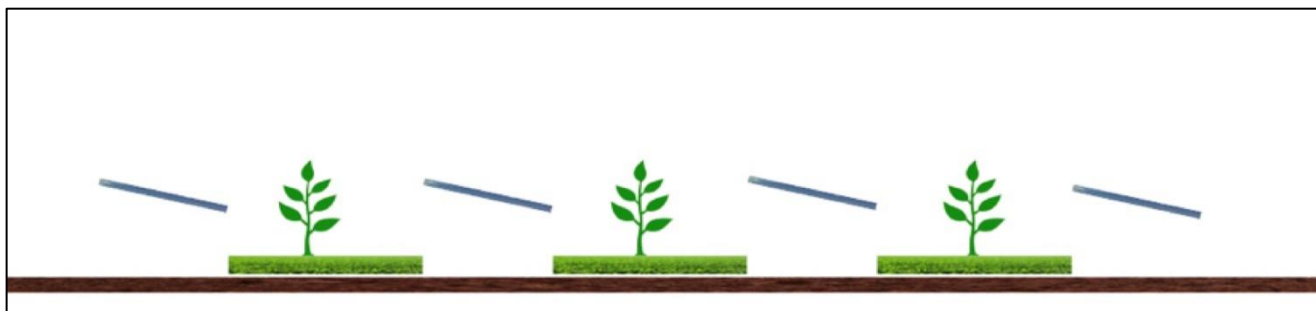
Figura 9 - Sistema agrivoltaico in cui la coltivazione avviene tra le file dei moduli fotovoltaici, e sotto a essi (TIPO 1).



Fonte: Alessandra Scognamiglio, ENEA

TIPO 2) l'altezza dei moduli da terra non è progettata in modo da consentire lo svolgimento delle attività agricole al di sotto dei moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un uso combinato del suolo, con un grado di integrazione tra l'impianto fotovoltaico e la coltura più basso rispetto al precedente (poiché i moduli fotovoltaici non svolgono alcuna funzione sinergica alla coltura).

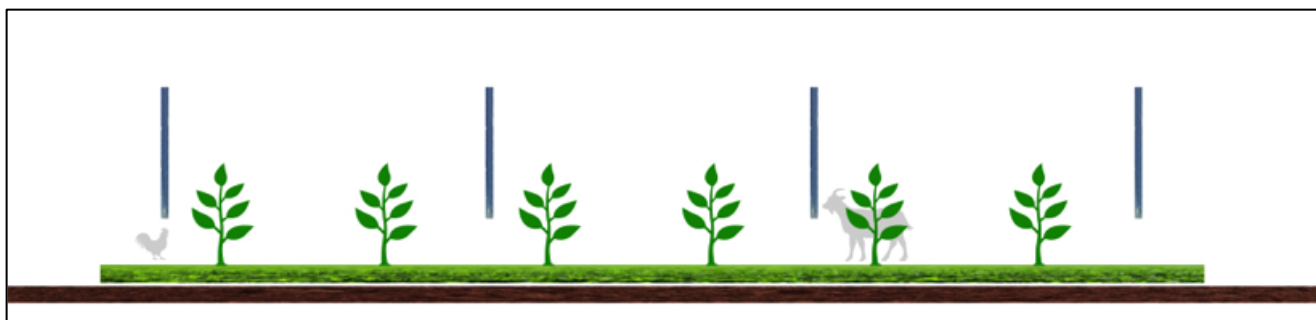
Figura 10 - Sistema agrivoltaico in cui la coltivazione avviene tra le file dei moduli fotovoltaici, e non al di sotto di essi (TIPO 2).



Fonte: Alessandra Scognamiglio, ENEA

TIPO 3) i moduli fotovoltaici sono disposti in posizione verticale (figura 11). L'altezza minima dei moduli da terra non incide significativamente sulle possibilità di coltivazione (se non per l'ombreggiamento in determinate ore del giorno), ma può influenzare il grado di connessione dell'area, e cioè il possibile passaggio degli animali, con implicazioni sull'uso dell'area per attività legate alla zootecnia. Per contro, l'integrazione tra l'impianto agrivoltaico e la coltura si può esplicare nella protezione della coltura compiuta dai moduli fotovoltaici che operano come barriere frangivento.

Figura 11 - Sistema agrivoltaico in cui i moduli fotovoltaici sono disposti verticalmente. La coltivazione avviene tra le file dei moduli fotovoltaici, l'altezza minima dei moduli da terra influenza il possibile passaggio di animali (TIPO 3).



Fonte: Alessandra Scognamiglio, ENEA

Per differenziare gli impianti fra il tipo 1) e il 2) l'altezza da terra dei moduli fotovoltaici è un parametro caratteristico.

In via teorica, determinare una soglia minima in termini di altezza dei moduli da terra permette infatti di assicurare che vi sia lo spazio sufficiente per lo svolgimento dell'attività agricola al di sotto dei moduli, e di limitare il consumo di suolo. Tuttavia, come già analizzato, vi possono essere configurazioni tridimensionali, nonché tecnologie e attività agricole adatte anche a impianti con moduli installati a distanze variabili da terra.

Considerata l'altezza minima dei moduli fotovoltaici su strutture fisse e l'altezza media dei moduli su strutture mobili, limitatamente alle configurazioni in cui l'attività agricola è svolta anche al di sotto dei moduli stessi, si possono fissare come valori di riferimento per rientrare nel tipo 1) e 3):

- 1,3 metri nel caso di attività zootecnica (altezza minima per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame);
- 2,1 metri nel caso di attività colturale (altezza minima per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione).

Si può concludere che:

- Gli impianti di tipo 1) e 3) sono identificabili come impianti agrivoltaici avanzati che rispondono al REQUISITO C.
- Gli impianti agrivoltaici di tipo 2), invece, non comportano alcuna integrazione fra la produzione energetica ed agricola, ma esclusivamente un uso combinato della porzione di suolo interessata.

2.6 REQUISITI D ed E: i sistemi di monitoraggio

I valori dei parametri tipici relativi al sistema agrivoltaico dovrebbero essere garantiti per tutta la vita tecnica dell'impianto.

L'attività di monitoraggio è quindi utile sia alla verifica dei parametri fondamentali, quali la continuità dell'attività agricola sull'area sottostante gli impianti, sia di parametri volti a rilevare effetti sui benefici concorrenti.

Gli esiti dell'attività di monitoraggio, con specifico riferimento alle misure di promozione degli impianti agrivoltaici innovativi citate in premessa, sono fondamentali per valutare gli effetti e l'efficacia delle misure stesse.

A tali scopi il DL 77/2021 ha previsto che, ai fini della fruizione di incentivi statali, sia installato un adeguato sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento alle seguenti condizioni di esercizio (REQUISITO D):

D.1) il risparmio idrico;

D.2) 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.

Nel seguito si riportano i parametri che dovrebbero essere oggetto di monitoraggio a tali fini.

In aggiunta a quanto sopra, al fine di valutare gli effetti delle realizzazioni agrivoltaiche, il PNRR prevede altresì il monitoraggio dei seguenti ulteriori parametri (REQUISITO E):

E.1) il recupero della fertilità del suolo;

E.2) il microclima;

E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.

Infine, per monitorare il buon funzionamento dell'impianto fotovoltaico e, dunque, in ultima analisi la virtuosità della produzione sinergica di energia e prodotti agricoli, è importante la misurazione della produzione di energia elettrica.

Di seguito una breve disamina di ciascuno dei predetti parametri e delle modalità con cui possono essere monitorati.

D.1 Monitoraggio del risparmio idrico

I sistemi agrivoltaici possono rappresentare importanti soluzioni per l'ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica, in quanto il fabbisogno di acqua può essere talvolta ridotto per effetto del maggior ombreggiamento del suolo. L'impianto agrivoltaico, inoltre, può costituire un efficace infrastruttura di recupero delle acque meteoriche che, se opportunamente dotato di sistemi di raccolta, possono essere riutilizzate immediatamente o successivamente a scopo irriguo, anche ad integrazione del sistema presente. È pertanto importante tenere in considerazione se il sistema agrivoltaico prevede specifiche soluzioni integrative che pongano attenzione all'efficientamento dell'uso dell'acqua (sistemi per il risparmio idrico e gestione acque di ruscellamento).

Il fabbisogno irriguo per l'attività agricola può essere soddisfatto attraverso:

- auto-provvigionamento: l'utilizzo di acqua può essere misurato dai volumi di acqua dei serbatoi/autobotti prelevati attraverso pompe in discontinuo o tramite misuratori posti su pozzi aziendali o punti di prelievo da corsi di acqua o bacini idrici, o tramite la conoscenza della portata concessa (l/s) presente sull'atto della concessione a derivare unitamente al tempo di funzionamento della pompa;
- servizio di irrigazione: l'utilizzo di acqua può essere misurato attraverso contatori/misuratori fiscali di portata in ingresso all'impianto dell'azienda agricola e sul by-pass dedicato all'irrigazione del sistema agrivoltaico, o anche tramite i dati presenti nel SIGRIAN;
- misto: il cui consumo di acqua può essere misurato attraverso la disposizione di entrambi i sistemi di misurazione suddetti

Al fine di monitorare l'uso della risorsa idrica a fini irrigui sarebbe, inoltre, necessario conoscere la situazione ex ante relativa ad aree limitrofe coltivate con la medesima coltura, in condizioni ordinarie di coltivazione e nel medesimo periodo, in modo da poter confrontare valori di fabbisogno irriguo di riferimento con quelli attuali e valutarne l'ottimizzazione e la valorizzazione, tramite l'utilizzo congiunto delle banche dati SIGRIAN e del database RICA. Le aziende agricole del campione RICA che ricadono nei distretti irrigui SIGRIAN possono considerarsi potenzialmente irrigate con acque consortile in quanto raggiungibili dalle infrastrutture irrigue consortili, quelle al di fuori irrigate in autoapprovvigionamento. Le miste sono individuate con un ulteriore livello di analisi dei dati RICA-SIGRIAN.

Nel caso in cui questi dati non fossero disponibili, si potrebbe effettuare nelle aziende irrigue (in presenza di impianto irriguo funzionante, in cui si ha un utilizzo di acqua potenzialmente misurabile tramite l'inserimento di contatori lungo la linea di adduzione) un confronto con gli utilizzi ottenuti in un'area adiacente priva del sistema agrivoltaico nel tempo, a parità di coltura, considerando però le difficoltà di valutazione relative alla variabile climatica (esposizione solare).

Nelle aziende con colture in asciutta, invece, il tema riguarderebbe solo l'analisi dell'efficienza d'uso dell'acqua piovana, il cui indice dovrebbe evidenziare un miglioramento conseguente la diminuzione dell'evapotraspirazione dovuta all'ombreggiamento causato dai sistemi agrivoltaici. Nelle aziende non irrigue il monitoraggio di questo elemento dovrebbe essere escluso.

Gli utilizzi idrici a fini irrigui sono quindi funzione del tipo di coltura, della tecnica colturale, degli apporti idrici naturali e dall'evapotraspirazione così come dalla tecnica di irrigazione, per cui per monitorare l'uso di questa risorsa bisogna tener conto che le variabili in gioco sono molteplici e non sempre prevedibili.

In generale le imprese agricole non misurano l'utilizzo irriguo nel caso di disponibilità di pozzi aziendali o di punti di prelievo da corsi d'acqua o bacini idrici (auto-provvigionamento), ma hanno determinate portate concesse dalla Regione o dalla Provincia a derivare sul corpo idrico a cui si aggiungono i costi energetici per il sollevamento dai pozzi o dai punti di prelievo.

Negli ultimi anni, in relazione alle politiche sulla condizionalità, il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali ha emanato, con Decreto Ministeriale del 31/07/2015, le "Linee Guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo", contenenti indicazioni tecniche per la quantificazione dei volumi prelevati/utilizzati a scopo irriguo. Queste includono delle norme tecniche contenenti

metodologie di stima dei volumi irrigui sia in auto-provvigionamento che per il servizio idrico di irrigazione laddove la misurazione non fosse tecnicamente ed economicamente possibile.

Nel citato decreto è indicato che riguardo l'obbligo di misurazione dell'auto-provvigionamento, le Regioni dovranno prevedere, in aggiunta a quanto già previsto dalle disposizioni regionali, anche in attuazione degli impegni previsti dalla eco-condizionalità (autorizzazione obbligatoria al prelievo), l'impostazione di banche dati apposite e individuare, insieme con il CREA, le modalità di registrazione e trasmissione di tali dati alla banca dati SIGRIAN.

Si ritiene quindi possibile fare riferimento a tale normativa per il monitoraggio del risparmio idrico, prevedendo aree dove sia effettuata la medesima coltura in assenza di un sistema agrivoltaico, al fine di poter effettuare una comparazione. Tali valutazioni possono essere svolte, ad esempio, tramite una relazione triennale redatta da parte del proponente.

D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola

Come riportato nei precedenti paragrafi, gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono:

1. l'esistenza e la resa della coltivazione;
2. il mantenimento dell'indirizzo produttivo;

Tale attività può essere effettuata attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza stabilita. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari).

Ai fini della concessione degli incentivi previsti per tali interventi, potrebbe essere redatto allo scopo una opportuna guida (o disciplinare), al fine di fornire puntuali indicazioni delle informazioni da asseverare. Fondamentali allo scopo sono comunque le caratteristiche di terzietà del soggetto in questione rispetto al titolare del progetto agrivoltaico.

Parte delle informazioni sopra richiamate sono già comprese nell'ambito del "fascicolo aziendale", previsto dalla normativa vigente per le imprese agricole che percepiscono contributi comunitari. All'interno di esso si colloca il Piano di coltivazione, che deve contenere la pianificazione dell'uso del suolo dell'intera azienda agricola. Il "Piano colturale aziendale o Piano di coltivazione", è stato introdotto con il DM 12 gennaio 2015 n. 162.

Inoltre, allo scopo di raccogliere i dati di monitoraggio necessari a valutare i risultati tecnici ed economici della coltivazione e dell'azienda agricola che realizza sistemi agrivoltaici, con la conseguente costruzione di strumenti di benchmark, le aziende agricole che realizzano impianti agrivoltaici dovrebbero aderire alla rilevazione con metodologia RICA, dando la loro disponibilità alla rilevazione dei dati sulla base della metodologia comunitaria consolidata. Le elaborazioni e le analisi dei dati potrebbero essere svolte dal CREA, in qualità di Agenzia di collegamento dell'Indagine comunitaria RICA.

E.1 Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo

Importante aspetto riguarda il recupero dei terreni non coltivati, che potrebbero essere restituiti all'attività agricola grazie alla incrementata redditività garantita dai sistemi agrivoltaici. È pertanto importante monitorare i casi in cui sia ripresa l'attività agricola su superfici agricole non utilizzate negli ultimi 5 anni⁹.

Il monitoraggio di tale aspetto può essere effettuato nell'ambito della relazione di cui al precedente punto, o tramite una dichiarazione del soggetto proponente.

⁹ La definizione di pascolo permanente prevista dall'art. 2 (2) (c) del reg. 1120/2009, interpreta come terreno agricolo un terreno che è, da almeno 5 anni, usato per la produzione di erba e altre piante erbacee da foraggio, anche se quel terreno è stato arato e seminato con un'altra varietà di pianta erbacea da foraggio diversa da quella precedente.

E.2 Monitoraggio del microclima

Il microclima presente nella zona ove viene svolta l'attività agricola è importante ai fini della sua conduzione efficace. Infatti, l'impatto di un impianto tecnologico fisso o parzialmente in movimento sulle colture sottostanti e limitrofe è di natura fisica: la sua presenza diminuisce la superficie utile per la coltivazione in ragione della palificazione, intercetta la luce, le precipitazioni e crea variazioni alla circolazione dell'aria.

L'insieme di questi elementi può causare una variazione del microclima locale che può alterare il normale sviluppo della pianta, favorire l'insorgere ed il diffondersi di fitopatie così come può mitigare gli effetti di eccessi termici estivi associati ad elevata radiazione solare determinando un beneficio per la pianta (effetto adattamento).

L'impatto cambia da coltura a coltura e in relazione a molteplici parametri tra cui le condizioni pedoclimatiche del sito.

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 potrebbe riguardare:

- 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 possono essere registrati, ad esempio, tramite una relazione triennale redatta da parte del proponente.

E.3 Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici

La produzione di elettricità da moduli fotovoltaici deve essere realizzata in condizioni che non pregiudichino l'erogazione dei servizi o le attività impattate da essi in ottica di cambiamenti climatici attuali o futuri.

Come stabilito nella circolare del 30 dicembre 2021, n. 32 recante “ Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Guida operativa per il rispetto del principio di non arrecare danno significativo all'ambiente (DNSH)”, dovrà essere prevista una valutazione del rischio ambientale e climatico attuale e futuro in relazione ad alluvioni, nevicate, innalzamento dei livelli dei mari, piogge intense, ecc. per individuare e implementare le necessarie misure di adattamento in linea con il Framework dell'Unione Europea. Dunque:

- in fase di progettazione: il progettista dovrebbe produrre una relazione recante l'analisi dei rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione, individuando le eventuali soluzioni di adattamento;
- in fase di monitoraggio: il soggetto erogatore degli eventuali incentivi verificherà l'attuazione delle soluzioni di adattamento climatico eventualmente individuate nella relazione di cui al punto precedente (ad esempio tramite la richiesta di documentazione, anche fotografica, della fase di cantiere e del manufatto finale).

PARTE III

3 ULTERIORI REQUISITI E CARATTERISTICHE PREMIALI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI

3.1 Premessa

Nei precedenti paragrafi ci si è soffermati sulla definizione dei requisiti che gli impianti agrivoltaici devono avere per definirsi tali. Dunque, anche ai fini dell'accesso agli incentivi.

D'altronde, il decreto legislativo n.199 del 2021 ha stabilito che per l'accesso ai contributi PNRR gli impianti dovranno essere realizzati in conformità alle predette disposizioni del decreto-legge 77/2021, ma che le condizioni per l'accesso ai contributi del PNRR saranno stabilite con un apposito decreto del Ministro della transizione ecologica.

Anche in tale ambito, potranno, dunque, essere definiti ulteriori requisiti, fattori premiali o criteri di selezione prioritaria.

A tal fine, vengono riportati nel seguito taluni spunti che potranno essere utilizzati in tal senso.

3.2 Caratteristiche del soggetto che realizza il progetto

Una delle opzioni da prendere in considerazione è quella di individuare un perimetro di soggetti che meglio si adattano a realizzare la produzione combinata di energia e prodotti agricoli. In tal senso possono essere considerati come possibili beneficiari, uno o più dei soggetti indicati nel seguito:

- **Soggetto A:** Impresa agricola (singola o associata), che realizza il progetto al fine di contenere i propri costi di produzione, utilizzando terreni agricoli di proprietà¹⁰. In tal caso, è ipotizzabile il mantenimento dell'attività agricola prevalente ai fini PAC. Ciò può essere accertato verificando che il fatturato dell'energia prodotta (che si configura come attività connessa, cioè complementare ed accessoria alla produzione agricola principale) non superi il valore della produzione agricola, affinché venga mantenuto lo status di imprenditore agricolo, nel rispetto della normativa vigente in tema di definizione della figura dell'imprenditore agricolo e delle attività agricole (D.lgs. 18 maggio 2001, n. 228 - Orientamento e modernizzazione del settore agricolo). L'azienda agricola sarà interessata a utilizzare quota parte dell'energia prodotta e potrà impegnarsi anche nella realizzazione di investimenti ulteriori e collegati all'agrivoltaico e che si avvantaggiano della produzione di energia (elettrificazione dei consumi) o utilizzano le strutture dei moduli fotovoltaici (solo a titolo di esempio: agricoltura di precisione, irrigazione di precisione, investimenti in celle frigorifere/sistemi di refrigerazione, impianti di riscaldamento delle serre).
- **Soggetto B:** Associazione Temporanea di Imprese (ATI), formata da imprese del settore energia e da una o più imprese agricole che, mediante specifico accordo, mettono a disposizione i propri terreni per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico. Le imprese agricole saranno interessate a utilizzare quota parte dell'energia elettrica prodotta per i propri cicli produttivi agricoli, anche tramite realizzazione di comunità energetiche. Anche in tal caso, come nel precedente, è ipotizzabile che gli imprenditori agricoli abbiano interesse a mantenere l'attività agricola prevalente ai fini PAC.

3.3 Applicazioni di agricoltura digitale e di precisione

L'applicazione dei moderni concetti di agricoltura di precisione, a seconda dell'ordinamento colturale e del livello tecnologico prescelto, può portare vantaggi sul piano produttivo ed ambientale non trascurabili.

¹⁰ È stato fatto esplicito riferimento alla proprietà in quanto il titolo di possesso del bene non dovrebbe essere cedibile. Questo accade con altri investimenti, dove vi sono vincoli di destinazione d'uso e inalienabilità del bene per un congruo periodo di tempo.

Tali aspetti sono, in particolare, legati alla precisa e puntuale somministrazione dei mezzi tecnici (prodotti fertilizzanti e trattamenti fitosanitari), permettendo la riduzione importante dei loro quantitativi, delle aree interessate alla loro distribuzione e quindi delle dispersioni in ambiente, oltre a miglioramenti quantitativi e qualitativi delle produzioni. A ciò possono aggiungersi ulteriori benefici legati alla tracciabilità e alle garanzie per il consumatore (es. blockchain).

La possibilità di somministrare quello che serve solo dove serve, alla giusta dose ed al momento migliore rappresenta infatti la miglior ottimizzazione del ciclo produttivo agricolo.

L'agricoltura di precisione può permettere una serie di vantaggi importanti in termini di:

- risparmi (economici e ambientali) in termini di fertilizzanti/antiparassitari rispetto alla gestione ordinaria,
- minor incidenza delle patologie per pronto rilevamento ed intervento sui patogeni,
- sistemi puntuali di rilevazione del grado di maturazione delle produzioni per intervenire con raccolte solo nei momenti caratterizzati dalle migliori performance quantitative ed organolettiche soprattutto per produzioni di nicchia o tipicità.

Ulteriori applicazioni dei concetti di agricoltura di precisione possono riguardare solo a titolo di esempio: irrigazione di precisione, celle frigorifere/sistemi di refrigerazione, impianti di riscaldamento delle serre. E' inoltre possibile inserire moduli finalizzati al monitoraggio puntuale e costante del ciclo produttivo con funzione di agevolare la pianificazione, la tempestività e la precisione delle operazioni.

Tali applicazioni possono essere favorite da una elettrificazione di consumi delle aziende agricole, e pertanto possono essere condotte in sinergia con la realizzazione di sistemi agrivoltaici, volti a migliorare la competitività delle imprese del settore.

3.4 Autoconsumo

Dall'analisi riportata al paragrafo 2.5, si ritiene che al fine di perseguire gli scopi previsti dal PNRR possano essere premiati i casi in cui l'impianto agrivoltaico copra almeno una percentuale minima dei consumi elettrici aziendali su base annua, verificata a progetto in base alle caratteristiche dei consumi dell'azienda agricola interessata.

Da valutare, come premiabili, anche i casi in cui la predetta percentuale sia aumentata grazie al ricorso a sistemi di accumulo.

3.5 Ulteriori indicatori per il miglioramento delle prestazioni di un sistema agrivoltaico e della qualità del suo sito di installazione

Si riporta di seguito una tabella che elenca alcuni ulteriori parametri di cui è possibile tenere conto a fini premiali e in aggiunta a quelli già descritti.

Tabella 6 – Ulteriori parametri per la caratterizzazione dei sistemi agrivoltaici, suddivisi per tipologia

Parametro	Indicatore	Verifica
OTTIMIZZAZIONE DELLE PRESTAZIONI DEL FOTOVOLTAICO		
Impiego di moduli ad alta efficienza	Densità di potenza (MW/ha) o soglia di efficienza dei moduli	Definizione di un valore minimo
Incremento dell'elettificazione dei consumi dell'azienda per massimizzare l'autoconsumo	Incremento della quota di energia autoconsumata rispetto all'energia prodotta	Verifica della presenza di soluzioni per l'elettificazione in fase progettuale e verifica dell'autoconsumo in esercizio
OTTIMIZZAZIONE DELLE PRESTAZIONI AGRICOLE		
Configurazioni spaziali dei moduli fotovoltaici studiate ad hoc per specifiche esigenze colturali	-	Verifica della relazione agronomica di accompagnamento del progetto
Impiego di moduli semitrasparenti	-	Verifica della presenza in fase progettuale
Impiego di dispositivi fotovoltaici spettralmente selettivi	-	Verifica della presenza in fase progettuale
Adozione di indirizzi produttivi economicamente più rilevanti e capaci di incrementare il fabbisogno di lavoro	Margine Operativo Lordo per unità di superficie aziendale (MOL/ha) e fabbisogno di lavoro complessivo (Unità di Lavoro aziendali)	Verifica della variazione ante e post operam
Adozione di soluzioni volte all'ottimizzazione della risorsa idrica (convogliatori, serbatoi, distributori localizzati, sistemi di automazione e combinazioni applicabili)	Valutazione del supporto al fabbisogno idrico della coltura/eventi meteorici/localizzazione della risorsa.	Verifica della riduzione del quantitativo di acqua da prelevare dalle reti irrigue e verifica dell'efficienza nell'utilizzo della risorsa idrica es. l/kg produzione
MIGLIORAMENTO DELLE QUALITA' ECOSISTEMICHE DEI SITI		
Impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della biodiversità dei siti	Riduzione o eliminazione dell'uso di pesticidi e fertilizzanti; percentuale del sito coperto da specie selvatiche; percentuale del sito coperto da specie native; numero di specie diverse utilizzate; numero di stagioni con fioritura di almeno tre specie; esistenza di un contratto per la gestione di eventuali impollinatori; ecc.	Verifica della relazione agronomica di accompagnamento del progetto
Impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della qualità dei suoli	La qualità biologica del suolo può essere definita come la "capacità del suolo di mantenere la propria funzionalità per sostenere la produttività biologica, di mantenere la qualità dell'ecosistema e di promuovere la salute di piante ed animali"	Verifica della relazione agronomica di accompagnamento del progetto Confronto tra indice QBS-ar ex-ante ed ex-post
Attenzione all'integrazione paesaggistica dei sistemi agrivoltaici	-	Verifica della presenza in fase progettuale

PARTE IV

4 ANALISI DEI COSTI DI INVESTIMENTO

4.1 Analisi dei costi di impianti agrivoltaici e sovra costi medi rispetto alle soluzioni tecnologiche convenzionali

4.1.1 Analisi dei costi di investimento per l'impianto agrivoltaico

Le spese di investimento connesse alla realizzazione di un impianto agrivoltaico sono connesse generalmente alle seguenti categorie:

- moduli fotovoltaici;
- inverter;
- strutture fisse o ad inseguimento solare per il montaggio dei moduli;
- componentistica elettrica (organi di manovra e protezione, cavi, cavidotti, quadri elettrici, cabine elettriche di campo, trasformatori, sensori elettrici e meteorologici, ...);
- progettazione, direzione lavori, collaudi, opere per la sicurezza, ;
- preparazione del sito di installazione e posa in opera;
- recinzione;
- connessione alla rete.

A differenza di altri impianti fotovoltaici, nel caso di sistemi agrivoltaici non sono disponibili database strutturati sui costi di investimento, essendo i sistemi realizzati poco numerosi e avendo buona parte di essi carattere per lo più sperimentale. Si è fatto riferimento pertanto principalmente a dati di letteratura relativi a casistiche che in prima approssimazione si possono considerare virtuose in termini di caratteristiche tecniche e sinergia con l'attività agricola. Si segnalano in particolare alcune pubblicazioni del Fraunhofer Institute^{11,12}. Si fa presente che i dati di costo riportati dal Fraunhofer Institute, relativi principalmente alla realizzazione dell'impianto sperimentale di Heggelbach, derivano, per i singoli componenti di impianto dall'esecuzione di procedure di gara, e rappresentano pertanto dei riferimenti attendibili di costo.

Con riferimento ai costi di investimento, si analizzeranno per semplicità due macro-tipologie di sistemi agrivoltaici: in primo luogo quelli relativi a colture seminate quali orzo, mais, frumento ecc., caratterizzati da strutture di montaggio con elevata altezza dal suolo, circa 4-6 m, tale da consentire il passaggio di mezzi agricoli nello spazio sottostante ai moduli; in secondo luogo quelli relativi a colture permanenti/speciali, quali vite, frutti di bosco, ortaggi ecc., con strutture di montaggio più basse, circa 2-3 m.

In merito alla taglia di impianto, i valori di seguito riportati si riferiscono a impianti della taglia di circa 1 MW, e possono ritenersi rappresentativi di un intervallo stimato in circa 750 kW- 5 MW. Si evidenzia che tuttavia non sono disponibili dati in tal senso, anche data l'esiguità delle realizzazioni di elevate dimensioni. Alcune stime preliminari indicherebbero per sistemi oltre 10 MW costi di investimento non superiori a 800 €/kW, pertanto verosimilmente realizzabili senza sostegno. Si riportano di seguito i dati di costo dei due tipi di sistemi agrivoltaici (per colture seminate e permanenti), di taglia 1 MW, con relativo breakdown nelle principali voci di costo in confronto con omologhi impianti tradizionali a terra.

Le principali voci di costo per cui risultano importanti differenze sono le strutture di montaggio che a partire da 65 €/kW degli impianti a terra arrivano a 320-600 €/kW per sistemi a colture seminate a 130-220 €/kW per colture permanenti; si hanno poi la preparazione del sito e l'installazione, che da 150 €/kW di installazioni tradizionali giungono a 300 €/kW per sistemi a colture seminate (realizzazione fondazioni, posa cavi in profondità, strade), e i

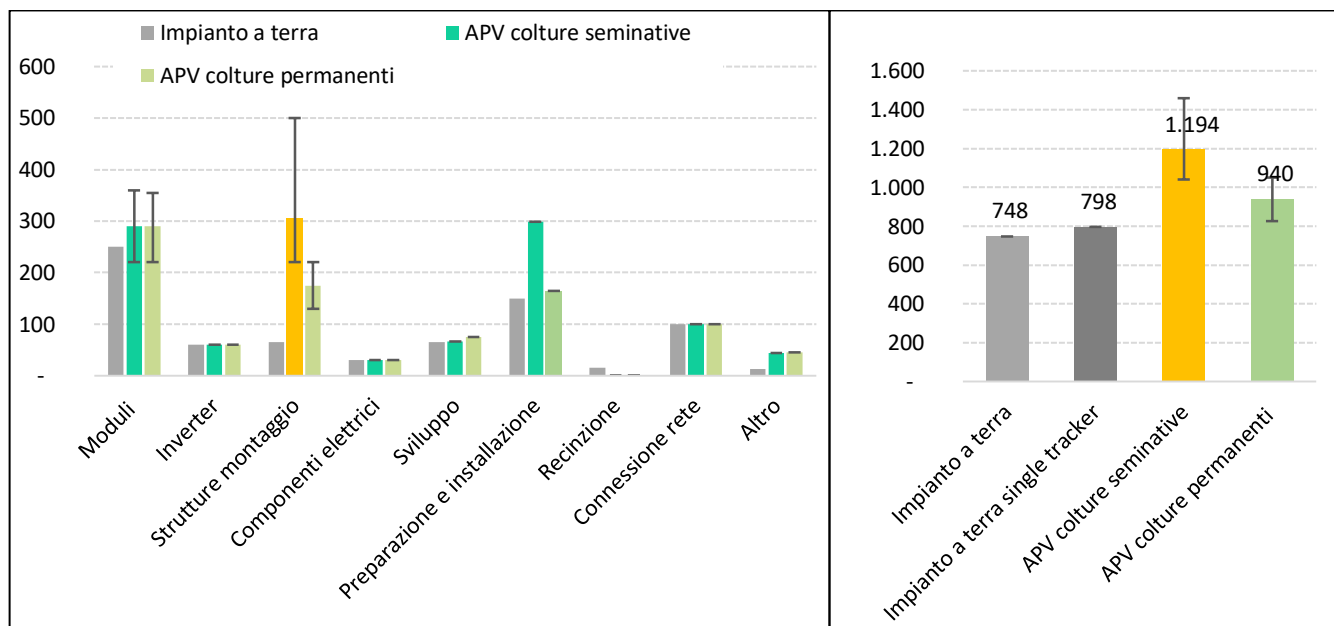
¹¹ Schindele et al., *Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications*, Applied Energy, 2020

¹² <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/APV-Guideline.pdf>

moduli, che da 220 €/kW della tecnologia tradizionale giungono a circa 350 €/kW nel caso si considerino moduli bifacciali vetro-vetro, che consentono anche di limitare la riduzione dell'irraggiamento a terra, favorendo l'attività agricola. I valori medi riportati si riferiscono a strutture alte rispettivamente 5 e 3 metri, per sistemi su colture seminate e permanenti.

Complessivamente, a partire dai circa 750 €/kW per gli impianti di tipo tradizionale (800 €/kW con inseguimento monoassiale, *single tracker*) si arriva a circa 1.200 €/kW per sistemi a colture seminate (con variabilità di circa 375 €/kW) e 950 €/kW per sistemi a colture permanenti (con variabilità di circa 270 €/kW). Mediamente si ha dunque, rispetto a un impianto tradizionale, un incremento del 60% per un sistema a colture seminate, e del 25% nel caso di un sistema a colture permanenti.

Figura 12 - Costi di investimento [€/kW] di diverse tipologie di sistemi agrivoltaici di taglia 1 MW, con relativo breakdown, in confronto con omologhi impianti fotovoltaici a terra.



Fonte: elaborazioni GSE

4.1.2 Costi di O&M dei sistemi agrivoltaici

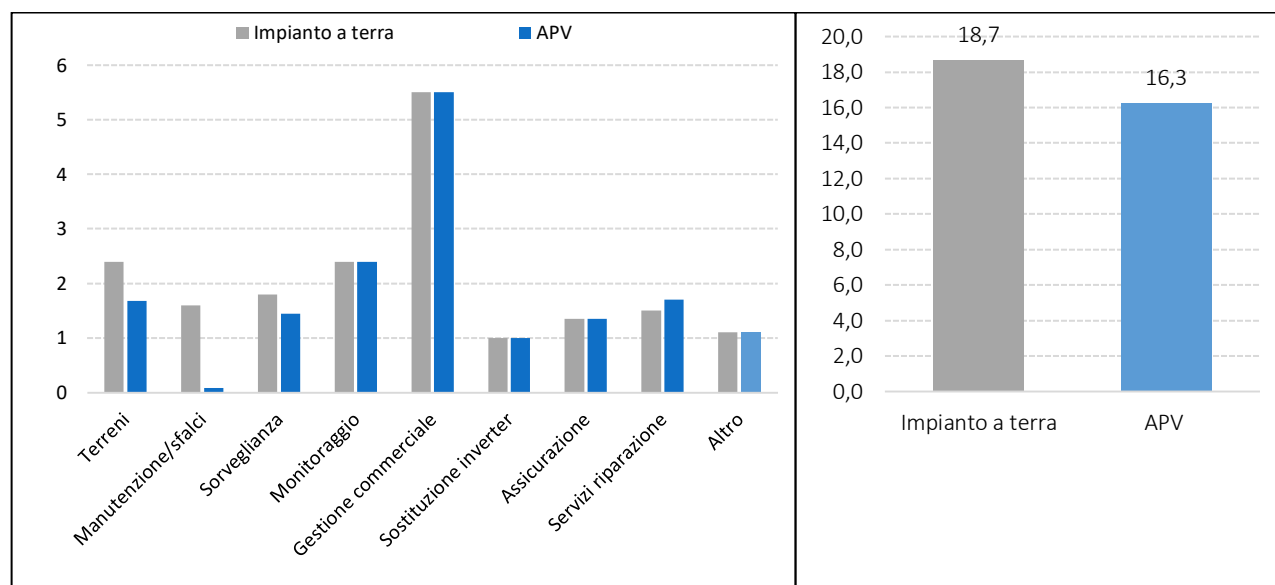
Si riportano di seguito i dati di costo di O&M di un sistema agrivoltaico di taglia 1 MW, con relativo breakdown nelle principali voci di costo in confronto con omologhi impianti tradizionali a terra.

Per la maggior parte delle voci di costo non risultano significative differenze, salvo una riduzione, nel caso dell'agrivoltaico per i costi dei terreni e per gli sfalci (essendo questi ultimi non necessari, data l'attività agricola), solo parzialmente compensati dall'aumento dei costi per i servizi di riparazione, dovuti ai possibili danni all'impianto derivanti dall'esercizio dei mezzi agricoli¹³.

Mediamente si ha per un sistema agrivoltaico una riduzione del costo di O&M del 13% rispetto a un impianto tradizionale.

¹³ Schindele et al., Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications, Applied Energy, 2020

Figura 13- Costi di O&M [€/kW] di un sistema agrivoltaico di taglia 1 MW, con relativo breakdown, in confronto con un omologo impianto fotovoltaico a terra.



Fonte: elaborazioni GSE

4.1.3 Costo di generazione (LCOE) dei sistemi agrivoltaici

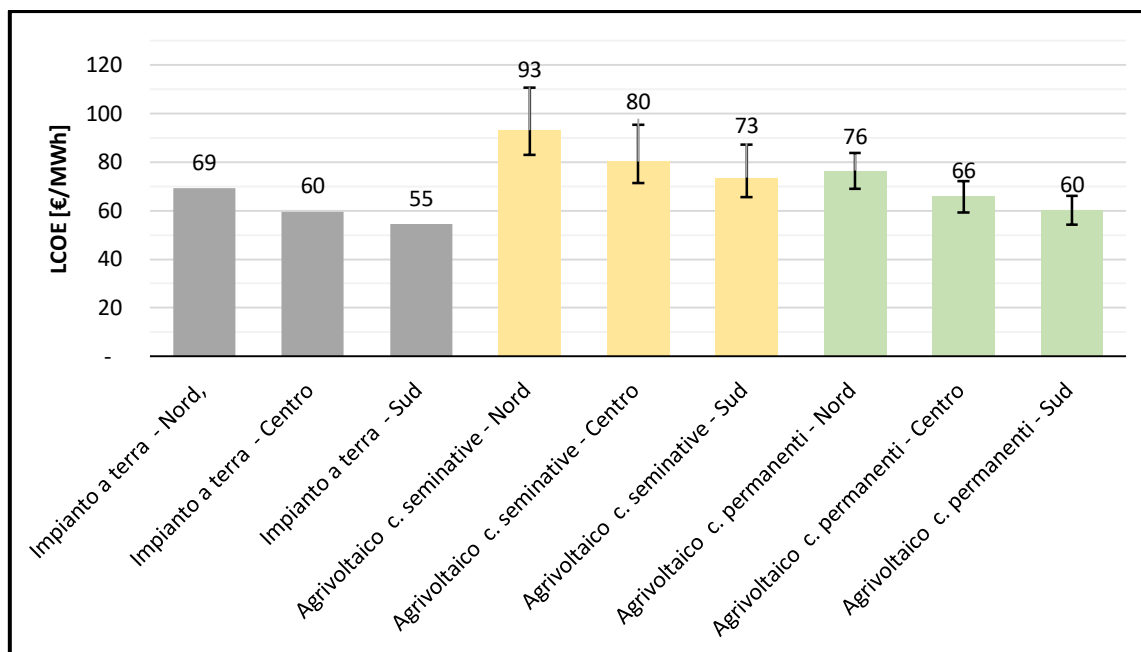
A partire dai costi di investimento e di O&M sopra riportati, si è calcolato il costo livellato di generazione (LCOE) delle due tipologie di sistemi agrivoltaici (colture seminate e permanenti), in confronto con omologhi impianti a terra (si sono considerati a tal fine impianti a terra con inseguimento monoassiale). Tra le principali assunzioni alla base dei business plan simulati:

- sistemi con tracking monoassiale orizzontale (sia per impianti a terra che per sistemi agrivoltaici), cui corrisponde un incremento di producibilità mediamente intorno al 15% rispetto a strutture fisse. Utilizzando il DB di irraggiamento "COSMO", risultano rispettivamente 1.273, 1.478 e 1.614 ore equivalenti nette nelle zone Nord, Centro e Sud;
- perdite tecniche complessivamente pari al 13%;
- decadimento producibilità: 0,25%/anno;
- vita utile: 20 anni;
- WACC (weighted average cost of capitale) per l'attualizzazione: 6%;
- range di variabilità dei costi di investimento dei sistemi agrivoltaici sopra riportati.

Complessivamente, a partire dai 55-69 €/MWh di impianti con tracking monoassiale a terra, risulta un range 73-93 €/MWh per sistemi agrivoltaici a colture seminate e 60-76 €/MWh per sistemi a colture permanenti. A tali valori si aggiunge una variabilità di circa 25 €/MWh per sistemi a colture seminate e 15 €/MWh per sistemi a colture permanenti in ragione dei possibili range di variabilità dei costi di investimento.

Si osservi dunque che, mentre per sistemi a colture seminate, la differenza di costo con impianti a terra è piuttosto rilevante (mediamente intorno al 35%), per sistemi su colture permanenti è piuttosto moderata (10%).

Figura 14 - Costi di generazione [€/MWh] di diverse tipologie di sistemi agrivoltaici di taglia 1 MW, in confronto con omologhi impianti fotovoltaici a terra, al variare dell'ubicazione geografica e con indicazione della variabilità rispetto ai costi di investimento (barre)



Fonte: elaborazioni GSE

4.2 Costi del sistema di monitoraggio

4.2.1 Costi del monitoraggio della produzione elettrica

Per il sistema di monitoraggio della produzione energia elettrica da impianto agrivoltaico, come valutato al paragrafo 3.3, non sono rinvenibili extra-costi rispetto a quelli connessi al monitoraggio elettrico di un impianto fotovoltaico. Tale sistema di monitoraggio prevede infatti la raccolta di dati già ampiamente condivisi in tempo reale da migliaia di impianti sul territorio nazionale attraverso un portale gestito da GSE.

4.2.2 Costi del monitoraggio della continuità dell'attività agricola sottostante l'impianto

Il costo delle relazioni asseverate periodiche eseguite da un agronomo terzo si può considerare ipoteticamente composto da una tariffa fissa e una tariffa variabile. La tariffa fissa risponde alla esecuzione delle verifiche di ordine amministrativo (verifica documentazione, rilascio dichiarazione di conformità, ecc.), mentre la tariffa variabile è determinata in funzione della classe di "complessità agronomica" attribuita alla coltivazione (seminativi, foraggiere e colture arboree) ed è commisurata all'estensione delle superfici da controllare.

Effettuando un parallelismo con le certificazioni legate alle attività di agricoltura biologica (svolte ad esempio da ICEA), si stima la tariffa fissa compresa tra 100 e 300€, mentre la tariffa variabile può essere stimata tra 20 e 50 € per ettaro della S_{tot} .

4.2.3 Costi del monitoraggio degli effetti dell'attività concorrente energetica e agricola

1. Microclima

Per quanto riguarda il monitoraggio della temperatura e dell'umidità, nonché della velocità del vento, come descritto al paragrafo 3.5, si riporta di seguito una sintetica valutazione delle voci di costo stimate:

- 2.500 € per l'acquisto delle PT100, dell'igrometro e dell'anemometro;
- 2.500 € per l'acquisto del sistema di acquisizione e trasmissione dati;
- 2.000 € per l'installazione, inclusa la fornitura dei necessari supporti, e l'avvio del sistema di monitoraggio.

2. *Risparmio idrico*

I costi relativi sono inclusi in quelli per la redazione della relazione di cui al paragrafo 3.5

3. *Recupero della fertilità del suolo*

I costi relativi sono inclusi in quelli per la redazione della relazione di cui al paragrafo 3.5

4. *Resilienza ai cambiamenti climatici*

I costi relativi sono inclusi in quelli per la redazione della relazione di cui al paragrafo 3.5

5. *Produttività agricola per le diverse tipi di colture*

Si ritiene che i dati per la redazione della relazione di cui al paragrafo 3.5 siano parzialmente già rilevati a livello aziendale nell'ambito del normale monitoraggio dell'attività agricola, pertanto i costi relativi alla redazione della relazione possono essere fissati pari a un massimo di 20.000 €/anno.

Bibliografia

- Agri-Photovoltaik, Stand und offene Fragen. Scharf, Grieb, Fritz, 2021 https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstoffpflanzen/dateien/tfz_bericht_73_agri-pv.pdf;
- Agrivoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition 2020 a guideline for Germany <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/APV-Guideline.pdf>;
- Arzeni A. (a cura di) 2021. Le aziende agricole in Italia. Risultati economici e produttivi, caratteristiche strutturali, sociali ed ambientali. Rapporto RICA 2021 – Periodo 2016-2019. CREA – Centro di politiche e bioeconomia/RICA. Roma. ISBN 9788833851396;
- BayWa r.e. <https://www.baywa-re.com/en/solar-projects/agri-pv>;
- Briamonte L., Cesaro L., Scardera A., (a cura di) 2022. Current use and new perspectives for the Farm Accountancy Data Network. Rivista di Economia Agro-Alimentare Food Economy Volume 23, No. 3. Franco Angeli Edizioni;
- CEI 0-16 “Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica”;
- CEI 0-21 “Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica”;
- CEI Guida 82-25 “Guida alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica”;
- Comunità agricola di Heggelbach, 2016, <http://www.ise.solar-monitoring.de/system.php%3fsystem%3dapvh%26untersystem%3d0%26date%3d2017%e2%80%9303%26lang%3dde>;
- Cristiano S., Carta V., Macaluso D., Proietti P., Scardera A., Giampaolo A., Varia F. (2020). L’utilizzo della RICA per l’analisi delle performance aziendali delle imprese innovative: uno studio pilota. Rete Rurale Nazionale. CREA. Roma. ISBN 9788833850993;
- Eurostat, Consumi energetici, 2019;
- Gallucci F. Colantoni A. e altri “Linee Guida per l’applicazione agro-fotovoltaico in Italia”, 2021, ISBN: 978-88-903361-4-0;
- IRENA (2021), Renewable Power Generation Costs in 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi; ISBN 978-92-9260-348-9;
- ISTAT, Classificazione delle imprese agricole per superficie, anno di osservazione 2016;
- Mipaaf – Rete Rurale Nazionale “L’Italia e la PAC post 2020 Policy Brief 4 OS 4: Contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici e all’adattamento a essi, come pure allo sviluppo dell’energia sostenibile” (2020) https://www.reterurale.it/PAC_2023_27/PolicyBrief;
- MiPAAF – Rete Rurale Nazionale Verso la Strategia Nazionale per un sistema Agricolo, Alimentare e Forestale Sostenibile e Inclusivo. (2020) <https://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeAttachment.php/L/IT/D/9%252Fc%252F6%252FD.f872fdef9e927bd50a31/P/BLOB%3AID%3D23075/E/pdf>
- MiSE, Quota di consumi elettrici, 2018;
- Regolamento (CE) N. 1217/2009 del Consiglio del 30 novembre 2009, relativo all’istituzione di una rete d’informazione contabile agricola sui redditi e sull’economia delle aziende agricole nell’Unione europea.
- Regolamento di esecuzione (UE) 2015/220 della Commissione del 3 febbraio 2015, recante modalità di applicazione del regolamento (CE) n. 1217/2009 del Consiglio relativo all’istituzione di una rete d’informazione contabile agricola sui redditi e sull’economia delle aziende agricole nell’Unione europea.

- Regolamento di esecuzione (UE) 2018/1874 della Commissione del 29 novembre 2018, sui dati da presentare per l'anno 2020 a norma del regolamento (UE) 2018/1091 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo alle statistiche integrate sulle aziende agricole e che abroga i regolamenti (CE) n. 1166/2008 e (UE) n. 1337/2011, per quanto riguarda l'elenco delle variabili e la loro descrizione.
- Rete di Informazione Contabile Agricola Sito di riferimento <https://rica.crea.gov.it/> -
- Schindele et al., Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications, Applied Energy, 2020 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626192030249X>;
- SolarPower Europe (2021): Agrisolar Best Practices Guidelines Version 1.0;
- Toledo, Carlos, and Alessandra Scognamiglio. 2021. "Agrivoltaic Systems Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns)" Sustainability 13, no. 12: 6871. <https://doi.org/10.3390/su13126871>;
- <https://www.gse.it/servizi-per-te/servizi-digitali-integrati/piattaforma-performance-impianti>;
- <https://remtec.energy/agrovoltaico>;

Immagine di copertina: Alessandra Scognamiglio, "Photovoltaic landscapes": Design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 55, 2016, Pages 629-661, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.072>.

