

---

# LINEE GUIDA

## PER L'APPLICAZIONE DELL'AGRO-FOTOVOLTAICO IN ITALIA

Andrea Colantoni<sup>1\*</sup>, Giuseppe Colla<sup>1</sup>, Massimo Cecchini<sup>1</sup>, Danilo Monarca<sup>1</sup>, Roberto Ruggeri<sup>1</sup>, Francesco Rossini<sup>1</sup>, Alvaro Marucci<sup>1</sup>, Umberto Bernabucci<sup>1</sup>, Raffaele Cortignani<sup>1</sup>, Nicoletta Ripa<sup>1</sup>, Riccardo Primi<sup>1</sup>, Valerio Di Stefano<sup>1</sup>, Leonardo Bianchini<sup>1</sup>, Riccardo Alemanno<sup>1</sup>, Stefano Speranza<sup>1</sup>, Pierpaolo Danieli<sup>1</sup>, Enrico M. Mosconi<sup>1</sup>, Antonio Parenti<sup>2</sup>, Ettore Guerriero<sup>6</sup>, Marco Berardo Di Stefano<sup>2</sup>, Roberta Papili<sup>2</sup>, Donato Rotundo<sup>2</sup>, Miriam Di Blasi<sup>3</sup>, Lanfranco Di Campello<sup>3</sup>, Pierpaolo Ventura<sup>3</sup>, Andrea Riberti<sup>3</sup>, Francesco Gallucci<sup>4</sup>, Maurizio Manenti<sup>5</sup>, Michela Demofonti<sup>7</sup>, Laura Onnis<sup>7</sup>, Mariangela Lancellotta<sup>8</sup>, Gianluca Egidi<sup>9</sup>, Mauro Uniformi<sup>10</sup>

<sup>1</sup> UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA - DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE E FORESTALI

<sup>2</sup> CONFAGRICOLTURA

<sup>3</sup> ENEL GREEN POWER

<sup>4</sup> CONSIGLIO PER LA RICERCA IN AGRICOLTURA E L'ANALISI DELL'ECONOMIA AGRARIA

<sup>5</sup> SOLARFIELDS

<sup>6</sup> CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

<sup>7</sup> EF SOLARE ITALIA

<sup>8</sup> LE GREENHOUSE

<sup>9</sup> S.E.A TUSCIA S.R.L.

<sup>10</sup> CONAF

### ABSTRACT

I sistemi agro-fotovoltaici costituiscono un approccio strategico e innovativo per combinare il solare fotovoltaico (FV) con la produzione agricola e/o l'allevamento zootecnico e per il recupero delle aree marginali. La sinergia tra modelli di agricoltura 4.0 e l'installazione di pannelli fotovoltaici di ultima generazione potrà garantire una serie di vantaggi a partire dall'ottimizzazione del raccolto e della produzione zootecnica, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, con conseguente aumento della redditività e dell'occupazione. La Missione 2, Componente 2, del PNRR ha come obiettivo principale l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura-produzione di energia che non compromettano l'utilizzo

Attività svolta nell'ambito del progetto MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, Legge 232/2016, Dipartimento di eccellenza) del Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali dal titolo "Sostenibilità dei sistemi Agrari e Forestali in ambiente Mediterraneo in un contesto di cambiamento globale (global change)" acr. SAFE-Med.

All'interno del SAFE-Med, l'attività di ricerca è stata svolta dal Work Package n. 3: Innovazioni nei settori agrario e forestale per la sostenibilità energetica, Ref. Prof. Andrea Colantoni – colantoni@unitus.it

Copyright©2021 by Univeristà degli Studi della Tuscia

VERSIONE 1

dei terreni dedicati all'agricoltura, ma contribuiscano alla sostenibilità ambientale ed economica delle aziende coinvolte. Il piano nazionale mira alla produzione di energia rinnovabile in maniera sostenibile e in armonia con il territorio, puntando all'impiego di mezzi agricoli elettrici. La presente linea guida, vuole essere di supporto tecnico per comprendere i fattori che agiscono sulla scelta della coltura e/o del sistema di allevamento in funzione del design impiantistico dell'impianto fotovoltaico, in quanto ad oggi l'investimento di un impianto agro-fotovoltaico risulta più costoso di un impianto fotovoltaico a terra se non si considerano due variabili principali: i) tipologia di pannello da inserire (altezza da terra, caratteristiche, inseguitore, ecc.); ii) tipo di coltura da utilizzare comprensivo di una meccanizzazione sostenibile e idonea al design, al mantenimento e alle cure fitosanitarie.

**Keywords:** agro-fotovoltaico, colture agrarie, environmental law, green deal, agricoltura 4.0, energie rinnovabili

ENTI PUBBLICI E PRIVATI CHE HANNO PARTECIPATO ALLA REDAZIONE DELLE LINEE GUIDA



|                                                                                            |           |                                                         |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUZIONE</b>                                                                     | <b>2</b>  | <b>5.4 CAMPIONAMENTO DEL SUOLO</b>                      | <b>24</b> |
| <b>2. OBIETTIVI</b>                                                                        | <b>5</b>  | <b>5.5 PARAMETRI CHIAVE PER LA SCELTA DELLE COLTURE</b> | <b>24</b> |
| <b>3. CONTESTO NORMATIVO</b>                                                               | <b>6</b>  | <b>5.6 SPERIMENTAZIONE SULLE PARCELLE</b>               | <b>26</b> |
| <b>3.1 IL D.L. 77/2021 E LA DEFINIZIONE DI AGROFOTOVOLTAICO</b>                            | <b>8</b>  | <b>5.7 GESTIONE DELLE ATTIVITÀ E IMPLEMENTAZIONE</b>    | <b>26</b> |
| <b>3.2 IL REGIME FISCALE DELL'AGRO-FOTOVOLTAICO</b>                                        | <b>10</b> | <b>5.8 MECCANIZZAZIONE</b>                              | <b>27</b> |
| <b>4. DESCRIZIONE DEL SITO</b>                                                             | <b>12</b> | <b>6. MONITORAGGIO DELLE PROVE SPERIMENTALI</b>         | <b>29</b> |
| <b>4.1 LAYOUT DELL'AREA</b>                                                                | <b>12</b> | <b>6.1 MONITORAGGIO IN SITU</b>                         | <b>29</b> |
| <b>4.2 ASPETTI CLIMATICI</b>                                                               | <b>12</b> | <b>6.2 KEY PERFORMANCE INDICATORS</b>                   | <b>29</b> |
| <b>4.3 ASPETTI AMBIENTALI</b>                                                              | <b>13</b> | <b>7. ASPETTI SOCIO-ECONOMICI E POLITICI</b>            | <b>31</b> |
| <b>4.3.1 METODO QBS-AR (QUALITÀ BIOLOGICA DEL SUOLO – ARTROPODI)</b>                       | <b>17</b> | <b>7.1 MISURE PREVISTE PER LA FOCUS AREA 5C</b>         | <b>31</b> |
| <b>4.3.2 DISPONIBILITÀ DI ACQUA</b>                                                        | <b>18</b> | <b>7.2 MISURA.SOTTOMISURA.OPERAZIONE 4.1.4</b>          | <b>32</b> |
| <b>4.3.3 VINCOLI E RESTRIZIONI DELL'AREA</b>                                               | <b>18</b> | <b>7.3 MISURA.SOTTOMISURA.OPERAZIONE 6.4.2</b>          | <b>33</b> |
| <b>4.3.4 AREE IDONEE E NON IDONEE – D.M. 10 SETTEMBRE 2010</b>                             | <b>18</b> | <b>7.4 MISURA.SOTTOMISURA.OPERAZIONE 7.2.2</b>          | <b>34</b> |
| <b>5. DESIGN SPERIMENTALE</b>                                                              | <b>22</b> | <b>7.5 ASPETTI SOCIALI</b>                              | <b>36</b> |
| <b>5.1 LAND EQUIVALENT RATIO (LER)</b>                                                     | <b>22</b> | <b>8. CASI STUDIO</b>                                   | <b>37</b> |
| <b>5.2 PROGETTAZIONE DELLE SOLUZIONI</b>                                                   | <b>22</b> | <b>8.1 L'ESPERIENZA DI EF SOLARE ITALIA</b>             | <b>37</b> |
| <b>5.3 POSSIBILI BENEFICI DELL'INTRODUZIONE DEL AGROFOTOVOLTAICO NEI SISTEMI CULTURALI</b> | <b>23</b> | <b>8.1 LE SPERIMENTAZIONI DI ENEL GREEN POWER</b>       | <b>41</b> |
|                                                                                            |           | <b>8.2 L'ESPERIENZA DI SOLARFIELD S.R.L.</b>            | <b>43</b> |
|                                                                                            |           | <b>BIBLIOGRAFIA</b>                                     | <b>45</b> |



# 1. INTRODUZIONE

Il fotovoltaico rappresenta oggi la soluzione più semplice ed economica per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Lo stato dell'arte può essere sintetizzato come di seguito:

- per gli impianti fotovoltaici a terra su suolo agricolo non sussistono più supporti pubblici alla produzione di energia ma il costo per unità di potenza installata è sensibilmente diminuito. Questo fattore può essere considerato come la maggiore spinta verso l'installazione di nuovi impianti;
- l'orientamento attuale per gli impianti a terra fa osservare una ricerca continua di appezzamenti di terreno per l'installazione di grandi impianti anche su aree agricole;
- naturalmente si tratta di fondi agricoli non sottoposti a vincoli paesaggistici, idrogeologici, ecc. La richiesta di superfici di terreni per grandi impianti non necessariamente implica un ruolo attivo degli agricoltori.
- tali potenziali impianti, generalmente della potenza di diverse decine di MW, sono in grado di produrre un reddito sufficiente al

sostenimento di tutti i vari business plans redatti per la verifica di fattibilità economica dell'impianto stesso.

Questo approccio, che può prevedere il recupero di terreni marginali o abbandonati, destinandoli totalmente alle produzioni energetiche, può anche avere dei limiti quando si sviluppa su terreni produttivi:

- perdita completa del reddito agricolo nei fondi utilizzati per la costruzione di impianti;
- perdita della qualifica di terreno agricolo per il cambio di destinazione di uso che viene fatto nel terreno (con conseguente rinuncia alla PAC ed ai relativi piani di sviluppo rurale).

Per cambiare visione su questo approccio si ritiene di sviluppare un nuovo concetto: l'agro-fotovoltaico.

Con il termine agro-fotovoltaico (abbreviato AFV) (in inglese *agro-photovoltaic*, abbreviato APV) si indica un settore, ancora poco diffuso, caratterizzato da un utilizzo "ibrido" dei terreni agricoli tra produzione agricola e produzione di energia elettrica, attraverso l'installazione, sullo stesso terreno coltivato o adibito ad allevamento, di impianti fotovoltaici.

Tale nuovo approccio consentirebbe di vedere l'impianto fotovoltaico non più come mero strumento di reddito per la produzione di energia ma come l'integrazione della produzione di energia da fonte rinnovabile con le pratiche agro-zootecniche.

Per sostenere l'agro-fotovoltaico è necessario ripensare l'impianto fotovoltaico e, nello sviluppo attuale del settore, si sono delineate due diversi approcci:

- nuovo impianto a terra con moduli al suolo le cui fila sono poste ad una distanza maggiore rispetto al tradizionale impianto a terra;
- impianto agrovoltaiico con moduli sopraelevati ad una altezza che permette la pratica agricola sull'intera superficie (sotto i moduli e tra le fila dei moduli c.d. interlinee)

Per il primo modello – impianto a terra - possiamo individuare delle criticità:

- tale impianto consente parzialmente la pratica agricola al suo interno e potrebbe necessitare normativamente della definizione di un vincolo di mantenimento di una percentuale di produzione agricola nel terreno in cui si inserisce l'impianto fotovoltaico rispetto a quella che veniva ottenuta prima della presenza dell'impianto stesso, data la presenza di ingombri causati dai pannelli fotovoltaici sul suolo;

Possiamo valutare le seguenti considerazioni:

- l'aumento di potenza per singolo pannello (ormai siamo sulla soglia dei 600W per pannello installato standard rispetto ai 240W tipici dei pannelli montati durante i primi conti energia) consentirebbe di posizionare i pannelli ad una distanza tra una fila e l'altra tale

da consentire l'accesso di mezzi agricoli e la coltivazione del fondo nelle interlinee;

- con sistemi di supporto alle decisioni (DSS) dedicati, si potrebbe valutare l'irraggiamento minimo da ottenere per garantire una buona crescita di opportune colture agricole;
- la presenza di pascolo tra le fila dei pannelli o nelle aree sottostanti potrebbe favorire le pratiche agro-zootecniche all'interno di campi agro-fotovoltaici.

L'obiettivo è quello di garantire in futuro l'integrazione del fotovoltaico con l'agricoltura e di permettere l'installazione di impianti solo a determinate condizioni:

- presenza della figura agricola come imprescindibile nel processo;
- mantenimento del fondo a carattere agricolo principale;
- integrazione di reddito tra produzione di energia e produzione agricola;
- il posizionamento delle strutture portanti ad altezze maggiori favorirebbe la pratica agricola; per tali impianti agrofotovoltaici, conformi alle disposizioni del DL. 77/2021, convertito nella L.108/2021, *cfr. par. 3.1*, sono previsti degli incentivi
- aumento della forza lavoro in seguito ai processi di manutenzione del campo fotovoltaico oltre il mantenimento della forza lavoro agricola;
- fiscalità rivista per gli agricoltori che investono in prima persona sull'agro-fotovoltaico;
- eventuale rivisitazione delle comunità energetiche che ad oggi si sviluppano principalmente solo per impianti su edifici condominiali;

- rivisitazione della normativa vigente sulla vendita di energia prodotta (se l'agricoltore possedesse un fondo vicino ad una realtà industriale energivora dovrebbe avere la possibilità di vendere lui stesso energia senza dover passare necessariamente attraverso l'ente distributore).

La cosiddetta "generazione distribuita", infatti, non potrà fare a meno, per molte ragioni, di impianti utility scale ("su scala di utilità") che occupano, per una parte, nuovi terreni oggi dedicati all'agricoltura.

Per essere possibile, devono essere adottati nuovi criteri di progettazione impiantistica, utilizzando criteri e modalità di gestione completamente nuovi per il nuovo settore AFV. Ora è necessario trovare la produzione agricola ed elettrica in nuovi sistemi sostenibili e che rientrino in un contesto di Agricoltura 4.0.



## 2. OBIETTIVI

È stato dimostrato che i sistemi AFV migliorano l'uso del suolo, l'efficienza nell'uso dell'acqua e delle colture (Dinesh, H.; Pearce, J.).

Il concetto di agro-fotovoltaico è stato introdotto per la prima volta all'inizio degli anni '80 da Goetzberger e Zastrow. Questi hanno ipotizzato che i collettori di energia solare e l'agricoltura potrebbero coesistere sullo stesso terreno con vantaggi per entrambi i sistemi.

L'obiettivo finale della presente linea guida è quello di definire le migliori pratiche per l'integrazione di soluzioni agro-zootecniche e servizi ecosistemici su misura per le aree tecnologiche e climatiche. Le attività richieste sono relative all'individuazione e alla sperimentazione di soluzioni di utilizzo polivalente del suolo per mitigare l'impatto dei grandi impianti che non influenzeranno l'efficienza della produzione energetica. La proposta è legata alle caratteristiche della zona e della tecnologia AFV nella località in esame. Essa deve prendere in considerazione la presenza di pannelli fotovoltaici dove le possibili soluzioni sono selezionate in base alla zona climatica, alla disponibilità di risorse, al tipo di suolo, alla disponibilità di acqua ed alla

presenza di stakeholders che possano, nel loro insieme, creare un reddito per l'imprenditore agricolo.

La produzione integrata di energia rinnovabile e sostenibile con le coltivazioni o gli allevamenti zootecnici permette di ottenere:

- ottimizzazione della produzione, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo;
- alta redditività e incremento dell'occupazione;
- produzione altamente efficiente di energia rinnovabile (nuove tecnologie e soluzioni);
- integrazione con l'ambiente;
- bassi costi energetici per gli utenti finali privati e industriali.



### 3. CONTESTO NORMATIVO

Negli ultimi anni l'ONU, l'Unione Europea e le principali agenzie internazionali che ricoprono un ruolo fondamentale in materia ambientale si sono occupate, con particolare attenzione, delle problematiche riguardanti la produzione di energie rinnovabili.

A livello internazionale, nel settembre del 2015, l'ONU ha adottato un Piano mondiale per la sostenibilità denominato Agenda 2030 che prevede 17 linee di azione, tra le quali è presente anche lo sviluppo di impianti agro-fotovoltaici per la produzione di energia rinnovabile.

L'Unione Europea ha recepito immediatamente l'Agenda 2030, obbligando gli Stati membri ad adeguarsi a quanto stabilito dall'ONU.

Il 10 novembre 2017, in Italia, è stata approvata la SEN 2030, Strategia Energetica Nazionale fino al 2030. Questa contiene obiettivi più ambiziosi rispetto a quelli dell'agenda ONU 2030, in particolare:

- la produzione di 30 GW di nuovo fotovoltaico;
- la riduzione delle emissioni CO<sub>2</sub>;
- lo sviluppo di tecnologie innovative per la sostenibilità.

A livello europeo, invece, l'art. 194 del Trattato sul funzionamento dell'Unione Europea prevede che l'Unione debba promuovere lo sviluppo di energie nuove e rinnovabili per meglio allineare e integrare gli obiettivi in materia di cambiamenti climatici nel nuovo assetto del mercato.

Nel 2018 è entrata in vigore la direttiva riveduta sulle energie rinnovabili (Direttiva UE/2018/2001), nel quadro del pacchetto «Energia pulita per tutti gli europei», inteso a far sì che l'Unione Europea sia il principale leader in materia di fonti energetiche rinnovabili e, più in generale, ad aiutare l'UE a rispettare i propri obiettivi di riduzione di emissioni ai sensi dell'accordo di Parigi.

La nuova direttiva stabilisce un nuovo obiettivo in termini di energie rinnovabili per il 2030, che deve essere pari ad almeno il 32% dei consumi energetici finali, con una clausola su una possibile revisione al rialzo entro il 2023.

Gli Stati membri potranno proporre i propri obiettivi energetici nazionali nei piani nazionali decennali per l'energia e il clima. I predetti piani saranno valutati dalla Commissione Europea, che potrà adottare

misure per assicurare la loro realizzazione e la loro coerenza con l'obiettivo complessivo dell'UE. I progressi compiuti verso gli obiettivi nazionali saranno misurati con cadenza biennale, quando gli Stati membri dell'UE pubblicheranno le proprie relazioni nazionali sul processo di avanzamento delle energie rinnovabili.

Dunque, negli ultimi anni, l'Unione Europea ha incentivato notevolmente l'utilizzo di pannelli fotovoltaici al fine di produrre nuova energia "pulita" che dovrebbe contribuire a soddisfare il fabbisogno annuo di energia elettrica di ogni Stato.

L'UE per il periodo successivo al 2020 ha voluto fornire indicazioni ben precise agli investitori sul regime post-2020. Infatti, la strategia a lungo termine della Commissione definita «Tabella di marcia per l'energia 2050» del 15 dicembre 2011 (COM(2011)0885) delinea i diversi possibili scenari per la decarbonizzazione del settore energetico che sono finalizzati al raggiungimento di una quota di energia rinnovabile pari ad almeno il 30% entro il 2030. In mancanza di ulteriori interventi da parte dei diversi Stati membri, dopo il 2020, si assisterà ad un rallentamento della crescita delle energie rinnovabili. Ulteriori indicazioni da parte della Commissione si hanno nella pubblicazione, nel marzo 2013, di un Libro verde dal titolo «Un quadro per le politiche dell'energia e del clima all'orizzonte 2030» (COM(2013)0169) con il quale vengono ridefiniti alcuni obiettivi strategici, quali la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e il sostegno alla crescita, alla competitività e all'occupazione nell'ambito di un approccio che associ alta tecnologia, efficienza in termini di costo e efficacia nell'utilizzo delle risorse. A questi tre obiettivi strategici sono associati

tre obiettivi principali per le riduzioni delle emissioni dei gas serra, la crescita delle fonti energetiche rinnovabili e dei risparmi energetici. Il libro verde fa riferimento ad una riduzione del 40% delle emissioni, entro il 2030, al fine di poter conseguire una riduzione dell'80-95% entro il 2050, in linea con l'obiettivo concordato a livello internazionale di limitare il riscaldamento globale a 2°C.

Successivamente, la Commissione nella sua comunicazione del 22 gennaio 2014 dal titolo «Quadro per le politiche dell'energia e del clima per il periodo dal 2020 al 2030» (COM(2014)0015), risolvendo il problema posto dagli Stati membri, nel Libro verde ha proposto di non rinnovare gli obiettivi nazionali vincolanti per le energie rinnovabili dopo il 2020. Infatti, è previsto un obiettivo vincolante, solo a livello di UE, della riduzione del 27% del consumo energetico da fonti rinnovabili in modo tale da stimolare la crescita nel settore dell'energia.

Nell'ambito della più ampia strategia relativa all'Unione dell'energia (COM(2015)0080) la Commissione ha pubblicato un pacchetto legislativo dal titolo «Energia pulita per tutti gli europei» (COM(2016)0860) del 30 novembre 2016. Si tratta di un passo di fondamentale importanza perché comprende una proposta di revisione della direttiva sulla promozione delle fonti energetiche rinnovabili (direttiva UE 2018/2001) con l'obiettivo di rendere l'UE un leader mondiale nel campo delle fonti rinnovabili e garantire il conseguimento dell'obiettivo di un consumo di energia da fonti rinnovabili pari ad almeno il 27% del totale dell'energia consumata nell'UE entro il 2030. La proposta di direttiva presentata dalla Commissione mira, inoltre, a promuovere ulteriormente le fonti rinnovabili in sei diversi settori quali l'energia elettrica,

la fornitura di calore e freddo, la decarbonizzazione e diversificazione nel settore dei trasporti (con un obiettivo di fonti rinnovabili per il 2030 pari ad almeno il 14% del consumo totale di energia nei trasporti), la responsabilizzazione e informazione dei clienti, il rafforzamento dei criteri di sostenibilità dell'UE per la bioenergia, l'assicurazione che l'obiettivo vincolante a livello di UE sia conseguito in tempo e in modo efficace in termini di costi.

La proposta di modifica della direttiva sulla promozione delle fonti energetiche rinnovabili è stata concordata in via provvisoria il 14 giugno 2018 con un accordo che ha fissato un obiettivo vincolante a livello di UE pari al 32% di energia da FER entro il 2030. Il Parlamento europeo e il Consiglio hanno adottato formalmente la direttiva modificata sulla promozione delle energie rinnovabili (direttiva (UE) 2018/2001) nel dicembre 2018.

In Italia il recepimento di questa direttiva comunitaria è stato anticipato prima attraverso il decreto "milleproroghe" (Legge 30 dicembre 2019, n. 162), poi con il decreto "rilancio" (legge 19 maggio 2020, n. 34) e il "superbonus", che hanno attivato diversi meccanismi di supporto.

La Commissione europea, per sostenere l'agro-fotovoltaico, intende attuare iniziative all'interno della strategia biodiversità europea, con lo scopo di accelerare la transizione verso un nuovo sistema alimentare sostenibile. La Commissione, inoltre, ha già proposto di integrare l'agro-fotovoltaico nella Climate Change Adaptation Strategy, in via di approvazione, e vi sono varie proposte volte all'inserimento dell'agro-fotovoltaico nelle Agende europee in materia di transizione energetica.

A livello nazionale nel 2020 il MISE (Ministero dello Sviluppo Economico), ha adottato il Piano nazionale integrato energia e clima (PNIEC), che rappresenta uno strumento fondamentale per far volgere la politica energetica e ambientale del nostro Paese verso la decarbonizzazione.

Più nel dettaglio, il Piano nazionale integrato energia e clima prevede che in Italia per raggiungere gli obiettivi prefissati si dovrebbero installare circa 50 GW di impianti fotovoltaici entro al 2030, con una media di 6 GW l'anno e, considerando che l'attuale potenza installata annuale è inferiore a 1 GW, è chiaro che è necessario trovare soluzioni alternative per accelerare il passo; basti pensare che solamente in Italia il fabbisogno annuo di energia elettrica è pari a 320 TWh (dati Terna) e solo 24 TWh derivano da impianti fotovoltaici.

Nel processo di transizione ecologica che il nostro Paese sta affrontando appare necessaria una riforma dell'attuale sistema di incentivi. Basti pensare che, nell'ipotesi di ritardi o problematiche che limitino l'installazione degli impianti fotovoltaici sui tetti, resterebbe da collocare un buon 40% dei già menzionati impianti sui terreni agricoli e di conseguenza verrebbe utilizzato lo 0,34% della superficie agricola, pari a circa 40.000 ettari. Importante che il decreto FER2 dovrà prevedere particolari premialità anche per l'installazione di impianti agro-fotovoltaici sui terreni agricoli in Italia.

### **3.1 Il D.L. 77/2021 e la definizione di Agrofotovoltaico**

La categoria degli impianti agrofotovoltaici ha trovato una recente definizione normativa in una fonte di livello primario che ne riconosce la diversità e le

peculiarità rispetto ad altre tipologie di impianti. Infatti, l'articolo 31 del D.L. 77/2021, come convertito con la recentissima L. 108/2021, anche definita *governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure*, ha introdotto, al comma 5, una definizione di impianto agrofotovoltaico, per le sue caratteristiche utili a coniugare la produzione agricola con la produzione di energia green, è ammesso a beneficiare delle premialità statali.

Nel dettaglio, gli impianti agrofotovoltaici sono impianti che "adottino soluzioni integrative innovative con montaggio di moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione".

Inoltre, sempre ai sensi della su citata legge, gli impianti devono essere dotati di "sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate."

Tale definizione, imprime al settore un preciso indirizzo programmatico e favorisce la diffusione del modello agrofotovoltaico con moduli elevati da terra che consente la coltivazione delle intere superfici interessate dall'impianto.

Nella norma non si rinviene un riferimento puntuale all'altezza di elevazione dei pannelli da terra idonea a consentire la pratica agricola matura norma deve essere letta insieme alla normativa storica, e tuttora attuale nella sostanza, che ha definito questo settore in Italia.

Tradizionalmente, infatti, gli impianti fotovoltaici si distinguevano, nei fatti e a livello normativo, in "impianti a terra", ovvero con moduli al suolo, ed "impianti integrati", montati sui tetti o sulle serre agricole. Come previsto dall'art. 2 del D.M. 19.2.2007 e dall'art. 20 del D.M. 6.8.2010, "gli impianti a terra" ovvero "con moduli ubicati al suolo" vengono individuati e definiti normativamente come quelli "i cui moduli hanno una distanza minima da terra inferiore ai due metri". Tale definizione, individuata a fini incentivanti nel periodo dei "conti energia", non è stata superata e modificata da nessuna fonte regolamentare o legislativa successiva e risulta data per valida e acquisita ovunque e ogni volta che da allora si parla di "impianti a terra" a qualsiasi fine.

Parallelamente, ai sensi delle definizioni del D.M. 5 luglio 2012, troviamo la definizione di serra fotovoltaica identificata come "struttura di altezza minima di 2 metri, nella quale i moduli fotovoltaici costituiscono gli elementi costruttivi della copertura".

Già da principio, mentre gli impianti integrati, ed in particolare le serre nel contesto agricolo, sono stati visti con favore ed incentivati, gli impianti a terra vengono da sempre considerati negativamente a causa del consumo del suolo che comportano, poiché lo sottraggono all'uso agricolo. Per questo motivo, ed in particolare per effetto dell'art. 65 del D.L. n. 1/2012, gli impianti a terra sono stati esclusi dagli incentivi statali per il fotovoltaico, prima ancora che questi ultimi cessassero di esistere.

Il nuovo D.L. 77/2021, quindi, si inserisce legittimamente in questo percorso definitorio e riconosce agli impianti agrofotovoltaici i benefici del supporto statale, differenziandoli, ancora una volta, dagli impianti a terra. Seguendo il filone suddetto, potremmo

facilmente paragonare il nuovo impianto agrofotovoltaico ad “moderna serra aperta” o meglio ad un nuovo sistema green per la protezione delle colture tramite coperture fotovoltaiche mobili (senza comportare comunque costruzione di volumi chiusi), le cui caratteristiche strutturali conformi alla normativa, si sostanziano nel sopraelevare i moduli su strutture di altezza minima da terra pari a due metri, così da permettere pienamente la continuità delle attività di coltivazione. Dalle esperienze riportate nei paragrafi successivi, si nota come alcuni dei nuovi impianti agrofotovoltaici oggi in proposta (*cf. par. 8.2*) vanno in questa direzione, prevedendo altezze delle strutture pari a circa 3 metri con altezza minima da terra (a inclinazione massima del modulo montato su tracker) di circa 2,4 metri. Tale altezza permette la coltivazione delle intere superfici interessate dall'impianto e la gestione del campo con le consuete pratiche e macchine agricole.

### 3.2 Il regime fiscale dell'agro-fotovoltaico

Si deve rilevare, infine, che l'attuale normativa vigente non consente l'accesso agli incentivi sulla produzione per impianti realizzati a terra su terreni agricoli (art. 65 D.L. 24 gennaio 2012, n. 1) indipendentemente dalla soglia di potenza dell'impianto.

Nel dettaglio, si rappresenta che il più recente decreto FER1 o c.d. “rinnovabili”, D.M. 4 luglio 2019, ha introdotto un nuovo sistema di incentivi per l'installazione di nuovi impianti di produzione di energia rinnovabile. Tale decreto riguarda gli impianti fotovoltaici (comprendendo anche gli impianti a terra non su area agricole), eolici, idroelettrici e a gas di depurazione.

Ebbene, il decreto FER1 esclude del tutto il diritto all'ottenimento degli incentivi fiscali agli impianti.

In particolare, il FER1 prevede per gli impianti fino ad 1 MW di potenza un sistema di registri che per il fotovoltaico comprende il:

- gruppo A: impianti FV su tetti o a terra su suolo diverso da area agricola.
- gruppo B: impianti FV che sostituiscono coperture in amianto o eternit.

Il decreto FER1 ha previsto 6 criteri di priorità per l'accesso agli incentivi:

- impianti FV realizzati su discariche e terreni contaminati;
- impianti con colonnine di ricarica (15% della potenza dell'impianto);
- aggregati di impianti;
- maggior offerta al ribasso sull'incentivo (max 30%);
- minore tariffa spettante;
- data della domanda di partecipazione.

Per gli impianti con potenza maggiore di 1MW è prevista una procedura d'asta a ribasso dove gli impianti fotovoltaici competono nello stesso gruppo insieme agli impianti eolici onshore.

Con il recente “decreto semplificazioni” del 2021, il legislatore è intervenuto estendendo il regime degli incentivi fiscali agli impianti fotovoltaici in ambito agricolo (o agrofotovoltaici), a patto che sia verificata la contemporanea presenza delle seguenti 3 condizioni:

- uso di soluzioni innovative;
- siano sollevati da terra (in modo da non compromettere l'attività agricola e pastorale);
- abbiano sistemi di monitoraggio che consentano di verificarne l'impatto ambientale.

L'art. 31 della legge 108/2021 ha modificato l'articolo 65 del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 27.

Dopo il comma 1-ter sono inseriti i seguenti:

«1-quater. Il comma 1 non si applica agli impianti agrofotovoltaici che adottino soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.

1-quinquies. L'accesso agli incentivi per gli impianti di cui al comma 1-quater è inoltre subordinato alla contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.

1-sexies. Qualora dall'attività di verifica e controllo risulti la violazione delle condizioni di cui al comma 1-quater, cessano i benefici fruiti».

È importante in questa fase identificare il tipo di superficie presente anche dal punto di vista morfologico. È funzionale per la realizzazione dell'impianto l'installazione di una stazione meteorologica per la raccolta dei dati, in quanto è molto importante definire gli indici climatici per la fattibilità dell'impianto stesso.



## 4. DESCRIZIONE DEL SITO

Il presupposto fondamentale per la realizzazione di qualsiasi impianto AFV è una descrizione particolareggiata del sito che comprenda la descrizione del terreno (agricolo, industriale, cave dismesse, discariche, ecc.), la superficie e la tipologia di copertura vegetale, la pendenza, il tipo di esposizione ai raggi solari, la presenza di vincoli. In proposito è importante che il terreno non sia interessato da vincoli urbanistici, ambientali, siti della Rete Natura 2000, ecc.

### 4.1 Layout dell'area

Successivamente è opportuno procedere a quantificare gli ettari di terreno su cui installare l'impianto agro-fotovoltaico.

È importante monitorare la presenza di falde acquifere sotterranee, valutando l'eventuale impatto inquinante delle attività agricole che si intendono eseguire. Inoltre, si dovrà procedere all'analisi della disponibilità di acqua per le colture future e individuare,

quindi, la presenza di eventuali corsi d'acqua posizionati in prossimità dell'area interessata.

### 4.2 Aspetti climatici

In questa fase sarà necessario svolgere un'analisi sui dati climatici degli ultimi 20-30 anni. Tramite questa analisi sarà possibile procedere alla caratterizzazione meteorologica del sito.

Attraverso questi dati sarà possibile identificare la temperatura massima, minima e media dell'area interessata, nonché delle precipitazioni e dell'umidità relativa.

Per quanto concerne la temperatura lo strumento da adoperare è il termometro elettronico e l'unità di misura rappresentata è il grado centigrado; per quanto riguarda le precipitazioni occorrerà far uso di un pluviometro collegato ad uno strumento registratore (pluviografo) che consente il tracciamento delle precipitazioni minime, massime e medie nell'arco del periodo considerato; l'umidità relativa, ottenuta come rapporto tra l'umidità assoluta e quella di saturazione, espressa in percentuale, sarà misurata attraverso l'utilizzo dell'igrometro.

Tutti gli strumenti dovranno essere collocati all'interno di una apposita capannina meteorologica, posizionata ad un metro e mezzo dal suolo.

### 4.3 Aspetti ambientali

Al fine di valutare l'incidenza dell'impianto agro-fotovoltaico sulla vegetazione e sulla fauna indigena (e sull'agroecosistema nel suo complesso), è necessario classificare e catalogare le diverse specie vegetali e animali e gli habitat che si trovano ad insistere sull'area.

Ciò anche al fine di mitigare l'impatto sulla biodiversità dell'area e sulla presenza degli animali in zona.

Non sono molti gli studi specifici sugli impatti di impianti agro-fotovoltaici dato il loro carattere innovativo. Anche per gli impianti solari a terra non si riscontano molte ricerche che sono più frequenti per gli impianti eolici. Per gli impianti fotovoltaici a terra alcune ricerche preliminari indicano sia potenziali effetti negativi sia potenziali effetti positivi sulla conservazione degli habitat e sulla connessione ecologica.

Tra gli effetti negativi potenziali degli impianti fotovoltaici a terra si evidenzia che la fauna selvatica si troverebbe ad affrontare l'aumento dell'inquinamento luminoso e il potenziale aumento del rischio di predazione con cambiamento comportamentale e alterazione della composizione in specie (Northrup,

Wittemyer, 2013). L'impatto in realtà varia in base alle caratteristiche biologiche delle specie (Schuster, 2015) e alla sensibilità di queste a particolari tipi di infrastrutture. In alcuni esempi dei primi anni di sviluppo degli impianti fotovoltaici a terra su larga scala, si ipotizza che ci possano essere state perdite di popolazione a livello locali e diminuzione dell'abbondanza di specie nel sito di costruzione e nelle aree circostanti (Lovich, Ennen, 2013). La costruzione di un impianto fotovoltaico a terra può inibire il movimento della fauna selvatica, sia per l'effetto barriera, dovuto alla recinzione perimetrale, sia perché aumenta la frammentazione a scala di paesaggio e, in alcuni casi, della connettività ecologica (Waltson et al., 2016), ed è per questo che in tutti gli impianti vengono ormai previste recinzioni che permettano il passaggio della piccola fauna, riduzioni dell'inquinamento luminoso con sistemi perimetrali di allarme che si attivano con fotocellule e altre prescrizioni a tutela dell'equilibrio preesistente della fauna e flora locale.

Non trascurabile può essere l'effetto sugli Uccelli che necessitano, in toto o per la maggior parte dei loro cicli biologici, di utilizzare aree agricole eterogenee e comunque non prettamente boscate. Vale la pena qui ricordare alcune specie di interesse conservazionistico presenti (sia come svernanti che come nidificanti) quali ad esempio, nella Regione Lazio, l'albanella minore, il biancone, l'aquila reale, il lanario e molti

altri. Tuttavia si evidenzia che da osservazioni in campo, gli impianti agro-fotovoltaici con pannelli elevati dal suolo possano rappresentare anche nuovi habitat idonei alla nitrificazione ed all'attività di predazione necessaria per il naturale ciclo biologico degli uccelli.



Foto: nido di merli nelle serre fotovoltaiche di EF Solare

In certi casi, vista la biologia e l'ecologia, anche alcune specie di Rettili potrebbero risentire della presenza dell'impianto agro-fotovoltaico.

In riferimento agli Insetti, è riportato per i sistemi di pannelli fotovoltaici una certo impatto intermini di "polarized light pollution - PLP", ossia una modifica importante del pattern di polarizzazione della luce ambiente a causa dell'riflessione (Horváth et al. 2009). La PLP svolge un ruolo cruciale nel "disorientamento" comportamentale di alcuni insetti "polarotattici" come per esempio insetti che frequentano i corpi idrici superficiali in alcune fasi del

proprio ciclo di vita, principalmente la riproduzione e le prime fasi di vita come le specie di efemerotteri, tricotteri e ditteri acquatici (Horváth et al. 2009, 2010). Per tali insetti infatti, le pannellature fotovoltaiche appaiono alla stregua dei corpi d'acqua e ivi depositano le loro uova che, per disidratazione, periscono (Fritz et al. 2020; Száz et al. 2016), vanificando quindi lo sforzo riproduttivo di questi insetti.

L'ubicazione degli impianti agrivoltaici dovrebbe essere valutata, in prima istanza, attraverso analisi di dati acquisiti ed elaborati a livello di area vasta (a scala di paesaggio). Alcuni studi (Thomas et al., 2018; Allison et al., 2014) hanno proposto l'analisi di metriche di ricchezza di specie su area vasta, con l'ausilio di software GIS e modellizzazione spaziale, che tengano in debita considerazione anche l'idoneità ambientale delle specie selvatiche.

Combinando informazioni sulla ricchezza di specie (reale o potenziale) con altre informazioni disponibili a livello di area vasta, si possono identificare i siti che minimizzano il conflitto tra fauna e sito di impianto.

In seconda istanza, le valutazioni andrebbero affrontate a scala locale e di sito di impianto, attraverso la costruzione di indici specifici, utili anche ai fini dell'applicazione di misure di mitigazione e di monitoraggio nel medio-lungo periodo.

La mitigazione dell'eventuale impatto sulle componenti animali sensibili dell'agro-ecosistema appare possibile.

Come già suggerito, la principale tecnica di mitigazione è la scelta del sito di costruzione in fase di studio di fattibilità, evitando la scelta di aree con presenzadi habitat e specie di fauna e flora di interesse conservazionistico e che hanno problemi di conservazione.

In sede di progettazione, inoltre, occorre prevedere, laddove possibile passaggi per la fauna selvatica e lasciare liberi i corridoi ecologici. Ovviamente andrebbe impedito l'accesso a certe specie di fauna selvatica all'interno dell'impianto agro-fotovoltaico(es. lepre europea, cinghiale, capriolo, cervo, ecc.), in quantopotrebbero generare danneggiamenti alle colture e agli impianti. Tuttavia, a basse densità, potrebbe essere compatibile la presenza di lepre europea, che può essere oggetto di allevamento per fini di immissione in natura o per fini alimentari.

Un'altra possibile misura di mitigazione potrebbe essere la scelta del tipo di finitura della superficie esposta dei pannelli fotovoltaici. Ad esempio, alcuni insetti mostrano una netta preferenza per le superfici fotovoltaiche quale luogo di ovodeposizione anziché l'acqua, matrice naturale di deposizione e di vita delle fasi larvali (Horváth et al. 2010). Tuttavia tale attrattività si riduce notevolmente (da 10 a 26 volte) se

la superficie fotovoltaica risulta frammentata da porzioni bianche non polarizzanti (bordo delle celle e griglie in materiale bianco non riflettente). Un'ulteriore soluzione in grado di ridurre il potenziale impatto del fotovoltaico sulle specie della fauna polarotattica sembra essere insita nella finitura della superficie dei moduli fotovoltaici (Fritz et al. 2020) hanno dimostrato che grazie ad un finitura superficiale di tipo microtexturizzata (varie tipologie) i moduli FV diventavano quasi inattrattivi per due specie d'insetti polarotattici, suggerendo un possibile sviluppo per i moduli FV basato sulla finitura delle superfici volta all'incremento dell'efficienza di conversione e alla riduzione dell'interferenza con le specie animali polarotattiche. Altri insetti utilizzano la polarizzazione della luce naturale, tra questi sicuramente le api (*Apis mellifera* L.) (Kobayashi, Okada, and Sakura, 2020) che grazie ad un *array* di sistemi tra i quali la polarotassi sono in grado di far ritorno al proprio alveare (*homing*) con le scorte di nettare, polline, acque a propoli per le esigenze dell'intera colonia. Ogni fattore in grado di incidere sulla navigazione delle api operaie può rappresentare di per se una criticità in grado di ridurre il potenziale di approvvigionamento alimentare delle colonie con effetti negativi sulle performance di sviluppo, tolleranza a parassiti e patogeni e infine sulla produzione.

Le soluzioni già individuate in grado di ridurre l'interferenza con gli insetti acquatici polarotattici possano esitare effetti positivi anche sulle api e gli altri insetti pronubi.

Le teorie degli effetti dei pannelli sugli insetti, ed in particolare sulle api, sono state verificate in fattorie solari sperimentali che utilizzano l'agrofotovoltaico in abbinamento con l'apicoltura.

Infatti, ci sono esperienze agricoltura-fotovoltaico-apicoltura in Europa<sup>1</sup> e negli U.S.A. (Jacob, Davis, 2019) che testimoniano un buon livello d'integrazione dei sistemi produttivi circa le relazioni tra api e pannelli fotovoltaici. In via indiretta, possibili benefici per le api e gli altri pronubi possono derivare da uno specifico assetto delle aree investite ad agri-fotovoltaico in relazione ad alcuni aspetti:

- 1) creazione di microhabitat idonei per le fioriture anche nei periodi tipicamente poveri di risorse trofiche per le api (piena-tarda estate nell'area mediterranea) grazie al parziale ombreggiamento delle strutture FV;
- 2) semine e piantumazioni *ad hoc* da includere nel planning degli impianti agro-fotovoltaici con relativa verifica delle condizioni "migliorative".

Da tale punto di vista fa certamente scuola il "pollinator-friendly solar sites act" del Minnesota (USA) che dal 2016 prevede la valutazione delle

istallazioni fotovoltaiche in ambiente rurale (*solar sites*) nell'ottica del mantenimento/miglioramento dell'habitat per gli insetti impollinatori tenendo in conto la pianificazioni in termini di biodiversità vegetale: i) tra e sotto le installazioni FV; ii) nelle aree perimetrali delle installazioni nelle immediate adiacenze (*buffer*).

Tutte le strutture poste al di sopra del terreno possono interagire con l'artropodofauna del suolo. Recenti studi svolti in Inghilterra ma pubblicati in tedesco (Solarparks - Gewinn für die Biodiversität, 2019) hanno legato questa tecnologia alla biodiversità analizzando anche aspetti legati all'entomofauna epigea dei parchi solari. Lo studio ha evidenziato che la biodiversità aumenta se si passa da aree coltivate a parchi solari.

In Germania, inoltre, aree a parchi solari sono state identificate come aree rifugio per insetti altamente minacciati e con rischio di estinzione. Lo studio non valuta l'artropodofauna del suolo. Questo gruppo di lavoro suggerisce di implementare i dati sino ad ora presentati con ricerche ad hoc e per tale motivo inserisce a seguire alcune informazioni sul metodo QBSar.

---

<sup>1</sup><https://www.greenbuildingafrica.co.za/agrivoltaic-beekeeping-project-in-spain/>

### 4.3.1 Metodo QBS-ar (Qualità Biologica del Suolo – Artropodi)

Il suolo, sistema complesso in cui si interfacciano atmosfera, litosfera ed idrosfera, rappresenta uno degli habitat più ricchi di specie tra gli ecosistemi terrestri, in particolare nella regione mediterranea. In questo sistema, la pedofauna svolge funzioni fondamentali per gli equilibri e i processi bio-geochimici partecipando alla frammentazione della lettiera e alla formazione della materia umica, alla formazione di cunicoli, alla riduzione del rapporto C/N nel suolo e alla chiusura dei cicli biogeochimici dei nutrienti. Le biocenosi edafiche forniscono inoltre numerosi servizi ecosistemici.

In questo quadro la qualità e la biodiversità del suolo rivestono un'importanza sempre maggiore e stanno diventando sempre più numerosi gli studi che imputano all'impatto antropico dovuto a pratiche agronomiche e gestioni selvicolturali, processi degradativi del suolo che ne riducono la qualità.

La qualità del suolo può essere valutata utilizzando indicatori chimici, fisici e biologici, ma è proprio la comunità artropodiale edafica a essere sempre più spesso considerata un utile bioindicatore delle condizioni del suolo.

Tra i vari indici finora sperimentati, un apprezzabile riconoscimento lo sta avendo il metodo messo a punto e descritto nel 2005 da Vittorio Parisi e denominato QBS-ar (Qualità Biologica del Suolo – Artropodi). Tale

metodo valuta la presenza/assenza di artropodi edafici, che vengono poi ripartiti in categorie, in funzione del maggiore o minore grado di adattamento alla vita ipogea.

Negli artropodi del suolo l'adattamento alla vita edafica si riflette essenzialmente nella riduzione delle dimensioni e delle appendici, nella riduzione o perdita degli occhi (anoftalmia) e nella riduzione della pigmentazione (depigmentazione). Gli organismi ben adattati all'ambiente edafico sono quelli numericamente preponderanti in terreni caratterizzati da migliori condizioni di copertura vegetale, contenuto di materia organica, inquinamento e compattazione. A ciò si aggiunge tuttavia una loro maggiore vulnerabilità nel caso in cui le condizioni edafiche dovessero subire un mutamento di varia natura.

Il metodo prevede che il suolo venga campionato seguendo alcuni basilari principi: i campioni di terra prelevati possibilmente lontano dalla stagione secca devono essere posti in un estrattore Berlese-Tullgren composto da una lampada a incandescenza da 60 W a una distanza di circa 30 cm dal campione di suolo, un setaccio, un imbuto e un contenitore con un liquido fissatore. Il calore emesso dalla lampadina, asciugando gradualmente la terra presente sul setaccio, crea una condizione inospitale per i micro artropodi spingendoli nello strato più profondo del suolo, fino a quando cadono nel contenitore sotto

l'imbuto. Il processo ha durata variabile ma mai meno di una settimana.

I microartropodi così ottenuti vengono quindi osservati allo stereoscopio, classificati a livello di ordine, e ad ognuno di essi viene assegnato un valore (Indice EcoMorfologico, EMI), compreso tra 1 e 20, in base all'adattamento alle condizioni di vita edafiche. Indici di QBS-ar inferiori a 100 si registrano normalmente in ambienti semplificati mentre valori superiori a 200 sono tipici di ambienti forestali ad elevata qualità del suolo.

#### **4.3.2 Disponibilità di acqua**

Si dovrà procedere all'analisi della disponibilità di acqua per le colture future e individuare, quindi, la presenza di eventuali corsi d'acqua, naturali o artificiali, posizionati in prossimità dell'area interessata.

È importante monitorare la presenza di falde acquifere sotteranee, valutando l'eventuale impatto inquinante delle attività antropiche che si intendono eseguire.

#### **4.3.3 Vincoli e restrizioni dell'area**

Il Testo unico ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.) prevede espressamente che, prima di procedere all'installazione dell'impianto agro-fotovoltaico, i soggetti interessati debbano effettuare una verificata di asoggettabilità alla valutazione di impatto ambientale

(VIA). Qualora l'impianto risulti essere assoggettato a VIA, questa dovrà essere redatta dai soggetti competenti e trasmessa tempestivamente alla Regione o al Ministero della Transizione Ecologica.

Più nel dettaglio, nella VIA si dovranno inserire tutti gli aspetti relativi al rispetto dei vincoli ambientali e della tutela ambientale prescritti dalla legge.

Per tali motivi è fondamentale esaminare il Piano Regolatore Generale (PRG) del Comune in cui l'area è ricompresa ed entrare a conoscenza dei vincoli ambientali e/o paesaggistici presenti.

E' necessario, inoltre, procedere alla verifica delle Zone Speciali di Conservazione (ZSC), delle Zone Speciali di Protezione (ZPS) e dei Siti di Interesse Comunitario (SIC) contenute in Natura 2000, al fine di valutare attentamente la presenza di ulteriori limiti paesaggistici.

#### **4.3.4 Aree idonee e non idonee - D.M. 10 settembre 2010**

Al fine di accelerare l'iter autorizzativo alla costruzione e all'esercizio degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, in attuazione delle disposizioni delle linee guida emanate dal Ministero dello Sviluppo Economico in accordo con il Ministero dell'Ambiente, le Regioni e le Province autonome possono procedere alla indicazione di aree e siti non idonei alla installazione di specifiche tipologie di impianti sulla base dei criteri di cui all'Allegato 3 del D.M. 10 settembre 2010.

L'autorità competente a individuare la non idoneità delle aree è la Regione che agisce attraverso un'apposita istruttoria avente ad oggetto la ricognizione delle disposizioni volte alla tutela:

- dell'ambiente e del paesaggio;
- del patrimonio storico e artistico;
- delle tradizioni agroalimentari locali;
- della biodiversità e del paesaggio rurale.

Tali elementi identificano gli obiettivi di protezione non compatibili con l'insediamento, in particolari aree, di specifiche tipologie e dimensioni di impianti, i quali determinerebbero, pertanto, una elevata possibilità di esito negativo delle valutazioni, in sede di autorizzazione.

Gli esiti dell'istruttoria dovranno contenere, in relazione a ciascuna area individuata come non idonea con riferimento a specifiche tipologie e/o dimensioni di impianti, la descrizione delle varie incompatibilità riscontrate con gli obiettivi di protezione individuati nelle disposizioni esaminate.

Le Regioni e le Province autonome hanno il compito di conciliare le politiche di tutela dell'ambiente e del paesaggio con quelle di sviluppo e valorizzazione delle energie rinnovabili con importanti atti di programmazione congruenti con la quota minima di produzione di energia da fonti rinnovabili loro assegnata (*burdensharing*), in applicazione dell'articolo 2, comma 167, della legge n. 244 del 2007, come modificato dall'articolo 8-bis della legge 27 febbraio 2009, n. 13, di

conversione del decreto legge 30 dicembre 2008, n. 208, al fine di assicurare uno sviluppo equilibrato delle diverse fonti.

Le aree non idonee sono individuate ed elencate dalle Regioni nell'ambito dell'atto di programmazione con cui sono definite le misure e gli interventi necessari al raggiungimento degli obiettivi di *burdensharing*. Con tale atto, la Regione individua le aree non idonee tenendo conto di quanto eventualmente già previsto dal piano paesaggistico (PTPR) e in congruenza con lo specifico obiettivo assegnato.

L'allegato 3, precedentemente citato, prevede che l'individuazione delle aree non idonee dovrà essere effettuata dalle Regioni con propri provvedimenti tenendo conto dei pertinenti strumenti di pianificazione ambientale, territoriale e paesaggistica, sulla base dei seguenti principi e criteri:

- 1) l'individuazione delle aree non idonee deve essere basata esclusivamente su criteri tecnici oggettivi legati ad aspetti di tutela dell'ambiente, del paesaggio e del patrimonio artistico-culturale, connessi alle caratteristiche intrinseche del territorio e del sito;
- 2) l'individuazione delle aree e dei siti non idonei deve essere differenziata con specifico riguardo alle diverse fonti rinnovabili e alle diverse taglie di impianto;
- 3) ai sensi dell'articolo 12, comma 7, le zone classificate agricole dai vigenti piani urbanistici non

- possono essere genericamente considerate aree e siti non idonei;
- 4) l'individuazione delle aree e dei siti non idonei non può riguardare porzioni significative del territorio o zone genericamente soggette a tutela dell'ambiente, del paesaggio e del patrimonio storico-artistico, né tradursi nell'identificazione di fasce di rispetto di dimensioni non giustificate da specifiche e motivate esigenze di tutela. La tutela di tali interessi è, infatti, salvaguardata dalle norme statali e regionali in vigore ed affidate, nei casi previsti, alle amministrazioni centrali e periferiche, alle Regioni, agli enti locali ed alle autonomie funzionali all'uopo preposte, che sono tenute a garantirla all'interno del procedimento unico e della procedura di valutazione dell'impatto ambientale nei casi previsti. L'individuazione delle aree e dei siti non idonei non deve, dunque, configurarsi come divieto preliminare, ma come atto di accelerazione e semplificazione dell'iter di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio, anche in termini di opportunità localizzative offerte dalle specifiche caratteristiche e vocazioni del territorio;
- 5) nell'individuazione delle aree e dei siti non idonei le Regioni potranno tenere conto sia di elevate concentrazioni di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili nella medesima area prescelta per la localizzazione, sia delle interazioni con altri progetti, piani e programmi realizzati o in progetto nell'ambito della medesima area;
- 6) in riferimento agli impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, le Regioni possono procedere ad indicare come aree e siti non idonei alla installazione di specifiche tipologie di impianti le aree particolarmente sensibili e/o vulnerabili alle trasformazioni territoriali o del paesaggio, ricadenti all'interno di quelle di seguito elencate, in coerenza con gli strumenti di tutela e gestione previsti dalle normative vigenti e tenendo conto delle potenzialità di sviluppo delle diverse tipologie di impianti:
- 7) i siti inseriti nella lista del patrimonio mondiale dell'UNESCO, le aree ed i beni di notevole interesse culturale di cui alla Parte Seconda del D.Lgs. n. 42 del 2004, nonché gli immobili e le aree dichiarati di notevole interesse pubblico ai sensi dell'art. 136 dello stesso decreto legislativo;
- 8) zone all'interno di coni visuali la cui immagine è storicizzata e identifica i luoghi anche in termini di notorietà internazionale di attrattiva turistica;
- 9) zone situate in prossimità di parchi archeologici e nelle aree contermini ad emergenze di particolare interesse culturale, storico e/o religioso;
- 10) le aree naturali protette ai diversi livelli (nazionale, regionale, locale) istituite ai sensi della Legge n. 394/1991 ed inserite nell'Elenco Ufficiale delle Aree Naturali Protette, con particolare riferimento

- alle aree di riserva integrale e di riserva generale orientata di cui all'articolo 12, comma 2, lettere a) e b) della legge n. 394/1991 ed equivalenti a livello regionale;
- 11) le zone umide di importanza internazionale designate ai sensi della convenzione di Ramsar;
  - 12) le aree incluse nella Rete Natura 2000 designate in base alla direttiva 92/43/CEE (Siti di importanza Comunitaria) ed alla direttiva 79/409/CEE (Zone di Protezione Speciale);
  - 13) le Important Bird Areas (I.B.A.);
  - 14) le aree non comprese in quelle di cui ai punti precedenti ma che svolgono funzioni determinanti per la conservazione della biodiversità (fasce di rispetto o aree contigue delle aree naturali protette); le istituende aree naturali protette oggetto di proposta del Governo ovvero di disegno di legge regionale approvato dalla Giunta; aree di connessione e continuità ecologico-funzionale tra i vari sistemi naturali e seminaturali; le aree di riproduzione, alimentazione e transito di specie faunistiche protette; le aree in cui è accertata la presenza di specie animali e vegetali soggette a tutela dalle Convenzioni internazionali (Berna, Bonn, Parigi, Washington, Barcellona) e dalle Direttive comunitarie (79/409/CEE e 92/43/CEE), le specie rare, endemiche, vulnerabili, a rischio di estinzione;
  - 15) le aree agricole interessate da produzioni agro-alimentari di qualità (produzioni biologiche, produzioni D.O.P., I.G.P., S.T.G., D.O.C., D.O.C.G., produzioni tradizionali) e/o di particolare pregio rispetto al contesto paesaggistico-culturale, in coerenza e per le finalità di cui all'art. 12, comma 7, del decreto legislativo n. 387 del 2003 anche con riferimento alle aree, se previste dalla programmazione regionale, caratterizzate da un'elevata capacità d'uso del suolo;
  - 16) le aree caratterizzate da situazioni di dissesto e/o rischio idrogeologico perimetrate nei Piani di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) adottati dalle competenti Autorità di Bacino ai sensi del D.L. n. 180/1998 e s.m.i.;
  - 17) le zone individuate ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. n. 42 del 2004 valutando la sussistenza di particolari caratteristiche che le rendano incompatibili con la realizzazione degli impianti.
- In conclusione, si segnala che i criteri e le tempistiche per l'individuazione delle aree e dei siti non idonei sono oggetto di aggiornamento normativo in linea con quanto indicato nel Decreto Legislativo di recepimento della direttiva dell'Unione Europea c.d. RED II.



## 5.1 Land Equivalent Ratio (LER)

Il LER è un concetto elaborato in ambito agronomico che descrive la frazione relativa della superficie agricola richiesta dalle coltivazioni in monocultura affinché forniscano la stessa produzione delle medesime colture, ma realizzate in consociazione fra loro.

Nel caso più semplice di due sole specie coltivate, il LER è il risultato della seguente formula:

$$LER = \frac{Y_{acons}}{Y_{a\text{mono}}} + \frac{Y_{bcons}}{Y_{b\text{mono}}}$$

dove i pedici a e b indicano due ipotetiche coltivazioni

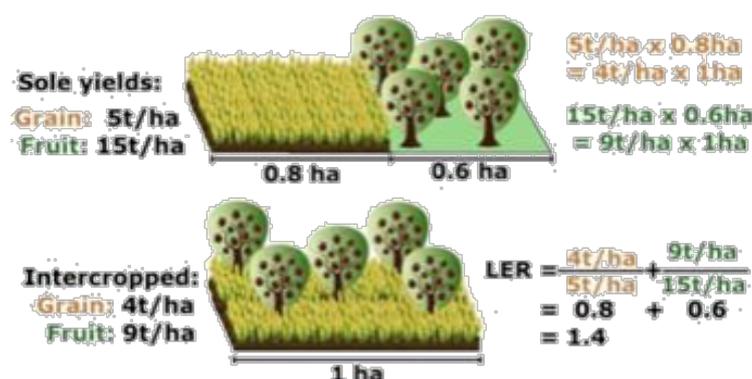
agrarie, i termini “mono” e “cons” indicano, rispettivamente, la condizione monocolturale o quella consociata.

La metodologia di design applicabile per un sistema agro-fotovoltaico viene riportata in seguito cercando di raccogliere le caratteristiche principali.

## 5.2 Progettazione delle soluzioni

Nella progettazione di soluzioni agro-fotovoltaiche si deve considerare il numero di cicli realizzabili sul terreno durante l'intero periodo di sperimentazione. Per ogni ciclo si deve determinare la rispettiva durata che permetterà, in base alla scelta delle colture, di avere una proficua rotazione sulla superficie disponibile.

Si scelgono, quindi, le colture in relazione agli aspetti ambientali, economici, territoriali e sociali che vanno a suddividere la superficie disponibile in parcelle. Ovviamente se si vogliono fare diversi cicli durante il periodo di sperimentazione è preferibile scegliere



uno stesso numero di colture per i diversi cicli così da evitare sotto-parcelle.

In base al sistema di coltivazione si devono realizzare le file sul terreno tenendo in considerazione la presenza dei pannelli fotovoltaici e la loro tipologia. Ad esempio, se sono pannelli fotovoltaici ad inseguimento bisogna tenere in considerazione il loro moto durante la giornata. Se sono pannelli fissi bisogna comunque considerare la loro inclinazione che causa un aumento o meno dell'area ombreggiata posteriormente al pannello determinando la distanza tra due file di pannelli fotovoltaici.

La loro inclinazione è legata alla direzione dei raggi solari e quindi alla latitudine del luogo di installazione. Se sono pannelli bifacciali, ad esempio, bisogna sfruttare anche la quota parte di radiazione riflessa dal terreno. Ciò significa che la scelta delle piante e della tipologia di pannelli fotovoltaici sono legate per poter sfruttare al meglio la luce (albedo) e la superficie disponibile.

Definita la distanza tra le file dei pannelli installabili sul terreno nella direzione ottimale e privi di ombreggiamento si ottiene la superficie disponibile e sfruttabile a livello agricolo.

### **5.3 Possibili benefici dell'introduzione del agrofotovoltaico nei sistemi colturali**

Negli ultimi decenni, l'agricoltore, sotto la pressione della variabilità dei prezzi dei prodotti, dei costi dei mezzi tecnici e delle politiche agricole comunitarie, ha subito una forte perdita della possibilità di scelta delle colture da inserire negli avvicendamenti colturali. Oltre a questo, anche l'ampia disponibilità di mezzi tecnici per ogni genere di colture ha determinato la

diminuzione delle specie coltivate e la diffusione di poche colture, indipendentemente dalla natura del terreno.

Il reddito aggiuntivo derivante dal fotovoltaico potrebbe consentire all'agricoltore di riconquistare la propria libertà di scelta, così da aumentare la compatibilità con il territorio e la sostenibilità ambientale. Ciò potrebbe anche essere accompagnato da un ritorno, in alcuni territori, di colture tradizionali, ormai quasi del tutto scomparse.

L'agro-fotovoltaico, quindi, si inserisce a pieno titolo nell'ottica di multifunzionalità dei sistemi agricoli, aumentando la possibilità di utilizzare nuovamente e in modo sostenibile una gran parte delle superfici agricole, ormai non più coltivate per la loro bassa redditività. Ciò sarebbe, sicuramente, un vantaggio sia per il maggior reddito generato, sia per la riduzione delle problematiche ambientali date dall'abbandono.

Le strutture di sostegno delle coperture fotovoltaiche possono essere considerati come fattori che favoriscono:

- la diffusione delle tecniche di agricoltura conservativa, per minimizzare le limitazioni alla libera movimentazione dei macchinari agricoli sulla superficie;
- la presenza di aree ad elevata biodiversità (siepi, strisce inerbite con specie spontanee, bande inerbite con specie mellifere o con specie utilizzate dalla fauna selvatica).

Di conseguenza, la diffusione dell'agro-fotovoltaico potrebbe permettere la nascita di sistemi colturali ad elevata sostenibilità ambientale ed economica, andando anche ad aumentare il legame tra produzione agricola e territorio.

## 5.4 Campionamento del suolo

La caratterizzazione chimico-fisica del suolo è necessaria per la scelta delle specie da inserire nel sistema colturale. In particolare, verranno determinate: tessitura del terreno; sostanza organica e reazione del terreno e, ove si preveda l'inserimento di specie non ordinariamente coltivate in zona, anche altre caratteristiche individuate in base alla coltura scelta.

Dopo aver identificato le superfici di campionamento omogenee, è necessario prelevare campioni di terreno in diversi punti delle suddette aree. Tali prelievi devono essere effettuati secondo quanto previsto dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (Decreto Ministeriale del 13 settembre 1999 "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo") e, le relative analisi, devono essere svolte presso i laboratori autorizzati.

Una volta effettuati i prelievi, è possibile procedere alla caratterizzazione del sito, individuando il tipo di terreno presente nell'area, in accordo con la classificazione e con i parametri dell'ISSS (International Society of Soil Science).

## 5.5 Parametri chiave per la scelta delle colture

L'installazione di pannelli fotovoltaici su un terreno ad utilizzo agricolo modifica le modalità di coltivazione principalmente per due motivi:

- riduzione della radiazione diretta a disposizione delle colture;
- limitazioni al movimento delle macchine agricole per l'ingombro delle strutture di sostegno.

Tale condizione, comunque, è già ampiamente conosciuta nella scienza delle coltivazioni, in quanto tipica

delle consociazioni colturali tra specie erbacee e arboree, molto frequenti nel passato e dei sistemi agro-forestali che, per ragioni differenti, stanno diffondendosi in molti areali produttivi.

La copertura totale o parziale di una coltura con pannelli fotovoltaici determina una modificazione della radiazione diretta a disposizione delle colture e, in minor misura, le altre condizioni microclimatiche (Marrou et al., 2013a).

Tale modificazione, strettamente correlata dalla densità di copertura, influenzerà la produzione delle differenti colture a seconda di una serie di aspetti, quali:

- fabbisogno di luce della coltura;
- tolleranza all'ombreggiamento;
- altezza della coltura;
- distribuzione spaziale della "canopy" della coltura;
- stagionalità dell'attività fotosintetica della coltura.

La densità di copertura, quindi, dovrà essere determinata al fine di garantire un corretto equilibrio tra efficiente produzione di energia elettrica e redditività dell'utilizzazione agricola.

Anche la struttura di sostegno della copertura fotovoltaica andrà ad interagire con le pratiche di coltivazione, risultando più o meno impattante a secondo del "layout" di disposizione della coltura in campo. Una specie seminata ad elevata densità colturale (foraggiere, cereali, oleaginose, leguminose da granella, piante da fibra, ecc.) risentirà maggiormente degli ostacoli dovuti dalla struttura rispetto ad una specie caratterizzata da bassa densità colturale, disposta a filari (fruttiferi, vite, ortive coltivate con tutori), che frequentemente si giova di strutture di sostegno per se stessa o per l'impianti di irrigazione (irrigazione

localizzata, irrigazione antibrina) o di protezione (reti antigrandine).

Quindi, la scelta delle possibili specie da coltivare al di sotto di coperture fotovoltaiche risulta legata a numerosi aspetti sia fisiologici della pianta, sia agronomici attinenti alle tecniche di coltivazione. La riduzione della radiazione incidente non genera sempre un effetto dannoso sulle colture che, spesso, possono adattarsi alla minore quantità di radiazione diretta intercettata, migliorando l'efficienza dell'intercettazione (Marrou et al., 2013b). La mancanza di studi specifici sulla grande maggioranza delle piante coltivate alle nostre latitudini, limita fortemente la valutazione dell'impatto della copertura fotovoltaica sulla produttività delle colture. Tuttavia, le specie ad elevata esigenza di radiazione sono sicuramente poco adatte alla coltivazione sotto una copertura fotovoltaica.

Da considerare inoltre che un'opportuna regolazione della pendenza dei pannelli durante la stagione colturale potrebbe garantire l'ottimizzazione della coesistenza del pannello solare sopra la coltura agraria (Dupraz et al., 2011). La copertura fotovoltaica potrebbe anche proteggere le colture da fenomeni climatici avversi (grandine, gelo, forti piogge) e, nei periodi di maggiore radiazione, una protezione data dal pannello può anche ridurre il verificarsi dello stress idrico, per la riduzione della evapo-traspirazione delle colture.

Alcuni studi, condotti in Germania, hanno riportato una prima valutazione del comportamento di differenti colture sottoposte alla riduzione della radiazione luminosa. Di seguito viene descritta una sintetica classificazione delle colture in base alla loro tolleranza alla copertura da parte di pannelli fotovoltaici (Oberghell, 2013):

- **colture non adatte:** piante con un elevato fabbisogno di luce, come ad es. frumento, farro, mais, alberi da frutto, girasole, cavolo rosso, cavolo cappuccio, miglio, zucca. In queste colture anche modeste densità di copertura determinano una forte riduzione della resa;
- **colture poco adatte:** cavolfiore, barbabietola da zucchero, barbabietola rossa;
- **colture adatte:** segale, orzo, avena, cavolo verde, colza, piselli, asparago, carota, ravanello, porro, sedano, finocchio, tabacco. Per queste specie un'ombreggiatura moderata non ha quasi alcun effetto sulle rese;
- **colture mediamente adatte:** cipolle, fagioli, cetrioli, zucchine;
- **colture molto adatte:** colture per le quali l'ombreggiatura ha effetti positivi sulle rese quantitative (patata, luppolo, spinaci, insalata, fave, agrumi).

Oltre alla tolleranza alla riduzione della radiazione incidente, data dalla copertura fotovoltaica, le colture devono essere scelte in base ad altri parametri, quali la distribuzione spaziale della "canopy" della coltura e la stagionalità dell'attività fotosintetica.

Piante con una "canopy" che si sviluppa in altezza verranno interessate solo parzialmente dall'ombra e questa, durante il giorno, non interesserà sempre la stessa porzione della chioma.

Anche la stagionalità di crescita delle piante è un aspetto di rilevante importanza, dato che l'entità della radiazione luminosa è strettamente legata alla stagione. In primavera e in estate, nel centro Italia, l'entità della radiazione luminosa media giornaliera è circa 2,7 volte quella misurata in autunno e 2,2 volte quella invernale (poliennio 1989-2020). Colture a

sviluppo primaverile-estivo con moderate esigenze di radiazione sono quelle che meglio si adattano alla coltivazione sotto una parziale copertura fotovoltaica.

## 5.6 Sperimentazione sulle parcelle

Suddivisa la superficie disponibile in parcelle a seconda del numero e tipologia della coltivazione scelta, si determinano i cicli e le loro durate. Ad esempio, per una durata delle prove sperimentali di circa due anni si può scegliere un primo ciclo di durata annuale composto da un certo numero di piante e quindi di parcelle.

Dopo un anno, si potrebbe decidere di mantenere il terreno scoperto per alcuni mesi per poi iniziare un secondo ciclo di piante annuali occupando le stesse parcelle.

Questa tecnica, accompagnata dalla rotazione, viene utilizzata per stimare il grado di impiego della superficie disponibile e la sua producibilità in termini agricoli ed energetici.

## 5.7 Gestione delle attività e implementazione

Le principali tecniche di gestione delle attività e la loro implementazione sono:

- A.1. Mantenimento di terreni a vocazione agricola: oltre l'80% del terreno continuerà ad essere utilizzato per scopi agricoli. Questo valore è stato calcolato confrontando la superficie disponibile con la superficie media occupata dai pannelli fotovoltaici.
- A.2. Tecnologia innovativa dei metodi agricoli: la maggior parte degli agricoltori verrà reimpiegata per svolgere attività agricole sul sito.
- A.3. Integrazione del reddito agricolo.
- A.4. Evento di illustrazione del Piano Agro-fotovoltaico e di sensibilizzazione.
- A.5. Valutazione dello stress biotico per le api dovuto alla presenza di campi elettromagnetici.
- A.6. Coinvolgimento e partecipazione di soggetti esterni. Da questo punto di vista assume particolare rilevanza il ruolo delle squadre di lavoro.
- A.7. Il volume di terreno necessario in relazione all'impianto fotovoltaico.
- A.8. Acquisto di attrezzature e macchinari in base alla coltura.
- A.9. Monitoraggio mensile della coltura a supporto del sistema decisionale ai fini di una corretta gestione colturale.

## 5.8 Meccanizzazione

Una delle principali differenze degli impianti agro-fotovoltaici rispetto al tradizionale impianto fotovoltaico è la possibilità di coltivare colture convenzionali sotto i pannelli fotovoltaici. Un impianto agro-fotovoltaico è un sistema, frequentemente ad inseguimento solare, realizzato su strutture di sostegno meccanizzate. Su quest'ultime sono montati gli assi principali orizzontali sui quali sono incernierati gli assi secondari che sostengono i pannelli solari. La struttura, nota anche come tracker, può avere due diverse configurazioni, monoassiale e biassiale. Gli inseguitori solari monoassiali sono i più diffusi e catturano le radiazioni solari ruotando intorno al proprio asse Nord\_Sud durante il corso della giornata (movimento da Est a Ovest), mentre gli inseguitori biassiali presentano due assi di rotazione, perpendicolari tra loro, che permettono, attraverso un sofisticato sistema elettronico, di porre i pannelli puntati costantemente nella direzione del sole, al variare delle ore della giornata e delle stagioni. Le singole installazioni hanno dimensioni ottimizzate per i relativi appezzamenti. Le strutture variano da un minimo di 2,2 metri fino ad un massimo di 5 metri di altezza e hanno un distanziamento medio interfilare di 6 metri. L'impianto permette quindi di non entrare in competizione con l'uso agricolo dei terreni, poiché, in ogni tipologia di configurazione, la disposizione, le opportune geometrie fisse o mobili, l'altezza e il distanziamento sono tali da non incidere sulla normale attività agricola. Inoltre, è possibile aumentare l'intervallo tra i trackers per lasciare liberi corridoi a riposo per avvicendamenti colturali e per pratiche di manutenzione programmata anche con il supporto di tecniche di precision farming. Secondo

studi condotti da ENEA, infatti, l'80-90% dei terreni sotto gli impianti agro-fotovoltaici può essere coltivato con pratiche standard e comuni macchinari agricoli. Il restante 10-20%, dipendente dalla specifica configurazione, è occupato dalla presenza di tiranti in acciaio, i quali impediscono l'accesso e l'avanzamento di grandi macchinari. Tuttavia, questi spazi consentono qualsiasi tipologia di attività agricola che non necessiti di macchinari di grandi dimensioni come, ad esempio, l'inerbimento e il pascolamento del bestiame.

Nella scelta del macchinario è indispensabile tenere conto della reale superficie di interfila o dell'altezza utile sottostante le strutture che sia transitabile dai mezzi agricoli e del reale spazio presente alla testa del filare per garantirne l'ottimale transito e raggio di sterzata. In particolare, in presenza di ostacoli a fine campo, quali ad esempio muri, fossi, alberature, ecc., dovrà essere posta particolare attenzione, in fase di progettazione dell'impianto agro-fotovoltaico, a garantire uno spazio sufficiente a consentire la voltata: una capezzagna, cioè, di larghezza pari almeno al raggio minimo di ingombro del veicolo. A questo proposito, per ridurre tale larghezza, è conveniente dotarsi di macchine con passi contenuti ed angoli di sterzata delle ruote direttrici elevati.

La larghezza utile dello spazio interfilare, nel caso di impianti di altezza minore (circa 2,2 metri), dovrà essere ottenuta sottraendo lo spazio aereo dell'interfila occupato dalla metà della lunghezza dei due pannelli opposti. Quando, invece, nel caso di massima altezza dei trackers (circa 5 metri), la posizione elevata si troverà direttamente al di sopra del colmo dei macchinari così da consentirne il normale transito sull'intera superficie interfilare.

Date le dimensioni medie (2,3 x 4 m) di un trattore standard disponibile sul mercato, è possibile quindi il suo normale utilizzo. Per le lavorazioni principali, il trattore può essere combinato con le principali attrezzature che servono alla realizzazione delle lavorazioni quali aratro, scarificatore e ripper con dimensioni massime di circa 2,7 m, nel caso dello scarificatore.

Nei luoghi destinati ad uso agricolo o ad allevamenti zootecnici la pericolosità degli impianti elettrici è legata al fatto che spesso ci si trova in zone aperte o comunque bagnate. Le prescrizioni per la sicurezza elettrica sono contenute nella sezione 705 della norma CEI 64-8/7.

Particolare attenzione va prestata, in fase di progettazione e realizzazione dell'impianto, alla posa in opera di cavi elettrici interrati.

Nelle aree dove i veicoli e le macchine agricole mobili sono movimentate, i cavi devono avere una protezione meccanica aggiuntiva (450 o 750 N) oppure devono essere in cavidotto con equivalente resistenza alla compressione ed essere ubicati ad una profondità di almeno 0,5 m rispetto al piano di calpestio o, se il terreno è arabile o coltivabile, ad almeno 1,0 m rispetto al piano di calpestio. I cavi aerei dell'azienda agricola devono essere installati ad un'altezza di almeno 6 metri.

Gli stessi cavi dovranno essere adeguatamente segnalati con appositi cartelli e, anche nell'ottica di un'agricoltura conservativa, dovranno essere evitate lavorazioni profonde (> 40 cm). Eventuali pozzetti in calcestruzzo per canalizzazioni elettriche, per ispezioni di dispersori di terra, ecc., dovranno sporgere dal terreno di circa 40 cm ed essere ben segnalati per impedire il transito su di essi di macchine agricole. Per lo

stesso motivo dovrà essere curato il taglio dell'erba intorno ai pozzetti.

Anche per le lavorazioni secondarie, la combinazione trattore-attrezzo è possibile con le comuni attrezzature diffuse in agricoltura, quali erpici, frese e tiller di dimensioni massime di 3 m. Per quanto concerne le macchine operatrici mosse dalla presa di potenza è opportuno, al fine di preservare l'impianto fotovoltaico da possibili danneggiamenti dovuti a proiezioni di oggetti, controllare la costante presenza ed integrità del carter e della eventuale protezione incernierata sul rotore portante gli utensili di lavoro.

Anche la semina/trapianto e la raccolta possono essere eseguite agevolmente con macchine agricole ordinarie.

Infine, per la manutenzione del verde al di sotto dei pannelli, le tipiche macchine per frutteti risultano essere le più congeniali nel caso di sesti d'impianto con dimensionamento minore, tuttavia, sono presenti in commercio anche specifiche attrezzature per la gestione professionale del verde che, grazie al braccio a movimentazione idraulica, possono essere adattate anche per la pulizia dei pannelli solari.

In conclusione, il sistema agro-fotovoltaico è ideato per combinare agevolmente il sistema agricolo con quello fotovoltaico, abbracciando l'ampio spettro di meccanizzazione agricola oggi presente. In futuro, inoltre, i motori endotermici dei trattori saranno sostituiti, come già avviene per i trasporti civili, da motori elettrici. Oltre all'energia prodotta dai pannelli FV, è possibile pensare, grazie alla presenza delle strutture portanti, anche all'installazione di cavidotti per l'alimentazione elettrica delle macchine motrici. La stessa geometria degli impianti, infine, ben si presta alla automazione e ad applicazioni di robotica.



Si riportano alcune tecniche di monitoraggio delle prove sperimentali da realizzare sui siti agrofotovoltaici.

## 6.1 Monitoraggio in situ

Le misurazioni in situ che si dovranno effettuare sono:

- il consumo di acqua;
- il consumo energetico per unità di prodotto (applicazione del LCA, LifeCycleAssessment);
- la misurazione dell'albedo;
- la valutazione dell'ombreggiatura;
- il benessere degli animali;
- la valutazione della mortalità delle api mediante il monitoraggio 4.0.

## 6.2 Key Performance Indicators

Le KPIs, Key Performance Indicators, sono indicatori chiave di prestazione che rappresentano l'indice dell'andamento e della fattibilità del processo. Si elencano le principali KPIs che devono essere considerate:

- la preferenza dei consumatori per i prodotti nazionali;
- l'eventuale applicazione della certificazione biologica delle produzioni;
- la tradizione di alcune produzioni locali;
- la tutela delle colture floristiche e risorse autoctone e/o endemiche, con particolare attenzione all'individuazione degli ecotipi locali che possono costituire in termini di adattamenti morfo-funzionali e presenza di principi attivi, risorsa di grande interesse agronomico, vivaistico e nutraceutico;
- la conservazione di un patrimonio culturale comprendente storia, costumi, tradizioni che costituiscono un insieme di risorse;

- la gestione e manutenzione della riduzione dei costi;
- la valorizzazione economica della superficie libera;
- la maggiore integrazione nel territorio;
- l'aumento dei posti di lavoro;
- l'integrazione del reddito agricolo;
- la diversificazione dei prodotti agricoli;
- la modernizzazione delle metodologie e delle tecnologie;
- lo sviluppo sostenibile;
- il basso impatto ambientale;
- l'opportunità economica sul territorio.



## 7. ASPETTI SOCIO-ECONOMICI E POLITICI

Tra gli obiettivi dell'installazione degli impianti AFV, gli impatti positivi sulla collettività in termini sociali ed economici assumono un ruolo fondamentale ed indispensabile. Secondo varie ricerche condotte, durante la fase di costruzione di un impianto AFV si creano mediamente circa 35 nuovi posti di lavoro, e nella fase di manutenzione 1 posto ogni 2/5 MW prodotti. Dal punto di vista economico, la minore o nulla competizione di utilizzo del suolo tra agricoltura ed impianti fotovoltaici permette di ottenere contemporaneamente produzioni e redditi diversificati sullo stesso appezzamento di terreno.

Tra le varie fonti di finanziamento previsti per le aziende agricole, le misure della Politica Agricola Comune (PAC) possono giocare un ruolo importante nel sostenere e stimolare anche l'installazione di impianti AFV. Nella fase di programmazione 2014-

2020, prolungata causa pandemia fino al 2022, diverse misure dei Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) riguardano in generale l'utilizzo delle fonti di energia rinnovabili. Nei paragrafi seguenti vengono descritti i principali aspetti delle varie misure. In attesa della nuova PAC che entrerà in vigore dal 2023 e ancora in fase di elaborazione, lo schema descrittivo delle misure attuali può essere utile anche per comprendere meglio gli sviluppi e le decisioni che verranno prese.

### 7.1 Misure previste per la Focus Area 5C

L'area di intervento o focus area 5C della politica di sviluppo rurale, riguarda l'approvvigionamento e l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili, sottoprodotti, materiali di scarto, residui e altre materie grezze non alimentari ai fini della bioeconomia. Nella tabella 1 sono riportate le varie misure del PSR che hanno come area di intervento la 5C.

**Tab. 1 - Misure contenenti la focus area 5C**


---

M01 - Trasferimento di conoscenze e azioni di informazione

M02 - Servizi di consulenza, di sostituzione e di assistenza alla gestione delle aziende agricole

M04 - Investimenti in immobilizzazioni materiali

M06 - Sviluppo delle aziende agricole e delle imprese

M07 - Servizi di base e rinnovamento dei villaggi nelle zone rurali

---

La focus area 5C interessa una parte non trascurabile delle risorse finanziarie stanziata complessivamente nei vari PSR delle regioni italiane. La maggior parte delle risorse riguarda le misure 4, 6 e 7 con l'attivazione di sottomisure ed operazioni previste che interessano direttamente le energie rinnovabili. A seguire le principali caratteristiche di queste Misure.Sottomisure.Operazioni verranno illustrate.

- impianti di micro-cogenerazione/trigenerazione alimentati a biomassa;
- sistemi intelligenti di stoccaggio di energia;
- solare fotovoltaico;
- solare termico;
- microeolico.

La produzione di energia deve riferirsi prevalentemente a prodotto aziendale di scarto, anche di origine forestale e l'energia prodotta deve essere finalizzata prevalentemente all'autoconsumo. In tale sottomisura si rilevano tre tipi di sostegno economico, nel quale viene individuato un recupero del fondo da parte dell'agricoltore attivo pari all'aliquota del 40%, con una maggiorazione massima del 20% della stessa aliquota di sostegno non applicabile per interventi di trasformazione e commercializzazione. I tipi di sostegno sono:

- contributo in conto capitale;
- conto interessi;
- garanzie a condizione agevolate.

## 7.2 Misura.Sottomisura.Operazione 4.1.4

Questa tipologia di intervento riguarda gli investimenti materiali e/o immateriali finalizzati all'approvvigionamento e l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili, sottoprodotti, materiali di scarto, residui e altre materie grezze non alimentari. Sono previsti interventi per la realizzazione di impianti per la produzione e distribuzione di energia da fonti rinnovabili usando biomasse, con esclusione di quelle ad uso alimentare e altre fonti di energia rinnovabile destinate alla produzione di energia elettrica e/o termica, utilizzando:

- pompe di calore a bassa entalpia;

La prima riguarda gli investimenti a fondo perduto, mentre le altre due fanno riferimento ai prestiti/mutui bancari.

Possono beneficiare di questa classe di finanziamenti coloro che sono o verranno classificati come agricoltore attivo in possesso dei requisiti di cui all'articolo 9 del Reg. UE n. 1307/2013 per gli "agricoltori in attività", come stabiliti dallo Stato Membro, con ulteriore attivazione anche nell'ambito della "filiera organizzata". I costi ammissibili sono in coerenza con quanto stabilito dall'art. 45 del regolamento n. 1305/2013 e sono determinati dalle spese sostenute per l'ammodernamento e miglioramento di beni immobili produttivi dell'azienda e relativa impiantistica per l'efficientamento energetico. Per le spese immateriali quali l'acquisizione di programmi informatici, acquisizione di brevetti/licenze e per le spese generali di ammodernamento.

L'operazione si applica su tutto il territorio regionale oltre a seguire lo standard di agricoltore attivo come da art. 9 Reg. UE n. 1307/2013, l'imprenditore dovrà inoltre presentare un piano aziendale degli investimenti con il quale dimostri il miglioramento delle prestazioni e la sostenibilità globali dell'azienda. Sono considerati ammissibili gli investimenti in impianti previsti per la produzione di energia da biomasse, solo se una percentuale maggiore e non inferiore al 50%, calcolata come media annuale, di

energia termica è utilizzata per l'autoconsumo. Come stabilito nell'accordo di partenariato, l'energia prodotta deve provenire da fonti rinnovabili, sottoprodotti, materiali di scarto, residui e altre materie grezze non alimentari ai fini della bioeconomia. Inoltre per la produzione di biomasse, NON è ammesso l'utilizzo di colture dedicate.

### **7.3 Misura.Sottomisura.Operazione 6.4.2**

Questa tipologia di intervento fa riferimento al sostegno a investimenti nella creazione e nello sviluppo di attività extra-agricole. Tra le sue finalità vi è il sostegno all'agricoltura, quale forma di diversificazione dell'attività e creazione di nuove forme di reddito per le imprese agricole e forestali, mediante idonee forme di attività complementari attraverso investimenti volti alla realizzazione di impianti di energia da fonti alternative destinata alla vendita. Le operazioni finanziabili, in particolare, riguardano l'uso di tecnologie innovative in grado di migliorare la remuneratività per le aziende agricole elevando i ricavi attraverso la commercializzazione della produzione energetica, la valorizzazione dei prodotti, dei sottoprodotti e dei residui aziendali, anche riducendo l'impronta ecologica e i consumi dell'azienda stessa, agendo su impianti a fonti rinnovabili nuovi o già esistenti attraverso l'aumento dell'efficienza del processo o con interventi strutturali finalizzati ad una migliore gestione dei prodotti in

entrata, incluse le biomasse forestali per la conversione di energia e realizzando reti di distribuzione dell'energia, diverse da quella elettrica. Anche in questa sottomisura i tipi di sostegno sono di tre tipi, come nella precedente, ossia con contributo capitale, in conto interessi e a garanzie a condizione agevolate, rispettando in ogni tipo di sostegno le aliquote massime di sostegno previste per la sottomisura. Possono beneficiare di questa classe di finanziamenti coloro che vengono identificati come agricoltore attivo, così come stabilito dall'art. 9 del Reg. UE n. 1307/2013, in forma di micro e piccole imprese operanti nel settore agricolo-forestale ad esclusione di quelle micro e piccole imprese non agricole operanti nell'area D della distribuzione laziale. Sulla base dell'art. 65 del Reg. UE n. 1303/2013, sono ammissibili le spese per:

- investimenti in impianti per la produzione e distribuzione di energia da fonti rinnovabili (energia elettrica e/o termica);
- investimenti in impianti previsti per la produzione di energia da biomasse, solo se una percentuale almeno pari al 50% di energia termica prodotta è utilizzata per l'autoconsumo;
- costruzione, ristrutturazione e miglioramenti di beni immobili strettamente necessari ad ospitare gli impianti;

- opere murarie, edili e di scavo per la realizzazione delle reti di distribuzione;
- acquisto di hardware e software inerenti o necessari all'attività;
- spese generali.

L'operazione si applica su tutto il territorio regionale con priorità attribuite alle aree rurali C e D. È prevista la presentazione di un piano di sviluppo aziendale. L'azienda agricola, oggetto di aiuto, deve, al momento della presentazione della domanda di sostegno, avere una dimensione economica minima, come ricavabile dalle produzioni standard totale espressa in euro, non inferiore a 15.000,00 Euro, ridotta a 10.000,00 Euro nel caso di aziende agricole collocate in area D. L'attività deve rimanere prevalentemente anche dopo la realizzazione dell'investimento.

#### **7.4 Misura.Sottomisura.Operazione 7.2.2**

Questa tipologia di intervento fa riferimento al sostegno per investimenti finalizzati alla creazione, al miglioramento o all'espansione di ogni tipo di infrastrutture su piccola scala, compresi gli investimenti nelle energie rinnovabili e nel risparmio energetico. Con tale provvedimento si vuole mirare alla creazione, al miglioramento e all'espansione delle piccole infrastrutture di scala per incrementare l'efficienza energetica e l'utilizzo di fonti rinnovabili di energia. Possono beneficiare di questa classe di finanziamenti solamente i soggetti pubblici. I costi

saranno ammissibili al cofinanziamento del FEASR le voci di spesa relative a interventi per:

- incremento dell'efficienza energetica nelle aree rurali quali, a titolo di esempio, sostituzione di caldaie e impianti di raffreddamento e/o riscaldamento esistenti a bassa efficienza energetica con altre ad alta efficienza energetica, sostituzione di infissi, realizzazione di cappotti termici, pareti ventilate coibentazione degli edifici con esclusione di quanto previsto dalle norme in materia fiscale;
- approvvigionamento, produzione e distribuzione per autoconsumo di energia proveniente da fonti rinnovabili, sottoprodotti, materiali di scarto, residui e altre materie grezze non alimentari come ad esempio solare fotovoltaico, solare termico, piccoli impianti idroelettrici, centrali con caldaie alimentate a biomassa quali cippato o pellets, acquisto di mezzi per il trasporto dei sottoprodotti, realizzazione di piattaforme di raccolta residui di potatura, opere edili e impiantistiche strettamente necessarie e connesse alla installazione e al funzionamento degli impianti, fornitura di materiali e componenti necessari alla realizzazione e al funzionamento degli impianti, installazione e posa in opera degli

impianti, spese generali, comprensive di progettazione tecnica, collaudo e consulenze in materia di sostenibilità ambientale ed economica (inclusi studi di fattibilità);

- creazione di reti di teleriscaldamento anche ai fini del riutilizzo del calore di processo proveniente da impianti di bioenergia sopra indicati come ad esempio reti di semplice distribuzione del calore a più fabbricati, opere edili e impiantistiche strettamente necessarie e connesse alla installazione e al funzionamento degli impianti, fornitura di materiali e componenti necessari alla realizzazione e al funzionamento degli impianti, installazione e posa in opera degli impianti;
- spese generali;
- spese di promozione e divulgazione delle iniziative, relative ai beni oggetto di investimento realizzati attraverso la presente attività (fino al massimo del 5% dell'investimento totale).

Gli interventi di cui alla presente sottomisura possono essere realizzati esclusivamente nelle seguenti zone:

- aree D "Aree rurali con problemi complessivi di sviluppo";
- aree C "Aree rurali intermedie";
- comuni ricadenti in piani di sviluppo locale Leader.

Inoltre, non potranno essere superate le seguenti soglie:

- di 150 kWp di potenza di picco per gli impianti fotovoltaici;
- di 50 m<sup>2</sup> di superficie lorda captante per gli impianti solari termici;
- di 200 kW di potenza nominale per i piccoli impianti idroelettrici;
- di 1 MW termico per gli impianti alimentati a biomassa e destinati alla produzione di calore e di frigoriferi o di cogenerazione.

Relativamente agli impianti fotovoltaici saranno ammissibili a finanziamento quelli che non comportino ulteriore occupazione di suolo.

Tutti gli investimenti sono sovvenzionabili se gli interventi a cui si riferiscono vengono realizzati sulla base di piani di sviluppo dei comuni e dei villaggi situati nelle zone rurali e dei servizi comunali di base, ove tali piani esistano, e sono conformi alle pertinenti strategie di sviluppo locale.

## 7.5 Aspetti sociali

Si deve svolgere un'analisi completa sugli aspetti sociali che interessano l'area di installazione. In particolare l'attenzione sarà incentrata sulla popolazione, sull'età media, sull'eventuale presenza di mercati e fattorie per la vendita dei prodotti derivanti dalla coltivazione.

È molto importante, inoltre, procedere ad un'analisi accurata delle infrastrutture che interessano il territorio, quali strade, autostrade, porti e aeroporti, così da avere una visione completa sul tipo di area su cui si andrà ad operare. Sono da valutare, qualora presenti, anche i centri di interesse storico-artistico che possono favorire il turismo nell'area interessata.

## 8. CASI STUDIO



### 8.1 L'esperienza di EF Solare Italia

EF Solare Italia è il primo operatore di fotovoltaico in Italia e tra i principali in Europa con oltre 1 GW di impianti in esercizio tra Italia e Spagna. EF Solare è partecipato al 70% da F2i - Fondi Italiani per le Infrastrutture, il più grande fondo infrastrutturale attivo in Italia, e al 30% da Crédit Agricole Assurances, primo investitore istituzionale francese nelle energie rinnovabili. EF Solare si posiziona come leader tecnologico per guidare la crescita del settore solare attraverso l'eccellenza operativa, l'innovazione e lo sviluppo di nuovi impianti. Vanta una consolidata esperienza in progetti che combinano la coltivazione delle superfici agricole con la produzione di energie rinnovabili, c.d. progetti agro-fotovoltaici.

I primi progetti agro-fotovoltaici di EF Solare hanno assunto la forma di serre fotovoltaiche e sono nati nel 2011 in Calabria nei Comuni di Villapiana, Cassano allo Jonio, Scalea e Orsomarso (CS), grazie alla collaborazione de Le Greenhouse, società agricole territoriali specializzate nella coltivazione di agrumi in ambiente fotovoltaico.



Ad oggi EF Solare dispone di nove serre fotovoltaiche installate nelle Regioni Calabria, Umbria e Sardegna che vengono coltivate da Le Greenhouse in maniera sostenibile e innovativa per un totale di 35 ettari e 15.000 piante di agrumi in pieno assetto vegetativo.

In Calabria, le serre valorizzano la forte vocazione agrumicola del territorio e contribuiscono anche al mantenimento di una tradizione millenaria legata alla coltivazione del cedro, tipica dell'alto tirreno consentino (c.d. Riviera dei cedri) innovandola e rendendola sostenibile.

Le serre sono state dotate di applicativi digitali di gestione e monitoraggio da remoto delle attività fenologiche delle piante che hanno registrato risultati soddisfacenti:

- riduzione del fabbisogno idrico annuo delle coltivazioni, grazie alla riduzione dell'evapotraspirato (consumo idrico pari a 1/6 rispetto alle coltivazioni in pieno campo);
- da una ricerca svolta di recente, un campione di limoni delle serre calabresi ha mostrato risultati nettamente superiori agli standard qualitativi richiesti dai disciplinari di produzione dei migliori limoni IGP d'Italia. I limoni analizzati hanno presentato un diametro del frutto di 76,5 mm, peso 270 g, resa in succo 39%, acidità totale (acido citrico) 60,5 g/l.



Grazie all'esperienza maturata con le serre fotovoltaiche e sempre in collaborazione con gli storici partner agricoli, EF Solare Italia ha progettato e ha già presentato in Calabria e Sardegna una nuova tipologia di agro-fotovoltaico, partendo dall'osservazione delle caratteristiche peculiari dei territori (naturali, geomorfologiche, produttive, umane) e seguendo le vocazioni agricole territoriali al fine di salvaguardare gli usi del suolo e i territori rurali.

I nuovi impianti agro-fotovoltaici sono formati da moduli montati su strutture ad inseguimento mono-assiale infisse nel terreno, i c.d. tracker, che permettono ai moduli di muoversi e orientarsi al sole, generando un indice di ombreggiamento del suolo (ombra non fissa) fra il 15-30%. Ogni tracker è posto a 3 metri di altezza dal suolo tramite strutture in acciaio che fungono anche da sostegno per gli impianti di irrigazione e nebulizzazione aerea. Le strutture sono infisse al suolo senza l'utilizzo di fondazioni in cemento e sono poste ad una distanza interasse (distanza tra le file dei moduli) variabile tra i 5 e i 6 m

in base alle caratteristiche del campo e del piano agronomico. L'intera struttura permette e valorizza l'attività agricola, non modificando l'uso dei suoli che vengono interamente interessati dalle coltivazioni.

Infatti, con i moduli posti sui tracker a 3 mt di altezza, lo spazio in verticale utilizzabile al di sotto è di circa 2,8 m in condizione di posizionamento dei pannelli parallelo al terreno. Con l'inclinazione dei moduli di 45° (angolo di inclinazione massimo dell'inseguitore), la distanza minima da terra è superiore ai 2 metri e ciò non pregiudica la possibilità di coltivazione consentendo alle piante di beneficiare di luce diretta e di luce diffusa e agli operatori di svolgere le normali pratiche agricole.



Un progetto agro-fotovoltaico di EF Solare è parte di un piano di miglioramento fondiario finalizzato alla valorizzazione dei suoli in armonia con i territori e nel rispetto degli aspetti paesaggistico-ambientali.

I piani agronomici dei nuovi progetti prevedono l'utilizzo di diverse tipologie di colture, dagli agrumi già pienamente sperimentati in ambiente fotovoltaico, a piante officinali in abbinamento con l'apicoltura. Di recente si sta valutando anche la coltivazione di

zafferano e aloe vera, in zone fortemente vocate a tali coltivazioni.

Si sottolinea che tutti gli impianti agrofotovoltaici in sviluppo, sulla scia delle tecnologie già testate nelle serre fotovoltaiche, saranno dotati delle più avanzate tecniche di irrigazione e di fertirrigazione finalizzato al contenimento dei consumi idrici. Il sistema di irrigazione, a secondo della coltura praticata, sarà eseguita in micro-irrigazione con ala gocciolante interrata che, insieme al supporto dei sistemi di controllo, permetteranno di dosare l'esatto apporto idrico necessario alle coltivazioni praticate. Le valvole di irrigazione sono gestite da una centralina elettronica avanza e, attraverso una serie di sensori posti su ciascuna sezione di impianto, rileverà dati quali umidità e temperatura al suolo, precipitazioni, quantità di acqua erogata, misurazione pH, quantità fertilizzanti per ciascuna sezione, ore di funzionamento, controllo di eventuali perdite con blocco immediato della stessa, gestione allarmi etc. Tutte le valvole e tutti i sensori saranno gestiti da una rete wifi di campo e attraverso un collegamento Internet i dati saranno trasmessi ogni 5 minuti ad un cloud in Israele, di proprietà di un partner professionale specializzato nel settore di elevato standing internazionale, dove resteranno memorizzati per tre anni al fine di produrre statistiche e studi per l'ottimizzazione dei cicli di irrigazione.

Molti dei dati storici già registrati all'interno dell'ambiente fotovoltaico serricolo sono stati utilizzati per ricerche scientifiche e studi di settore (per esempio per calcolare l'impronta carbonica delle serre fotovoltaiche).

Anche l'apicoltura verrà gestita da un apposito sistema di gestione e monitoraggio già testato: il sistema "Melixa" che monitora lo stato di salute e accrescimento del nucleo delle api oltre all'attività di produzione dello stesso. Il sistema registra i principali dati provenienti dall'arnia quali: peso netto del nucleo, temperatura ambientale e interna tra i favi di covata, punto di rugiada, numero di voli ora per ora.



La società, forte della sua storia, continua a perseguire due obiettivi prioritari: (i) valorizzazione delle vocazioni agricole territoriali con tutela delle biodiversità e delle tradizioni agroalimentari locali e (ii) contribuzione alla transizione energetica verso le energie rinnovabili con l'introduzione di innovazioni tecnologiche rispettose del paesaggio.

## 8.1 Le sperimentazioni di Enel Green Power

A gennaio 2021 Enel Green Power (EGP) ha avviato, contemporaneamente, nove test dimostrativi agro-fotovoltaici su larga scala, localizzati in Europa (due in Grecia, cinque in Spagna, due in Italia) e uno in Australia, dopo una fase preliminare di progettazione, indagando la possibilità di integrare le attività agricole, preservando, allo stesso tempo, la specifica biodiversità locale. Questi progetti, aggiuntivi all'esperienza esplorativa fatta sull'impianto di Aurora (USA), permetteranno una raccolta massiva di dati di integrabilità di attività agro-zootecniche in impianti fotovoltaici utility-scale.

L'obiettivo principale del programma dimostrativo è quello di valutare e dimostrare la coesistenza dell'uso multiplo, almeno doppio, della risorsa terreno, valutando nuove metodologie, approcci e modelli di business sostenibili insieme agli agricoltori e alle comunità locali.

L'innovazione introdotta da EGP riguarda lo sviluppo di soluzioni agro-zootecniche che possono essere integrate con nuovi impianti fotovoltaici di grandi dimensioni (detti "a terra"), senza richiedere modifiche significative nel layout dell'impianto e/o nella densità dei pannelli.



Le soluzioni in studio prevedono l'occupazione degli spazi liberi tra le file di inseguitori monoassiali con piantagioni basse, in modo da non creare ombreggiamento sui pannelli. I test sono localizzati in diverse regioni climatiche e stanno valutando gli impatti di diverse attività agricole in diverse tecnologie solari (strutture fisse su inseguitori), pannelli (monofacciali e bifacciali), e layout (diversa distanza delle file di moduli).

Dopo una prima fase di design e progettazione, con la suddivisione delle aree test in diverse zone a seconda delle colture si è passati alla fase di preparazione terreno e messa a dimora delle colture.



Le colture in fase di sperimentazione sono differenziate in funzione dei diversi mercati locali, dalle erbe aromatiche a quelle medicinali e officinali,

piante alimentari (ortaggi, legumi, ecc.), piante per usi cosmetici (aloe, ecc.), piante da foraggio e piante floreali e mellifere, per favorire anche l'insediamento di specie impollinatrici e migliorare i servizi ecosistemici.



Alcuni dettagli sulle colture in test nei diversi impianti europei:

### Grecia

- Impianto fotovoltaico di Pezouliotika, situato in Tracia: coltivazione di erbe aromatiche, fiori e miscele di piante in grado di attirare le specie impollinatrici.
- Impianto fotovoltaico di Kourtesi, situato nella regione di Ilia: coltivazione di erbe medicinali, cardo e cartamo.

### Spagna

- Impianto fotovoltaico di Totana, situato nella regione di Murcia: coltivazione di carciofi, broccoli, peperoni,

pitaya (un frutto tropicale ricco di ferro e vitamina E), erbe medicinali e aromatiche.

- Impianto fotovoltaico di Valdecaballeros, situato nella regione di Estremadura: coltivazione di erbe medicinali erbe medicinali e aromatiche.
- Impianto fotovoltaico di Augusto, situato in Estremadura: coltivazione di colture foraggere, broccoli, melanzane, cavolfiori.
- Impianto fotovoltaico di Las Corchas situato in Andalusia: coltivazione di lavanda e fiori per attirare impollinatori.

### Italia

- Impianto fotovoltaico di Montalto di Castro, situato nel Lazio: coltivazione di legumi, asparagi e zafferano.
- Impianto fotovoltaico di Bastardo, situato in Umbria: coltivazione di diverse specie di erbe e foraggio, cucurbitacee e combinazioni di piante che attirano gli impollinatori.

La vera sfida innovativa è però rappresentata dalla possibilità di occupare anche parte della superficie sotto i pannelli, sempre con piantagioni a bassa altezza, a seconda delle esigenze di ombreggiamento delle colture stesse. I potenziali benefici derivanti dalla coesistenza di soluzioni agro-zoologiche e pannelli solari sono in fase di valutazione in termini di energia prodotta, impatto delle colture sull'albedo per i pannelli bifacciali, condizioni microclimatiche, risparmio idrico dovuto all'ombreggiamento parziale,

interferenze con il funzionamento quotidiano dell'impianto ed eventuali implicazioni di sicurezza. Le evidenze preliminari, grazie all'integrazione della rete di sensori avanzanti, stanno mostrando una migliore crescita, in termini di area fogliare, clorofilla, produttività e grandezza frutti, di alcune specie implementate tra le fila dei moduli, così come i peperoncini, piante aromatiche, ecc., rispetto alle stesse implementate nelle aree di controllo senza pannelli, maggiormente sottoposte a stress idrico e microclima sfavorevole.



Questo programma, infatti, non solo promuove l'integrazione e la coesistenza di più imprese, ma sta anche favorendo l'adozione di tecniche agricole avanzate con strumenti high-tech e digitali a beneficio del partner agricolo che può così migliorare la propria competitività sul mercato. I dati e le informazioni raccolte costituiranno un atlante che definirà le pratiche agricole adatte a seconda della tecnologia solare, delle condizioni climatiche locali e del contesto sociale, economico e ambientale.



## 8.2 L'esperienza di SOLARFIELD S.r.l.

Solar Italy VI, impianto fotovoltaico denominato "Campo Agrosolare Pontinia" in località Mazzocchio, Comune di Pontinia (LT).

Potenza 70 MW

Sup. Ha 130

Si tratta di uno dei più importanti impianti in fase di realizzazione sia a livello nazionale che Europeo. Sito all'interno di un'azienda storica dell' Agropontino, presso la Tenuta Mazzocchio.

La pianura pontina è considerata una delle migliori aree a vocazione agricola in Italia, questo grazie alle particolari caratteristiche pedoclimatiche (terreni pianeggianti e fertili, clima temperato umido, protezione dalle intemperie offerta dai monti e dal mare, disponibilità di acqua per l'irrigazione, ecc.). Queste condizioni favorevoli fanno sì che siano numerose le tipicità del territorio conosciute sia a livello nazionale che europeo.

L'impresa agricola proprietaria del fondo, all'interno dell'area dell'impianto continuerà a svolgere la sua ordinaria attività agricola.

Gli obiettivi del modello Agrosolare sono:

- mantenere la redditività dei terreni agricoli coinvolti dall'iniziativa;
- introdurre le innovazioni delle moderne tecnologie in ambito agroalimentare.

L'implementazione dell'Agrosolare, consentirà di:

- abbattere i costi di manodopera dell'impianto fotovoltaico, pur incrementando l'occupazione in sito grazie alla presenza di figure professionali in ambito agricolo;
  - introdurre tecniche e competenze agrarie specifiche;
  - aumentare la competitività sul mercato dei prodotti agricoli;
  - ridurre il consumo di acqua: per ridotto livello di evaporazione;
  - sviluppare l'agricoltura biologica;
  - introdurre le più moderne tecnologie in ambito agroalimentare, come la digitalizzazione per una Agricoltura 4.0, al fine di sopperire ai sempre crescenti problemi dei terreni italiani dovuti ai cambiamenti climatici e al tempo stesso alla mancanza di competitività con la concorrenza estera.
- Il tutto sarà agevolato dalla possibilità di integrare la piattaforma dati, relativa ai sistemi di monitoraggio dell'impianto fotovoltaico, con i dati provenienti dai

sistemi di controllo dell'umidità e dell'irraggiamento solare nelle aree coltivate;

- implementare uno sviluppo sostenibile del territorio, attraverso progetti che possano fare da linea guida ad altre realtà e sensibilizzare la collettività attraverso percorsi formativi/educativi per i ragazzi delle scuole.

## BIBLIOGRAFIA

1. Fritz, Benjamin, Gábor Horváth, Ruben Hünig, Ádám Pereszlényi, Ádám Egri, Markus Guttman, Marc Schneider, Uli Lemmer, György Kriska, and Guillaume Gomard. 2020. "Bioreplicated Coatings for Photovoltaic Solar Panels Nearly Eliminate Light Pollution That Harms Polarotactic Insects." *PLoS ONE* 15(12 December):1–22. doi: 10.1371/journal.pone.0243296.
2. Horváth, Gábor, Miklós Blahó, Ádám Egri, György Kriska, István Seres, and Bruce Robertson. 2010. "Reducing the Maladaptive Attractiveness of Solar Panels to Polarotactic Insects." *Conservation Biology* 24(6):1644–53. doi: 10.1111/j.1523-1739.2010.01518.x.
3. Horváth, Gábor, György Kriska, Péter Malik, and Bruce Robertson. 2009. "Polarized Light Pollution: A New Kind of Ecological Photopollution." *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(6):317–25. doi: 10.1890/080129.
4. Jacob, J., and R. Davis. 2019. "Flowering Solar Farms." *American Bee Journal* (April):451–56.
5. Kobayashi, Norihiro, Ryuichi Okada, and Midori Sakura. 2020. "Orientation to Polarized Light in Tethered Flying Honeybees." *The Journal of Experimental Biology* 223. doi: 10.1242/jeb.228254.
6. Száz, Dénes, Dávid Mihályi, Alexandra Farkas, Ádám Egri, András Barta, György Kriska, Bruce Robertson, and Gábor Horváth. 2016. "Polarized Light Pollution of Matte Solar Panels: Anti-Reflective Photovoltaics Reduce Polarized Light Pollution but Benefit Only Some Aquatic Insects." *Journal of Insect Conservation* 20(4):663–75. doi: 10.1007/s10841-016-9897-3.
7. Solarparks - Gewinn für die Biodiversität
8. [https://cdn.qualenergia.it/wp-content/uploads/2019/11/20191119\\_bne\\_Studie\\_Solarparks\\_Gewinne\\_fuer\\_die\\_Biodiversitaet\\_online.pdf](https://cdn.qualenergia.it/wp-content/uploads/2019/11/20191119_bne_Studie_Solarparks_Gewinne_fuer_die_Biodiversitaet_online.pdf)
9. Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., and Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, vol. 36, pages 2725–2732.
10. Marrou, H., Guilioni, L., Dufour, L., Dupraz, C., and Wery, J. (2013a). Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 177, pages 117–132.
11. Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., and Dupraz, C. (2013b). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy* 44, pages 54–66.
12. Obergefell T., 2013. Agrovoltaiik: Landwirtschaft unter Photovoltaik an lagen (German). Master thesis. University of Kassel
13. Walston L.J., Rollins K.E., LaGory K.E., Smith K.P.,

- Meyers S.A., 2016. A preliminary assessment of avian mortality at utility-scale solar energy facilities in the United States *Renew. Energy*, 92 (2016), pp. 405-414.
14. Schuster E., Bulling L., Köppel J., 2015. Consolidating the state of knowledge: a synoptical review of wind energy's wildlife effects *Environ. Manag.*, 56, pp. 300-331.
15. Lovich J.E., Ennen J.R., 2013. Wildlife conservation and solar energy development in the desert Southwest, United States *BioScience*, 61 (12), pp. 982-992.
16. Allison T.D., Root T.L., Frumhoff P.C., 2014. Thinking globally and siting locally – renewable energy and biodiversity in a rapidly warming world. *Clim. Change* 126, 1–6.
17. Thomas K.A., Jarchow C.J., Arundel T.R., Jamwal P., Borens A., Drost C.A., 2018. Landscape-scale wildlife species richness metrics to inform wind and solar energy facility siting: An Arizona case study. *Energy Policy*, 116, 145-152.
18. Northrup J., Wittemyer G., 2013. Characterizing the impacts of emerging energy development on wildlife, with an eye towards mitigation. *Ecol. Lett.*, 16, 112-125.
19. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. Stefano Amaducci, Xinyou Yin, Michele Colauzzi. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
20. Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>
21. Khanal, U., Stott, K. J., Armstrong, R., Nuttall, J. G., Henry, F., Christy, B. P., Mitchell, M., Riffkin, P. A., Wallace, A. J., McCaskill, M., Thayalakumaran, T., & O'Leary, G. J. (2021). Intercropping—Evaluating the Advantages to Broadacre Systems. *Agriculture*, 11(5), 453. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050453>
22. Aroca-Delgado, R., Pérez-Alonso, J., Callejón-Ferre, Á. J., & Velázquez-Martí, B. (2018). Compatibility between crops and solar panels: An overview from shading systems. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su10030743>
23. Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, A., Högy, P., Goetzberger, A., & Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265, 114737. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737>
24. Horváth, G., Blahó, M., Egri, Á., Kriska, G., Seres, I., & Robertson, B. (2010). Reducing the maladaptive

- attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology*, 24(6), 1644–1653. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01518>.
25. Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 54, pp. 299–308). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>
26. Agostini, A., Colauzzi, M., & Amaducci, S. (2021). Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: An economic and environmental assessment. *Applied Energy*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116102>
27. Parkinson, S., & Hunt, J. (2020). Economic Potential for Rainfed Agrivoltaics in Groundwater-Stressed Regions. *Environmental Science and Technology Letters*, 7(7), 525–531. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00349>
28. Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., & Högy, P. (2019). Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. In *Agronomy for Sustainable Development* (Vol. 39, Issue 4). Springer-Verlag France. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>
29. Proctor, K. W., Murthy, G. S., & Higgins, C. W. (2021). Agrivoltaics align with green new deal goals while supporting investment in the us' rural economy. *Sustainability (Switzerland)*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.3390/su13010137>
30. Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergefell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, A., Högy, P., Goetzberger, A., & Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737>
31. NATIONAL RECOVERY AND RECILIENCE PLAN. (2021).
32. INTEGRATED NATIONAL ENERGY AND CLIMATE PLAN. (2019).
33. DIRECTIVES DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) (Text with EEA relevance). (n.d.).
34. Union, E. (2019). *Clean energy for all Europeans package* | Energy. [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en)
35. Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (2013). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, 44, 54–66. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003>
36. Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land

use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725–2732.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>

37. Cristiani, E. (2018). *Modelli di agricoltura “sostenibile” con particolare attenzione al settore vitivinicolo.*

[https://www.iris.sssup.it/han-](https://www.iris.sssup.it/handle/11382/526595#.YLnnzzYzZhE)

[dle/11382/526595#.YLnnzzYzZhE](https://www.iris.sssup.it/handle/11382/526595#.YLnnzzYzZhE)

38. *Thinking globally and siting locally – renewable energy and biodiversity in a rapidly warming world.* (n.d.). Retrieved June 4, 2021, from [https://cyber-](https://cyberleninka.org/article/n/148513/viewer)

[leninka.org/article/n/148513/viewer](https://cyberleninka.org/article/n/148513/viewer)