

APPLICAZIONE DI FONTI DI ENERGIA RINNOVABILE PER L'AGRICOLTURA

MODULO 2

INTELLECTUAL
OUTPUT 1
2020-1-ES01-KA202-
082440



Cofinanziato dal
programma Erasmus+
dell'Unione europea

Il sostegno della Commissione europea alla produzione di questa pubblicazione non costituisce un'approvazione del contenuto, che riflette esclusivamente il punto di vista degli autori, e la Commissione non può essere ritenuta responsabile per l'uso che può essere fatto delle informazioni ivi contenute.

AUTORI

Fundación de la Comunitat Valenciana para una economía baja en carbón

Area Europa srl

Eszterhazy Karoly Egyetem

Federación EFAS CV la Malvesía

Järvamaa Kutsehariduskeskus

Stowarzyszenie Edukacji Rolniczej i Lesnej EUROPEA Polska

08/2021



Contenuti

APPLICAZIONE DELLE FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI PER L'AGRICOLTURA 5

RIASSUNTO 5

AUTOCONTROLLO DOMANDE APERTE 5

OBIETTIVI (DETERMINAZIONE DEGLI OBIETTIVI DEI CAPITOLI) 5

INTRODUZIONE ALLE ENERGIE RINNOVABILI 7

Settore energetico europeo 7

Il più grande importatore mondiale 7

Vincoli climatici 7

Energie rinnovabili come parte della soluzione 8

Principali fonti di energia rinnovabile 8

Evoluzione delle energie rinnovabili nell'UE 13

Effetti stimati del consumo di FER 14

ENERGIA SOLARE FOTOVOLTAICA 14

Componenti di impianti fotovoltaici 15

Tipi di installazioni 17

Calcoli e progettazione 18

AGRI-PV 16

Presentazione di Agri-PV 16

Consentire lo sviluppo sostenibile nelle zone rurali 17

Agri-PV e il futuro degli obiettivi della PAC 18

In che modo Agri-PV contribuisce agli obiettivi della PAC? 19

Integrare Agri-PV nei Piani Strategici della PAC 21

Agricoltura sostenibile e fotovoltaico 22

IL CONCETTO DI AGRICOLTURA SOSTENIBILE 24

Verso un benchmark a 3 stelle per i progetti Agrisolar 26

Sfide esistenti per Agrisolar 28

Come supportare Agrisolar 29

TECNOLOGIA 30

Approcci per l'agrivoltaico 32

Modulo Tecnologie 33

Struttura di montaggio e fondazione 34

Gestione della luce 35

Gestione dell'acqua 36

Dimensioni dell'impianto fotovoltaico 36

Approvazione, installazione e funzionamento 36

DOMANDE DI PROVA 38

RIFERIMENTI, SITI UTILI 39

DOMANDE DI PROVA ;ERRORE! MARCADOR NESSUN DEFINIDO.

ALLEGATO 40

GLOSSARIO 40

ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI 40

Riassunto

Questo modulo consiste nell'applicazione delle energie rinnovabili per l'agricoltura, concentrandosi sull'energia fotovoltaica, e la nuova modalità chiamata Agri-PV o agrisolar, come una visione innovativa per creare un'agricoltura più sostenibile in Europa con l'aiuto dell'energia solare e fotovoltaica. Questo tipo di agricoltura porterà impatti a livello sociale, ambientale ed economico.

Domande aperte di autoverifica

- Come possono gli agricoltori sostenere i nuovi obiettivi di sviluppo sostenibile? Posso diventare più sostenibile senza perdere denaro? Le energie rinnovabili sono applicabili all'agricoltura e all'allevamento? Da dove posso iniziare? Come funziona l'energia solare? Cos'è l'agrivoltaico o agrisolare? Cosa si sta attuando in Europa per ottenere un'agricoltura più sostenibile?

Obiettivi (determinazione degli scopi dei capitoli)

- Introdurre le energie rinnovabili
- Collegare le energie rinnovabili all'agricoltura e alla sostenibilità
- Definire l'agri-PV
- Descrivere l'applicazione tecnica delle energie rinnovabili
- Spiegare i fondamenti degli elementi tecnici dell'energia solare

Introduzione all'energia rinnovabile

Settore energetico europeo

L'Europa sta consumando, e importando, quantità crescenti di energia. I paesi dell'UE sono ben consapevoli dei vantaggi di un'azione coordinata in questo campo altamente strategico. Ciò ha portato a regole comuni in tutta l'Europa e a una messa in comune degli sforzi dell'Europa per assicurarsi l'energia di cui ha bisogno a un prezzo accessibile, generando il minor inquinamento possibile.

L'UE ha rivisto il suo quadro di politica energetica per aiutarci ad allontanarci dai combustibili fossili verso un'energia più pulita - e, più specificamente, per rispettare gli impegni dell'accordo di Parigi per la riduzione delle emissioni di gas serra.

L'accordo su questo nuovo regolamento energetico - chiamato pacchetto "Energia pulita per tutti gli europei" - ha segnato un passo significativo verso l'attuazione della strategia dell'Unione dell'energia, pubblicata nel 2015.

Le nuove regole porteranno notevoli benefici ai consumatori, all'ambiente e all'economia. Coordinando questi cambiamenti a livello UE, la legislazione sottolinea anche la leadership dell'UE nell'affrontare il riscaldamento globale e dà un importante contributo alla strategia a lungo termine dell'UE di raggiungere la neutralità del carbonio (emissioni nette zero) entro il 2050.

L'UE ha fissato un obiettivo ambizioso e vincolante del 32% di fonti di energia rinnovabili nel mix energetico dell'UE entro il 2030. La direttiva rivista sulle energie rinnovabili (2018/2001/UE), che contiene questo impegno, è entrata in vigore nel dicembre 2018.

Il più grande importatore del mondo

L'Unione europea, la seconda economia mondiale, consuma un quinto dell'energia mondiale, ma ha pochissime riserve proprie. Fortunatamente, in Europa, il nostro portafoglio - noto come mix energetico - è molto vario: dalle numerose dighe dell'Austria, le miniere di carbone della Polonia e le centrali nucleari della Francia alle piattaforme petrolifere del Mare del Nord e i giacimenti di gas della Danimarca e dei Paesi Bassi, nessuno dei paesi europei è uguale all'altro, e questo non è uno svantaggio. A condizione, naturalmente, che questi paesi lavorino insieme per sfruttare al meglio la loro diversità.

La dipendenza energetica dell'Europa ha un impatto enorme sulla nostra economia. Compriamo il nostro petrolio dall'Organizzazione dei paesi esportatori di petrolio (OPEC) e dalla Russia, e il nostro gas da Algeria, Norvegia e Russia. Le casse dell'Europa si svuotano di oltre 350 miliardi di euro ogni anno per pagarlo. Anche i costi dell'energia sono in costante aumento. Questo non ci lascia altra scelta: I paesi dell'UE devono essere efficienti, fissare obiettivi ambiziosi e lavorare insieme se vogliono diversificare le loro fonti di energia e i loro canali di approvvigionamento.

Vincoli climatici

I maggiori esperti hanno dimostrato quale sarà il costo esorbitante del cambiamento climatico se il mondo non riuscirà a ridurre le sue emissioni di gas serra. Il settore dell'energia è direttamente coinvolto, dato che oltre l'80% della sua produzione proviene da combustibili fossili, che emettono anidride carbonica (CO₂), il principale gas a effetto serra, quando vengono bruciati. In futuro, quindi, il settore energetico europeo dovrà ridurre i combustibili fossili e fare molto più uso di fonti di energia a basso contenuto di carbonio.

Le energie rinnovabili come parte della soluzione

Le energie rinnovabili sono al centro della strategia energetica a lungo termine dell'Europa perché aiutano a ridurre le emissioni di gas serra e riducono le importazioni di energia dell'Europa, rendendola più indipendente. Questo settore economico in piena espansione contribuisce alla leadership tecnologica europea, fornendo ai paesi dell'UE e alle loro regioni nuovi posti di lavoro "verdi" ed esportazioni ad alto valore aggiunto.

L'attuale obiettivo dell'UE è che il 20% dell'energia consumata nell'Unione europea nel 2020 provenga da fonti rinnovabili (e almeno il 27% entro il 2030). La promozione di questo obiettivo in tutta Europa ha portato a un grandissimo aumento della capacità di produzione di fonti energetiche rinnovabili. Nel 2011 sono stati installati oltre 100 gigawatt di pannelli solari in tutto il mondo, il 70% dei quali nell'UE. La produzione di energie rinnovabili dell'UE contribuisce a ridurre le importazioni di combustibili fossili per un valore di circa 400 miliardi di euro ogni anno.

L'espansione del mercato europeo delle energie rinnovabili ha ridotto notevolmente il costo delle tecnologie rinnovabili: il costo dei pannelli solari, per esempio, è sceso del 70% negli ultimi 7 anni.

L'energia rinnovabile è anche parte di un settore tecnologico "verde" in crescita che impiega sempre più persone in Europa. Nel 2011, 1,2 milioni di persone avevano un lavoro legato alle energie rinnovabili. Entro il 2020, si prevede che il settore delle energie rinnovabili e dell'efficienza energetica impiegherà oltre 4 milioni di persone in tutta l'UE.

Principali fonti di energia rinnovabile

Le risorse energetiche rinnovabili provengono da fonti di energia che si rigenerano o si rinnovano naturalmente. Le risorse energetiche rinnovabili includono le seguenti:

- **Energia eolica**

L'energia cinetica del vento è convertita in elettricità usando le turbine eoliche. Le turbine possono essere situate sia sulla terraferma che in mare aperto. La quantità di energia generata varia con la velocità del vento, il che può rendere la fornitura di energia difficile da prevedere su brevi periodi di tempo.

L'energia eolica come risorsa energetica rinnovabile ha rappresentato quasi il 13% della produzione totale di energia primaria di energia rinnovabile nell'UE-28 nel 2015.



- **Energia solare**

- L'energia solare è una risorsa energetica rinnovabile. Circa il 6% della produzione totale di energia primaria di energia rinnovabile nell'UE-28 nel 2015 è stata generata con questo mezzo. Gli esempi più comuni di generazione di elettricità e calore dal sole sono:
 - Conversione dell'energia solare in elettricità utilizzando una cella fotovoltaica
 - Concentrazione di energia dai raggi del sole per riscaldare un ricevitore. Questo calore solare viene trasformato in energia meccanica da turbine e quindi in elettricità disponibile per il consumo
 - Generazione di energia termica attraverso tecnologie solari termiche

La generazione di elettricità e calore per mezzo dell'energia solare ha le seguenti caratteristiche principali:

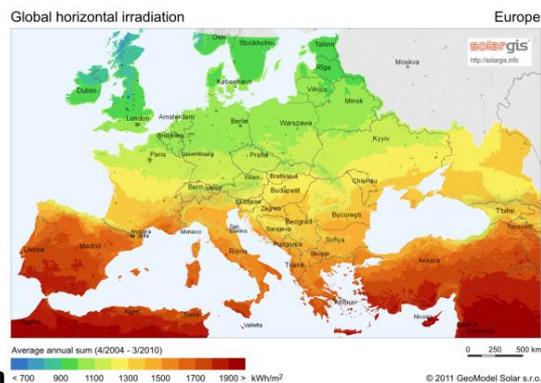
L'energia solare è una risorsa infinita e liberamente disponibile.

Sono necessarie grandi aree di terreno per catturare l'energia del sole con i collettori.

La generazione dipende dal livello di insolazione, che varia tra le diverse regioni e le condizioni meteorologiche.

L'energia solare può essere usata in aree remote dove la rete elettrica non è disponibile.

Sempre più apparecchi di uso quotidiano possono funzionare con l'energia solare.



- **Idroelettrica**

Nel 2015, l'energia idroelettrica è stata la più grande risorsa energetica rinnovabile in Europa, rappresentando più del 14% della produzione totale di energia primaria di energia rinnovabile nell'UE-28.

L'energia idroelettrica è generata convertendo prima l'energia potenziale immagazzinata nell'acqua in energia cinetica dell'acqua corrente, che viene poi convertita in energia elettrica tramite turbine.

Le principali tecnologie idroelettriche sono:

Impianti idroelettrici ad acqua corrente - ottengono energia per la produzione di elettricità dall'acqua del fiume.

Impianti idroelettrici a serbatoio - usano l'acqua immagazzinata in un serbatoio per la produzione di elettricità.

Impianti di stoccaggio con pompaggio - qui, l'acqua è pompata da un serbatoio inferiore in un serbatoio superiore quando la fornitura di elettricità supera la domanda.

Dove c'è l'immagazzinamento dell'acqua in un serbatoio, l'energia idroelettrica può essere generata quando è necessario per soddisfare fluttuazioni rapide o inaspettate della domanda. Tuttavia, ci sono possibilità limitate per i siti e impatti ambientali potenzialmente alti attraverso l'uso e la conversione del terreno.

- **Energia da biomassa**

La biomassa - materiale organico di origine non fossile, compresi i rifiuti organici - può essere convertita in bioenergia attraverso la combustione, direttamente o attraverso prodotti derivati. Circa il 64% della produzione totale di energia primaria di energia rinnovabile nell'UE-28 nel 2015 è generata in questo modo.

Esempi di prodotti derivati dai flussi di rifiuti includono la conversione dell'olio di scarto in biodiesel, il letame animale e i rifiuti domestici organici in biogas e i prodotti di scarto delle piante o delle piante in biocarburante.

I seguenti materiali possono essere usati nella generazione di bioenergia:

Legno e rifiuti di legno.

La parte organica dei rifiuti solidi urbani.

La parte organica dei rifiuti industriali.

Liquami.

Letame.

Piante coltivate e sottoprodotti vegetali della produzione alimentare.

Insieme alla pioggia e alla neve, la luce del sole fa crescere le piante. La materia organica che compone queste piante è conosciuta come biomassa. La biomassa può essere usata per produrre elettricità, combustibili per il trasporto o prodotti chimici. L'uso della biomassa per uno di questi scopi è chiamato energia da biomassa.

La biomassa, in particolare quella legnosa, può essere bruciata direttamente per generare calore e/o elettricità.

Il biogas, principalmente metano e anidride carbonica, viene prodotto attraverso la decomposizione batterica di materia organica come liquami, letame, rifiuti domestici organici e colture vegetali.

I biocarburanti sono combustibili liquidi di origine biologica non fossile e rappresentano anche una risorsa energetica rinnovabile. I biocarburanti possono essere divisi in biogasolina e biodiesel a seconda del materiale di origine utilizzato.

Poiché la materia organica vegetale ha assorbito l'anidride carbonica durante la sua crescita, quando viene infine bruciata per generare bioenergia, rilascia di nuovo una quantità comparabile di carbonio nell'atmosfera.

Tuttavia, la produzione di biocarburanti agricoli è in potenziale competizione con la produzione agricola di cibo. Secondo il Centro Helmholtz per la ricerca ambientale (UFZ), la produzione di colture bioenergetiche è in rapido aumento nell'UE, e nel 2011 ha utilizzato il 13% del terreno agricolo europeo. La domanda di terra delle colture bioenergetiche può essere controversa e deve essere bilanciata nel contesto di un approccio globale sostenibile alla gestione della terra.

- **Geotermico**

Nel 2015, l'energia geotermica ha contribuito a circa il 3% della produzione primaria totale di energia rinnovabile nei paesi dell'UE-28.

L'energia geotermica è presente nella terra sotto forma di calore e immagazzinata in rocce, vapore intrappolato, acqua o salamoia. Questa energia termica può essere usata direttamente per il riscaldamento o per generare elettricità.

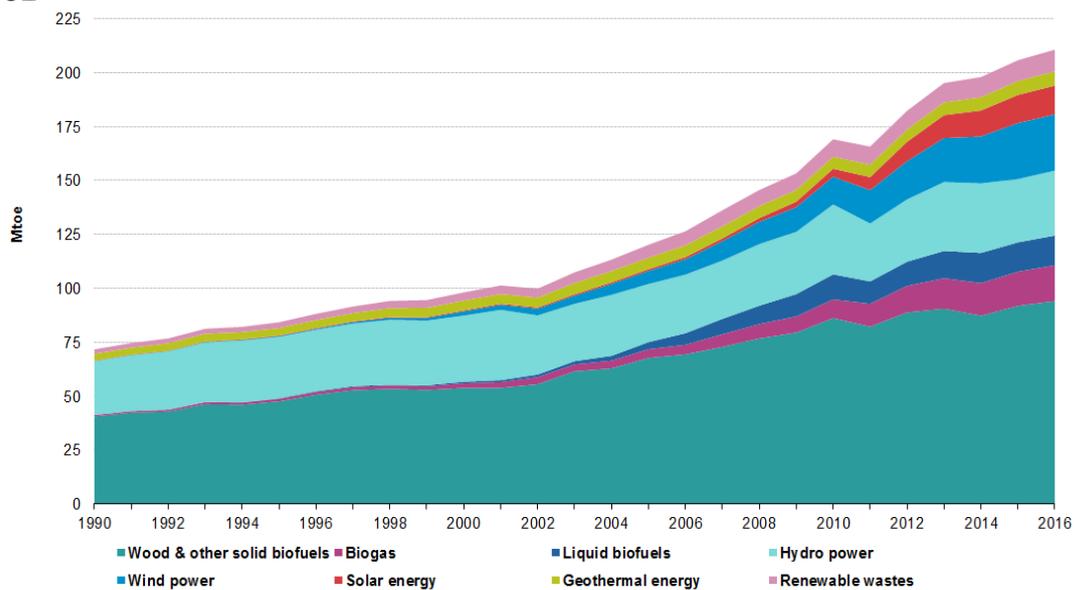
Un grande vantaggio dell'energia geotermica è l'affidabilità della sua fornitura e la sua disponibilità quasi illimitata. Tuttavia, il sistema tecnologico (sistema di tubi) può richiedere grandi quantità di spazio, e ci sono difficoltà nella manutenzione delle attrezzature che si trovano principalmente in profondità sotto la superficie terrestre. Inoltre, ci possono essere impatti ambientali negativi attraverso il rilascio di sostanze potenzialmente dannose o pericolose come prodotto secondario di questo tipo di produzione di energia.

Secondo l'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE) l'energia geotermica potrebbe rappresentare circa il 3,5% della produzione mondiale annuale di elettricità e il 3,9% dell'energia per il riscaldamento (escluse le pompe di calore a terra) entro il 2050.

- **Energia delle maree, delle onde e dell'oceano**

L'energia delle maree, delle onde e degli oceani contribuisce attualmente solo in misura minore alla produzione di elettricità, sia nei paesi dell'UE che nel mondo. Nel 2015, questa fonte di energia

ha contribuito allo 0,02% del totale dell'elettricità generata da fonti energetiche rinnovabili nell'UE-



28.

Dagli anni '70 ci sono state diverse tecnologie in fase di sviluppo per sfruttare diverse fonti di energia negli oceani, tuttavia, nessuno dei diversi tipi di tecnologie è ancora ampiamente applicato con Francia e Regno Unito che sono gli unici paesi dell'UE-28 che riportano la produzione di energia primaria generata da questa fonte nel 2015.

Le fonti di energia delle maree, delle onde e degli oceani includono:

Energia di marea: l'energia potenziale delle maree dovuta alla loro salita e discesa può essere sfruttata costruendo una diga o altre forme di costruzione attraverso un estuario.

Correnti di marea (marine): l'energia cinetica associata alle correnti di marea può essere sfruttata usando sistemi modulari.

Energia delle onde: l'energia cinetica e potenziale associata alle onde oceaniche può essere sfruttata da una serie di tecnologie in fase di sviluppo.

Gradienti di temperatura: il gradiente di temperatura tra la superficie del mare e le acque profonde può essere sfruttato utilizzando diversi processi di conversione dell'energia termica oceanica (OTEC).

Gradienti di salinità: alla foce dei fiumi, dove l'acqua dolce si mescola con l'acqua salata, l'energia può essere sfruttata utilizzando il processo di osmosi inversa a pressione ritardata e le tecnologie di conversione associate.

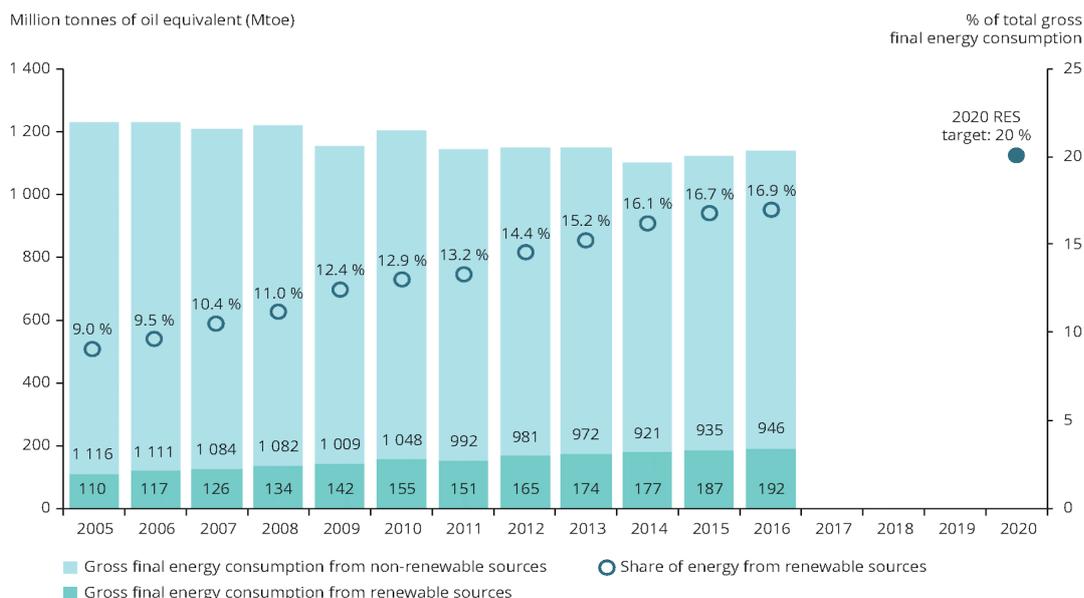
Evoluzione delle energie rinnovabili nell'UE

Le fonti di energia rinnovabile includono l'energia eolica, l'energia solare (termica, fotovoltaica e concentrata), l'energia idroelettrica, l'energia delle maree, l'energia geotermica, i biocarburanti e la parte rinnovabile dei rifiuti.

L'uso dell'energia rinnovabile ha molti benefici potenziali, tra cui una riduzione delle emissioni di gas serra, la diversificazione delle forniture energetiche e una minore dipendenza dai mercati dei combustibili fossili (in particolare, petrolio e gas). La crescita delle fonti di energia rinnovabile può anche avere il potenziale per stimolare l'occupazione nell'UE, attraverso la creazione di posti di lavoro nelle nuove tecnologie "verdi".

L'energia rinnovabile nell'UE è cresciuta fortemente negli ultimi anni. Più concretamente, la quota di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale lordo di energia è quasi raddoppiata negli ultimi anni, da circa l'8,5% nel 2004 fino al 17,0% nel 2016.

Questo sviluppo positivo è stato spinto dagli obiettivi giuridicamente vincolanti per l'aumento della quota di energia da fonti rinnovabili emanati dalla direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili. Mentre l'UE nel suo complesso è sulla buona strada per raggiungere gli obiettivi del 2020, alcuni Stati membri dovranno fare ulteriori sforzi per soddisfare i loro obblighi per quanto riguarda i due obiettivi principali: la quota complessiva di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale lordo di energia e la quota specifica di energia da fonti rinnovabili nei trasporti.



Effetti stimati del consumo di FER

Nel 2015, il consumo aggiuntivo di energia rinnovabile, rispetto al livello di consumo finale lordo di FER nel 2005, ha permesso all'UE di:

Ridurre le emissioni totali di gas serra di 447 MtCO₂ equivalenti al 9% delle emissioni totali di gas serra dell'UE.

Ridurre la sua domanda di combustibili fossili di 135 Mtep, o circa il 10% del consumo interno lordo di combustibili fossili a livello UE.

Ridurre il suo consumo primario di 36 Mtep, equivalente a una riduzione del 2% del consumo di energia primaria in tutta l'UE.

Energia solare da fotovoltaico

Secondo fonti Eurostat, nel 2008, l'energia solare era solo l'1% dell'energia creata in Europa dalle energie rinnovabili. Grazie alla sua applicabilità in diversi contesti, è passata "da appena 7,4 TWh nel 2008 a 125,7 TWh nel 2019" (Statistiche delle energie rinnovabili, 2020).

L'energia solare, come dice il suo nome, proviene dal sole, convertendo la luce solare in elettricità (Commissione Europea, 2021). Questo tipo di energia rinnovabile "è la fonte di energia rinnovabile più pulita e abbondante disponibile" (Solar Energy Industries Association). e può essere utilizzato per generare elettricità e riscaldamento, a seconda della tecnologia utilizzata. In questo senso, ci sono tre modi principali per produrre energia: il fotovoltaico, il riscaldamento e raffreddamento solare e l'energia solare a concentrazione. Ogni metodo funziona in modo diverso, ma il risultato è la creazione di elettricità o di riscaldamento/raffreddamento:

Fotovoltaico (PV): utilizza celle solari assemblate in pannelli solari per trasformare la luce del sole in energia per effetto fotovoltaico. Viene "installato a terra, sui tetti o galleggiante su dighe o laghi" (Commissione Europea, 2021).

Solar Heating & Cooling (SHC): raccoglie l'energia termica dal sole e fornisce acqua calda, riscaldamento degli ambienti, raffreddamento e riscaldamento delle piscine (Solar Energy Association Industries).

Energia solare concentrata (CSP): utilizza specchi per concentrare la luce del sole. Così facendo, produce calore e vapore che poi generano elettricità.

Nelle righe seguenti, il documento si concentrerà sull'applicazione di questi tipi di energia solare specificamente per le situazioni agricole.

Componenti degli impianti fotovoltaici

Gli impianti fotovoltaici trasformano la radiazione solare attraverso un campo collettore (PV o pannello fotovoltaico). Questo campo collettore è sempre dotato di batterie o altre tecnologie, per trasformare la radiazione in energia generata dai pannelli.

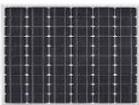
Esistono diversi tipi di componenti che possono variare a seconda del tipo di installazione, del suo utilizzo e dei suoi obiettivi. I componenti più comuni di un impianto fotovoltaico sono:

- Pannello fotovoltaico
- Strutture di supporto per i pannelli fotovoltaici
- Regolatore/massimizzatore
- Batterie
- Inverter di potenza

• Pannello fotovoltaico

In generale, i pannelli fotovoltaici sono formati da celle individuali, note come celle solari. Le celle solari hanno il compito di generare elettricità. Una combinazione di celle solari crea un pannello solare e serve a trasformare l'energia solare in elettricità (tensione). Di solito, il numero minimo di celle solari che formano un pannello solare è 36, ma può variare in dimensione, a seconda dello scopo dell'applicazione.

Ultimamente, il tipo più comune di pannelli fotovoltaici è la cella monocristallina, poiché è più efficiente e la differenza di prezzo tra i policristallini si è ridotta negli ultimi anni. Tuttavia, ci sono anche altri tipi che vengono utilizzati, come i pannelli solari policristallini e amorfi a film sottile. Di seguito, una breve definizione di queste tre celle fotovoltaiche:

Celle fotovoltaiche più comuni	
<p>Monocrystalline silicon</p> 	<p>Una cella fatta da un solo cristallo di silicene, e fornisce tra il 14-21% di efficienza. Quando si usa la massima efficienza, è necessaria la superficie più piccola per ottenere la stessa potenza. Al giorno d'oggi, il rapporto è di circa 225W/m².</p>
<p>Polycrystalline silicon</p> 	<p>Un tipo di cella che una volta era più economica del silicio monocristallino (oggi i prezzi sono più equilibrati), fatta da una serie di diverse tonalità di cristalli blu di silicene, con un'efficienza tra il 12-18% raggiungendo un rapporto di potenza massima superficiale di 175 W/m².</p>
<p>Amorphous silicon</p> 	<p>Forma non cristallina di silicene chiamato anche pannelli a film sottile che sono utilizzati come depositi su diverse superfici, il pannello flessibile che può essere utilizzato in superfici curve o irregolari. E generano un'efficienza tra il 6-10%.</p>

	CIS and CISG cells	Celle utilizzate nei pannelli solari a film sottile, fatte di rame, indio, selenide e gallio. Insieme al silicio amorfo, è una delle tre principali tecnologie fotovoltaiche a film sottile (ne esiste una terza chiamata tellururo di cadmio). Gli strati di CISG sono flessibili e normalmente utilizzano tecniche di deposizione ad alta temperatura, ma per ottenere il massimo delle sue prestazioni è meglio utilizzarli in celle depositate su vetro. Anche se questo tipo di cella supera il polisilicio a livello di cella, la sua efficienza del modulo è inferiore a causa di un upscaling meno maturo.
--	--------------------	--

Strutture di supporto per pannelli fotovoltaici

Il modulo fotovoltaico è sostenuto e ottiene l'inclinazione necessaria per ottenere la massima efficienza da una struttura. La struttura ha anche il compito di fissare i moduli fotovoltaici contro le raffiche di vento e di sostenere l'interconnessione del cablaggio.

Realizzata in alluminio anodizzato (più facile da trasportare e meno pesante), o in acciaio galvanizzato.

Ci sono diversi tipi di strutture che sostengono il pannello solare:

Struttura fissa: è il tipo di struttura che è ancorata e fissata in posizione. Può essere complanare e inclinata.

La struttura complanare si colloca parallelamente alla superficie dei pannelli installati per ottimizzare la loro integrazione. Si raccomanda di lasciare uno spazio di ventilazione dei pannelli tra la superficie e la struttura.



- **Struttura inclinata:** Tipo di struttura che può cambiare l'inclinazione dell'angolo di installazione manualmente da due posizioni per ottenere l'inclinazione ideale per l'installazione.
- **Struttura di inseguimento solare:** è il tipo di struttura che può seguire un asse con il movimento lungo un asse, o due assi per cambiare l'inclinazione del pannello. Questo tipo di struttura è il più efficiente perché può raggiungere fino al 40% dell'efficienza della produzione fotovoltaica.

Regolatori e massimizzatori

Regolatori: apparecchiature elettroniche che di solito hanno una tensione di ingresso di 12, 24 o 48V, che controlla e stabilizza la carica della batteria per ottenere troppo basso o troppo alto, ottimizzando la loro vita della batteria.

Massimizzatori (Maximum Power Point Tracking - MPPT): sono nuove tecnologie controller carica attrezzature (convertitori di potenza), utilizzato per analizzare e confrontare l'energia di flusso pannello fotovoltaico con il loro algoritmo interno e raggiungere il miglior uso di loro, possono anche raggiungere una tensione di ingresso di 150cc.

- Batterie

La batteria è un sistema ricevente che può immagazzinare l'energia di una fonte. La tecnologia continua ad innovare, e al giorno d'oggi ci sono diversi tipi di batterie specialmente per l'uso nel settore delle energie rinnovabili, quindi possiamo descrivere:

Batteria monoblocco: è una batteria economica a bassa manutenzione che può raggiungere fino a 400 cicli al 75% di scarica. Di solito sono utilizzate a bassa richiesta in roulotte, navi o case per il fine settimana.

Batterie monoblocco GEL e AGM: il tipo di batterie che durante il loro funzionamento non emettono gas, sono a bassa autoscarica e possono mantenere la carica per 6 mesi, quindi perdono meno capacità durante la loro vita grazie alla loro minore solfatazione. Le batterie monoblocco Gel e AGM sono il tipo di batteria perfetto per le navi, le roulotte e gli impianti solari perché sono più basse.

Batterie monoblocco semi-stazionarie: Tipo di batterie che di solito sono usate nell'energia solare e nelle applicazioni ad alto ciclo, hanno due modelli diversi in questi tipi di batterie: Piastra piatta o piastra tubolare, con l'unica differenza tra entrambi è che la tecnologia piastra tubolare duplica la durata della tecnologia piastra piatta.

Batterie CPZS: batterie commercializzate con celle da 2V che contengono un polipropilene opaco che conferisce loro la capacità di resistere a scariche profonde e possono raggiungere una durata di 3000 cicli al 50% di scarica.

Batterie OPZS: le batterie più raccomandate per le installazioni solari fotovoltaiche, il livello di elettrolito che è visibile attraverso la loro parete aiuta la bassa manutenzione di queste batterie. Possono perdere la metà del loro tempo di vita se non sono usate in modo appropriato nella misura raccomandata, ma normalmente sono preparate per scariche profonde fino a 3000 cicli al 50%.

Batterie OPZV: batterie a piastra tubolare con elettrolita davanti in forma di gel. Sono il tipo di batterie che possono essere installate in qualsiasi posizione, con una maggiore efficienza nella loro durata grazie al basso solfato. OPZV sono le batterie raccomandate dove l'acqua è incontrollabile e per gli impianti di comunicazione. Hanno una maggiore efficienza energetica e sono più costose delle batterie OPZS.

Batterie al nichel-ferro: batterie rinnovabili che possono cambiare ogni 7 o 8 anni grazie all'elettrolita che hanno che non le distrugge, quindi sono batterie di lunga durata brevettate da William Edison nel XX secolo per essere utilizzate nelle automobili elettroniche.

Batterie agli ioni di litio: questi tipi di batterie si sono evoluti molto negli ultimi anni. Al giorno d'oggi, sono molto utilizzate nel fotovoltaico, poiché hanno aumentato la loro durata con una garanzia di 10 anni circa. Consentono circa 6000 cicli (numero di cariche) e non richiedono manutenzione. Inoltre, hanno un'alta capacità di immagazzinamento e un basso rapporto peso volume.

Inverter di potenza

Gli inverter di potenza sono apparecchiature che vengono utilizzate per trasformare la corrente continua dalla batteria o direttamente dai pannelli fotovoltaici, in una corrente alternata a tensione e frequenza di rete.

Si possono trovare due tipi di inverter:

Grid-tie inverter: questi tipi di inverter hanno bisogno del segnale della rete per trasformare l'energia generata allo stesso tasso nella rete. Possono variare la potenza attuale da 20-300W per gli inverter imbibiti nei moduli fotovoltaici fino agli inverter medi e centrali che possono raggiungere più di 100kW.

Inverter autonomi: questi tipi di inverter si limitano a trasformare l'energia nei valori preselezionati, tra questi inverter. Possiamo distinguere 3 tipi diversi:

- **Inverter a onda quadra:** inverter che possono essere utilizzati solo per alimentare un televisore, un computer o piccoli dispositivi elettrici, perché sono meno efficienti degli altri e non adatti ai motori a induzione a causa delle troppe armoniche che producono e che causano interferenze.

- Inverter a onda sinusoidale modificata: quei tipi di onda presentati miglior prezzo e qualità per l'illuminazione di alimentazione, televisione o, sono stati modificati per essere più vicino al seno.
- Inverter a onda sinusoidale pura: sono il tipo di inverter che hanno bisogno di tecnologia complessa, e producono un'onda sinusoidale pura.

Tipo di installazione

Esistono tre tipi di impianti solari fotovoltaici, a seconda dell'uso:

- **Off-Grid**

È il tipo di installazione di elettrificazione che si usa per case isolate, alberghi, industrie e zone rurali. Si tratta di un'installazione in cui l'energia generata e immagazzinata è destinata a un uso diverso. Questo tipo di installazioni non sono collegate alla rete di distribuzione. Questa installazione si trova in luoghi dove è economicamente importante creare una rete di distribuzione o dove non c'è accesso alla rete di distribuzione.

I componenti di questo tipo di installazione sono:

- Pannello fotovoltaico
- Regolatore/massimatore
- Banco batteria
- Caricabatterie inverter
- Generatore ausiliario

In questo tipo di installazione, il regolatore carica la batteria con l'energia generata dal pannello o dalla corrente continua, e un inverter è necessario per rimuovere l'energia immagazzinata nella batteria dal regolatore.

Off the grid è utilizzato anche in impianti che non hanno bisogno di un'energia immagazzinata per il loro uso, e funziona solo dove c'è una produzione fotovoltaica come: pompa solare, irrigazione solare, piscina, purifica o apparecchiature di ventilazione.

Pompaggio e irrigazione solare: un tipo di installazione per sistemi di irrigazione che richiede un controller per regolare il flusso di irrigazione o il flusso di pompaggio a un deposito a seconda della radiazione esistente (alcune pompe includono il controller). Attualmente, è comune l'uso di variatori di frequenza come controllori di pompe solari.

Depurazione solare delle piscine: un tipo di installazione in cui i pannelli solari fotovoltaici trasferiscono l'energia generata direttamente a un regolatore di pompe per regolare la corrente.

- **Grid-tie installation**

Tipo di installazione utilizzato per il mercato elettrico che è il tipo di installazione fotovoltaica che utilizza tutta l'energia generata alla rete di distribuzione.

Questo tipo di installazione ha bisogno solo di: pannelli solari fotovoltaici e un inverter Grid-tie.

- **Photovoltaic self-consumption installation**

L'autoconsumo fotovoltaico è il tipo di installazione che mescola il sistema di collegamento alla rete e il sistema di installazione off-grid. Tipo di impianto che consuma l'energia necessaria e scarica il surplus di produzione energetica alla rete.

Esistono due tipi di sistema di autoconsumo:

- Autoconsumo diretto: Tipo di impianto in cui la carica locale consuma direttamente e istantaneamente l'energia generata dall'impianto, e scarica il surplus di produzione energetica alla rete.
- Autoconsumo con accumulo: È il tipo di installazione in cui la carica o la scarica delle batterie è gestita da un'apparecchiatura aggiuntiva, e il surplus di produzione di energia viene scaricato nelle batterie fino al momento in cui è più utile.

Calcoli e design

Questo sottocapitolo permetterà agli studenti di conoscere le basi di un corretto dimensionamento dell'impianto fotovoltaico. Includerà il calcolo del fabbisogno energetico, le perdite del sistema e le dimensioni di ogni componente dell'impianto. Questi concetti sono molto importanti per un funzionamento ottimale e duraturo dell'impianto.

- **Calcolo del fabbisogno energetico**

Il consumo giornaliero di energia è necessario quando si progetta un impianto fotovoltaico. Ecco perché è necessario elencare tutte le attrezzature e il numero di ore di funzionamento giornaliero nel loro utilizzo.

Tabella 1. Consumo di energia di diverse attrezzature

Apparecchio	Power consumption (W)	Ora/giorni di corsa
Frigo class A+	80	10h
Led TV	70	3h
Lavatrice	350	1.5h
Microonde	900	0.3h
Blender	200	0.25h
Computer	200	2h
Illuminazione cucina	26 x 6 units	3h
Illuminazione stanze	26	1h
Autoconsumo	4	24h

Il calcolo della potenza richiesta E_d (Wh), si ottiene moltiplicando la potenza nominale P (w), per l'ora di funzionamento (h) o l'attrezzatura.

$$E_d \text{ (Wh)} = E (P \text{ (W)} \cdot h)$$

- **Perdite di sistema**

L'angolo di inclinazione definito deve essere preso in considerazione nel calcolo dell'energia generata dal pannello.

Il Performance Ratios (PR), chiamato perdite di sistema, è uno 0,6 quando c'è un sistema di accumulo di batterie installato, se è uno 0,8 e c'è accumulo di batterie, allora è un sistema di generazione diretta.

I rapporti di rendimento sono calcolati:
 $PR = 1 - [(Loss \text{ orient}) + (Loss \text{ shade}) + (Loss \text{ dirt}) + (Loss \text{ cable}) + (1-Perf \text{ inv}) + (1-Perf \text{ reg}) + (1-Perf \text{ bat}) + (Loss \text{ deter})]$

Loss orient	=	Losses due to the orientation (Value of the south orient is 0)
Loss dirt	=	is the losses by dirt, is a 5% of charges environments
Loss shade	=	is the shadows losses
Loss cable	=	estimated to be a 3%, is the wirings losses
Perf inv	=	estimated to be between 94-96%, it is the inverters performance, and it is obtained from the data-sheets technical
Perf reg	=	obtained from the data-sheets technical, its sum is calculated to be a 98% for a Maximiser; it is the Regulator/Maximiser performance
Perf bat	=	the battery's performance, calculated by the following formula:
Loss deter	=	the loss due to the panels deteriorated, defined by the panels technical sheet, and it is a 20% of the panels loss

- **Dimensione del campo fotovoltaico**

Una volta che conosciamo l'energia giornaliera da fornire e le perdite del sistema energetico, le caratteristiche (tipo) dei pannelli da installare, (monocristallino, policristallino, amorfo) a seconda della potenza nominale di picco, possiamo ora dimensionare il campo fotovoltaico.

I database ufficiali disponibili per ogni paese o regione, determinano l'area di irradiazione dei pannelli e forniscono anche la radiazione nelle superfici inclinate dei pannelli che saranno installati. In alcuni di questi database, vengono generati i valori di energia totale giornaliera e mensile. Per esempio, PVGIS (Photovoltaic geographical information system), interrando il parametro richiesto, la produzione fotovoltaica può essere calcolata cliccando sulla scheda delle radiazioni mensili, e selezionare la posizione dell'installazione delle mappe e cliccare su "irradiazione all'angolo scelto: deg" sul lato destro, per definire gli angoli installazioni del pannello.

- L'energia reale che sarà utilizzata è calcolata moltiplicando l'efficienza del sistema (rapporto di rendimento calcolato con l'EC.2) per questo irraggiamento ottenuto (H(45)).

Per il PSH giornaliero

$$H(45) \times PR = H(45)PR \quad [\text{kWh/m}^2/\text{day}]$$

1000W/m² quantità ipotetica di irradiazioni solari conosciuta come Peak Sun Hours (PSH), comunemente usata sul pannello solare fotovoltaico, è il numero equivalente delle ore di irradiazioni solari che sono utilizzate giornalmente, e varia mensilmente secondo l'area di radiazione.

- For the monthly PSH $1P.S.H = (1000W \cdot 1h / m^2) \cdot (3600s/1h) \cdot ((1J/s)/1W) = 3.6MJ / m^2$

Therefore, the power to be installed (Pi) for the month (i), is obtained by dividing the energy required to supply the loads (Ed) by the montly PSH. $H(45) PR_{\text{month}_i} = PSH_{\text{mth}_i} - Pi [W] = Ed [Wh] / HSP_{\text{month}_i} [h]$

Pi viene diviso tra le potenze di picco dei pannelli selezionati (Wp), per trovare il numero di pannelli (np) da installare.

- **Calculation of the regulator or maximiser MPPT** $np = Pi / Wp$

La corrente di carico caratterizza i regolatori e i massimizzatori all'uscita del regolatore, e la tensione di uscita alle batterie.

A seconda che si tratti di un regolatore di carica o di un massimizzatore MPPT, la corrente di carico è calcolata con un metodo diverso. Si suppone che le batterie del banco installato siano la tensione di uscita del regolatore o del massimizzatore.

- **Calcolo del regolatore**

Normalmente, si raccomanda di selezionare un regolatore per resistere a un sovraccarico simultaneo:

La corrente d'uscita del regolatore: Questa dovrebbe essere almeno il 25% superiore alla corrente di carico in condizioni di consumo massimo, e la sua formula è:

$$\text{Output} = I_{\text{max_cons}} \times 1,25$$

$I_{\text{max_cons}}$ = the maximum consumption load current, and it is calculated by dividing the maximum power demanded by the local load, by the voltage of the batteries (regulator output voltage).

La corrente d'ingresso del regolatore: calcolata come il 25% per essere superiore alla corrente del generatore di corto circuito.

La formula è:

I_{sc}	=	the panel's short circuit current
N_{pp}	=	panels fitted in parallel's number of series

- **Calcolo delle prestazioni della batteria**

Uno dei punti più importanti nel sistema di energia fotovoltaica, è il rendimento delle batterie che definirà la qualità della corrente.

La capacità di cui le batterie hanno bisogno per fornire il consumo dell'impianto può essere calcolata attraverso la formula:

$$C_{\text{bat}}[\text{Ah}] = (1,1 \cdot N \cdot E_d) / (V_{\text{bat}} \cdot \text{DOD}_{\text{max}})$$

$C_{\text{bat}}[\text{Ah}]$	=	the batteries required capacity
N	=	autonomy days, it can be reached between 2-5 days depending on the needs and the used
E_d	=	daily energy that is needed for the house [Wh]
V_{bat}	=	the batteries bank voltage [V]
DOD_{max}	=	the discharge maximum of the death battery, and it can be taken between (60-80) for the lead acid battery

- **Calcolo dell'inverter**

Conosciuta la capacità della batteria, dovremmo determinare la capacità dell'inverter di cui abbiamo bisogno per l'installazione attraverso questa formula:

$P_{\text{inv}}[\text{W}]$	=	the power of the inverter that is need to be installed [W]
P_{eqsim}	=	the simultaneously connected equipment [W]

Agri-PV

Introdurre Agri-PV

L'European Green Deal definisce una visione per raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. Ciò richiederà una profonda trasformazione della società e dell'economia europea, in particolare dei settori energetico e agroalimentare.

Il Clean Energy Package ("CEP"), adottato dall'Unione Europea nel 2019, ha stabilito un quadro per ridurre le emissioni di gas serra del 40% entro il 2030, in parte raggiungendo almeno il 32% di energia rinnovabile nella domanda finale di energia. Nel 2020, la Commissione europea ha proposto la Legge europea sul clima, che fisserebbe un obiettivo giuridicamente vincolante di emissioni nette di gas serra pari a zero entro il 2050, oltre a obiettivi più ambiziosi per il 2030.

Dal 1962, la principale politica nel campo dell'agricoltura a livello UE è la Politica Agricola Comune ("PAC"). La PAC ha fornito 58,82 miliardi di euro di sostegno agli agricoltori nel 2018 (Commissione europea, 2020) attraverso i suoi due pilastri: il primo pilastro comporta il sostegno diretto agli agricoltori, e il secondo pilastro mira allo sviluppo rurale sostenibile. La Commissione europea ha proposto una revisione della PAC nel 2018 per il periodo 2021-2027, che è attualmente in fase di negoziazione. La revisione mira a modernizzare e rendere più "verde" la politica agricola dell'UE, adattandola al mutevole contesto agricolo, energetico e del cambiamento climatico.

In questo quadro, il fotovoltaico agricolo ("Agri-PV") offre l'opportunità di realizzare contemporaneamente il Green Deal europeo, raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione dell'UE e gli obiettivi della PAC.

Il principio alla base dell'Agri-PV è semplice: la combinazione intelligente di infrastrutture agricole con un impianto fotovoltaico. Questa combinazione sblocca una varietà di applicazioni dirompenti che sfruttano le sinergie tra il solare e l'agricoltura. Agri-PV permette di combinare il solare con specifiche attività rurali e agricole, fornendo soluzioni ai bisogni degli agricoltori e delle comunità rurali, spingendo gli investimenti e creando posti di lavoro nelle aree rurali, sostenendo pratiche agricole tradizionali e sostenibili, o aumentando la resilienza climatica delle attività agricole.

L'UE ha un ruolo chiave nel promuovere le molteplici sinergie tra l'agricoltura e la generazione di energia elettrica solare consentita dai sistemi Agri-PV. Installato direttamente sopra le colture, il solare fornisce ombra, protegge le colture contro la grandine o il gelo, consente rese stabili delle colture e aumenta la resa elettrica dei pannelli fotovoltaici (Barron - Gafford, 2019). Il solare può essere installato sui capannoni agricoli o sulle serre e può sostenere lo sviluppo di infrastrutture moderne che migliorano la competitività del settore agricolo. Le fattorie solari su larga scala forniscono l'ambiente perfetto per il pascolo delle pecore (Kochendoerfer et al, 2019). Nel complesso, c'è già stato un vasto numero di metodi di integrazione del solare nelle infrastrutture agricole, con innovazioni che appaiono regolarmente sul mercato. Le politiche pubbliche dovrebbero incentivare la diffusione di sistemi Agri-PV consolidati, sostenendo contemporaneamente soluzioni Agri-PV innovative.

È stato stimato che l'implementazione dell'Agri-PV su solo l'1% dei terreni coltivati globali potrebbe contribuire a soddisfare la domanda totale di energia globale (Adeh, Good, Calaf e Higgins, 2019). Dal 2014, circa 2.800 sistemi Agri-PV sono stati distribuiti in tutto il mondo, con una capacità totale di circa 2,9 GWp (Bay War.e.). Il settore ha visto una crescita significativa in Giappone, Corea del Sud e Cina, dove i quadri normativi e i regimi di sostegno sono già in vigore da alcuni anni (Schindele et al, 2020).

Il potenziale dell'Agri-PV in Europa è enorme: la capacità tecnica, se l'Agri-PV fosse implementato solo sull'1% dei terreni coltivabili dell'UE (Commissione Europea, 2018), è di oltre 700 GW. Tuttavia, lo sviluppo dell'Agri-PV in Europa è frammentato tra gli Stati membri dell'UE. Lo

sviluppo dell'Agri-PV in Europa potrebbe stabilire l'industria solare europea come leader globale in questo segmento di mercato in rapida crescita.

Affinché l'UE raggiunga il suo potenziale e diventi un leader globale nell'Agri-PV, è necessario un quadro europeo per promuovere la crescita del settore. In questo briefing, miriamo a evidenziare le sinergie tra l'Agri-PV e le politiche dell'UE sullo sviluppo rurale sostenibile, il futuro del settore agroalimentare, l'adattamento al cambiamento climatico e la decarbonizzazione delle isole. Oltre a questo, forniamo raccomandazioni politiche concrete che possono essere prese in considerazione dai responsabili politici e decisionali che lavorano sul tema dell'agricoltura, dell'energia, del clima e dell'ambiente, a livello europeo, nazionale, regionale e locale.

Consentire lo sviluppo sostenibile nelle zone rurali

Oltre alla piena attuazione della CEP, e in particolare della direttiva sulle energie rinnovabili (Unione Europea, 2018) l'Unione Europea e i suoi Stati membri dovrebbero incoraggiare lo sviluppo dell'Agri-PV in Europa attraverso almeno quattro iniziative politiche:

La revisione della PAC: l'Agri-PV può permettere il raggiungimento degli obiettivi della PAC. Il secondo pilastro della PAC dovrebbe promuovere la diffusione dell'Agri-PV e gli Stati membri dovrebbero includere piani di sviluppo dell'Agri-PV nei loro piani strategici della PAC.

1. L'attuazione della strategia Farm to Fork: L'Agri-PV può essere al centro di un sistema alimentare moderno, sostenibile, sano ed equo. L'implementazione orizzontale della strategia Farm to Fork dovrebbe integrare i vari contributi dell'Agri-PV per aumentare la sostenibilità, migliorare la resilienza e promuovere l'innovazione nel settore agroalimentare.
2. La revisione della strategia di adattamento al cambiamento climatico dell'UE: Le soluzioni Agri-PV contribuiscono alla resilienza climatica delle pratiche agricole. La revisione della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici dell'UE dovrebbe fornire un sostegno mirato alle soluzioni Agri-PV che migliorano la resilienza dell'agricoltura ai cambiamenti climatici.
3. L'iniziativa Energia pulita per le isole dell'UE: le regioni con scarsità di terra sono particolarmente adatte per lo sviluppo dell'Agri-PV. Le isole dell'UE dovrebbero integrare i piani per distribuire l'Agri-PV per sostenere la sicurezza alimentare ed energetica per le loro agende di transizione energetica pulita.

Agri-PV e il futuro degli obiettivi della PAC

Uno degli obiettivi principali dell'European Green Deal è quello di assicurare che la PAC rivista rifletta pienamente le ambizioni climatiche dell'UE. Questo deve essere raggiunto in parte assicurando che almeno il 40% del bilancio complessivo della PAC contribuisca all'azione per il clima. Oltre a questo, la PAC include finanziamenti e misure per sostenere lo sviluppo rurale, il "secondo pilastro". Nel bilancio 2014-2020, lo strumento di finanziamento del secondo pilastro, il Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale ("FEASR"), aveva un budget di circa 100 miliardi di euro.

La proposta della Commissione sulla PAC mira a modernizzare la governance e la realizzazione del secondo pilastro fissando obiettivi chiari e lasciando che gli Stati membri elaborino le proprie strategie per uno sviluppo rurale sostenibile. La Commissione ha proposto 9 obiettivi specifici (vedi Figura 1) che "si concentrano sulla redditività economica, la resilienza e il reddito delle aziende agricole, su una migliore performance ambientale e climatica, e sul tessuto socio-economico rafforzato delle zone rurali" (Commissione europea, 2018). Gli Stati membri dell'UE stanno attualmente preparando "Piani strategici della PAC" che dettaglieranno gli interventi che effettueranno per raggiungere questi obiettivi, che saranno finanziati dai fondi FEASR. Questi piani saranno valutati dalla Commissione europea e includeranno obiettivi concreti e saranno soggetti a relazioni annuali da parte degli Stati membri.

In linea con gli obiettivi della futura PAC, gli Stati membri dell'UE dovrebbero integrare l'Agri-PV nei loro piani strategici della PAC. In questo modo, gli investimenti nelle comunità rurali, le opportunità di lavoro nelle aree rurali, la resilienza delle pratiche agricole, l'aumento dell'efficienza dell'uso del suolo e il miglioramento della gestione delle acque, oltre a permettere il raggiungimento dei 9 obiettivi della PAC.

Come Agri-PV contribuisce agli obiettivi della PAC?

La varietà di applicazioni affrontate da Agri-PV porta a molteplici benefici che contribuiscono agli obiettivi della PAC delineati sopra.

1. Investimenti nel solare per l'agricoltura

- Obiettivi 1, 2, 7, 8

Il reddito degli agricoltori dell'UE è ancora significativamente inferiore ai redditi medi di molti Stati membri (Commissione europea, 2018). Il settore Agri-PV genera investimenti che sostengono la competitività del settore agricolo attraverso la modernizzazione dell'azienda e delle attrezzature. Sia i singoli agricoltori che le cooperative di agricoltori possono beneficiare della diffusione dell'Agri-PV, che ha dimostrato di aumentare i redditi agricoli di oltre il 30% (Dinesh e Pearce, 2016).

Esistono diversi modelli a seconda della proprietà del sistema Agri-PV. Gli sviluppatori Agri-PV possono agire come "investitori terzi", in cui sviluppano un progetto senza costi per gli agricoltori. Gli sviluppatori ricevono una remunerazione dalla vendita di elettricità rinnovabile, mentre gli agricoltori beneficiano di nuove infrastrutture agricole, come un nuovo spazio di stoccaggio locale o sistemi durevoli di protezione delle colture, che hanno aumentato la produttività dell'azienda, o di un complemento di reddito sotto forma di affitto pagato sull'uso della loro terra.

Gli agricoltori possono anche investire e contrattare uno sviluppatore Agri-PV per sviluppare un sistema Agri-PV. In questo modello, gli agricoltori devono contribuire ai costi CAPEX associati al progetto. Poi beneficiano di bollette energetiche ridotte se autoconsumano l'elettricità e di un complemento di reddito stabile se immettono l'energia nella rete.

2. Jons legati all'energia solare per comunità rurali

- Obiettivi 6, 8

La disoccupazione nelle comunità rurali, in particolare per i giovani, è una sfida importante. Tra il 2015-2017, il tasso medio di disoccupazione dei giovani nelle zone rurali è stato del 18% (Commissione europea, 2019). Inoltre, la popolazione rurale sta diminuendo in tutta l'UE. Tra il 2013- 2017, circa 500.000 persone hanno lasciato le zone rurali a favore di centri urbani più grandi (Commissione europea, 2019). L'industria solare stimola il tessuto sociale ed economico delle aree rurali, genera nuove opportunità di lavoro e diversifica la struttura economica delle comunità rurali.

Il solare crea più posti di lavoro per megawatt di potenza generata rispetto a qualsiasi altra fonte di energia (Solar Power Europea, 2019). Lo sviluppo di progetti Agri-PV sostiene posti di lavoro nelle attività a valle del settore fotovoltaico, come l'installazione, l'ingegneria o le operazioni e la manutenzione degli impianti Agri-PV.

La modernizzazione delle infrastrutture rurali e l'aumento della produttività delle aziende agricole rendono le comunità rurali più dinamiche. Quando un impianto Agri-PV sostituisce un'infrastruttura temporanea (ad esempio, una serra di plastica), può contribuire a stabilizzare le opportunità di lavoro e ridurre la stagionalità dei lavoratori.

3. Solar protecting crops

- Obiettivi 2, 3, 4, 9

La disoccupazione nelle comunità rurali, in particolare per i giovani, è una sfida importante. Tra il 2015-2017, il tasso medio di disoccupazione dei giovani nelle zone rurali è stato del 18% (Commissione europea, 2019). Inoltre, la popolazione rurale sta diminuendo in tutta l'UE. Tra il 2013- 2017, circa 500.000 persone hanno lasciato le zone rurali a favore di centri urbani più grandi (Commissione europea, 2019). L'industria solare stimola il tessuto sociale ed economico delle aree rurali, genera nuove opportunità di lavoro e diversifica la struttura economica delle comunità rurali.

Il solare crea più posti di lavoro per megawatt di potenza generata rispetto a qualsiasi altra fonte di energia (Solar Power Europea, 2019). Lo sviluppo di progetti Agri-PV sostiene posti di lavoro nelle attività a valle del settore fotovoltaico, come l'installazione, l'ingegneria o le operazioni e la manutenzione degli impianti Agri-PV.

La modernizzazione delle infrastrutture rurali e l'aumento della produttività delle aziende agricole rendono le comunità rurali più dinamiche. Quando un impianto Agri-PV sostituisce un'infrastruttura temporanea (ad esempio, una serra di plastica), può contribuire a stabilizzare le opportunità di lavoro e ridurre la stagionalità dei lavoratori.

4. Un uso più efficiente della terra

- Obiettivi 4, 5, 6

Circa 80.000 ettari di terreno agricolo sono stati persi ogni anno tra il 2000-2017 (Agenzia europea dell'ambiente, 2019). La perdita di terreni agricoli è principalmente attribuita all'abbandono dei terreni, e l'impermeabilizzazione dei terreni rappresenta un rischio per la resilienza climatica. Per affrontare questo problema, la Commissione europea ha proposto nel 2011 di fissare un obiettivo di "net-zero land take" (Commissione europea, 2011). L'Agri-PV permette un doppio uso della terra, riducendo il consumo di suolo e minimizzando la competizione tra l'agricoltura e l'energia rinnovabile.

Le soluzioni Agri-PV sopra le colture possono migliorare la produttività per ettaro, riducendo contemporaneamente il degrado del suolo e il consumo di acqua. La produttività viene aumentata utilizzando sistemi di inseguimento dinamico che possono regolare l'ombra fornita alle colture (Valle et al, 2017).

5. Solare per migliorare la gestione dell'acqua

- Obiettivi 1, 2, 4, 5, 6

L'agricoltura, la silvicoltura e la pesca rappresentano la parte del leone nel consumo di acqua nell'UE, con circa il 40% delle risorse idriche nel 2015 (Commissione europea, 2019). La gestione sostenibile delle scarse risorse idriche sarà essenziale per mantenere le pratiche agricole nell'UE. L'Agri-PV contribuisce ad abbassare il fabbisogno idrico dell'agricoltura schermando le colture dal calore e riducendo l'evapotraspirazione (Barnon-Gafford et al, 2019).

Il terreno sotto l'ombra dei pannelli fotovoltaici mantiene l'umidità del suolo, fornendo le condizioni ideali per alcuni tipi di colture (Ibidem). Il consumo di acqua può essere ulteriormente ottimizzato con soluzioni Agri-PV digitalizzate che possono tracciare l'irradiazione solare e regolare meglio le condizioni microclimatiche sotto i pannelli solari. Inoltre, l'energia solare può essere usata per alimentare il pompaggio dell'acqua sotterranea per l'irrigazione, sostituendo i generatori diesel.

Integrare l'Agri-PV nei piani strategici della PAC

Le sinergie tra Agri-PV, gli obiettivi della futura PAC e gli obiettivi climatici ed energetici dell'UE devono essere sfruttati. A tal fine, sono necessari adeguati meccanismi di sostegno che stimolino gli investimenti privati nel settore Agri-PV. Raggiungere un livello sufficiente di investimenti genererà le economie di scala necessarie per guidare la competitività del settore Agri-PV europeo.

Una "strategia europea Agri-PV" dovrebbe essere formalizzata all'interno della futura PAC. Questa strategia dovrebbe incentivare la diffusione dei sistemi Agri-PV consolidati, promuovere la leadership dell'UE nell'innovazione tecnologica Agri-PV, migliorare la produttività del settore agricolo e consentire la diffusione delle risorse energetiche rinnovabili nelle aree rurali. Progettata in stretta collaborazione con gli esperti del settore agricolo, una strategia Agri-PV dovrebbe mirare a consentire la transizione dell'energia pulita nelle zone rurali, attingendo agli obiettivi della PAC e della strategia di integrazione del sistema energetico (Commissione Europea, 2020).

A livello nazionale, gli investimenti solari dovrebbero avere la priorità all'interno dei piani strategici della PAC, come evidenziato nella strategia "Farm to Fork". La Commissione europea dovrebbe fornire una guida chiara agli Stati membri su come i loro piani strategici della PAC possono massimizzare la diffusione dell'Agri-PV, in linea con i loro piani nazionali per l'energia e il clima.

Oltre a questo, gli Stati membri dovrebbero includere piani per sviluppare quadri normativi Agri-PV come parte dei loro piani strategici della PAC. Diversi paesi e regioni sub-nazionali in tutto il mondo hanno già sviluppato quadri normativi Agri-PV. Questi includono Giappone, Corea del Sud, Cina, Francia e Massachusetts (Schindele et al, 2020). Quadri normativi per l'Agri-PV sono in fase di sviluppo in Olanda, Svizzera, Austria, Germania, India e California.

Quando si progettano quadri normativi per sostenere lo sviluppo dell'Agri-PV, i responsabili politici dovrebbero concentrarsi su 6 azioni concrete:

1. Implementare meccanismi finanziari mirati per sostenere l'Agri-PV su piccola, media e grande scala attraverso sovvenzioni, Agri-PV Feed-in-Tariffs ("FiT"), e offerte energetiche Agri-PV, rispettivamente.
2. Progettare un quadro di riferimento per l'Agri-PV, assicurare che gli agricoltori che utilizzano sistemi Agri-PV ricevano i sussidi della PAC e promuovere l'Agri-PV guidato dalla comunità.
3. Sviluppare indici Agri-PV che catturino le esternalità agro-economiche, ambientali e sociali dei sistemi Agri-PV.
4. Stabilire criteri di valutazione della qualità chiari e solidi per i progetti Agri-PV e assicurare una valutazione indipendente e periodica della sostenibilità del progetto.
5. Assicurarci che i quadri Agri-PV siano coerenti con le politiche dell'energia, dell'agricoltura, dell'ambiente e del clima, e che il loro sviluppo sia un processo partecipativo che coinvolga tutte le parti interessate.
6. Dare la priorità ai finanziamenti pubblici di R&S verso i programmi di ricerca che sostengono la transizione energetica nelle aree rurali.

Agricoltura sostenibile e fotovoltaico

Agrisolar può accelerare la transizione verso un sistema agricolo sostenibile che contribuisca agli obiettivi del Green Deal europeo, in particolare quelli della legge europea sul clima, della direttiva sulle energie rinnovabili, della PAC, della strategia sulla biodiversità e della strategia Farm to Fork. In particolare, Agrisolar può:

- 1. Contribuire a un uso responsabile delle risorse naturali come la terra e l'acqua**

I progetti Agrisolar sono un modo responsabile di gestire la terra e l'acqua. Se progettati e gestiti in modo sostenibile, possono migliorare la produttività per ettaro, riducendo contemporaneamente il degrado del suolo, l'uso di acqua o l'uso di plastica monouso.

I sistemi agrovoltaici, che co-localizzano un impianto fotovoltaico e un'attività agricola sostenibile, possono contribuire ad abbassare il fabbisogno idrico dell'agricoltura schermando le colture dal calore e riducendo l'evapotraspirazione (Barron-Gafford et al, 2019). L'ombreggiamento in eccesso è particolarmente vantaggioso per le aree aride e con limitazioni idriche, e per proteggere da gravi siccità in specifiche geografie (Dinesh et al., Uno studio ha indicato che, a seconda del livello di ombreggiamento dai pannelli fotovoltaici, il risparmio di acqua potrebbe raggiungere tra il 14 e il 29% (Marrou et al., 2013). Le piante con una minore densità di radici e un alto tasso netto di fotosintesi sono candidati ideali per essere coltivate all'interno di un sistema Agri-PV (Adeh et al., 2018).

2. Promuovere pratiche agricole sostenibili

Gli impianti Agri-PV possono per esempio implementare misure fisiche di controllo dei parassiti, come le reti, e quindi ridurre l'uso di prodotti chimici di controllo dei parassiti (Solar Power Europe, 2020) e possono contribuire alla sicurezza alimentare e alla protezione della biodiversità.

Una recente ricerca dell'associazione tedesca per l'innovazione del mercato energetico BNE (Bundesverband Neue Energiewirtschaft eV., 2019) ha dimostrato che gli impianti fotovoltaici su larga scala, se progettati per essere compatibili con la natura, forniscono effetti positivi sulla biodiversità, rispetto alla maggior parte degli usi convenzionali e monoculturali.

I sistemi Agri-PV possono anche contribuire a una maggiore cattura del carbonio (Barron-Gafford et al., 2019) che è stata identificata dal Gruppo internazionale sui cambiamenti climatici ("IPCC") come un potenziale significativo per abbattere le emissioni di gas serra (Gruppo internazionale sui cambiamenti climatici, 2020).

3. Aumentare la resilienza dell'agricoltura dell'UE al cambiamento climatico e ad altri shock e stress

Le soluzioni Agrisolar possono essere progettate per affrontare gli effetti negativi del cambiamento climatico sull'agricoltura. Pertanto, possono proteggere e ombreggiare le attività agricole da eventi meteorologici imprevedibili ed estremi come la grandine, l'eccessiva radiazione solare, e da parassiti e malattie.

4. Permettere lo sviluppo sostenibile nelle aree rurali attraverso rendimenti più alti e nuove opportunità di business

La combinazione intelligente di infrastrutture solari e agricole può consentire alle comunità rurali di diventare più competitive e sostenibili (Solar Power Europe, 2020). La co-localizzazione dell'agricoltura e del fotovoltaico permette di ottenere una maggiore efficienza nell'uso del suolo. Le simulazioni indicano che i sistemi Agri-voltaic possono aumentare l'efficienza dell'uso del suolo fino al 60-70%, se confrontati con sistemi mono equivalenti (Dupraz et al., 2011). Un sistema sperimentale Agri-PV con patate in Germania ha portato a una resa del 103% rispetto a un controllo, mentre i sistemi fotovoltaici hanno generato l'83% dell'elettricità che sarebbe stata generata su un appezzamento di terreno simile, portando a un aumento dell'86% dell'efficienza di utilizzo del terreno (Fraunhofer ISE, 2020).

Pur mantenendo l'uso agricolo come uso primario della terra, il doppio uso della terra serve anche a diversificare i redditi degli agricoltori, proteggendo i redditi e lo sviluppo socio-economico delle comunità rurali anche in caso di siccità estrema (Santa et al., 2017). Un ulteriore vantaggio include la riduzione del costo dell'assicurazione da un potenziale fallimento del raccolto.

L'accoppiamento di colture tolleranti all'ombra con sistemi Agri-PV aumenta il valore economico delle aziende agricole rispetto alle pratiche agricole convenzionali (Dinesh e Pearce, 2015). La co-localizzazione del fotovoltaico sopra le colture aiuta a stabilizzare le rese delle colture in alcuni casi e può persino aumentare la resa elettrica del fotovoltaico, grazie all'effetto di raffreddamento

delle piante sui pannelli fotovoltaici (Barron - Gafford et al., 2019). Il reddito extra beneficia direttamente le comunità rurali e migliora le infrastrutture rurali, le catene di valore e la fornitura distribuita di elettricità, che a sua volta può promuovere l'agricoltura locale (Majumdar, 2018).

Uno studio del 2017 (Carreño-Ortega, Á., Galdeano-Gómez, E., Pérez- Mesa, J.C., e del Carmen Galera-Quiles, M., 2017) mostra che si potrebbero raccogliere importanti benefici per gli agricoltori, soprattutto nel sud dell'Europa. Nel caso specifico della Spagna, mostra che con condizioni normali di implementazione con 1,8 ettari di serra (su larga scala), la redditività dell'azienda agricola avrebbe un aumento del 9,89%, che salirebbe al 14,1% se gli investimenti sono sostenuti da aiuti statali. Un altro studio ha indicato che la diffusione del fotovoltaico può aumentare il reddito agricolo di oltre il 30% (Dinesh et al., 2016).

Il solare, in quanto tecnologia di energia pulita più scalabile e conveniente, permette agli agricoltori di essere al centro del Green Deal europeo e della ripresa verde post-COVID. Il solare crea più posti di lavoro per megawatt di potenza installata di qualsiasi altra fonte di energia (International Labour Office, 2011). I modelli di business Agrisolar possono contribuire alla creazione di nuove comunità cittadine agricole e di energia rinnovabile. I casi di studio analizzati dal Joint Research Centre (Joint Research Centre, 2020) mostrano che i progetti energetici comunitari esistono in diverse forme in tutta Europa, tra cui ad esempio tetti di fattorie dotate di pannelli solari, o mulini a vento installati da comunità rurali su terreni agricoli.

Il concetto di agricoltura sostenibile

La sostenibilità di qualsiasi progetto solare è legata al suo valore socio-economico e ambientale. Questa sezione discute quali criteri possono valutare al meglio il valore ambientale e socio-economico fornito dai progetti Agrisolar. Ulteriori informazioni su come massimizzare la sostenibilità dei progetti solari in generale possono essere trovate nel Solar Sustainability Best Practices Benchmark (Solar Power Europe, 2021).

Per garantire un funzionamento efficace, sia come infrastruttura agricola che come impianto di generazione fotovoltaica, e per massimizzare le sinergie agro-ecologiche identificate nella sezione principale, Agrisolar e l'agricoltura sostenibile, gli sviluppatori di progetti Agrisolar devono andare oltre e definire un concetto di agricoltura sostenibile (SAC).

In generale, il SAC dovrebbe assicurare che il progetto non entri in conflitto con l'uso del terreno agricolo e la viabilità (e in alcuni casi, la continuità) dell'attività agricola. Dovrebbe essere sviluppato nelle fasi iniziali della fase di pianificazione del progetto e includere una valutazione degli impatti agronomici, ambientali e socio-economici del progetto. Il SAC sarà utilizzato per pianificare l'attività agricola, assicurare che il sistema Agrisolar sia completamente adattato all'attività agricola, e che sia predisposto un adeguato monitoraggio delle prestazioni del sistema per tutta la sua durata.

Il SAC dovrebbe anche cercare di minimizzare gli impatti ambientali negativi e massimizzare le potenziali sinergie ambientali. Assicurerà anche che il progetto sarà economicamente redditizio per tutte le parti, sia per l'attività agricola che per la generazione di elettricità. Il SAC implica un "approccio su misura" per ogni progetto, adattando le installazioni Agrisolar alle dimensioni dell'azienda, all'ubicazione, alla topografia del suolo, alle condizioni climatiche locali, agli impatti sulla biodiversità e alla gestione delle acque, oltre alla considerazione delle comunità rurali locali.

Il SAC dovrebbe coprire tre aree generali, tra cui una definizione dell'attività agricola che si adatta ad un tipo specifico di sistema Agrisolar; la valutazione degli impatti ambientali del sistema; e la valutazione degli impatti socioeconomici del progetto. Il SAC dovrebbe includere un piano per il monitoraggio delle prestazioni agricole e fotovoltaiche del sistema per tutta la sua durata. Il contenuto specifico del SAC varierà a seconda del progetto specifico e della soluzione Agrisolar. Di seguito anticipiamo alcuni requisiti che devono essere inclusi nei SAC, elementi importanti che dovrebbero essere inclusi nei SAC ed elementi opzionali che potrebbero massimizzare le sinergie agroenergetiche e la fornitura di sostenibilità del sistema Agrisolar se inclusi.

1. Una definizione dell'attività agricola che si adatta a un tipo specifico di sistema Agrisolar

Il SAC deve includere le informazioni generali dell'attività agricola e dell'impianto fotovoltaico associato all'impianto Agrisolar, una valutazione delle esigenze dei soggetti agricoli coinvolti, informazioni sul terreno del progetto e un piano tecnico dell'impianto Agrisolar. Il SAC deve anche valutare le attrezzature e i macchinari utilizzati per svolgere l'attività agricola. La validità del SAC deve essere confermata da un terzo indipendente, per garantire la compatibilità dell'attività agricola e di un impianto solare fotovoltaico.

In caso di rotazione delle colture, il SAC dovrebbe includere una valutazione del programma di rotazione delle colture previsto. In particolare per i sistemi Agri-PV combinati con la coltivazione di colture, il SAC dovrebbe includere una valutazione della distribuzione della luce e delle condizioni microclimatiche necessarie per la crescita delle colture (come temperature, umidità e vento). Nel caso di progetti Agrisolar per l'allevamento di animali, il SAC dovrebbe considerare l'impatto del sistema Agrisolar sul benessere degli animali.

Ulteriori elementi che potrebbero essere considerati includono miglioramenti sulla resilienza dell'attività agricola, in particolare quali tipi di sistemi di protezione delle colture potrebbero essere impiegati.

2. Una valutazione degli impatti ambientali del sistema

Come nei progetti solari fotovoltaici standard, una valutazione efficace dell'impatto ambientale di un dato progetto è un elemento essenziale dei progetti Agrisolar (Solar Power Europe, 2020). I progetti Agrisolar devono essere conformi ai requisiti legali del paese del progetto e conformi agli standard accettati a livello internazionale come i Performance Standards dell'IFC e gli Equator Principles (Ibidem). A questo proposito, possono essere richieste diverse autorizzazioni, tra cui una valutazione dell'impatto ambientale (VIA).

Data la dimensione agricola dei progetti Agrisolar, la SAC deve anche includere una valutazione degli impatti previsti sull'erosione del suolo e l'insabbiamento previsto del suolo, una valutazione della disponibilità di acqua e l'impatto del sistema Agrisolar sull'efficienza idrica.

Il SAC dovrebbe anche pianificare il montaggio e lo smontaggio senza residui del sistema solare, che dovrebbe minimizzare l'impatto del progetto sul terreno.

Ulteriori elementi che potrebbero essere considerati sono gli impatti sul sequestro del carbonio e la fornitura di servizi ecosistemici locali come la biodiversità.

3. Una valutazione degli impatti socioeconomici del progetto

Questo deve includere un business plan per il progetto, una stima dell'efficienza economica del progetto, e un calcolo dell'efficienza dell'uso del terreno. Il SAC deve anche includere una valutazione delle condizioni di lavoro nell'azienda agricola, comprese eventuali considerazioni sulla sicurezza legate all'impiego di apparecchiature elettriche.

Dovrebbe essere inclusa anche una stima dei risparmi finanziari previsti per la durata di vita dalla sostituzione dei materiali a vita breve con un sistema Agrisolar durevole.

Il SAC potrebbe anche includere un piano d'azione locale che integri i punti di vista e gli interessi delle comunità locali. Il SAC potrebbe includere un piano di marketing per i prodotti agricoli o un'analisi di mercato regionale dei prodotti agricoli che saranno prodotti nell'azienda Agrisolar. A questo proposito, potrebbero essere considerati anche gli impatti sugli effetti del progetto sulle catene di approvvigionamento locali.

4. Una valutazione delle prestazioni del ciclo di vita

Data la duplice natura dei sistemi Agrisolar, il SAC dovrebbe includere il monitoraggio delle prestazioni sia del rendimento agricolo che di quello fotovoltaico del sistema.

I progetti Agrisolar che dimostrano un miglioramento delle prestazioni, o che sono andati oltre le azioni inizialmente previste nel SAC, potrebbero vedere il loro rating aumentare. D'altra parte, i progetti sottoperformanti, o quelli che non rispettano il loro SAC, potrebbero vedere il loro rating diminuire. Nei casi peggiori, in cui non può essere dimostrata alcuna attività agricola o prestazione energetica significativa, lo status del progetto come progetto Agrisolar può essere revocato.

I progetti Agrisolar dovrebbero raccogliere dati agronomici, energetici, ambientali e socio-economici rilevanti che potrebbero essere utili per migliorare ulteriormente la qualità di Agrisolar in futuro.

La durata del progetto potrebbe anche essere valutata, includendo una valutazione dettagliata delle prestazioni dell'ecosistema e dei servizi socioeconomici forniti dal progetto.

Verso un benchmark a 3 stelle per i progetti Agrisolar

Al fine di valutare la qualità di specifici progetti Agrisolar, un quadro di riferimento potrebbe assumere la forma di un benchmark a 3 stelle che potrebbe essere utilizzato prima dello sviluppo del progetto e per tutta la sua durata.

Queste linee guida hanno lo scopo di ispirare lo sviluppo di solidi quadri normativi per l'Agrisolar.

Un benchmark a 3 stelle cattura il modo in cui uno specifico progetto Agrisolar è progettato e gestito in termini di sinergie agroenergetiche che crea e la sua sostenibilità sociale e ambientale complessiva, le sinergie agroenergetiche e la sua sostenibilità possono essere rappresentate schematicamente come si vede nella Figura 12.

- **Come leggere i criteri di riferimento a 3 stelle**

Un progetto Agrisolar che rispetta i criteri essenziali del SAC ("Must criteria"), come la preparazione del SAC stesso, si qualificherebbe come un progetto Agrisolar con una stella. Se un progetto soddisfa ulteriori criteri ("Should criteria"), come la dimostrazione di sinergie tra l'impianto fotovoltaico e l'attività agricola, o se il progetto contribuisce a pratiche socialmente o ambientalmente sostenibili, il progetto tenderà verso una valutazione a due stelle. Infine, un progetto ideale che soddisfa ulteriori criteri di best-in-class ("Could criteria"), che massimizzano le sinergie agroenergetiche o forniscono servizi ecosistemici significativi, sarà assegnato un rating completo a tre stelle.

È importante ricordare che, mentre soddisfare i criteri "Must" è un requisito fondamentale per essere considerato Agrisolar, soddisfare i criteri "Should" e "Could" rimane facoltativo. Non soddisfare uno o più di questi criteri opzionali non preclude a nessun sistema di ottenere una valutazione di qualità superiore. È importante sottolineare che i criteri identificati in queste linee guida non sono esaustivi e hanno un significato puramente indicativo.

	MUST CRITERIA ★☆☆	SHOULD CRITERIA ★★★	COULD CRITERIA ★★★
DIMENSION 1: Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> • Has a SAC concept which includes general information of agricultural activity and PV system, assessment of needs of agricultural stakeholder, information on project land, technical plan of Agrisolar system, assess the use of equipment/machinery. • Fulfills need of agricultural activity and generates green electricity. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrate synergies between PV and agriculture. • Evaluation of light distribution and micro-climatic conditions • Water management performed. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maximise synergies between PV and agriculture. • Improvements on the resilience of the agricultural activity.
DIMENSION 2: Environment	<ul style="list-style-type: none"> • Effective assessment of environmental impact of the project (standard Environmental Impact Assessment). • Assessment of impacts on soil erosion, soil silting, assessment of water availability. 	<ul style="list-style-type: none"> • Min standards soil preservation during construction and dismantling • Efficient tech, degradability of structures. • Lifecycle approach • Transitioning biodiversity, more sustainable agricultural practices. 	<ul style="list-style-type: none"> • Provision of ecosystem services. • Increased biodiversity measures "BNE guide" (no pesticide, local seeds). • Soil regeneration and carbon capture.
DIMENSION 3: Socioeconomics	<ul style="list-style-type: none"> • Business plan for the project • Assessment of farm working conditions, including safety considerations. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analysis of lifetime financial savings from replacement of short lived materials. • Impacts on local supply chain considered. 	<ul style="list-style-type: none"> • Local action plan integrating views and interests of local communities. • Establishment of/Integration within local agriculture and renewable energy community.
DIMENSION 4: LCA	<ul style="list-style-type: none"> • Performance monitoring of the system. 	<ul style="list-style-type: none"> • Data collection on performance (Agricultural, Environmental, Energy, Socio-economics). 	<ul style="list-style-type: none"> • Detailed evaluation of performance of ecosystem and socioeconomic services provided.

Sustainability
(Socioeconomic and environmental)



Sfide esistenti per Agrisolar

Le barriere regolamentari, finanziarie e tecniche attualmente frenano la crescita del mercato Agrisolar nell'UE.

- Barriere regolamentari e amministrative

Una delle principali sfide per lo sviluppo di Agrisolar in Europa è la bassa qualità o l'assenza di quadri normativi per sostenere lo sviluppo di progetti Agrisolar. Molti paesi che hanno un potenziale significativo per lo sviluppo di Agrisolar, come la Spagna, il Portogallo o l'Italia, attualmente non dispongono di un quadro normativo per lo sviluppo di Agrisolar. Un'eccezione è la Francia, dove la Commissione di regolamentazione dell'energia della documentazione di gara fornisce una definizione di sistemi Agrisolar (CRE, 2017). Tuttavia, il quadro francese delle gare d'appalto non è così specifico come il regime che regola le gare d'appalto per gli impianti solari a terra.

Più specificamente, i quadri di gara esistenti non forniscono i giusti incentivi per sviluppare progetti Agrisolar. Mentre diverse soluzioni Agrisolar sono state un successo commerciale per diversi anni, la natura innovativa di alcuni sistemi Agri-PV significa che non sono sempre competitivi rispetto ai tradizionali sistemi solari a terra. Poiché la maggior parte delle gare d'appalto sono assegnate in base al prezzo dell'energia, i progetti Agri-PV non possono ancora competere nelle gare standard per le energie rinnovabili. Le uniche eccezioni sono le gare d'appalto per l'innovazione in Francia e Germania. Di conseguenza, questo si traduce in un minore interesse da parte dei potenziali investitori e una minore fornitura di aiuti statali per favorire il loro sviluppo.

Un'altra barriera molto importante per lo sviluppo di Agrisolar in Europa è la potenziale perdita dei sussidi della PAC da parte degli agricoltori che utilizzano il solare sui loro terreni. In Germania gli agricoltori hanno visto il loro sostegno diretto al reddito rimosso dopo aver installato un sistema Agri-PV progettato per permettere alle pecore di pascolare sul posto. Questa decisione è stata revocata dai tribunali come una violazione del diritto dell'UE, sostenendo che l'attuazione della PAC in Germania non ha rispettato il diritto dell'UE (Tribunale amministrativo di Ratisbona, sentenza del 15 novembre 2018).

Gli sviluppatori di Agrisolar incontrano difficoltà nell'ottenere le autorizzazioni di pianificazione e altri permessi necessari. Questo è il risultato di una mancanza di conoscenza e di una mancanza di amministrazioni locali per i permessi che possano valutare le pratiche.

- Barriere tecniche

Un'importante barriera tecnica è la disponibilità di pannelli solari, moduli e strutture appropriate per i progetti Agri-PV. I principali produttori di moduli non commercializzano ancora moduli di dimensioni ed efficienza adatte ai sistemi Agri-PV. I moduli fotovoltaici, per esempio, devono essere piuttosto leggeri, in quanto sono spesso più elevati. I moduli e le strutture devono anche essere progettati in modo che le ombre proiettate sul terreno siano ottimizzate per le colture. A questo proposito, i fogli posteriori trasparenti sono particolarmente adatti per i sistemi Agri-PV in quanto offrono la possibilità di ottimizzare la trasparenza dei pannelli FV che sono più adatti a specifiche colture.

Anche la sicurezza elettrica è una sfida molto importante, dato che i lavoratori agricoli, le macchine agricole e gli animali saranno presenti sul posto. Le strutture dei sistemi Agri-PV dovrebbero anche essere progettate per resistere a un impatto del vento potenzialmente più forte.

L'effetto della polvere diffusa da prodotti, componenti e fertilizzanti impiegati nelle attività agricole per garantire la produzione delle colture potrebbe avere un impatto sull'affidabilità e la durata dei materiali dei moduli fotovoltaici, oltre a incidere sulla potenza dell'impianto.

L'accessibilità può anche essere una sfida nello sviluppo di progetti Agrisolar. Le strade di accesso possono non essere ben tenute, mentre le comunicazioni possono essere ostacolate da un accesso

internet e da una rete telefonica di qualità inferiore. Le connessioni alla rete sono un'altra importante barriera tecnica per i progetti Agrisolar. Le aree rurali possono avere una minore capacità di rete esistente, che può aumentare i costi di connessione e compromettere il business case del progetto.

- Barriere finanziarie

La natura innovativa di molte soluzioni Agrisolar si traduce in un costo di capitale più elevato rispetto al solare tradizionale montato a terra. Inoltre, i rischi più elevati associati a progetti complessi che combinano investimenti agricoli ed energetici hanno reso gli investitori finanziari e gli assicuratori riluttanti a sostenere lo sviluppo di progetti Agrisolar.

- Altre barriere

Un'ulteriore barriera per lo sviluppo dei progetti Agrisolar è la difficoltà di identificare la proprietà dei terreni. Gli agricoltori non sono sempre proprietari dei terreni che coltivano, il che può portare ulteriore complessità, quando si stipulano accordi di mutuo e di servitù. Inoltre, i conflitti di interesse possono sorgere tra i proprietari terrieri e gli agricoltori, creando potenzialmente una situazione di separazione degli incentivi.

Inoltre, la mancanza di conoscenza del settore dell'energia solare da parte dei partner agricoli può portare a ulteriori ostacoli. I partner agricoli possono non avere familiarità con le tipiche tempistiche di sviluppo del progetto, la durata del progetto e gli aspetti tecnici dell'integrazione di un'attività agricola con la generazione di elettricità solare. In alcuni casi, il superamento dei bassi livelli di fiducia degli stakeholder rurali nei confronti degli sviluppatori solari richiede ulteriori sforzi. Rispondere alle riserve degli stakeholder agricoli può essere un pilastro fondamentale per il successo.

Come sostenere Agrisolar

Dato il potenziale di Agrisolar di aiutare la transizione verso pratiche agricole ecologicamente sostenibili, per decarbonizzare il sistema energetico, le autorità normative e politiche (a livello UE, nazionale, regionale e locale) dovrebbero fornire un sostegno mirato per superare le barriere identificate sopra. Così facendo, si accelererà il raggiungimento degli obiettivi del Green Deal europeo e si rafforzerà la leadership dell'UE nell'innovazione tecnologica a prova di futuro.

Agrisolar si adatta perfettamente a sostenere gli obiettivi del Green Deal europeo, in particolare quelli del pacchetto Fit-for-55 e la revisione della PAC. La revisione della direttiva sulle energie rinnovabili ("REDII") dovrebbe fissare obiettivi ambiziosi per la diffusione delle energie rinnovabili e rafforzare le disposizioni relative al permesso di progetti di energia rinnovabile e all'accesso alla terra. Oltre a questo, il secondo pilastro della prossima PAC dovrebbe promuovere la diffusione di progetti Agrisolar. Tipi specifici di progetti Agrisolar hanno un potenziale significativo per guidare lo sviluppo rurale sostenibile e contribuire al raggiungimento dei nove obiettivi della futura PAC. A questo proposito, gli agricoltori che realizzano progetti Agrisolar (che mantengono l'uso agricolo della terra) dovrebbero continuare a ricevere un sostegno al reddito dalla PAC.

Nel complesso, sarà essenziale sviluppare uno standard europeo per Agrisolar, che fornisca un quadro comune e sostenga l'armonizzazione normativa tra gli Stati membri dell'UE. Uno standard UE dovrebbe comunque permettere una sufficiente flessibilità per adattarsi alle variazioni nazionali e regionali delle pratiche agricole, delle condizioni climatiche, delle qualità del suolo o dei costi dei terreni, tra molti altri fattori.

Gli Stati membri dell'UE dovrebbero anche promuovere Agrisolar sviluppando quadri normativi e abilitanti per lo sviluppo di progetti Agrisolar. In generale, questi quadri dovrebbero promuovere lo sviluppo di progetti Agrisolar come una strategia per affrontare i problemi di accesso ai terreni agricoli, e per promuovere pratiche agricole sostenibili e lo sviluppo rurale.

Concretamente, i quadri politici Agrisolar dovrebbero concentrarsi su 6 aree (Solar Power Europe, 2020). In primo luogo, i quadri politici Agrisolar dovrebbero stabilire meccanismi finanziari mirati a seconda delle dimensioni dei progetti. Inoltre, dovrebbero essere previsti sgravi fiscali o flussi di reddito aggiuntivi per i progetti Agrisolar che forniscono importanti servizi di biodiversità e di cattura del carbonio.

In secondo luogo, a complemento di solidi meccanismi di finanziamento, i governi dovrebbero creare un quadro di riferimento per facilitare lo sviluppo di progetti Agrisolar. Questo quadro abilitante dovrebbe affrontare le barriere amministrative ingiustificate per i progetti, sostenere il finanziamento dei progetti, e fornire supporto tecnico agli agricoltori e alle comunità rurali che cercano di sviluppare progetti Agrisolar. Una procedura accelerata di autorizzazione del progetto dovrebbe essere consentita quando si presenta un SAC solido e certificato.

In quarto luogo, gli Stati membri dell'UE dovrebbero sviluppare solide strutture per valutare la qualità dei progetti Agrisolar, seguendo le quattro dimensioni del SAC. Fondamentalmente, gli Stati membri dell'UE dovrebbero assicurare che tali quadri di garanzia della qualità siano armonizzati tra le varie giurisdizioni per evitare inutili barriere di mercato.

Quinto, i quadri politici Agrisolar dovrebbero assicurare la coerenza tra i quadri politici dell'agricoltura, dell'energia, dell'ambiente e del cambiamento climatico. Questi dovrebbero essere sviluppati attraverso un processo partecipativo che consideri le esigenze degli stakeholder rurali e dell'industria solare.

Infine, i quadri Agrisolar dovrebbero incanalare i finanziamenti pubblici e privati di R&S verso programmi di ricerca incentrati sull'identificazione di colture adatte alla coltivazione in combinazione con il fotovoltaico, sull'impatto dei sistemi Agri-PV sui rendimenti e sulla redditività, e sulla dimostrazione di diversi concetti di fotovoltaico.

In terzo luogo, sulla base del quadro avanzato in queste linee guida, i governi dovrebbero sviluppare "indici Agrisolar" che catturino le esternalità agro-economiche, ambientali e sociali dei sistemi Agri-PV. Questi indici potrebbero essere utilizzati per sviluppare mappe che catturano i terreni più adatti allo sviluppo di progetti, considerando la disponibilità di accesso alla rete.

Tecnologia

Il modo in cui funziona la produzione di energia è lo stesso per gli impianti fotovoltaici agrivoltaici e per quelli a terra. Tuttavia, i requisiti per i componenti tecnici e i supporti dell'impianto sono completamente diversi per il fotovoltaico agricolo a causa della coltivazione del terreno: l'altezza e l'allineamento dell'impianto, la struttura di montaggio o la fondazione e, eventualmente, il design del modulo - tutto deve essere adattato alla coltivazione con macchine agricole e alle esigenze delle piante. Anche una sofisticata gestione della luce e dell'acqua sono importanti per massimizzare i rendimenti.

Per rendere possibile il doppio uso dei terreni agricoli per la coltivazione e la produzione di energia, i moduli solari sono tipicamente installati ad un'altezza da tre a cinque (in luppolo anche più di sette) metri sopra il campo. Questo rende possibile per le grandi macchine agricole, come le mietitrebbie, di lavorare il terreno sotto l'impianto agrivoltaico. Per garantire che le piante ricevano luce e precipitazioni sufficienti, la distanza tra le file di moduli è in genere maggiore rispetto ai sistemi fotovoltaici convenzionali montati a terra. Questo riduce il grado di copertura della superficie a circa un terzo. In combinazione con i supporti alti, questo approccio assicura una distribuzione omogenea della luce e quindi una crescita uniforme delle piante. Quando vengono installati moduli cingolati, la gestione della luce può essere adattata specificamente allo stadio di sviluppo e alle esigenze delle piante coltivate (B. Valle, T. Simonneau, F. Sourd, P. Pechier, P. Hamard, T. Frisson, M. Ryckewaert, e A. Christophe, *Applied Energy* 206 (2017)).

Qui la scelta della struttura di montaggio, e in parte anche dei moduli solari, è generalmente molto diversa dai sistemi fotovoltaici montati a terra. Diverse tecnologie e design devono soddisfare i requisiti specifici del sito e le condizioni di coltivazione. Si raccomanda quindi di prendere in considerazione la gestione della luce nella pianificazione dell'impianto. In generale, i sistemi agrovoltaici dovrebbero essere all'avanguardia e rispettare le regole e gli standard comunemente accettati.

Approcci per l'agrovoltaico

Gli impianti fotovoltaici, come in Francia e in Giappone, per esempio, sono spesso montati su supporti alti. Qui l'altezza libera descrive lo spazio verticale senza ostacoli tra il terreno e l'elemento strutturale più basso. Di seguito vengono descritte diverse possibilità per il doppio uso dei terreni agricoli.

I sistemi con supporti alti hanno un grande potenziale per gli effetti sinergici. Tuttavia, devono permettere la coltivazione sotto i moduli FV (figura 14).

I moduli FV possono anche assumere un'importante funzione protettiva contro la grandine, la pioggia, le gelate notturne e altri eventi meteorologici estremi. La figura 13 mostra un impianto di ricerca della società BayWar.e. sopra un frutteto. Questo impianto nei Paesi Bassi è stato costruito utilizzando moduli con una maggiore distanza tra le celle, che migliora la funzione di copertura e di protezione e contemporaneamente fornisce più luce solare alle piante rispetto ad altri sistemi FV.

Gli effetti sinergici possono essere realizzati anche con moduli installati vicino al suolo. Next2Sun realizza questo con moduli bifacciali che sono installati verticalmente. Mentre questo tipo di sistema è più conveniente a causa della bassa altezza della struttura di montaggio, le opzioni di gestione della luce disponibili sono anche ridotte. I sistemi installati vicino al terreno potrebbero comunque fornire un beneficio riducendo la velocità del vento, che influisce anche sull'evaporazione.

I moduli fotovoltaici tubolari installati orizzontalmente su supporti, implementati dalla società TubeSolar AG, sono un'altra opzione. Questo approccio innovativo promette una permeabilità uniforme della luce e dell'acqua sulla superficie, che è importante per una crescita uniforme delle piante. L'azienda partner Agratio GmbH combina questi nuovi moduli con un supporto a basso costo. Qui i tubi solari sono montati su stralli e sospesi sull'area da coltivare, ottenendo una mezz'ombra che è favorevole per la maggior parte delle applicazioni agricole.

In Giappone vengono installati moduli molto stretti su terreni coltivabili sotto il nome di "solar sharing" per regolare la disponibilità di luce. Qui i sistemi agrivoltaici servono come ulteriore fonte di reddito e previdenza per gli agricoltori. Sono concepibili molte altre soluzioni tecniche, con diversi vantaggi e svantaggi.

Tecnologie dei moduli

Fondamentalmente, tutti i tipi di moduli solari possono essere utilizzati nei sistemi agro-voltaici. I moduli con celle solari in silicio basate su wafer rappresentano circa il 95% del mercato globale del fotovoltaico. La composizione accettata prevede una lastra di vetro sul davanti e una pellicola bianca di copertura sul retro. Le celle solari opache sono collegate in serie a una distanza di 2-3 mm e laminate tra questi due elementi. Un telaio metallico è utilizzato per il montaggio e la stabilizzazione.

Nel caso di una copertura posteriore trasparente (vetro, pellicola), gli spazi tra le celle permettono alla luce di passare in gran parte e raggiungere le piante sottostanti. Con i moduli convenzionali, gli spazi tra le celle costituiscono dal quattro al cinque per cento della superficie. Gli spazi possono essere ampliati, e i telai dei moduli sostituiti da supporti a morsetto per aumentare la trasmissione

della luce. I moduli con un rapporto maggiore tra superficie trasparente e totale possono proteggere le piante dagli influssi ambientali senza ridurre la superficie. I moduli con celle solari in silicio basate su wafer rappresentano circa il 95% del mercato globale del fotovoltaico. La composizione accettata prevede una lastra di vetro sul davanti e una pellicola bianca di copertura sul retro. Le celle solari opache sono collegate in serie a una distanza di 2-3 mm e laminate tra questi due elementi. Un telaio metallico è utilizzato per il montaggio e la stabilizzazione.

Nel caso di una copertura posteriore trasparente (vetro, pellicola), gli spazi tra le celle permettono alla luce di passare in gran parte e raggiungere le piante sottostanti. Con i moduli convenzionali, gli spazi tra le celle costituiscono dal quattro al cinque per cento della superficie. Gli spazi possono essere ampliati, e i telai dei moduli sostituiti da supporti a morsetto per aumentare la trasmissione della luce. I moduli con un rapporto maggiore tra superficie trasparente e totale possono proteggere le piante dalle influenze ambientali senza ridurre la disponibilità di luce nella stessa misura.

I moduli bifacciali possono anche utilizzare la luce ambientale incidente sul lato posteriore per la produzione di energia. A seconda del livello di radiazione incidente sul lato posteriore, i rendimenti elettrici possono essere aumentati fino al 25 per cento (tipicamente tra il 5 e il 15 per cento). Poiché la distanza tra le file tende ad essere maggiore e i supporti tendono ad essere più alti nel fotovoltaico, la quantità di luce disponibile sul lato posteriore dei moduli è particolarmente elevata. Pertanto, i moduli bifacciali sono adatti all'agrivoltaico. I moduli bifacciali vetro-vetro sono stati utilizzati nel progetto di ricerca di Heggelbach. Un altro vantaggio dei moduli con una struttura a doppio vetro è la resistenza residua in caso di rottura del vetro - a vantaggio della salute e della sicurezza sul lavoro.

La disponibilità di luce è la stessa.

I moduli bifacciali possono anche utilizzare la luce ambientale incidente sul lato posteriore per la produzione di energia. A seconda del livello di radiazione incidente sul lato posteriore, i rendimenti elettrici possono essere aumentati fino al 25 per cento (tipicamente tra il 5 e il 15 per cento). Poiché la distanza tra le file tende ad essere maggiore e i supporti tendono ad essere più alti nel fotovoltaico, la quantità di luce disponibile sul lato posteriore dei moduli è particolarmente elevata. Pertanto, i moduli bifacciali sono adatti all'agrivoltaico. I moduli bifacciali vetro-vetro sono stati utilizzati nel progetto di ricerca di Heggelbach. Un altro vantaggio dei moduli con una struttura a doppio vetro è la resistenza residua in caso di rottura del vetro - a vantaggio della salute e della sicurezza sul lavoro.

I moduli a film sottile (CIS, CdTe, a-Si/ μ -Si) possono essere realizzati su substrati flessibili, rendendo possibile la piegatura cilindrica. Con una struttura altrimenti identica, la loro massa per unità di superficie è circa 500 g/m² (grammi per metro quadrato) inferiore rispetto ai moduli con celle solari in silicio basate su wafer. L'efficienza è però un po' più bassa. Anche il costo per unità di superficie dei moduli a film sottile è leggermente ridotto.

Questo vale anche per il fotovoltaico organico (OPV). In linea di principio è possibile anche una regolazione spettrale selettiva degli strati attivi dell'OPV, il che significa che una parte dello spettro solare può essere trasmessa e utilizzata dalle coltivazioni sottostanti. Tuttavia, OPV è ancora in fase di lancio sul mercato. La bassa efficienza e la durata sono tra le sfide.

Nel fotovoltaico a concentrazione (CPV), la luce viene focalizzata da lenti o specchi su piccole superfici fotoattive. I moduli CPV devono essere implementati con l'inseguimento solare, ad eccezione dei sistemi a bassissima concentrazione. La luce diffusa è in gran parte trasmessa. Attualmente esistono solo pochissimi fornitori di moduli OPV e CPV per applicazioni nel fotovoltaico agricolo.

Struttura di montaggio e fondazione

- **Progettazione della struttura di montaggio**

Il tipo di struttura di montaggio deve essere adattato alla specifica applicazione agricola e alle sue rispettive esigenze. Ad esempio, la pianificazione dell'altezza del sistema e le distanze tra i supporti in acciaio. Qui è importante prendere in considerazione le capezzagne, l'altezza libera e la larghezza di lavoro delle macchine agricole. L'impianto di ricerca di Heggelbach è stato progettato in modo che anche le grandi mietitrici possano passare sotto. La distanza tra il terreno e il fondo della struttura misura cinque metri. Oltre ai possibili effetti sinergici, i vantaggi di una grande altezza libera includono un facile accesso dei veicoli al terreno e una distribuzione più omogenea della luce sotto l'impianto. D'altra parte, i costi d'investimento per la struttura di montaggio sono generalmente più bassi per altezze d'ingombro inferiori, perché è richiesto meno acciaio e le richieste statiche sono ridotte di conseguenza.

La distanza tra le file, l'allineamento e l'altezza dell'impianto fotovoltaico sono di fondamentale importanza, poiché contribuiscono a determinare la disponibilità di luce. Questi parametri devono essere sempre adattati alle esigenze delle colture coltivate sotto l'impianto fotovoltaico. La distanza tra le file per l'impianto di ricerca di Heggelbach, ad esempio, è di 9,5 metri con una larghezza delle file dei moduli di 3,4 metri. Valori più alti o più bassi sono possibili a seconda della tolleranza all'ombra delle piante coltivate. Tuttavia, una distanza maggiore tra le file aumenta il fabbisogno di terreno e quindi i costi dell'impianto in relazione alla produzione di elettricità.

- **Tracciamento a uno e due assi**

Ci sono sistemi, per esempio in Francia, che funzionano con un inseguimento a 1 o 2 assi, il che significa che i moduli solari seguono il sole utilizzando un meccanismo di inseguimento. Con l'inseguimento fotovoltaico monoassiale, i moduli seguono il sole orizzontalmente secondo l'angolo di incidenza del sole (elevazione) o verticalmente secondo l'orbita del sole (azimut). Gli inseguitori a due assi fanno entrambe le cose e quindi massimizzano la resa energetica. Tuttavia, i sistemi a due assi con grandi tavole di moduli possono creare un'ombra sotto i moduli, mentre altre parti del campo non ricevono alcuna ombra. L'inseguimento dei moduli fotovoltaici è stato considerato antieconomico per i siti in Germania durante le indagini preliminari per il sistema a Heggelbach. Nonostante i maggiori costi di acquisizione e manutenzione, l'inseguimento può comunque ottimizzare i rendimenti energetici e la gestione della luce per la coltivazione delle piante (B. Valle, T. Simonneau, F. Sourd, P. Pechier, P. Hamard, T. Frisson, M. Ryckewaert, and A. Christophe, *Applied Energy* 206 (2017) (Sezione 5.4 Light Management). Attraverso la copertura piana, i sistemi di inseguimento a due assi hanno il potenziale di proteggere le piante dalla grandine o dal sole estremo, mentre l'ombra può essere ridotta durante la fase di crescita.

- **Ancoraggio e fondazioni**

L'ancoraggio o la fondazione assicurano la statica e la stabilità dell'impianto fotovoltaico. Al momento della costruzione dell'impianto deve essere fornita la prova del rispetto di questi requisiti di sicurezza. Per gli impianti fotovoltaici, le fondazioni permanenti in calcestruzzo non sono raccomandate al fine di preservare i terreni agricoli di valore. Le alternative includono fondazioni su palafitte o un ancoraggio speciale con ancoraggi Spinnanker. Poiché non viene utilizzato cemento, il sistema può essere smontato senza lasciare tracce.

I concetti agrivoltaici mobili permettono di montare l'impianto, smontarlo di nuovo e installarlo in un altro luogo senza l'uso di macchine più grandi. Un possibile vantaggio: potrebbe non essere necessaria una licenza edilizia, poiché non si tratta di una modifica strutturale. Pertanto, l'agrivoltaico mobile permette un adattamento flessibile all'agricoltura, compreso l'impiego spontaneo nelle regioni di crisi.

Gestione della luce

L'ombra sui terreni agricoli varia a seconda del corso giornaliero del sole e del cambiamento di posizione nel corso dell'anno. Una luce omogenea è auspicabile per una crescita sana delle piante, una maturazione uniforme e la massimizzazione degli effetti sinergici. Questo può essere ottenuto in vari modi:

A Heggelbach non è stato scelto un orientamento a sud (0°). Sulla base di simulazioni e misurazioni, un orientamento sud-ovest o sud-est, rispettivamente con una deviazione di 45° dal sud, è più adatto. Una riduzione della produzione di energia di circa il cinque per cento è stata inclusa nei calcoli. L'allineamento effettivo può deviare a causa delle condizioni locali.

Un'altra opzione è quella di mantenere l'orientamento a sud e usare moduli fotovoltaici più stretti, come nel caso della condivisione solare in Giappone.

Un'illuminazione omogenea può essere ottenuta anche con un allineamento est-ovest dei moduli. Il movimento dell'ombra nel corso della giornata è massimizzato con questo orientamento. Per evitare un'ombra sotto i moduli fissi che sono completamente impermeabili alla luce, la larghezza delle file di moduli dovrebbe essere considerevolmente inferiore all'altezza del sistema. Come regola generale, l'altezza dello spazio libero dovrebbe essere almeno 1,5 volte la larghezza delle file di moduli. Questo fattore dovrebbe essere almeno 2 per i moduli cingolati. I moduli transitori invece riducono il fattore in entrambi i casi, a seconda del grado di trasmissione della luce (vedi sezione 5.3.2 Inseguimento).

L'inseguimento a due assi dei moduli FV è un'altra opzione per la gestione selettiva della luce e per una maggiore resa elettrica. Come già descritto nella sezione 4.3.2, tuttavia, questo è associato a maggiori costi di investimento e manutenzione. I sistemi con grandi tavole di moduli e inseguimento a due assi tendono ad essere inadatti per la coltivazione di piante coltivate a causa dell'ombrello dietro i moduli. Altre parti del campo sono a loro volta permanentemente esposte alla piena luce del sole.

A Heggelbach, la distanza tra le file di moduli fotovoltaici con un'inclinazione di 20° è stata aumentata di circa il 60 per cento rispetto ai sistemi fotovoltaici convenzionali a terra, rendendo disponibile alle piante circa il 69 per cento della radiazione solare totale.

Gestione dell'acqua

L'acqua piovana che scorre dalla grondaia dei moduli può causare l'erosione del suolo lavando via il terreno.

Per evitare conseguenze negative per la crescita delle piante in luoghi e applicazioni a rischio, nella progettazione del sistema si possono considerare vari approcci di gestione dell'acqua: Simile alla gestione della luce, i moduli fotovoltaici stretti o tubolari possono prevenire l'accumulo di grandi quantità di acqua sotto il bordo del modulo. Se i moduli sono destinati a fornire una protezione strutturale per le colture, d'altra parte, il tracciamento dei moduli FV (Y. Elamri, B. Cheviron, A. Mange, C. Dejean, F. Liron, e G. Belaud, Hydrol. Earth Syst. Sci.22.2, 2018) per distribuire le precipitazioni provenienti dalla grondaia o incanalare l'acqua piovana sono opzioni migliori. In quest'ultimo caso, è necessario fornire acqua sufficiente attraverso l'irrigazione. La raccolta e lo stoccaggio dell'acqua piovana possono aiutare a conservare le risorse idriche sotterranee, soprattutto nelle regioni aride, o rendere possibile l'agricoltura in primo luogo.

Dimensioni del sistema fotovoltaico

La dimensione media degli impianti fotovoltaici installati varia considerevolmente da paese a paese. A parte la fattibilità economica, la decentralizzazione e gli aspetti sociali, i criteri chiave da considerare includono l'impatto sul paesaggio e quindi l'accettazione sociale. In Giappone, per esempio, si trovano impianti più piccoli, da 30 a 120 kWp. D'altra parte, centrali di diverse centinaia di MWp sono già state costruite in Cina.

Tabella 3. Panoramica delle fasi di approvazione per l'agrivoltaico

FASI DEL PROCESSO	ISTITUZIONE	COMMENTI

Permesso di costruzione	Comune	Mappa di zonizzazione e piano di sviluppo
Perizie richieste	Esperto certificato	Relazione sull'ambiente, il suolo e la protezione dall'abbagliamento. Test di carico del vento.
Registrazione delle servitù	Notaio	Diritto di passaggio e struttura della proprietà, per esempio
Assicurazione	Compagnia di assicurazione	Uno studio condotto in collaborazione con la compagnia assicurativa Gothaer Versicherung ha dimostrato che l'importo assicurato per un impianto agrovoltaiico non dovrebbe essere significativamente più costoso di un'installazione solare convenzionale comparabile

Quale strada prenderà la Germania rimane aperta e sarà probabilmente vista in modo diverso a seconda della regione. Impianti più piccoli, tipicamente installati su colture speciali, si adattano alle regioni della Germania meridionale che sono caratterizzate da appezzamenti di terreno più piccoli e da una maggiore sensibilità estetica. Nelle regioni del nord e dell'est della Germania con grandi aree di terreno, d'altra parte, gli impianti agrovoltaiici più grandi possono avere senso per le grandi aziende agricole, al fine di compensare economicamente la minore radiazione solare annuale attraverso le economie di scala.

Il fabbisogno di terreno per i sistemi agrivoltaiici è tipicamente superiore del 20-40 per cento rispetto ai sistemi fotovoltaici a terra con la stessa potenza nominale. Attualmente un impianto agrovoltaiico ha una capacità da 500 a 800 kWp per ettaro, mentre un impianto fotovoltaico convenzionale ha una capacità da 600 a 1100 kWp per ettaro a seconda del progetto. L'uso di moduli bifacciali può aumentare la resa elettrica: Nel primo anno di funzionamento, la produzione dell'impianto di ricerca di Heggelbach è stata di 1284 kWh per kWp di capacità, mentre un impianto solare convenzionale in quel sito produce solo 1209 kWh per kWp.

Approvazione, installazione e funzionamento

- **Processo di approvazione per gli impianti fotovoltaici**

Alcune specificità devono essere considerate nel processo di approvazione per la costruzione di un impianto fotovoltaico. La documentazione richiesta dovrebbe essere preparata in stretto coordinamento con i partner tecnologici. Una panoramica dei permessi, delle perizie e dei documenti necessari è riportata nella tabella 3.

Nell'impianto di ricerca di Heggelbach, il terreno coltivabile sotto l'impianto agrovoltaiico è stato identificato come area a destinazione speciale. Pertanto, il diritto alle sovvenzioni per i terreni agricoli è stato perso definitivamente, anche se la coltivazione dei seminativi continua. Inoltre, la tecnologia agrivoltaiica non è sostenuta né dall'ordinanza sulle gare d'appalto per il fotovoltaico a terra né dalla tariffa di alimentazione EEG.

Ad oggi non esiste un sistema di certificazione per i sistemi agrovoltaiici in Germania. Il Fraunhofer ISE sta attualmente lavorando con i partner del progetto per preparare una specifica DIN che definisca gli standard di qualità che servono come criteri per le gare d'appalto, l'ammissibilità dei finanziamenti o i processi di pianificazione semplificati. Questo include la definizione di indici agrivoltaiici e le corrispondenti procedure di test, che possono essere applicate da certificatori come il VDE (Associazione per le tecnologie elettriche, elettroniche e dell'informazione) o il TÜV.

- **Installazione di un sistema agrovoltaiico, utilizzando Heggelbach come esempio**

Un impianto fotovoltaico dovrebbe essere adattato alle rispettive condizioni locali e ai metodi di coltivazione. La pianificazione del progetto e la pianificazione dell'uso del terreno sono di solito

gestite da un'azienda specializzata. Questi compiti sono stati assunti da BayWar.e. per l'impianto di ricerca di Heggelbach.

I partner tecnici sono responsabili di tutta la pianificazione e dei processi relativi alla costruzione, all'installazione e al funzionamento dell'impianto. Questo include:

Ricerca di partner per l'acquisto dell'elettricità in eccesso e per l'immissione in rete Pianificazione del materiale e della logistica

Costruzione dell'allestimento del sito e della protezione del suolo

Impostazione del sistema

Concetto di connessione, protezione dai fulmini e monitoraggio

Connessione alla rete

Manutenzione tecnica e rimozione

La prima audizione sul piano di sviluppo dell'impianto di ricerca da parte del consiglio comunale di Herdwangen-Schönach ha avuto luogo il 13 ottobre 2015, e la domanda di costruzione è stata presentata solo sei mesi dopo, il 6 aprile 2016. Fraunhofer ISE ha ottenuto l'approvazione per il collegamento alla rete da parte di Netze BW il 24 luglio 2015. Il permesso di costruzione è stato rilasciato il 3 maggio 2016. Tuttavia, l'approvazione della costruzione era legata a una revisione delle statistiche da parte di un ufficio di ingegneria di prova indipendente. È stata preparata anche una perizia del terreno per calcolare e documentare l'effettiva forza di tenuta della fondazione.

I risultati di questa perizia e il feedback dell'ingegnere collaudatore sono stati incorporati nella revisione della struttura di montaggio agrivoltaica.

Gli appalti per l'installazione dell'impianto fotovoltaico sono stati assegnati a diverse imprese in conformità all'ordinanza sugli appalti e la sequenza di costruzione è stata coordinata in dettaglio e in stretta consultazione con la Hofgemeinschaft Heggelbach. L'elettronica di potenza e il cablaggio dell'impianto fotovoltaico sono stati installati in modo che l'impianto di ricerca potesse essere rapidamente collegato alla rete una volta completato. Sono stati eseguiti i calcoli statici e l'impianto agrivoltaico è stato adattato di conseguenza. Tra le altre cose, si è dovuto installare un ancoraggio Alpinanker per la fondazione dell'impianto agrivoltaico in aggiunta agli ancoraggi Spinnanker.

Secondo il programma originale, l'inizio della costruzione era previsto per luglio del 2016. Tuttavia, i lavori preliminari non hanno potuto essere completati in tempo a causa di vari ritardi nelle leggi edilizie, quindi l'inizio della costruzione è stato rimandato ad agosto del 2016. Tuttavia, il sistema è stato completato con successo in tempo per le cerimonie di apertura del 18 settembre 2016.

- **Agrivoltaico in funzione**

I moduli ad energia solare non sono sempre completamente accessibili a causa delle coltivazioni e dell'altezza della struttura di supporto. La manutenzione e le riparazioni dovrebbero quindi essere effettuate quando i campi sono a riposo. La sicurezza viene prima di tutto e non tutti i veicoli di manutenzione sono adatti all'uso sui campi. Un concetto di manutenzione e riparazione applicabile deve essere sviluppato in futuro, stabilendo gli intervalli di manutenzione e la portata dei lavori di manutenzione, nonché calcolando i possibili costi.

Domande del test

1. Quale tipo di criterio può valutare meglio il valore ambientale e socio-economico fornito dai progetti Agrisolar? Giustifica la tua risposta.
2. Definisci i tre tipi più comuni di pannelli a celle solari.

3. Quali strutture non sono fisse? Complanari; ad inseguimento solare e inclinati.
4. Che tipo di impianti fotovoltaici esistono? Giustificate la vostra risposta.
5. Cos'è un MPPT? Giustifica la tua risposta.

Riferimenti, siti web utili

- Adeh, E., Selker J.S., & Higgins, W. (2018). *Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency*. Retrieved from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0203256>
- Adeh Elnaz, H., Good, P., Calaf, M., & Higgins, W. (2019). Solar PV Power Potential is Greatest Over Croplands. *Scientific Reports volume*. Retrieved from www.nature.com/articles/s41598-019-47803-3
- Barron-Gafford, Greg A., et al. (2019). *Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands*. Retrieved from: <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0364-5>
- Bundesverband Neue Energiewirtschaft e. V. (2019). *Solar parks – profits for bio-diversity*. Retrieved from https://www.bne-online.de/fileadmin/bne/Dokumente/Englisch/Publications/201911_bne_study_biodiversity_profits_from_pv.pdf
- Carreño-Ortega, Á., Galdeano-Gómez, E., Pérez- Mesa, J. C., & del Carmen Galera-Quiles, M. (2017). *Implicaciones políticas y medioambientales de los sistemas fotovoltaicos en la agricultura en el sureste de España: ¿Pueden los invernaderos reducir el efecto invernadero?*, Almería, España: Universidad de Almería.
- CRE (2017). *Appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité innovantes à partir de l'énergie solaire*. Retrieved from <https://www.cre.fr/Documents/Appels-d-offres/appel-d-offres-portant-sur-la-realisation-et-l-exploitation-d-installations-de-production-d-electricite-innovantes-a-partir-de-l-energie-solaire>
- Dinesh, H., & Pearce, J.M. (2016). *The potential of Agrivoltaic systems*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 54. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136403211501103X>
- EIP-Agri (2019). *EIP-AGRI Focus Group Circular horticulture - Final Report*. Retrieved from https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/eip-agri_fg_circular_horticulture_final_report_2019_en.pdf
- European Commission (2011). *Roadmap to a Resource Efficient Europe*. Retrieved from https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm
- European Commission (2018). *CAP specific objective: Ensuring viable farm income*. Retrieved from: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap_specific_objectives_brief_1_ensuring_viable_farm_income.pdf

- European Commission (2018). *Trends in the EU agricultural land within 2015-2030*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc113717.pdf>
- European Commission (2019). *CAP specific objective: Jobs and growth in rural areas*. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap-specific-objectives-brief-8-jobs-and-growth-in-rural-areas_en.pdf
- European Commission (2019). *CAP specific objective: Structural change and generational renewal*. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap-briefs-7-structural-change_en.pdf
- European Commission (2019). *Evaluation of the Impact of the CAP on Water*. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/ext-eval-water-final-report_2020_en.pdf
- European Commission (2020). *Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration*. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/energy_system_integration_strategy.pdf
- European Environmental Agency (2019). *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe*. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/cc-adaptation-agriculture>
- European Union (2018). *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)*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>
- European Commission (2021). *Solar power*. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/solar-power_en
- Eurostat (2019). *Renewable energy statistics*. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Online_publications
- Fraunhofer ISE (2020). *Agrivoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition. A guideline for Germany*. Retrieved from <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/agrivoltaics-opportunities-for-agriculture-and-the-energy-transition.html>
- International Labour Office (2011). *Investment in renewable energy generates jobs. Supply of skilled workforce needs to catch up*. Retrieved from https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---ifp_skills/documents/publication/wcms_168354.pdf (17/06/2021)
- International Panel on Climate Change (2020). *Climate Change and Land*. Retrieved from <https://www.solarpowereurope.org/agri-pv-how-solar-enables-the-clean-energy-transition-in-rural-areas/>
- IRENA (2019). *Renewable Energy Auctions. Status and trends beyond price*. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2019/Dec/Renewable-energy-auctions-Status-and-trends-beyond-price>
- IRENA (2020). *Solar energy Data*. Retrieved from <https://www.irena.org/solar>

- Joint Research Centre (2020). *Energy communities: an overview of energy and social innovation*. Retrieved from <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC119433>
- Kochendoerfer (2019). *The agricultural, economic and environmental potential of co-locating utility scale solar with grazing sheep*. Retrieved from https://docs.wixstatic.com/ugd/6a0421_0d7f1a7b233f4318916feac42b781cd6.pdf
- Marrou, H., Dufour, L., & Wery, J. (2013). How does Shetler of Solar Panles Influence Water Flows in a Soil-Crop System? – *European Journal of Agronomy*. (2013; 50, 38-51).
- Majumdar, D. (2018) – Dual use of agricultural land: Introducing ‘agrivoltaics’ in Phoenix Metropolitan Statistical Area, USA – *Landscape and Urban Planning*. (170, 150–168).
- Regensburg Administrative Court, judgment of November 15, 2018 - RO 5 K 17.1331.
- Santra et al. (2017). Agri-voltaics or Solar farming: The Concept of Integrating Solar PV Based Electricity Generation and Crop Production in a Single Land use System – *International Journal of Renewable Energy* (Research 7(2): 694-699).
- Schindele, S., et al. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy Volume 265 (2020)*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626192030249X>
- Segarra Murria, J., & Jorro Ripoll, J. (2006). *Principles concerning the use of photovoltaic energy. Conditions for efficient exploitation*. La Valld’Uixó, Spain: Heliotec S.L.
- Segarra Murria, J., & Jorro Ripoll, J. (2006). *Calculations and design*. La Valld’Uixó, Spain: Heliotec S.L.
- Solar Energy Association Industries (SEIA). *Solar energy*. Retrieved from <https://www.seia.org/initiatives/about-solar-energy>
- Solar Power Europe (2019). *Solar Factsheets – Employment and job creation*. Retrieved from <https://www.solarpowereurope.org/solar-factsheets-employment-and-job-creation/>
- Solar Power Europe (2020). *AGRI-PV: How solar enables the clean energy transition in rural areas*. Retrieved from <https://www.solarpowereurope.org/agri-pv-how-solar-enables-the-clean-energy-transition-in-rural-areas>
- Solar Power Europe (2021). *Solar Sustainability Best Practices Bechmark*. Retrieved from: <https://www.solarpowereurope.org/solar-sustainability-best-practices-benchmark/>
- Valle, B., et al. (2017). *Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops*. Retrieved: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.113>
- Y. Elamri, B. Cheviron, A. Mange, C. Dejean, F. Liron, and G. Belaud, *Hydrol. EarthSyst. Sci.* 22, 2 (2018).

Glossario

CPzS: Tubular lead plate vibration resistant battery with liquid electrolyte and opaque container.

EU-28: abbreviation of European Union which consists a group of 28 countries - from 1st of July 2013 to 31st of January 2020 - (Belgium, Bulgaria, Czech Republic, Denmark, Germany, Estonia, Ireland, Greece, Spain, France, Croatia, Italy, Cyprus, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Hungary, Malta, Netherlands, Austria, Poland, Portugal, Romania, Slovenia, Slovakia, Finland, Sweden, United Kingdom) that operates as an economic and political block.

OPzV: Tubular lead plate stationary battery with solid electrolyte in gel form.

Elenco di abbreviazioni

AC: corrente alternativa

AGM: Stuoia di vetro assorbente

Agri-PV: fotovoltaico agricolo

a-Si: Silicio amorfo

PAC: Politica agricola comune

CapEx: Spese in conto capitale

CC: Corrente costante

CdTe: Tellururo di Cadmio

CEP: Accordo per l'energia pulita

CIS: Rame, Indio e Selenio

CISG: Rame, Indio, Gallio e Selenide

CO₂: Anidride carbonica

CPV: fotovoltaico a concentrazione

CSP: Energia solare concentrata

DC: Corrente diretta

FEASR: Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale

ED: Divisione energia

EEG: in tedesco sta per Erneuerbare-Energien-Gesetz, cioè legge sulle fonti di energia rinnovabili

EIA: Valutazione d'impatto ambientale

UE: Unione Europea

FiT: tariffe di alimentazione

GHG: Gas ad effetto serra

GWP: Potenziale di riscaldamento globale

IEA: Agenzia Internazionale dell'Energia

IPCC: Gruppo internazionale sui cambiamenti climatici

KW: Kilowatt

MPPT: Inseguimento del punto di massima potenza

MtCO₂: Tonnellate metriche di biossido di carbonio equivalente

Mtep: Mega tonnellate di petrolio equivalente

OPEC: Organizzazione dei paesi esportatori di petrolio

OPV: fotovoltaico organico

OPzS: Sta per O = Ortsfest (stazionario) Pz = PanZERplatte (piastra tubolare) S = Flüssig (allagato); un tipo allagato di batterie a piastra tubolare, al piombo, a ciclo profondo

OTEC: Conversione dell'energia termica dell'oceano

PR: Performance Ratio

PSH: Ore di sole di picco

PV: Fotovoltaico(i)

R&S: Ricerca e sviluppo

RES: Fonti di energia rinnovabile

SAC: Concetto di agricoltura sostenibile

SHC: Riscaldamento e raffreddamento solare

TWh: Terawatt-ora

UK: Regno Unito

V: Volt

W/m²: Watt per metro quadrato

W: Watt

WP: Watt di picco

