

AGRISOLARE & AGRIVOLTAICO

9.3.2023 Siena Food Lab Academy, 2022_2023

I SISTEMI AGRIVOLTAICI: INNOVAZIONE E OPPORTUNITA' PER IL SETTORE AGRICOLO ed AGROALIMENTARE

Nicola Colonna

Divisione Biotecnologie e Agroindustria
ENEA, Centro Ricerche Casaccia, Roma

Task force Agrivoltaico Sostenibile

Task force Decarbonizzazione dei Sistemi Agroalimentari



Temi

Quadro strategico europeo e nazionale, l'innovazione recente della tecnologie, oggi mature ed affidabili, opportunità per le imprese per aumentare la competitività diminuendo i costi

- ❖ **NECESSITA'**, obiettivi EU, Green Deal, PNIEC Italia, Repower EU
- ❖ **INNOVAZIONE TECNOLOGIA**, nuove soluzioni, maggiore efficienza.
- ❖ **INTEGRAZIONE**, uso duale del suolo/spazio
- ❖ **OPPORTUNITA'**, produttività, competitività, sicurezza, autoproduzione e autoconsumo, elettrificazione, marketing green

Sfide complesse per i «sistemi agricoli»

MITIGAZIONE,
attraverso la riduzione
delle emissioni
climalteranti (GHG)

ADATTAMENTO,
aumentare la resilienza
degli agroecosistemi ai
cambiamenti



L'obiettivo del **55%** è estremamente **ambizioso** !

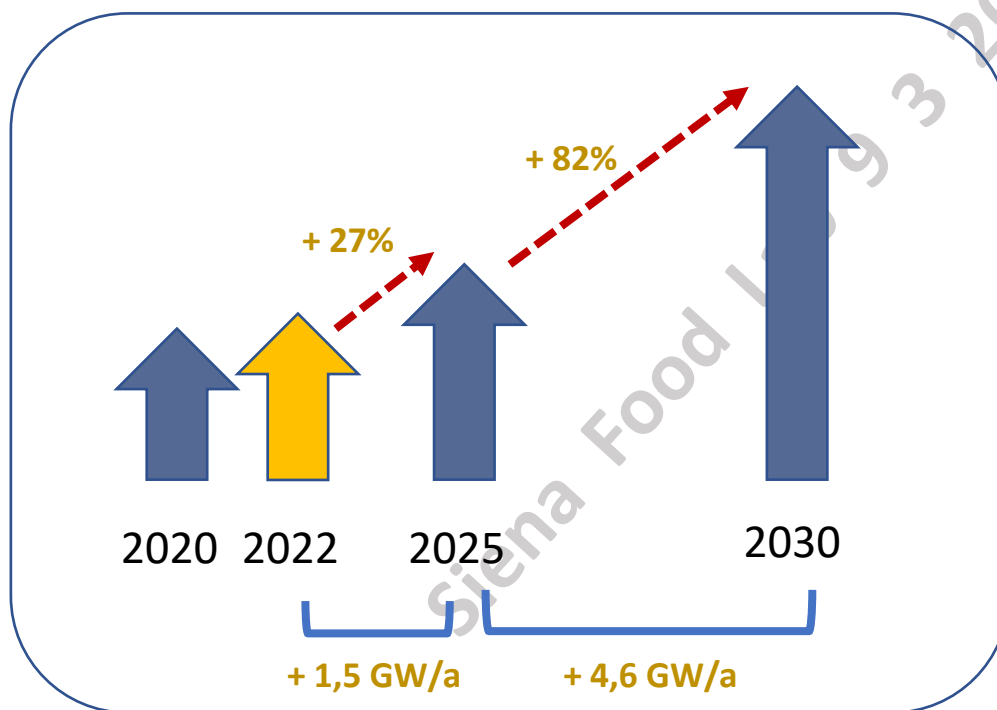
Per fare una **comparazione**, dal 1990 al 2020 le emissioni nell'UE si sono ridotte del 20%.

Il Green Deal intende ridurre le emissioni del 55% in **meno** di dieci anni e ha varato un pacchetto di misure legislative coordinato

Piano Nazionale Integrato Energia e Clima

L'obiettivo finale previsto per il fotovoltaico è pari a **52** GW di potenza installata nel 2030

Nei prossimi **5** anni dovrebbero essere installati circa **7** GW dei circa 30 GW necessari e nei successivi **5** anni circa **23** GW



Obiettivo ambizioso !

Difficile da raggiungere!

Non tecnicamente
ma in termini di pianificazione,
autorizzazioni e procedure

REpowerEU

Il 18 Maggio 2022 la Commissione Europea ha presentato il piano **REPowerEU** per:

RISPARMIARE ENERGIA,

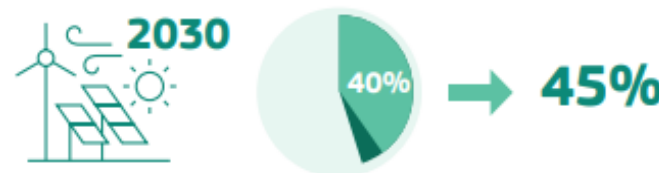
PRODURRE ENERGIA PULITA,

DIVERSIFICARE APPROVVIGIONAMENTO

che è sostenuto da misure finanziarie e provvedimenti legislativi volti a costruire la nuova infrastruttura e il nuovo sistema energetico Europeo, accelerando la transizione verde.

AGGIORNARE IL PNIEC PER ALLINEARLO AI NUOVI OBIETTIVI !

- **Incrementare l'obiettivo 2030 dell'UE per le rinnovabili dall'attuale 40% al 45%**



- **Gli obiettivi UE del fotovoltaico vengono aumentati significativamente**



Energia e Sistema Agroalimentare

Strategie diverse e complementari per ridurre i consumi o «sostituirli» al fine di mitigare le emissioni di gas a effetto serra e aumentare sicurezza e competitività delle nostre imprese.

- ✓ **RIDURRE L'IMPIEGO**
- ✓ **EFFICIENZA ENERGETICA**
- ✓ **SOSTITUZIONE FOSSILI CON RINNOVABILI**

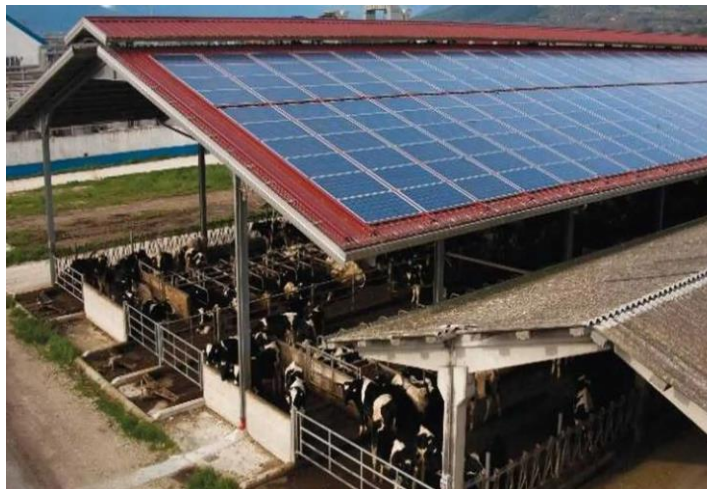
*Costi ed opportunità molto diversi in virtù del **contesto** pedoclimatico, delle **produzioni**, del **mercato** di riferimento, del livello di **infrastrutturazione** e **organizzazione** aziendale*

Obiettivo: decarbonizzazione dei sistemi agroalimentari

FV nelle aziende agricole oggi



Pergola fotovoltaica in agriturismo



Tetto fotovoltaico su coperture stalla



Tetto fotovoltaico su falda di serra



Fotovoltaico per alimentare pompe di irrigazione vigna



Fotovoltaico per recinto elettrificato



Pannello FV per centralina meteo

Ricerca e innovazione

La ricerca di base e quella industriale hanno, in poco più di un decennio, messo a disposizione sul mercato prodotti innovativi:

- ✓ Più **efficienti**, adesso stabilmente sopra il 20%
- ✓ Più **economiche**, costo a kW di potenza di picco ridotto
- ✓ Pannelli fotovoltaici **bifacciali**, maggiore producibilità
- ✓ Sistemi di **inseguimento** solare, tracking.
- ✓ **Automazione** controllo.

Il combinato effetto di queste innovazioni permette non solo nuove applicazioni ed una maggiore efficienza complessiva del sistema ma soprattutto un ripensamento del ruolo e dei modelli di integrazione della tecnologia fotovoltaica in agricoltura.

Incremento di efficienza

Manufacturer	Model	Max power (W)	Cell Type	Efficiency %
SUNPOWER	Maxeon 3	400W	N-type IBC	22.6
LG	Neon R	380W	N-type IBC	22.0
REC Solar	Alpha	380W	N-type HJT Half-cut	21.7
FuturaSun	FU 360 M Zebra	360W	N-type IBC Half-cut	21.3
Panasonic	EverVolt	370W	N-type HJT Half-cut	21.2
TrinaSolar	Vertex S	405W	P-Type Mono Half-cut	21.1
Jinko Solar	Tiger Pro 6RL3	390W	N-Type Mono Half-cut	20.7
Q CELLS	Q.PEAK DUO ML-G9	390W	P-Type Mono Half-cut	20.6
Winaico	WST-375MG	375W	P-Type Mono Half-cut	20.6
LONGi Solar	Hi-MO 4	375W	P-Type Mono Half-cut	20.6
SOLARIA	Power XT	370W	P-Type Mono Half-cut	20.5
CanadianSolar	HiDM CS1H-MS	345W	P-Type Mono Shingled	20.4
SUMEC Phono Solar	TwinPlus M4-9B-R	375W	P-Type Mono Half-cut	20.4
ASTROENERGY	AstroSemi 60M	375W	P-Type Mono Half-cut	20.3
HYUNDAI	HiE-S355SG	350W	P-Type Mono Shingled	20.2
JASOLAR	JAM60S10	345W	P-Type Mono Half-cut	20.2

* Residential modules - 60 or 66 cells (120 or 132HC) , or 96 & 104 cell panels. Does not include larger format commercial panels.

* List of the most efficient solar panels announced and expected to reach high volume production during 2021 - Residential 60 to 66 cell size format size panels only - Last update Feb 2021

Modulo fotovoltaico policristallino standard commerciale

- dimensioni (H x L): 1490 x 990 mm
- potenza STD: 250 Wp
- efficienza: **16,9 %**

Per 1 kWp occorrono 4 moduli FV in silicio policristallino con una superficie pari a $SU = 1.47 \times 4 = 5,9 \text{ m}^2/\text{kWp}$. Ovvero circa **170 Wp/m²**

Modulo in silicio monocristallino:

- dimensioni (H x L): 1650 x 990 mm
- potenza STD: 315 Wp
- efficienza: **19,3 %**

Per 1kWp occorre una superficie pari a circa **5,2 m²**.

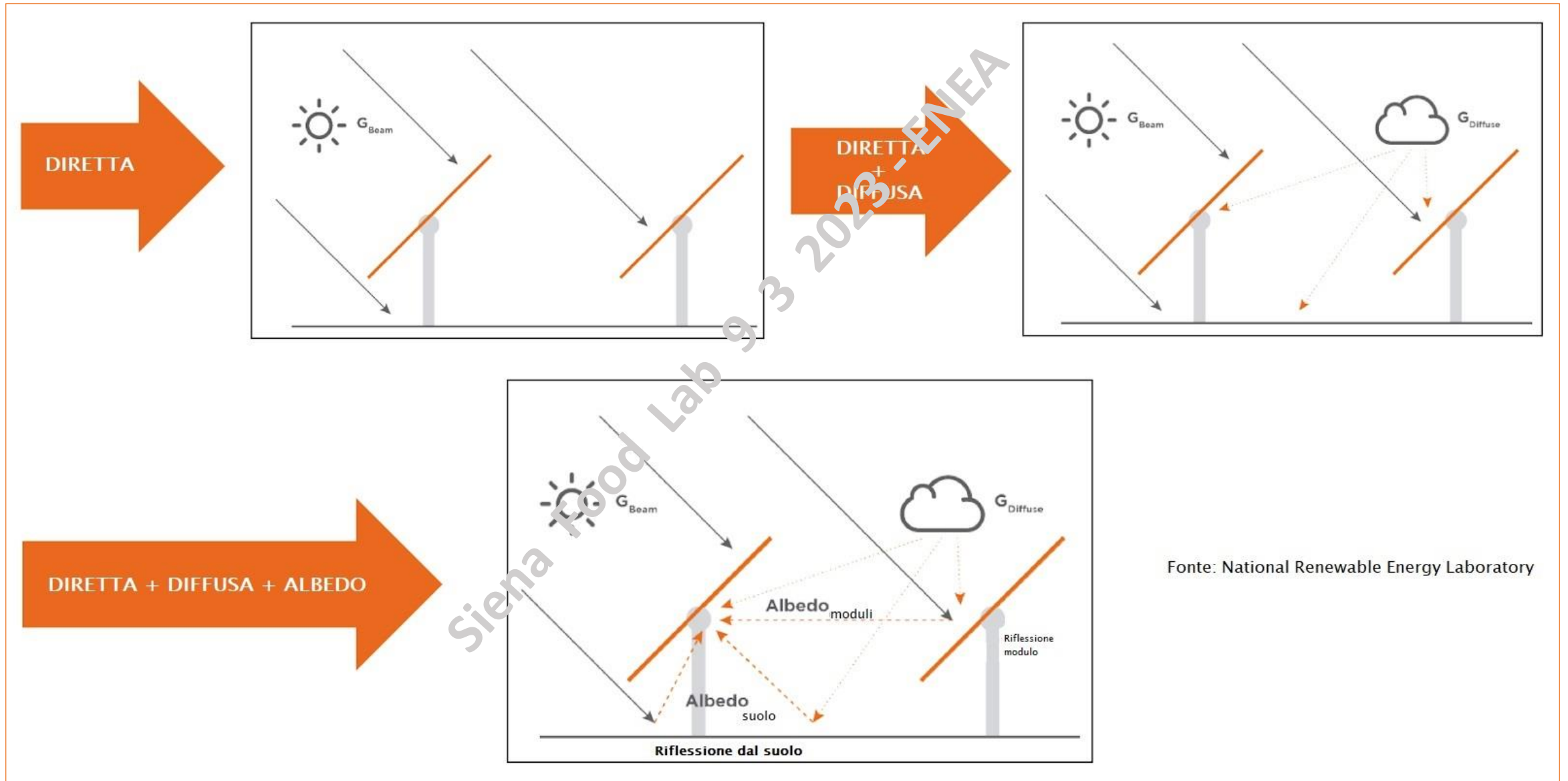
Moduli in silicio monocristallino top di gamma

- dimensioni (H x L): 1835 x 1016 mm
- potenza STD: 400 Wp
- efficienza: **21,4 %**

Per 1 kWp occorrono circa **4,65 m²**.

Fonte: ENEA, De Iuliis, 2021

Pannelli bifacciali



Futuro prossimo: Celle Tandem

Le celle solari **tandem** o multi-giunzione utilizzano due o più celle fotovoltaiche FV ciascuna con proprietà diverse.

Combinando celle solari con diverse bande di assorbimento in una "pila tandem", lo spettro solare può essere utilizzato in modo molto più efficiente.

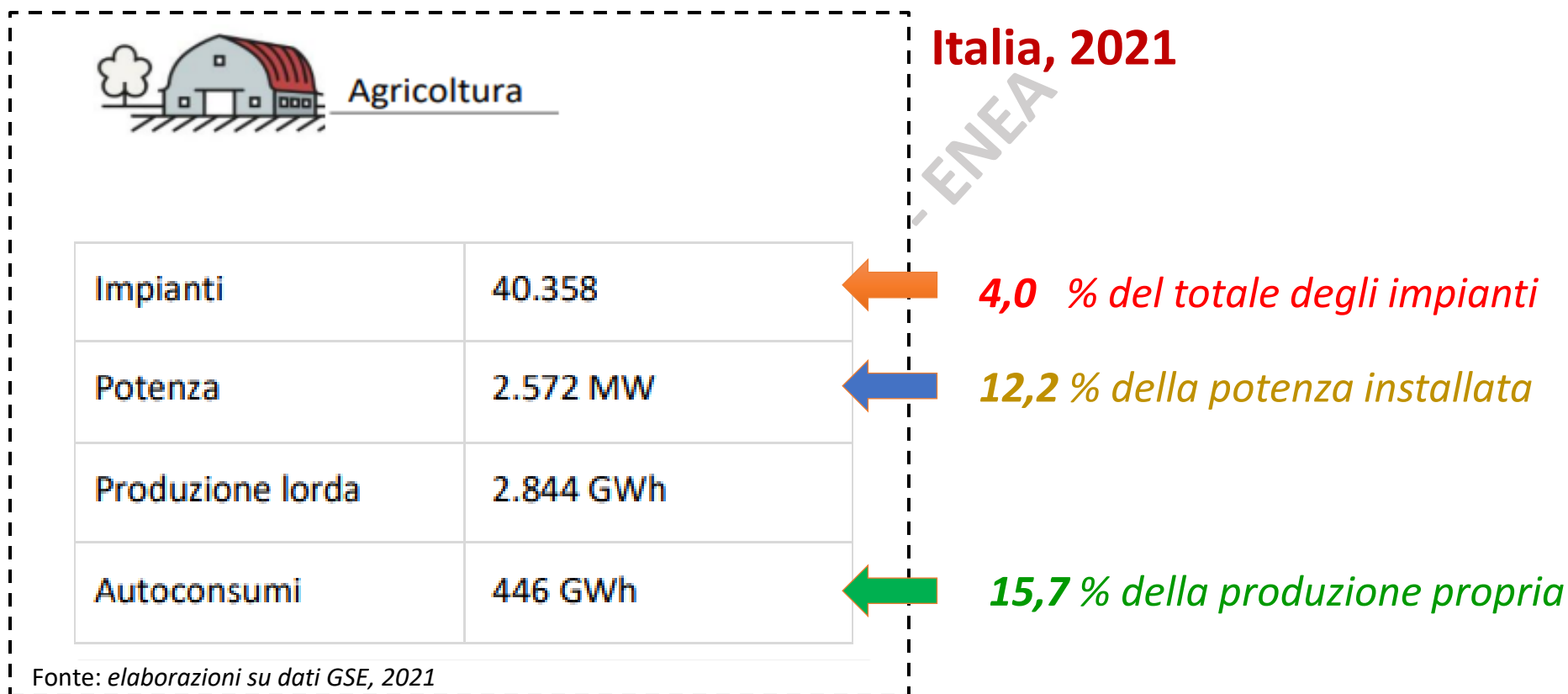
Attualmente la ricerca è concentrata sulle celle Perovskite e Silicio che hanno raggiunto efficienze superiori al 30%



- ✓ Valorizzazione di uno spettro più ampio di lunghezze d'onda della luce solare.

La ricerca va avanti su film sottili ed altre tipologie di celle con materiali alternativi sia per l'involucro di incapsulamento che la struttura o per nuove celle semitrasparenti.

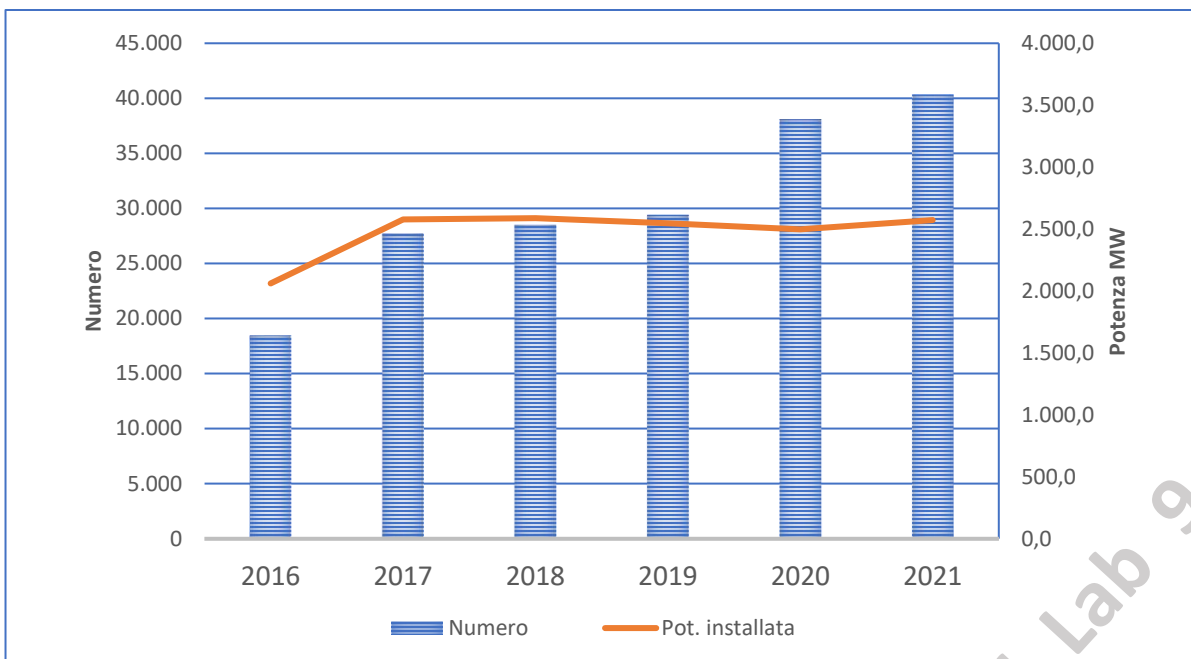
Impianti FV installati in aziende agricole



Taglia media **63,7** kWp

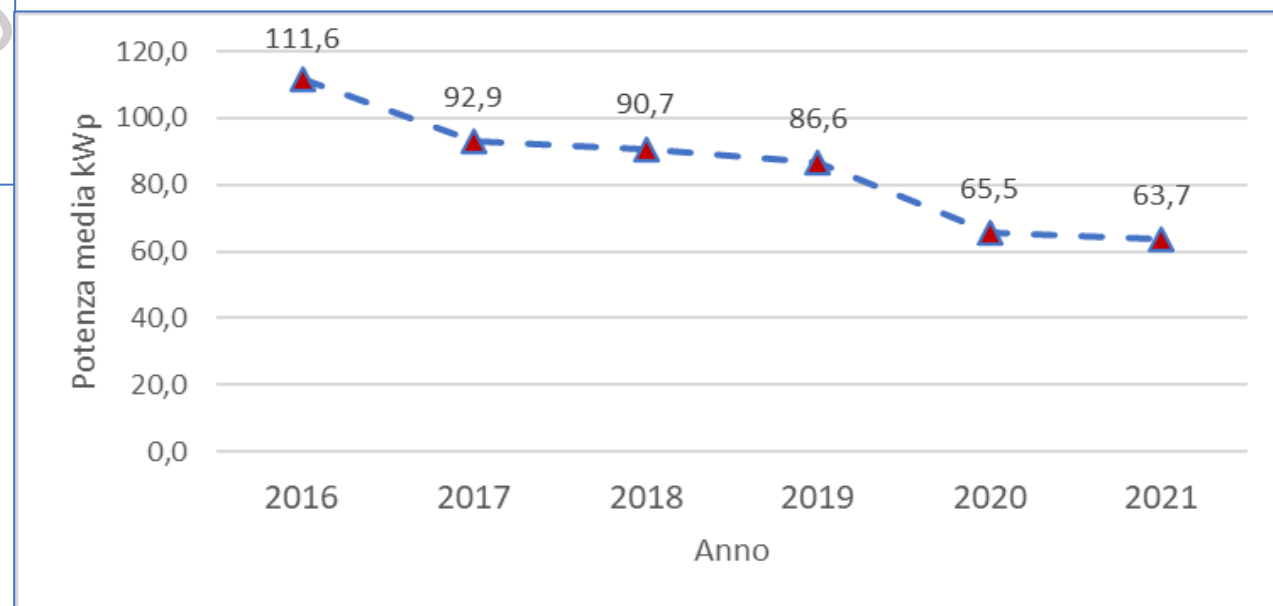
Il settore domestico ha il più alto numero di impianti, seguito da Terziario e Industria, ultima l'Agricoltura la quale però mostra **taglie medie** più rilevanti.

Evoluzione FV installato in aziende agricole, Italia



Fonte: elaborazione su dati *Rapporti Statistici*, GSE

Incrementi significativi nel 2017 e 2020



Taglia media **in declino**

Fonte: elaborazioni su dati GSE 2016- 2021

Il fotovoltaico in Italia

Italia, 2021

<i>Impianti</i>	1.016.983
<i>Potenza installata</i>	22.594 MW
<i>Energia lorda prodotta</i>	25.039 GWh

Nel 2021 + 80.000 impianti per 944 MW + 4,6% di potenza su 2020

<i>Taglia media impianti</i>	22,2 kW
<i>Distribuzione per taglia</i>	< 20,0 kW sono il 93%

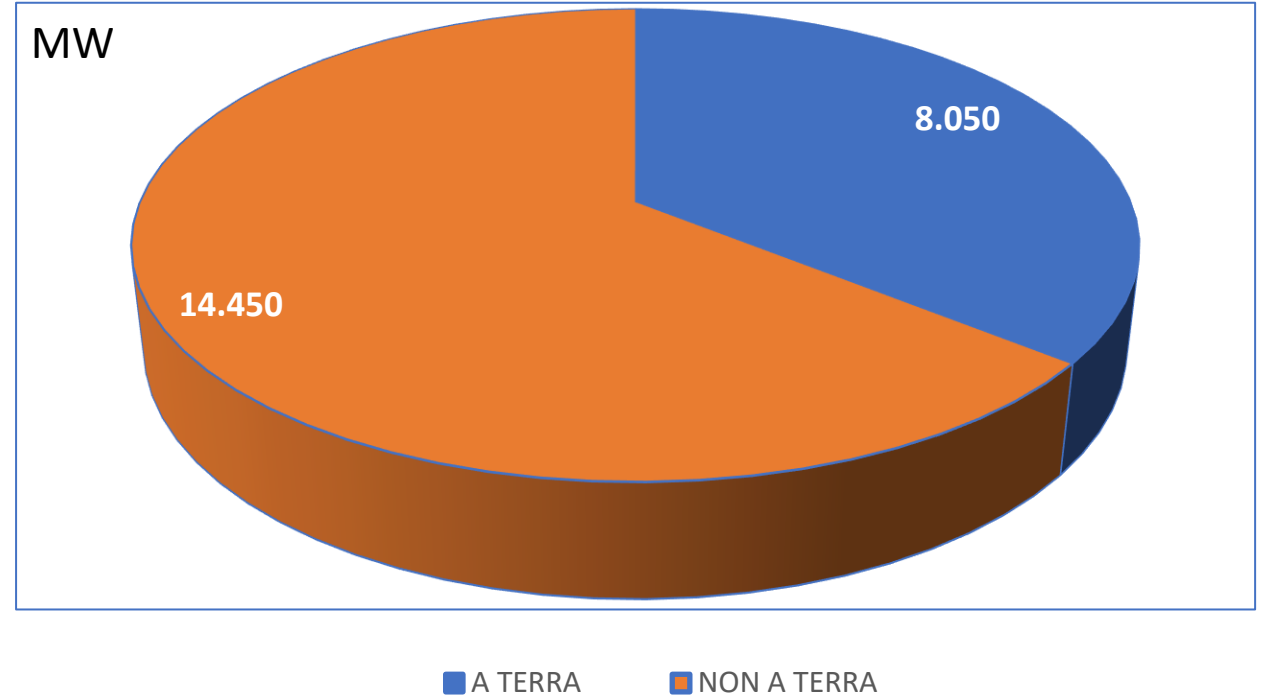
Fonte: Rapporto Statistico, Solare fotovoltaico 2021, GSE

Impianti di taglia > di 5.000 kW sono in totale 211

Dove è installato il fotovoltaico ?

Italia, 2021

*Potenza impianti **a terra*** 36%
*Potenza impianti **non a terra*** 64%



Fonte: elaborazione su dati *Rapporto Solare Fotovoltaico 2021*, GSE

Evoluzione nel 2022 del FV installato in Italia

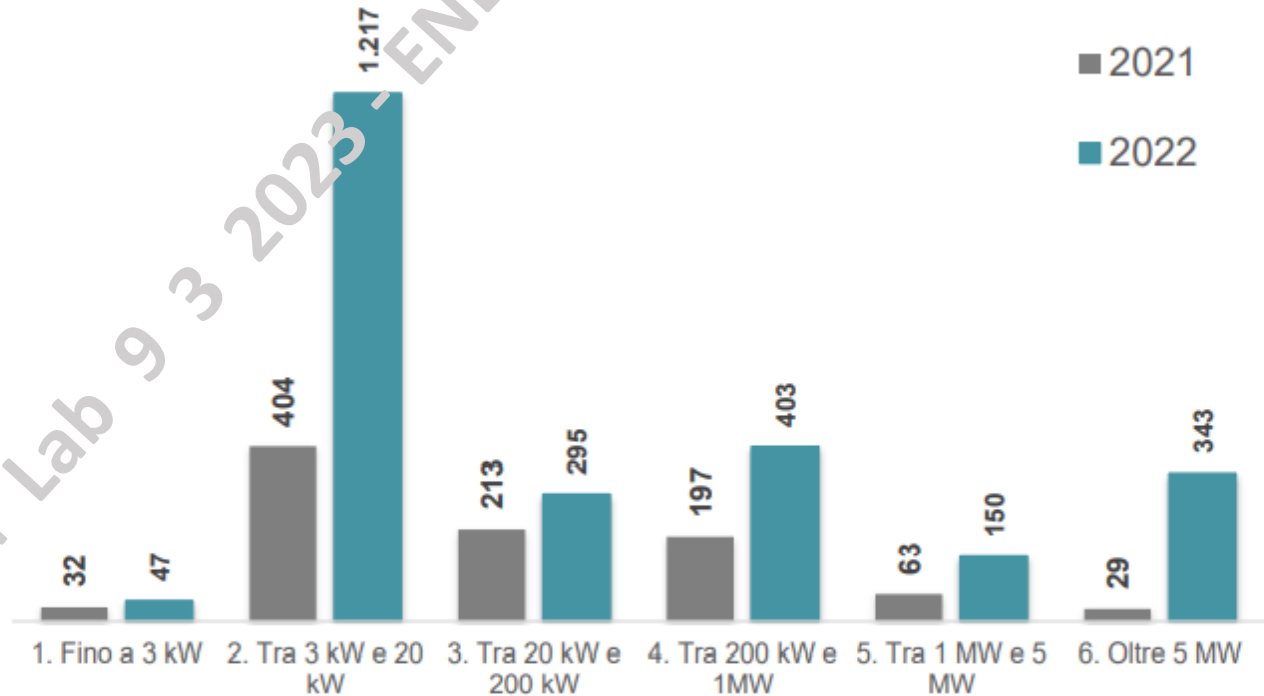
Italia, 2022

Impianti n.	1.224.841	+ 20,5%
Potenza MW	25.048	+ 10,5%
En. Elettr. GWh	28.161	+ 12,5%

- ☐ Forte accelerazione in buona parte per il **superbonus** e gli incentivi sul residenziale.

- ☐ Importante incremento di impianti di **grande taglia** a terra.

POTENZA INSTALLATA (MW) tra gennaio e dicembre



938 MW
gennaio-dicembre 2021

(+ 1.516 MW)
(+162%)

2.454 MW
gennaio-dicembre 2022

Impianti «Utility Scale» installati nel 2022

Impianti «**utility scale**» ($P \geq 1$ MW) è attribuibile una potenza connessa pari a 571 MW (23%), +467% rispetto al 2021.

A fine 2022 sono **1413!** di cui 55 sono maggiori di 10 MWp

Tale incremento è avvenuto per la connessione nel 2022 di 6 impianti con taglia > 10 MW, dei quali uno in Basilicata, uno nel Lazio, uno in Piemonte, uno in Sardegna e due in Sicilia.



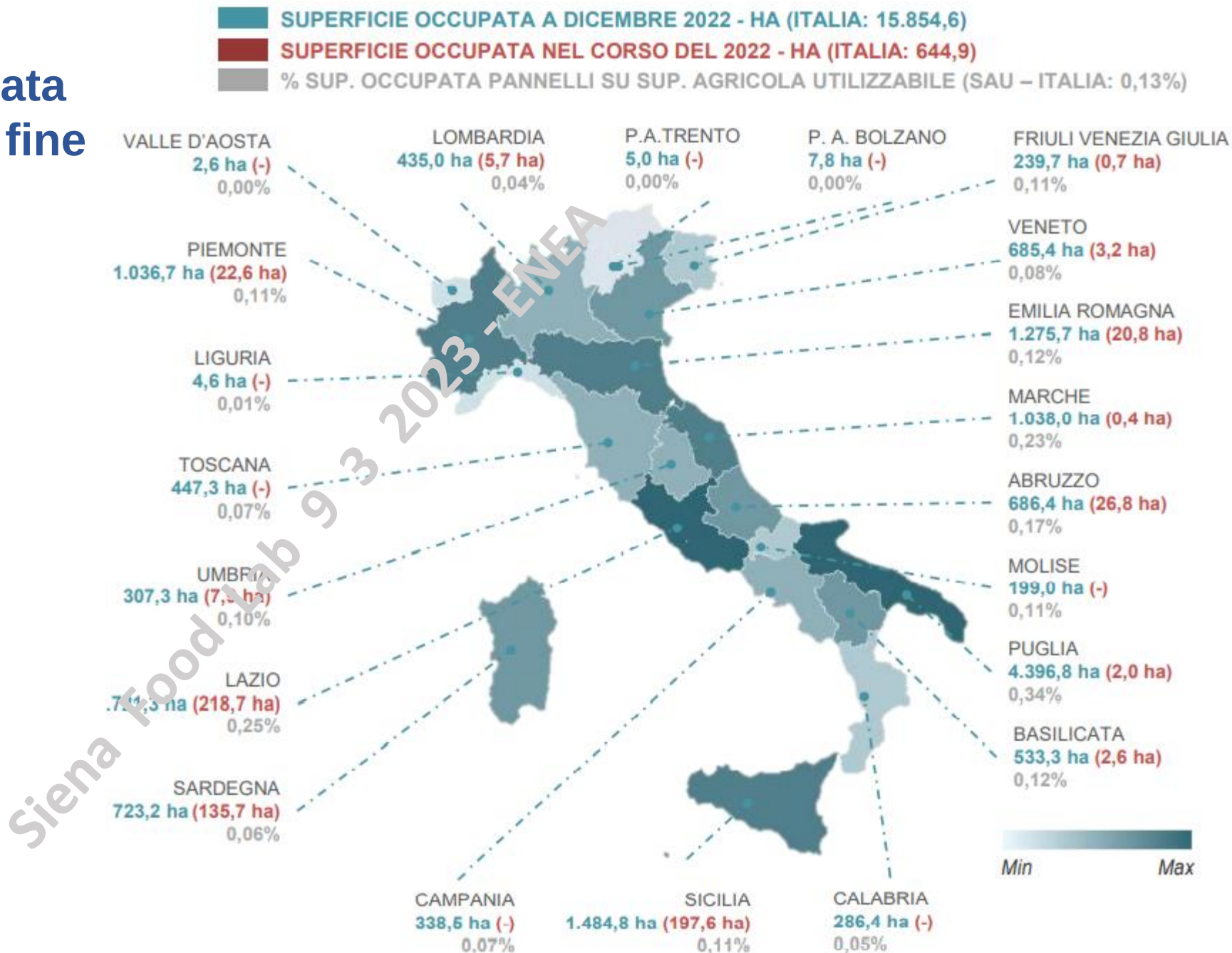
Il 40% della potenza fotovoltaica connessa durante nel 2022 è da attribuire a tre regioni: Emilia-Romagna, Veneto e Lombardia.

La Lombardia con nuovi 438 MW connessi ha raggiunto i 3,15 GW di potenza cumulata e ha superato la Puglia, diventando la regione più solarizzata di Italia e si aggiudica la prima posizione seguita da Puglia (3.063 MW) ed Emilia-Romagna (2.512 MW).

Superficie lorda occupata dagli impianti a terra a fine 2022 per regione

- ❑ Distribuzione molto eterogenea
- ❑ Ad oggi la S.A.U. interessata è una quota molto limitata

Totale superficie 158,6 km²
Media ~ 530 kWp / ha



FV in agricoltura, autoconsumo di energia

	Agricoltura					
	Numero impianti	Potenza installata (MW)	Prod. lorda (GWh)	Auto-consumi (GWh)		
Abruzzo	680	42	53	7		14%
Basilicata	553	50	67	4		6%
Calabria	1.012	62	79	10		13%
Campania	1.370	53	57	14		24%
Emilia Romagna	4.986	360	421	51		12%
Friuli Venezia Giulia	1.452	62	64	16		24%
Lazio	1.282	82	95	16		17%
Liguria	326	18	20	2		13%
Lombardia	4.115	352	354	57		16%
Marche	1.448	142	180	9		5%
Molise	249	12	14	3		19%
Piemonte	4.082	239	261	40		15%
Puglia	1.832	112	139	24		17%
Sardegna	1.193	164	209	21		10%
Sicilia	2.185	158	208	27		13%
Toscana	2.733	125	150	21		14%
Trentino Alto Adige - Bolzano	2.077	75	83	20		24%
Trentino Alto Adige - Trento	533	23	24	10		40%
Umbria	1.172	65	73	9		13%
Valle D'Aosta	179	3	4	1		17%
Veneto	4.656	297	318	62		20%
Italia	38.115	2.497	2.870	423		15%

Fonte: GSE, 2020

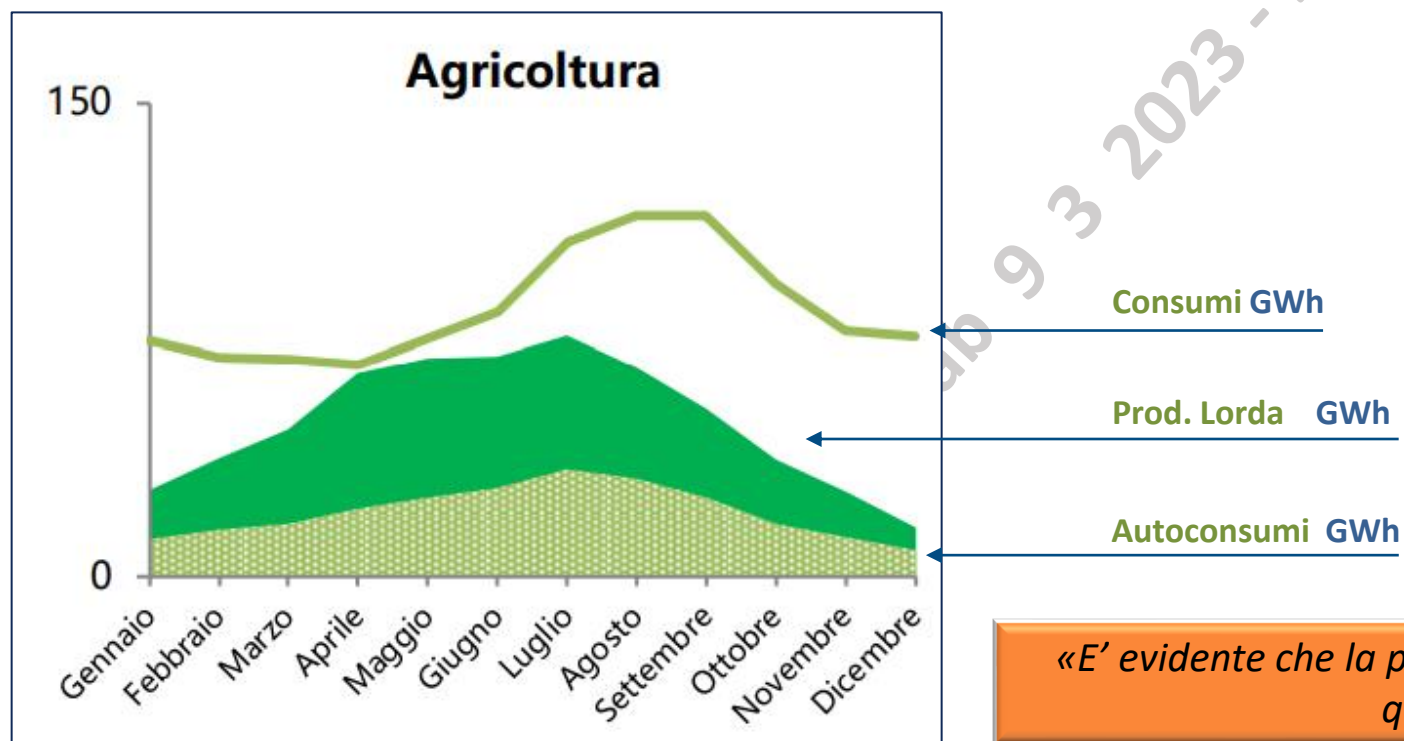
- ✓ L'autoconsumo in agricoltura è pari al **15%**
- ✓ Solo in 5 regioni raggiunge o supera il **20%**

Domande necessarie

- L'installazione di FV può contribuire a diminuire i costi energetici dell'azienda?
- Ma come aumentare la quota di autoconsumo?

Impianti FV con «scambio sul posto»

Andamento mensile della produzione lorda, degli autoconsumi e dei consumi in agricoltura negli impianti che adottano lo Scambio sul Posto.



Fonte: Rapporto Statistico 2020 Solare Fotovoltaico, GSE, 2021

«Scambio sul Posto» consente di compensare l'energia elettrica prodotta e immessa in rete in un certo momento con quella prelevata e consumata in un momento differente da quello in cui avviene la produzione.

Valutare la fattibilità di ottimizzare, spostare in parte i consumi in modo da massimizzare gli autoconsumi, per cogliere i benefici economici derivanti dal costo evitato di acquisto dell'energia.

«E' evidente che la produzione da fotovoltaico potrebbe coprire una quota maggiore dei consumi»

Esempi di sistemi agrivoltaici



Cereali



Orticole



Orticole



Pannelli fissi coltivazione interfilare



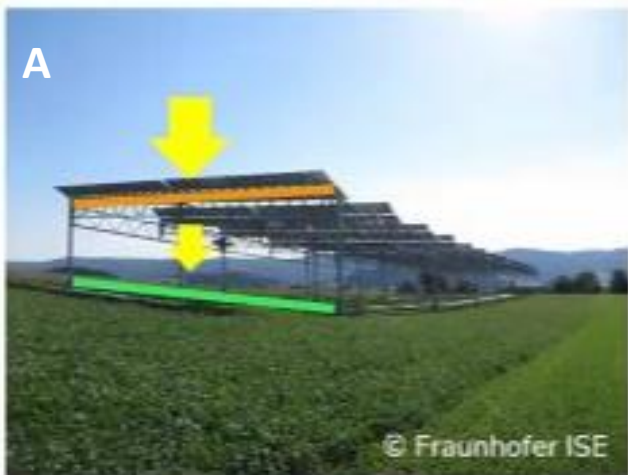
Uso solo una porzione della superficie agricola.

Esempi di sistemi agrivoltaici

«Utilizziamo un solo nome ma parliamo di soluzioni **molto diverse** per dimensioni, forme, complessità, costi di investimento»



Agrivoltaici ma diversi



Doppio uso della superficie



Integrazione verticale



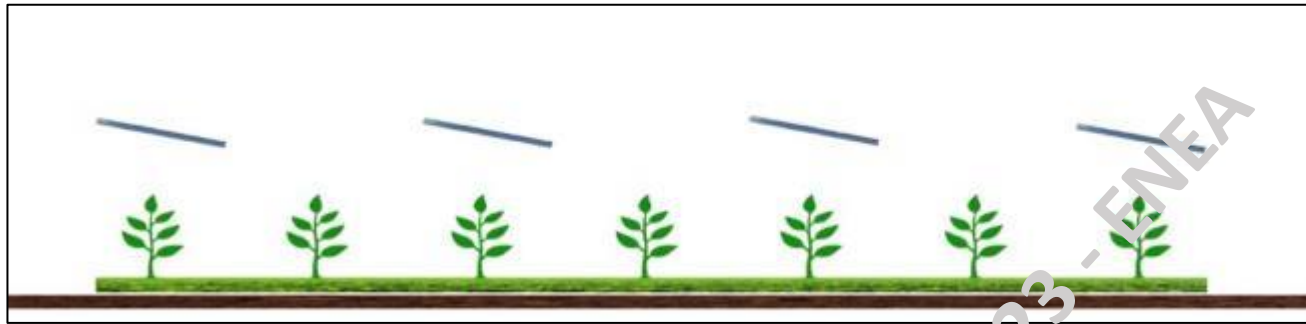
Tra una fila e l'altra

Livelli di infrastrutturazione e di uso delle superfici molto diversi per impatto visivo, suolo utile, investimento, produzione elettrica

Al momento in Italia abbiamo solo tre impianti ascrivibili al tipo A con una storia operativa decennale, molti investitori si stanno orientando sul modello C.

Integrazione spaziale colture/allevamenti e FV

C
O
N
F
I
G
U
R
A
Z
I
O
N
I

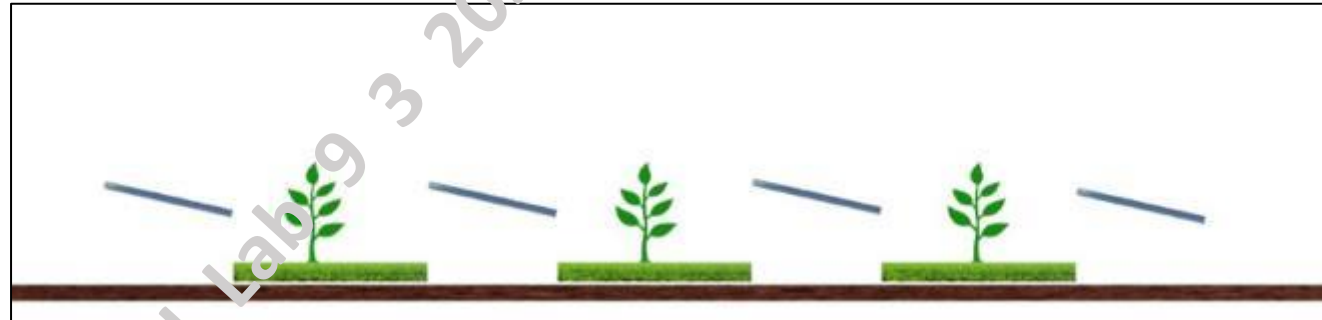


Sotto e tra

Alti mobili

Tra

Alti fissi



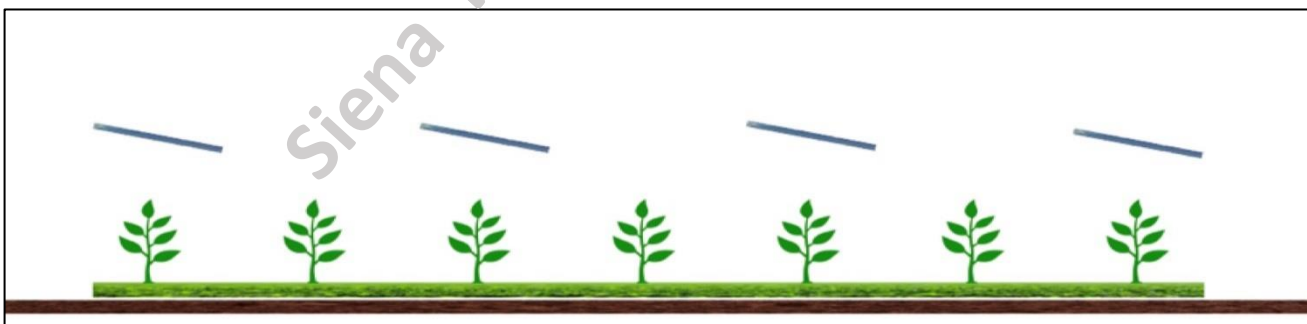
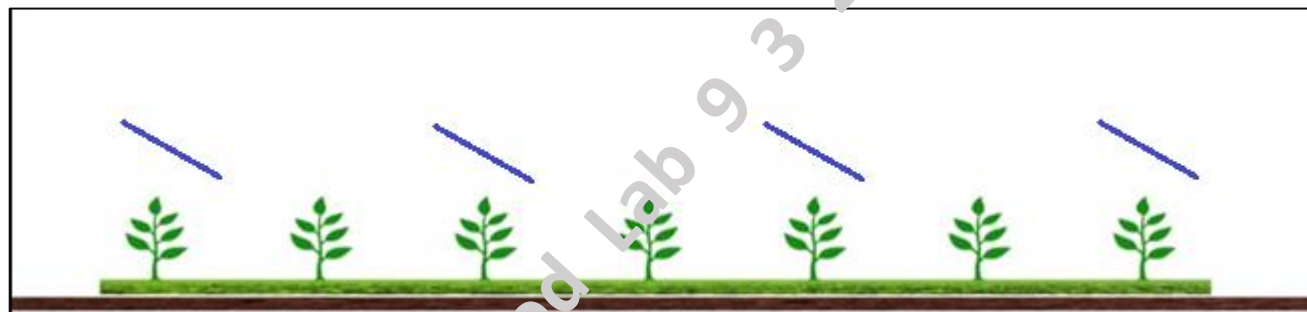
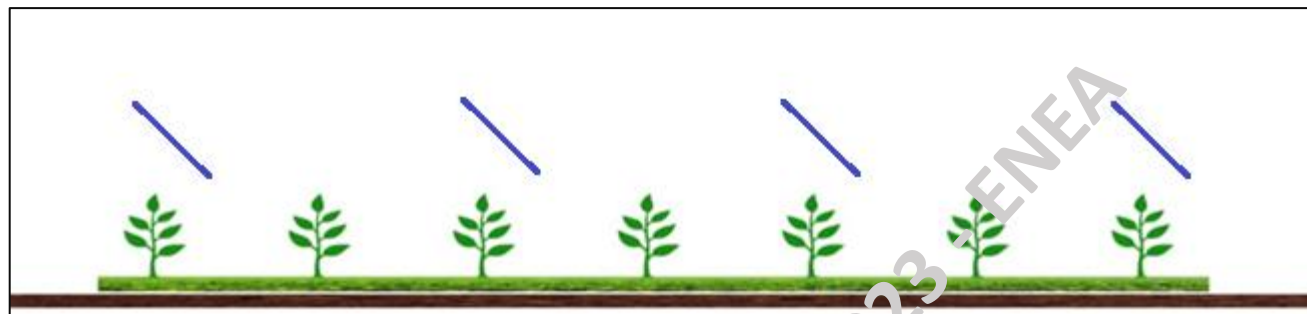
Tra

Verticali



Fonte: Linee guida MITE, 2022

Pannelli mobili



Ore diverse del
giorno

Sotto e tra

Alti mobili

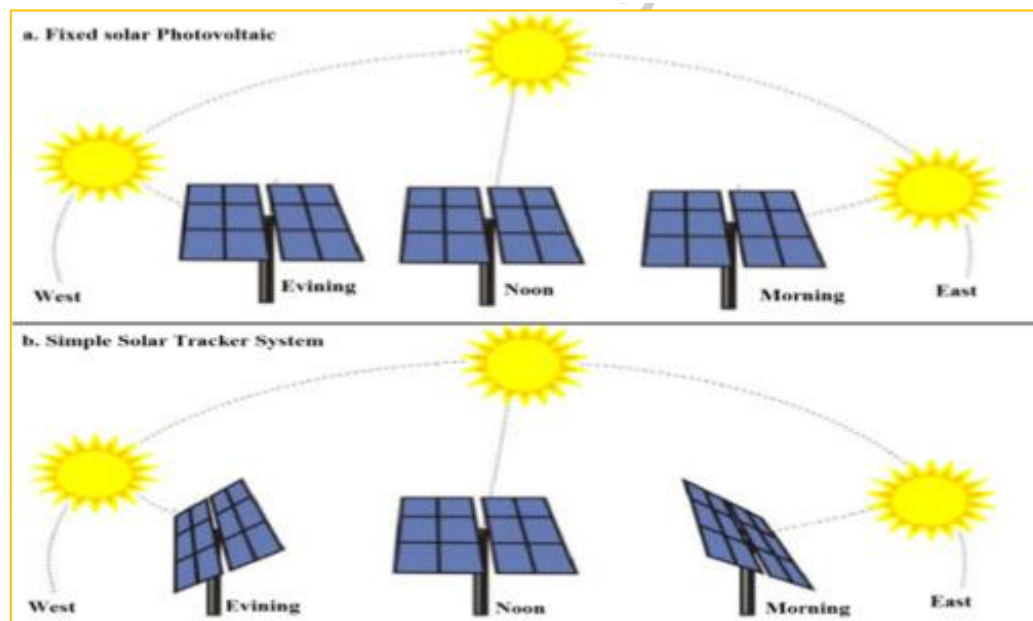
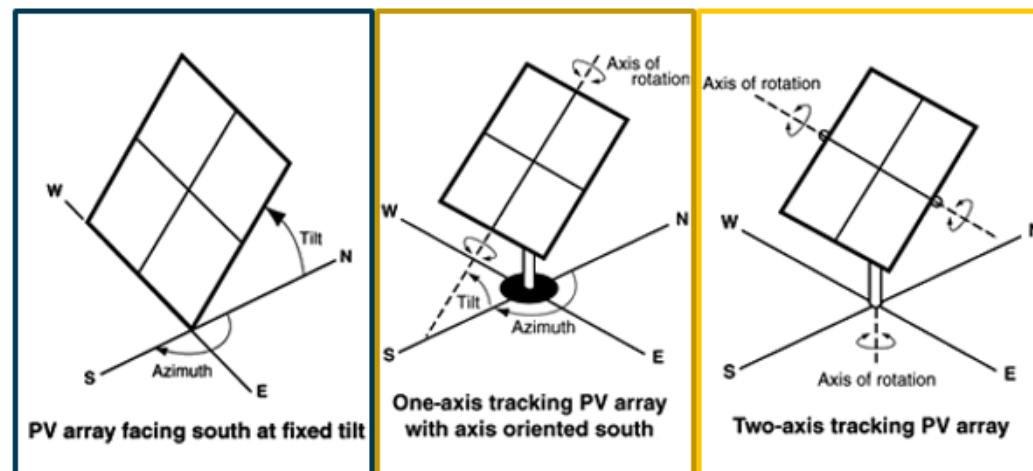
*Pannelli mobili
che seguono il
sole per
ottimizzare
l'incidenza
della luce*

Biassiale

Monoassiale

Bifacciale

Inseguimento solare: tracking system



Ref: www.sciencedirect.com

Sistema
motorizzato e
programmabile

Aumento
produzione
elettrica

Adattabilità alle
operazioni
agricole

Impianti alti, mobili

- ☐ Tensostrutture
- ☐ Palificazioni «dirette»
- ☐ Ombreggiamento limitato e controllato
- ☐ Automazione gestione inclinazione/esposizione



Fonte: AGROVOLTAICO® REM TEC



Foto: Colucci F., 2022 Impianto REM TECH Piacenza

La novità agrivoltaica

DECRETO-LEGGE 31 maggio 2021, n. 77
Articolo 31, comma 5

Impianti agrovoltaici che adottino **SOLUZIONI INTEGRATIVE INNOVATIVE CON MONTAGGIO DEI MODULI ELEVATI DA TERRA**, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da **NON** compromettere **LA CONTINUITA' DELLE ATTIVITA' DI COLTIVAZIONE AGRICOLA E PASTORALE**, anche consentendo l'applicazione di **STRUMENTI DI AGRICOLTURA DIGITALE E DI PRECISIONE**.

L'accesso agli incentivi per gli impianti di cui al comma 1-quater e' inoltre **SUBORDINATO** alla contestuale realizzazione di **SISTEMI DI MONITORAGGIO** che consentano di **verificare L'IMPATTO SULLE COLTURE, IL RISPARMIO IDRICO, LA PRODUTTIVITA' AGRICOLA** per le diverse tipologie di colture e la **CONTINUITA' DELLE ATTIVITA'** delle aziende agricole interessate.

Modifiche legislative seguenti

DECRETO-LEGGE 27 aprile 2022 , n. 34 Articolo 11

Regolamentazione dello sviluppo del fotovoltaico in area agricola

1. All'articolo 65 del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 27, sono apportate le seguenti modificazioni:

- a) al comma 1 -quinquies , dopo le parole: « realizzazione di sistemi di monitoraggio » sono inserite le seguenti: «**da attuare sulla base di linee guida adottate dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, in collaborazione con il Gestore dei servizi energetici (GSE), entro trenta giorni dalla data di entrata in vigore della presente disposizione** »;

Sistemi vs Impianti

Il nome **AGRIVOLTAICO** evidenzia il fatto che vi sono due **sottosistemi** quello energetico e quello agricolo che devono integrarsi non solo fisicamente ma anche funzionalmente.

NON È UNA SEMPLICE SOVRAPPOSIZIONE FISICA NE UNA COABITAZIONE NELLO SPAZIO !

Relazione
bidirezionale

- L'impianto FV deve massimizzare la produzione energetica senza compromettere/impedire il processo agricolo e la produttività delle colture.
- L'insieme delle azioni per la realizzazione delle coltivazioni/allevamenti non deve compromettere/ridurre la produzione di energia.

E' indispensabile Co-progettare e Co-gestire i due elementi come un unico sistema

Linee Guida

MITE, Giugno 2022

Al momento attuale unico riferimento per le definizioni, gli aspetti dimensionali e la classificazione.

- *Caratteristiche dei sistemi agrivoltaici*
- *Disposizione dei moduli FV: pattern e prestazioni*
- *Requisiti degli impianti agrivoltaici*
 - A: l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"*
 - B: Produzione sinergica di E.E. e prodotti agricoli*
 - C: Soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra*
 - D ed E: Sistemi di monitoraggio*



Requisiti impianti AGRIVOLTAICI

A
G
R
I
V
O
L
T
A
I
C
O

1. **REQUISITO A:** Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'**integrazione fra attività agricola e produzione elettrica** e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i **sottosistemi**;

2. **REQUISITO B:** Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la **produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli** e **non** compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale;

3. **REQUISITO C:** L'impianto agrivoltaico adotta **soluzioni integrate innovative** con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;

4. **REQUISITO D:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un **sistema di monitoraggio** che consenta di verificare l'**impatto sulle colture**, il **risparmio idrico**, la **produttività agricola** per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate;

5. **REQUISITO E:** L'impianto agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il **recupero della fertilità del suolo**, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

A
G
R
I
V
O
L
T
A
I
C
O

Benefici e Sinergie (potenziali)

- ✓ **Integrazione aziendale:** autoproduzione di energia (zero energy)
- ✓ **Integrazione territoriale:** Comunità Energetiche Rinnovabili (scambio virtuale)
- ✓ **Sinergie** potenziali:
 - Ombreggiamento controllato
 - Minore evapotraspirazione
 - Azione frangivento
 - Protezione eventi atmosferici
 - Raccolta idrica
 - Effetto raffrescamento pannelli
- ✓ **Mitigazione emissioni:** sostituzione gasolio o E.E. di origine fossile
- ✓ **Certificazioni e labels:** differenziazione di prodotto

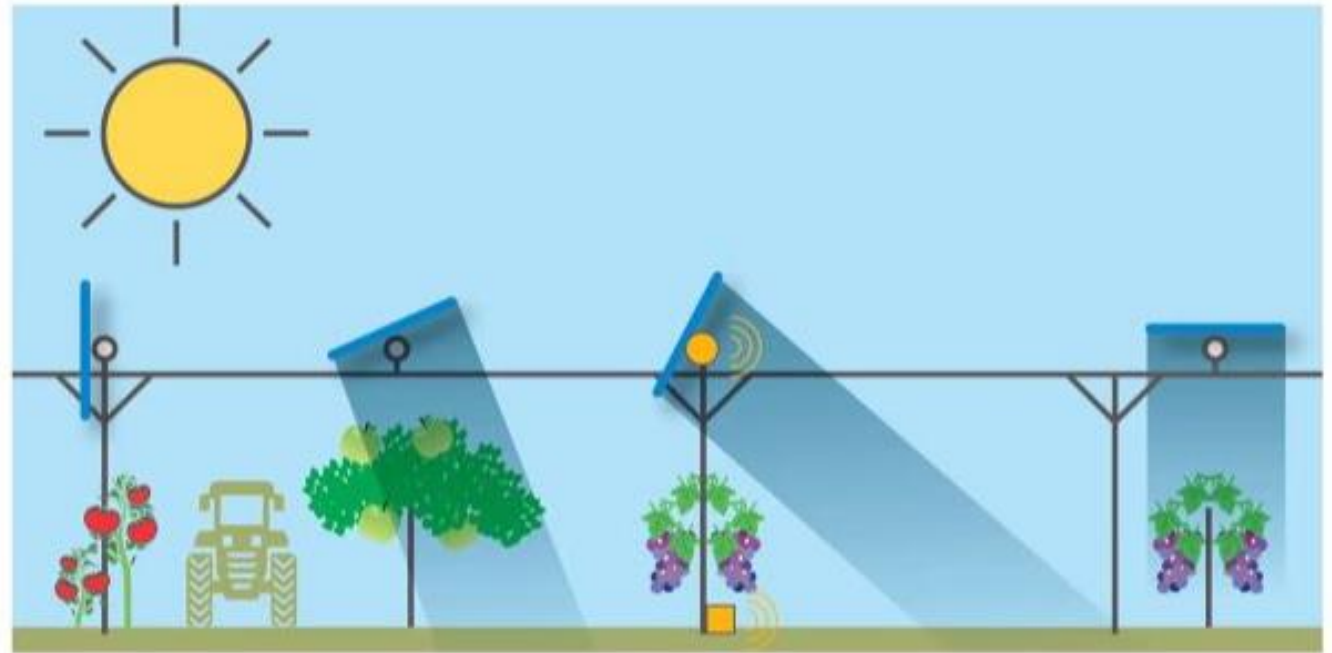
Progettare/gestire
l'impianto secondo le
esigenze della
coltivazione/allevamento

Benefici e Sinergie

- Ombreggiamento controllato
- Minore evapotraspirazione

Con il tracking si può, in determinati periodi, massimizzare l'effetto ombreggiamento per controllo temperatura ed evapotraspirazione

Sistemi automatizzati programmati per servizi «alla pianta»



Fonte: Sun'Agri, 2022

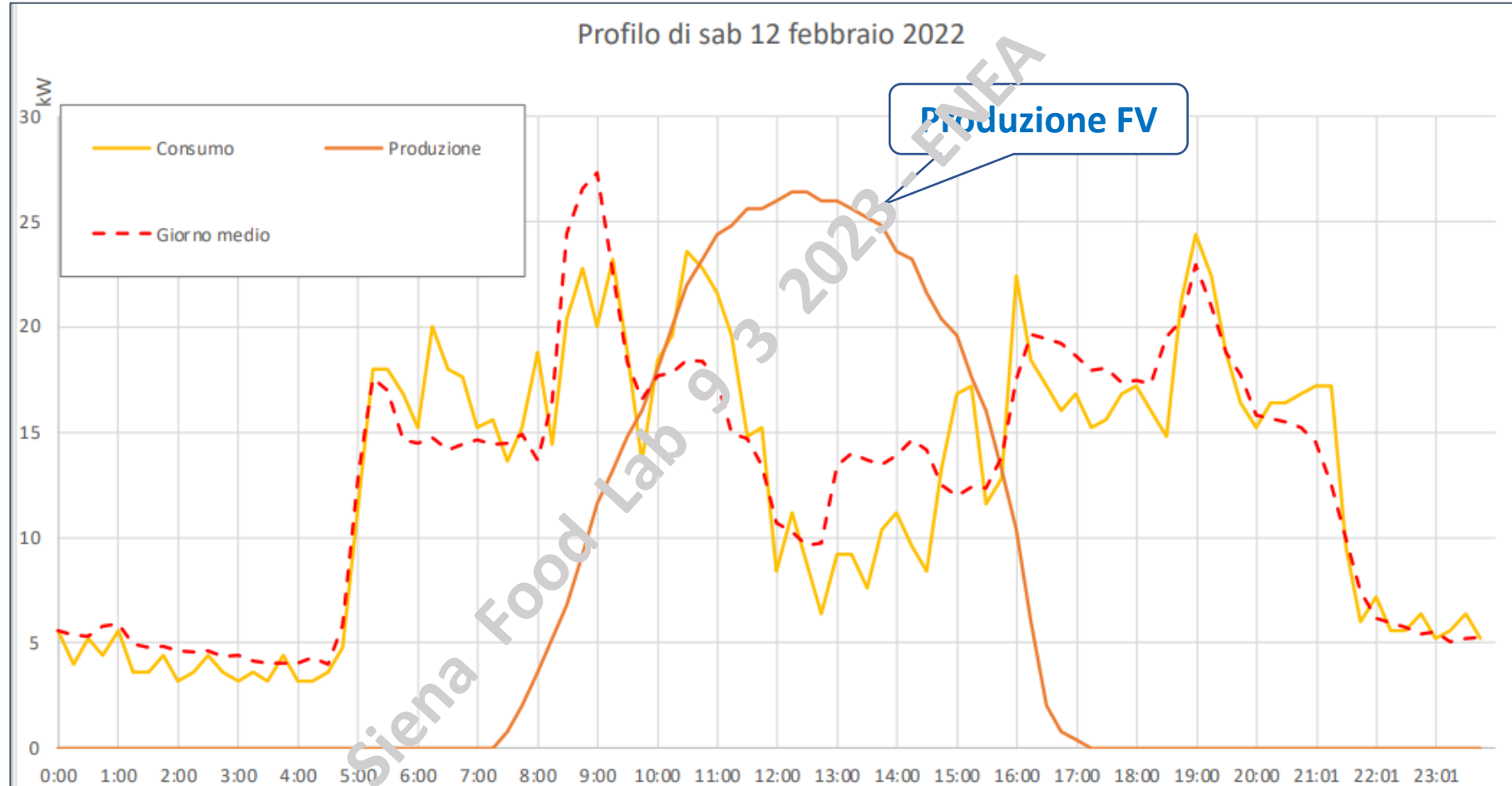
Come incrementare l'autoconsumo ?

Obiettivo complesso legato all'evoluzione tecnologica e normativa ma anche alle scelte impiantistiche e progettuali

- Dimensionamento e progettazione impianto
- Gestione aziendale e programmazione operazioni
- Sviluppo e diffusione dei Sistemi di Accumulo di energia elettrica
- Aumento dei consumi elettrici per progressiva «elettificazione» dei mezzi
- Comunità energetiche «con» industria agroalimentare per filiere a bassa impronta carbonica

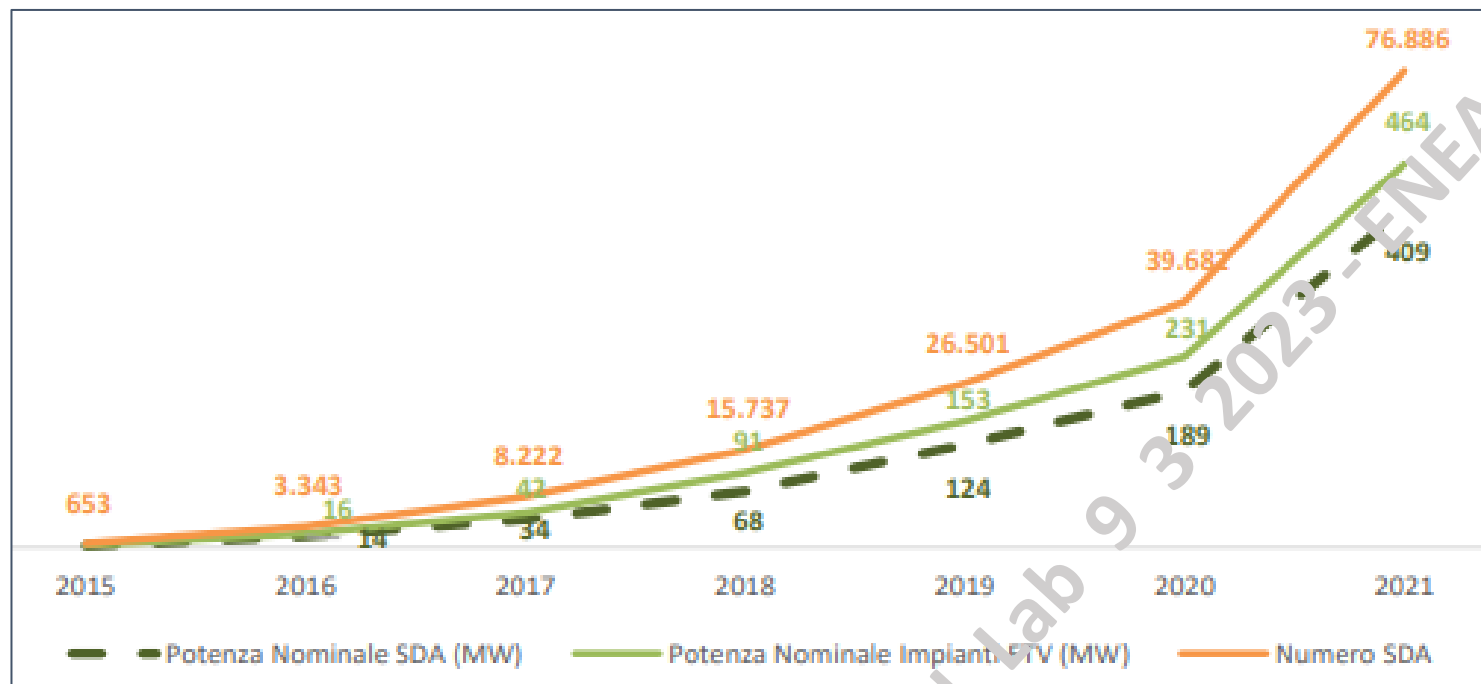
Impianto FV in azienda

Azienda cerealicolo zootecnica produzione e autoconsumi impianto FV



Fonte: elaborazione su dati reali azienda agricola Nardini, area Roma Nord, Ing. D. Forni, FIRE

Sistemi di accumulo installati in Italia, 2021



Fonte: elaborazione GSE su dati Terna

A fine 2021, in Italia, sono installati circa **77.000** sistemi di accumulo, per una potenza nominale di **409 MW**.

La potenza installata degli SDA è aumentata del 116% rispetto all'anno 2020

«una prospettiva concreta ma che deve essere attentamente valutata per le applicazioni in agricoltura, zootecnia, acquacoltura in relazione ai costi di investimento e al pattern di consumo»

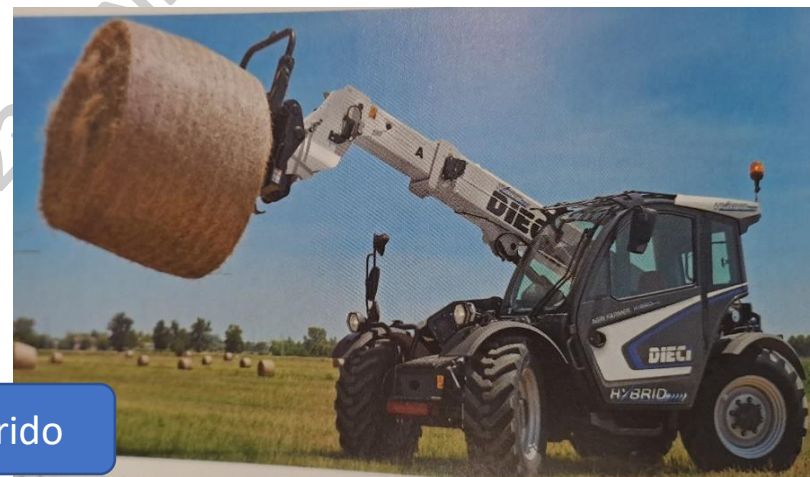
Accumulare acqua,
frigorie o alimentare P.d.C.

Novità tecniche EIMA 2022

Un insieme di macchine e robot tutti elettrici o ibridi per diversi usi specifici.
e si affacciano sul mercato le trattrici full-hybrid.



Mini
escavatrice



Handler ibrido

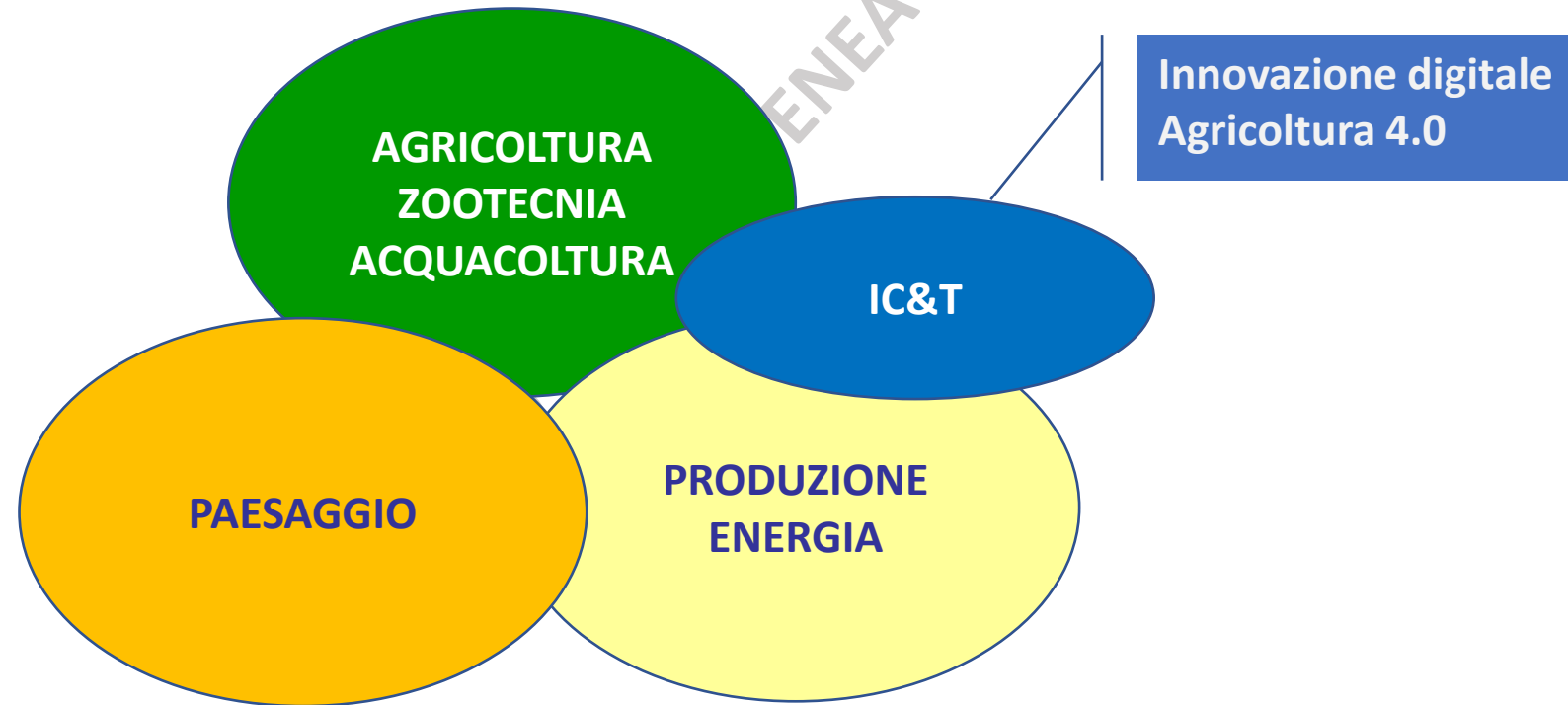


Robot
irroratore



Miscelatore
semovente

Integrazione spaziale e funzionale



Una visione che **integri** i tre elementi e promuova le **sinergie possibili**

La rete delle idee

Rete italiana Agrivoltaico Sostenibile

<https://www.agrivoltaicosostenibile.com>

Oltre 900 aderenti, lanciata ad Aprile 2021 e promossa da ENEA ed ETAFlorence



Task Force Agrivoltaico

Coordinata dalla dott. sa A. Scognamiglio, ENEA TERIN, Portici.

Grazie dell'attenzione.

per informazioni scrivere a
nicola.colonna@enea.it

Coordinatore Task Force Decarbonizzazione dei sistemi agroalimentari
ENEA, Centro Ricerche Casaccia, Via anguillarese 301, 00123 Roma

