COMUNE DI TARQUINIA

MOSTRA MERCATO MACCHINE AGRICOLE



Meccanizzazione sostenibile degli impianti agrivoltaici

Prof. Ing. Danilo Monarca

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE E FORESTALI

MINISTERO POLITICHE AGRICOLE ALIMENTARI E FORESTALI

REGIONE LAZIO · PROVINCIA DI VITERBO · CAMERA DI COMMERCIO RIETI VITERBO · UNIVERSITÀ TUSCIA · UNIVERSITÀ AGRARIA DI TARQUINIA · COLDIRETTI · Confagricoltura · CIA · MF · IIS "V. CARDARELLI" TARQUINIA · BS CALAMATTA · Slow Food Orti di Comunità





Danilo Monarca

monarca@unitus.it

Professore ordinario di Meccanica Agraria, Dipartimento DAFNE di Scienze Agrarie e Forestali dell'Università della Tuscia
Presidente del Club di Bologna

Laurea magistrale in Ingegneria a Roma
Master in Economia e Marketing del sistema agroalimentare
Presidente dell'AIIA (Società Italiana di Ingegneria Agraria) 2013-2017, ora Presidente onorario
Direttore di Dipartimento 2022-2024
Membro del Consiglio di EurAgEng, la Società Scientifica Europea di Ingegneria Agraria
Accademico Ordinario dell'Accademia dei Georgofili e dell'Accademia Nazionale di Agricoltura

CLUB OF BOLOGNA

strategies for the development of agricultural mechanisation

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA | DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE E FORESTALI

SAFE-Med 2018-2022 · DIVerSo 2023-2027 · DAFNE Dipartimento di Eccellenza

Accademia dei Georgofili

Indice dei temi trattati

Meccanizzazione sostenibile e idonea al design, al mantenimento e alle cure fitosanitarie.

Aspetti di sicurezza

Elettricità e macchine agricole

Per impianti fotovoltaici a terra su suolo agricolo non sussistono più supporti pubblici alla produzione di energia ma il costo per unità di potenza installata è sensibilmente diminuito → maggiore spinta verso l'installazione di nuovi impianti



Laboratorio delle Agroenergie
ENERLAB
https://www.unitus.it/dipartimenti/dafne/didattica/laboratori-didattici/laboratorio-di-agro/



LIMITI SU TERRENI AGRICOLI

Perdita completa del reddito agricolo nei fondi utilizzati per gli impianti

Perdita della qualifica di terreno agricolo per il cambio di destinazione di uso del terreno (conseguente rinuncia agli aiuti PAC ed ai relativi PSR).

Il quadro normativo

Ambito	Norma / Documento	Ente competente	Principio chiave
Autorizzazioni	D.Lgs 190/2024	Regioni / MASAF	Compatibilità ambientale e agricola
Definizione impianto	DL 175/2025	MASAF	Continuità colturale e pastorale
Ammissibilità PAC	DM 660087/2022 + Nota 2025	MASAF / AGEA	Prevalenza agricola e assenza di strutture permanenti
Incentivi PNRR	DM 176845/2024 “Parco Agrisolare”	MASAF / GSE	Finanziamento impianti su edifici agricoli
Agrivoltaico innovativo	Decreto MASE 2024	MASE / GSE	Contributo 40% + tariffa incentivante

Tipo	Altezza moduli	Interferenza agricola	Ammissibilità PAC	Tecnologie tipiche
1	≥ 2,1 m	Minima	✅ Ammissibile	Tracker, sensori, automazione
2	≤ 1,5 m	Elevata	❌ Non ammissibile	Fissi interfilari
3	Variabile	Media	⚠️ Condizionata	Moduli mobili, inclinazione variabile

Le indicazioni del MASAF

Relativamente all'ammissibilità degli impianti agrivoltaici, classificati nelle linee guida MITE del 2022 come impianti di "tipo 2", si evidenzia che le stesse linee guida, indicano che:

Gli impianti di tipo 1) e 3) sono identificabili come impianti agrivoltaici con moduli elevati da terra che ottimizzano le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;

Gli impianti agrivoltaici di tipo 2), l'altezza dei moduli da terra non è progettata in modo da consentire lo svolgimento delle attività agricole al di sotto dei moduli fotovoltaici.

Per quanto detto, si ritiene che la presenza di un impianto agrivoltaico di "tipo 2" rappresenti una struttura permanente che interferisce con lo svolgimento dell'ordinario ciclo colturale e, pertanto, non possa garantire il pieno rispetto delle condizioni, citate in premessa, per l'accesso ai pagamenti diretti previsti dalla PAC

Possibili approcci all'AgriVoltaico

1. Impianto a terra con moduli al suolo in file poste a distanza maggiore rispetto al tradizionale impianto a terra (coltivazione nell'interfila)
2. Moduli sopraelevati ad una altezza che permette la pratica agricola sull'intera superficie (sotto i moduli e nell'interfila).

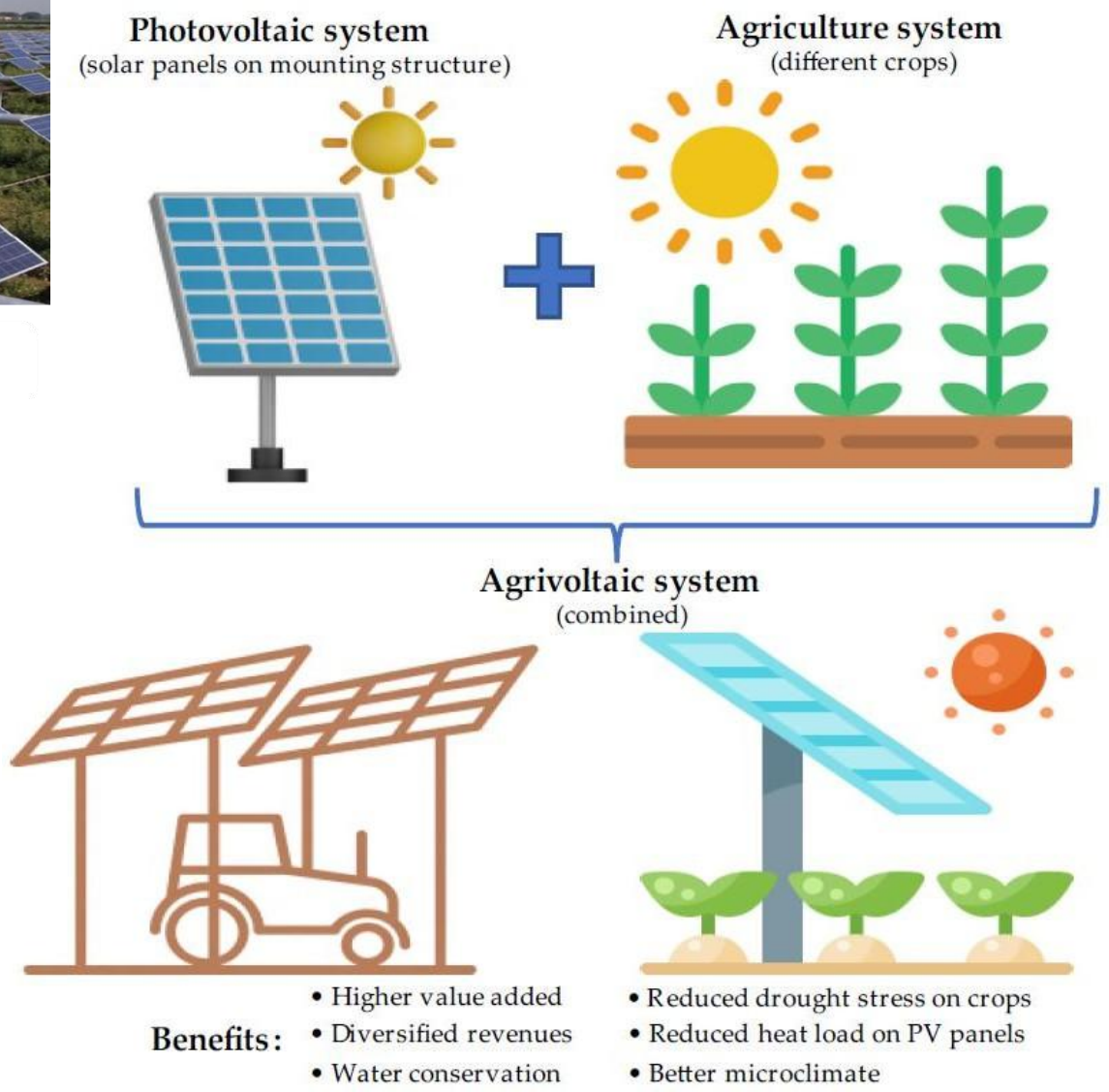






VANTAGGI AV

AV interferisce con: temperatura media dell'aria, umidità relativa, velocità e direzione del vento, umidità del suolo

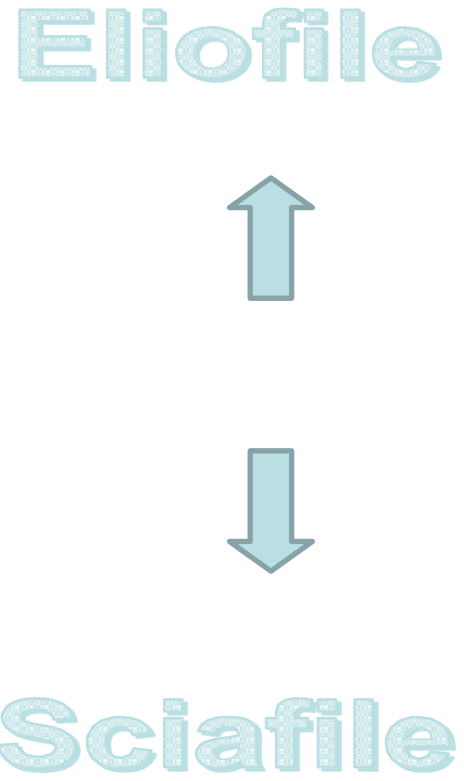


(Chalgynbayeva et al., 2023)

Laboratorio delle Agroenergie
ENERLAB
https://www.unitus.it/dipartimenti/dafne/didattica/laboratori-didattici/laboratorio-di-agro/

IL PROBLEMA DELL'OMBREGGIAMENTO

- Colture non adatte
  - frumento, farro, mais, girasole, alberi da frutto, ecc.
- Colture poco adatte
  - cavolfiore, barbabietola da zucchero, barbabietola rossa
- Colture adatte
  - segale, orzo, avena, cavolo verde, colza, piselli, asparago, carota, ravanello, porro, sedano, finocchio, tabacco
  - cipolle, fagioli, cetrioli, zucchine
- Colture molto adatte
  - patata, luppolo, spinaci, insalata, fave



Laboratorio delle Agroenergie
ENERLAB
https://www.unitus.it/dipartimenti/dafne/didattica/laboratori-didattici/laboratorio-di-agro/

IMPIANTI A TERRA: PRO E CONTRO

- Maggiore resistenza al vento

- Ingombri al suolo dei pannelli fotovoltaici
- Impossibilità di coltivazione su tutta la superficie agricola
- Ostacolo alla circolazione dei mezzi
- Ombreggiamento





IMPIANTI SOPRAELEVATI: PRO E CONTRO

- Continuità nella produzione agricola (minore ingombro a terra)
- Ridotto ostacolo alla circolazione dei mezzi

- Minore resistenza al vento
- Ombreggiamento



AV E MECCANIZZAZIONE AGRICOLA

- Secondo studi condotti da ENEA, **l’80-90% della superficie sotto gli impianti agro-fotovoltaici** può essere coltivato con pratiche standard e comuni macchinari agricoli.
- Il restante 10-20% (in funzione dalla specifica configurazione) è occupato dalla presenza di tiranti in acciaio, i quali impediscono l’accesso e l’avanzamento di grandi macchinari. Tuttavia, questi spazi consentono tipologie di attività agricola che non necessitino di macchinari di grandi dimensioni come, ad esempio, l’inerbimento e il pascolamento del bestiame.

Meccanizzazione sostenibile

- Compatibilità tra produzione di energia e produzione agricola
- Rispetto delle distanze
- Ombreggiamento
- Favorire le diverse operazioni in campo (cure colturali, raccolta, trasporti,…)
- Evitare urti e lancio di “proiettili”
- Uso delle tecnologie 4.0 (es. Impianti a geometria variabile, Tracker, per agevolare il passaggio delle machine)





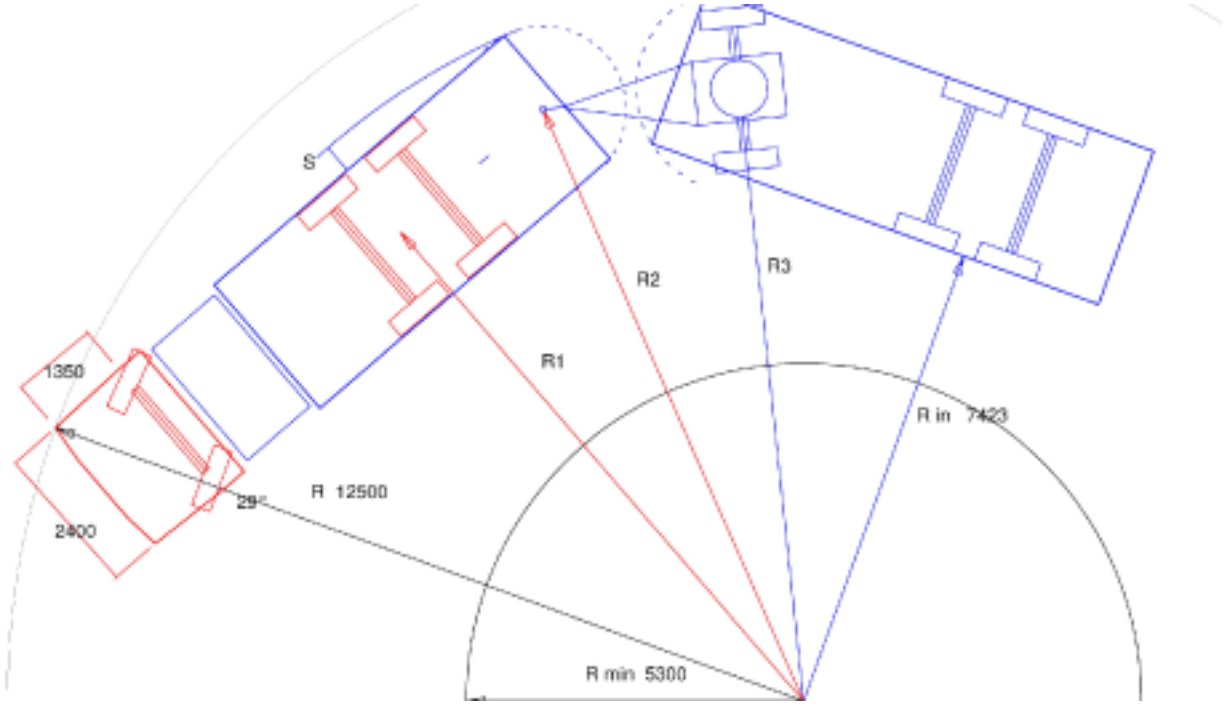


AV E MECCANIZZAZIONE AGRICOLA

Nella scelta del macchinario è indispensabile tenere conto della reale superficie utilizzabile

- **interfila**
- **altezza utile** sottostante le strutture transitabile dai mezzi agricoli e del reale spazio presente alla testa del filare per garantirne l’ottimale transito e raggio di sterzata.

AV E MECCANIZZAZIONE AGRICOLA



In particolare, in presenza di ostacoli a fine campo, quali ad esempio muri, fossi, alberature, ecc., dovrà essere posta particolare attenzione, in fase di progettazione dell'impianto agro-fotovoltaico, a garantire uno **spazio sufficiente a consentire la voltata**: una capezzagna, cioè, di **larghezza pari almeno al raggio minimo di ingombro del veicolo**.

A questo proposito, per ridurre tale larghezza, è conveniente dotarsi di macchine con passi contenuti ed angoli di sterzata delle ruote direttrici elevati.

PROBLEMA DEL VENTO

- Valutazioni sulla sicurezza dimostrano che la struttura AV è vulnerabile ai carichi del vento e gli standard di sicurezza variano in base alla distanza tra le colonne.
- **Più stretto è il design delle colonne**, più vantaggi si hanno per la sicurezza e la generazione di energia, ma più **svantaggi per l'ambiente di coltivazione** e per i costi di installazione.
- Le tipologie montate in sequenza consentono a una radiazione solare relativamente inferiore di raggiungere le piante ma generano più energia elettrica. Quando i moduli sono montati a distanza, la sicurezza strutturale è leggermente ridotta; tuttavia, sono garantite più radiazioni solari alle colture e maggiore fattibilità economica



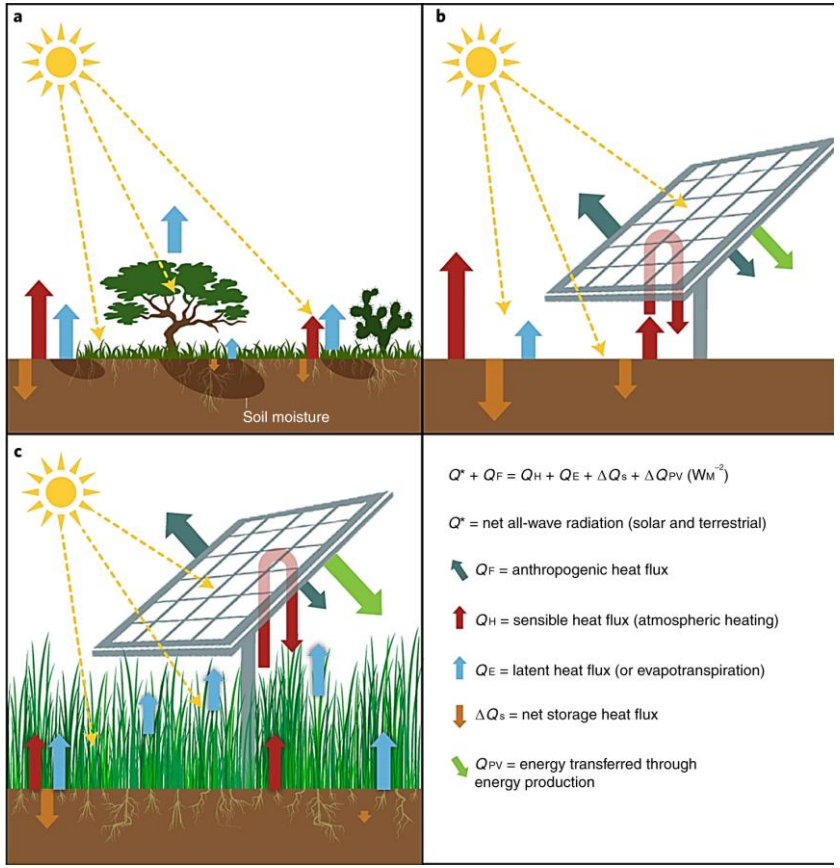
AV E RICERCA

- L'uso del suolo per il pascolo del bestiame e la produzione di elettricità con sistemi fotovoltaici possono convivere sullo stesso terreno. Una ricerca ha dimostrato che oltre il 70% dell'attività di pascolo delle pecore si svolgeva all'ombra di pannelli fotovoltaici quando la radiazione solare era uguale o superiore a 800 W/m^2.
- Inoltre, è stata generata energia elettrica per 5,19 MWh riducendo le emissioni di GHG di 2,77 ton/anno. In termini economici, ciò equivale a risparmiare $740 (USD) all'anno (Maia A.S.C. et al., 2020).



Agrivoltaico e ricerca

- AV come soluzione alla vulnerabilità dei sistemi alimentari, energetici e idrici. Studio integrato delle condizioni microclimatiche nei sistemi AV, temperature dei pannelli, umidità del suolo e uso dell'acqua di irrigazione, ecofisiologia delle colture e produzione di biomassa delle colture rispetto agli impianti PV convenzionali e alla produzione agricola.
- L'ombreggiatura dei pannelli ha molteplici vantaggi additivi e sinergici, tra cui la riduzione dello stress da siccità sui raccolti, l'aumento della produzione alimentare e la riduzione del carico termico sui pannelli fotovoltaici. Tutto ciò ha il potenziale per contribuire ad aumentare la resilienza dei sistemi alimentari ed energetici al fine di mitigare gli effetti dell'aumento dello stress ambientale, delle temperature e della frequenza della siccità (Barron-Gafford et al., 2019).



ASPETTI DI SICUREZZA

- Nei luoghi destinati ad uso agricolo o ad allevamenti zootecnici la pericolosità degli impianti elettrici è legata al fatto che spesso ci si trova in **zone aperte o comunque bagnate**. Le prescrizioni per **la sicurezza elettrica** sono contenute nella sezione 705 della norma CEI 64-8/7.
- Particolare attenzione va prestata, in fase di progettazione e realizzazione dell'impianto, alla **posa in opera di cavi elettrici interrati**.
- Nelle aree dove i veicoli e le macchine agricole mobili sono movimentate, i cavi devono avere una protezione meccanica aggiuntiva (450 o 750 N) oppure devono essere in cavidotto con equivalente resistenza alla compressione ed essere ubicati **ad una profondità di almeno 0,5 m** rispetto al piano di calpestio o, se il terreno è arabile o coltivabile, ad almeno 1,0 m rispetto al piano di calpestio.
- **I cavi aerei** dell'azienda agricola devono essere installati ad un'altezza **di almeno 6 metri**.



ASPETTI DI SICUREZZA

- Gli stessi cavi dovranno essere adeguatamente segnalati con appositi cartelli e, anche nell'ottica di un'agricoltura conservativa, dovranno essere **evitate lavorazioni profonde (> 40 cm).**
- Eventuali **pozzetti in calcestruzzo** per canalizzazioni elettriche, per ispezioni di dispersori di terra, ecc., dovranno sporgere dal terreno di circa 40 cm ed essere **ben segnalati** per impedire il transito su di essi di macchine agricole. Per lo stesso motivo deve essere curato **il taglio dell'erba** intorno ai pozzetti.
- Anche per le lavorazioni secondarie, la combinazione trattore-attrezzo è possibile con le comuni attrezzature diffuse in agricoltura, quali erpici, frese e tiller **di dimensioni massime di 3 m**. Per quanto concerne le macchine operatrici mosse dalla presa di potenza è opportuno, al fine di preservare l'impianto fotovoltaico da possibili danneggiamenti dovuti a proiezioni di oggetti, controllare la costante **presenza ed integrità del carter** e della eventuale protezione incernierata sul rotore portante gli utensili di lavoro.



ASPETTI DI SICUREZZA

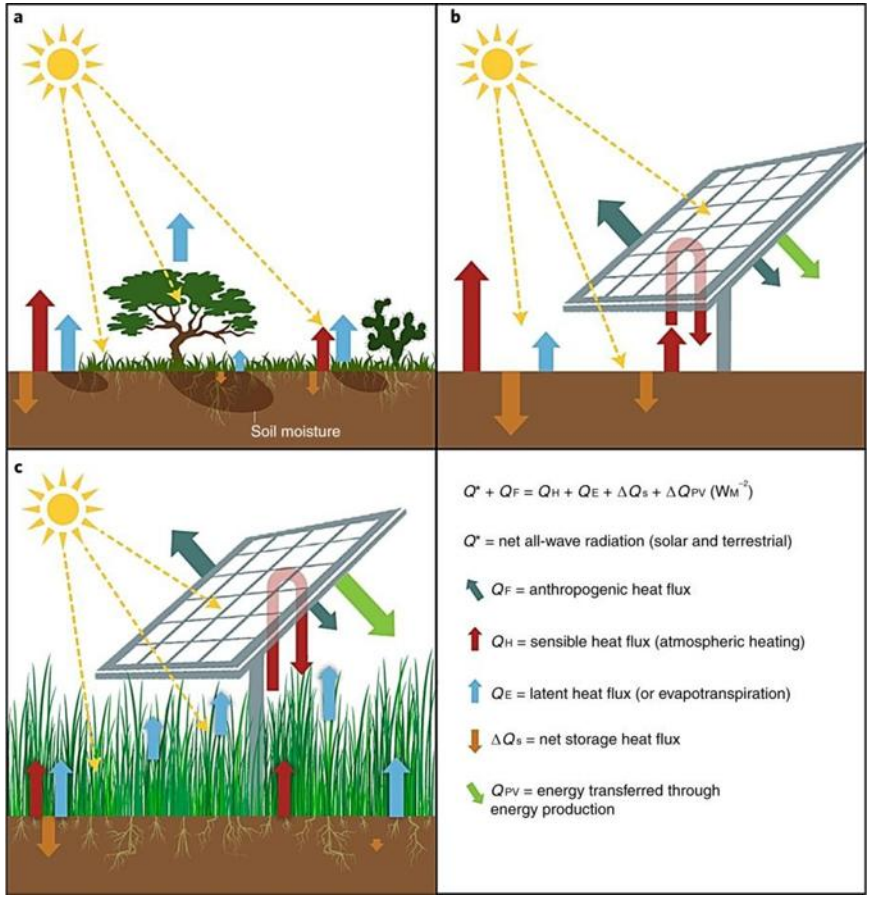
- Per la manutenzione del verde al di sotto dei pannelli, le tipiche **macchine per frutteti** risultano essere le più congeniali nel caso di sesti d'impianto con dimensionamento minore, tuttavia, sono presenti in commercio anche specifiche attrezzature per la gestione professionale del verde che, grazie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





Energia elettrica in agricoltura





Intelligent Energy Management



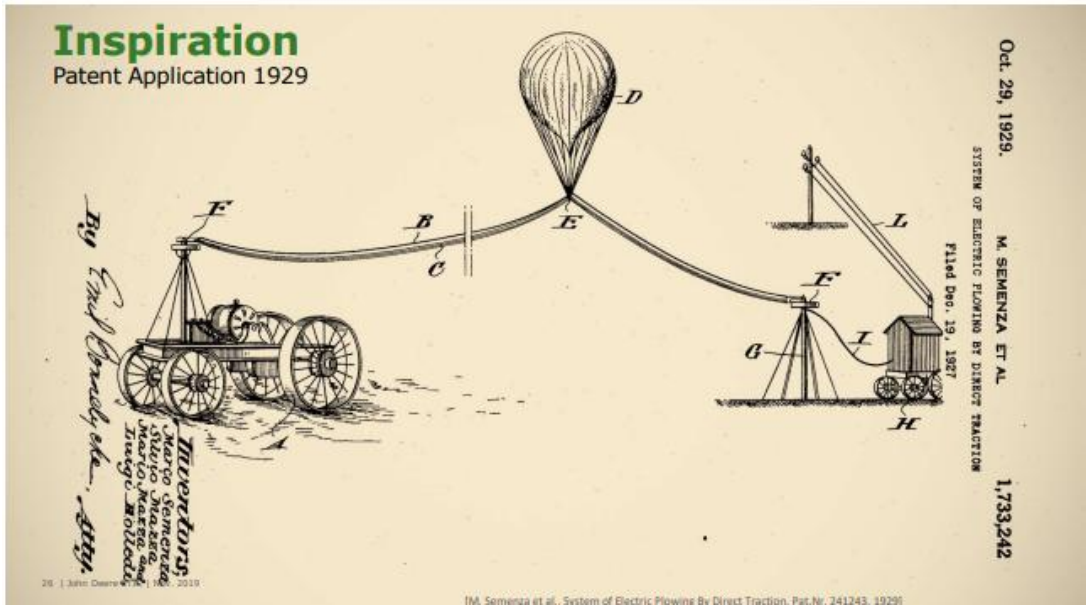
Increased operational time of battery → 8760 h/a

JOHN DEERE



Inspiration

Patent Application 1929



IM. Semenza et al., System of Electric Plowing By Direct Traction, Pat.Nr. 241243, 1929)

Autonomous Electric Tractor

Physical Build



Fendt e100 Vario
Battery powered small tractor

100 kWh Li-Ion Battery
w/ supercharging option



700 VDC
power interface
for implements

50 kW drive,
standard PTO and
hydraulics

Source: Fendt / AGCO - modified



Overcoming Limits of Onboard Batteries

Corner Stones

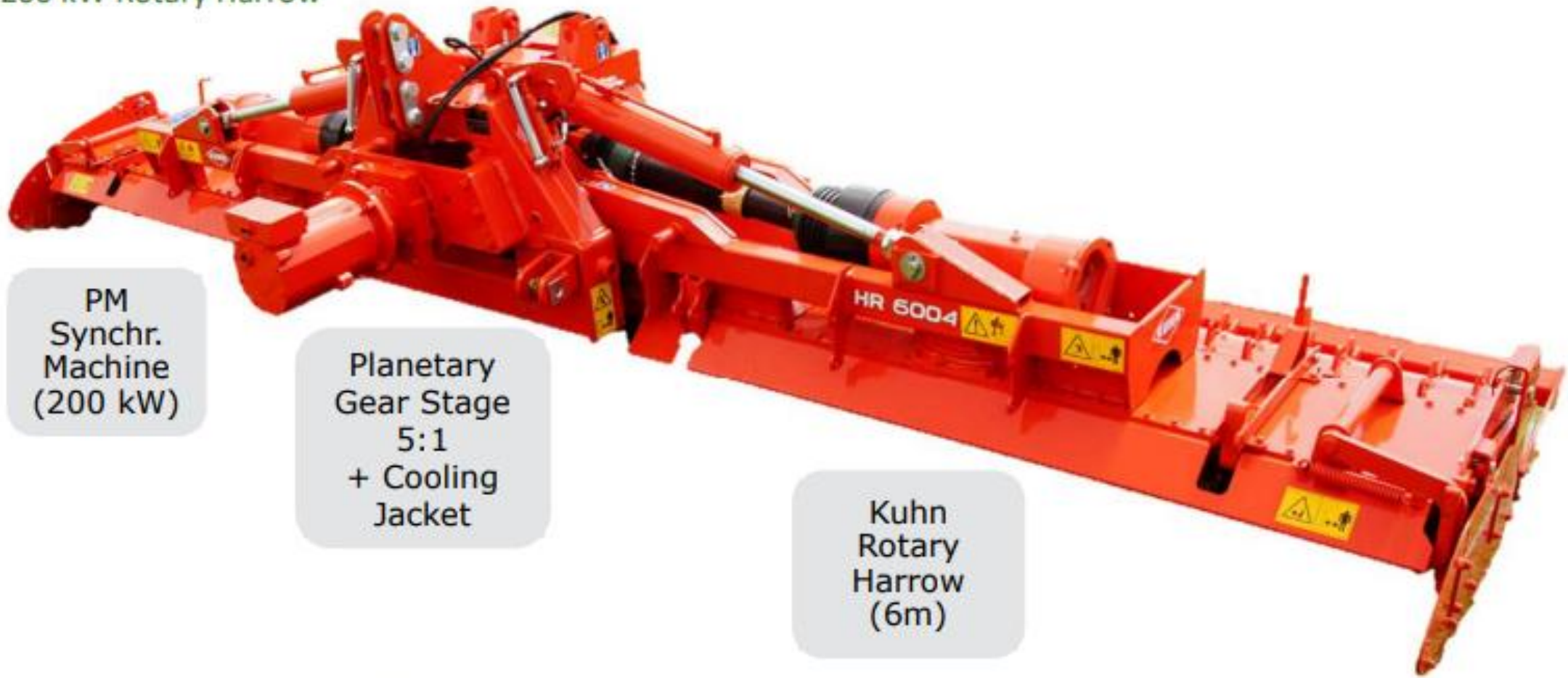
Machine Performance	200%
Power Density	200%
Machine Cost	50%
Operating Cost	50%
Applicability of Renewable Power	up to 100%
Supports different stationary power sources	Power grid Battery Generator

Supported by:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Electric Implement

200 kW Rotary Harrow



PM Synchr. Machine (200 kW)

Planetary Gear Stage 5:1 + Cooling Jacket

Kuhn Rotary Harrow (6m)

Conclusioni

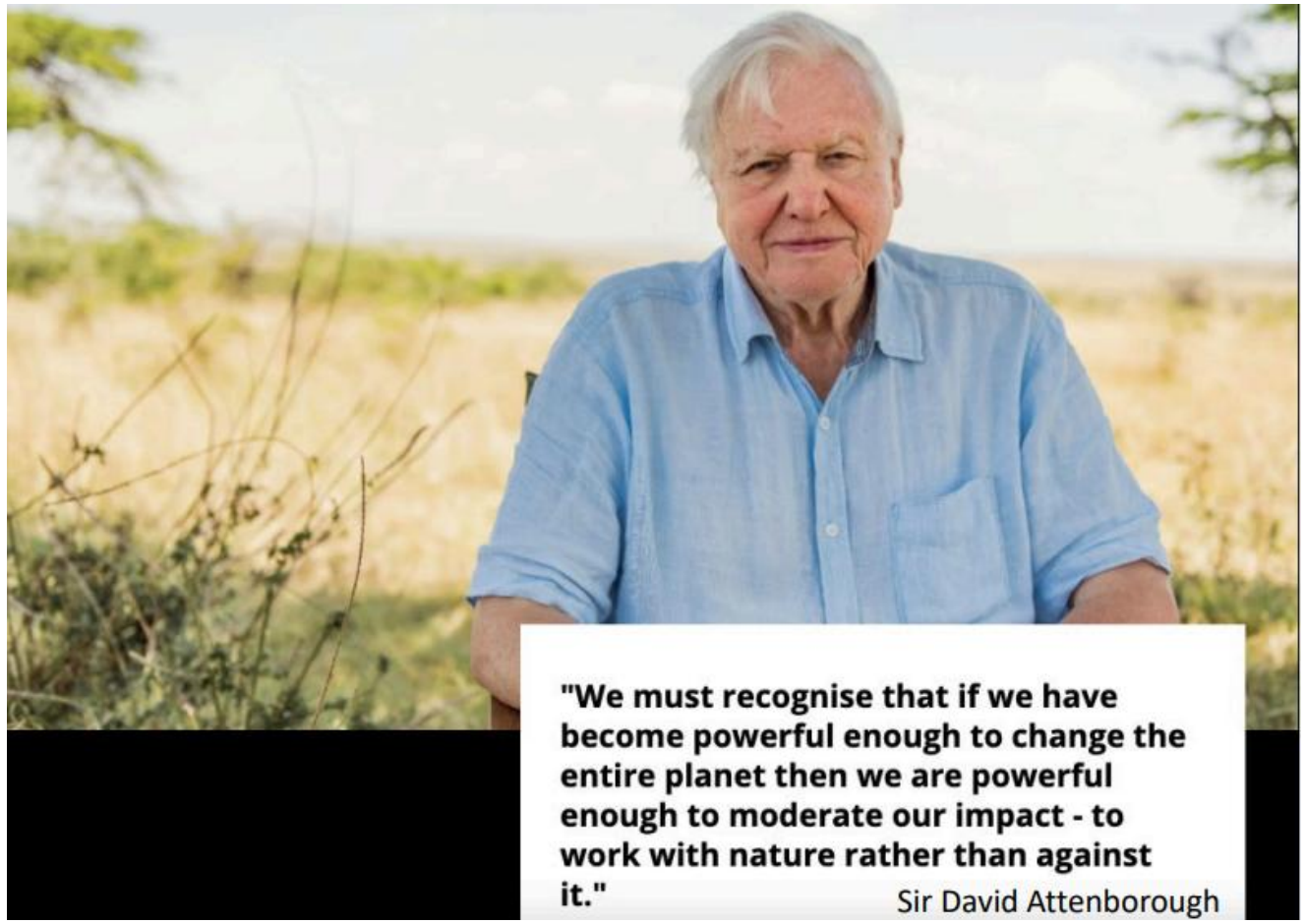
Agrivoltaico

- Opportunità per le aziende agricole
- **Impianti sulle coperture** di capannoni, serre e fabbricati agricoli
- Necessità di **preservare la produzione agricola**, e di ulteriori ricerche sulle specie idonee in presenza di ombreggiamento
- Meccanizzazione: **modelli e macchine specifiche**
- Attenzione agli aspetti di **sicurezza**
- Ruolo fondamentale del **dottore agronomo**, a partire dalla progettazione degli impianti





Grazie per la cortese attenzione



Prof. Ing. Danilo Monarca
monarca@unitus.it

MUR
Ministero dell'Università e della Ricerca

D.I.Ver.So.

SAFE-Med 2018-2022

DIVerSo 2023-2027

DAFNE
Dipartimento di Eccellenza