



REGIONE SICILIA

PROVINCE DI PALERMO E TRAPANI
COMUNI DI CALATAFIMI E MONREALE

PROGETTO:

Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili denominato "Pergole"

Progetto Definitivo

PROPONENTE:

FALCK RENEWABLES SICILIA S.R.L

Sede Legale in C.so Venezia, 16

20121 Milano (MI)

P.IVA 10531600962



ELABORATO:

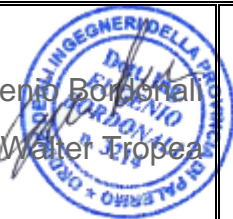
RELAZIONE PROGETTO AGROVOLTAICO

PROGETTISTA:



Dott. Ing. Eugenio Bordonali

Dott. Walter Tropea



Scala:

-

COLLABORATORI:

Dott. Ing. Gabriella Lo Cascio

Tavola:

RPAG

Data:

10/02/2022

Rev. Data Descrizione

00 10/02/2022 emissione

- - -

1	INTRODUZIONE	1
1.1	INQUADRAMENTO DEL PROGETTO	1
1.2	Caratterizzazione dei lotti.....	5
1.3	Caratteristiche agronomiche dei lotti	9
1.4	Componenti di impianto.....	10
2	Quadro di riferimento normativo.....	11
2.1	PIANIFICAZIONE COMUNITARIA E NAZIONALE	11
2.2	LINEE GUIDA NAZIONALI.....	12
2.3	STRATEGIA ENERGETICA NAZIONALE (SEN)	13
2.4	Piano nazionale integrato per l'energia e il clima (PNIEC).....	14
2.5	Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC).....	16
2.6	Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).....	16
3	I sistemi agrivoltaici - generalità	19
3.1	Stato dell'arte sulla ricerca scientifica.....	19
3.2	Linee guida concernenti i sistemi agrivoltaici.....	22
3.2.1	National Solar Centre (BRE), Inghilterra	22
3.2.2	Fraunhofer Institute for solar energy systems (ISE), Germania	23
3.2.3	Clean Energy Council, Australia	25
3.3	La norma DIN SPEC 91434 del Deutsches Institut Fur Normung, Germania.....	26
3.3.1	Criteri e requisiti per l'utilizzo agricolo primario del suolo	30
3.4	Sistemi agro-silvo-pastorali.....	34
3.4.1	Agroecologia, agricoltura multifunzionale e sistemi agro-silvo-pastorali.....	34
3.4.2	Apicoltura – ruolo e contesto normativo.....	37
4	Il sistema agrivoltaico 'Pergole'	40
4.1	Elementi dell'impianto fotovoltaico.....	40
4.2	Rispondenza ai requisiti previsti dalla norma DIN SPEC 91434.....	42
4.3	Criteri adottati per la definizione del sistema colturale.....	44
4.4	Gli indirizzi produttivi del sistema agrivoltaico adottato	46
4.5	Coltivazione di specie foraggere poliennali	47
4.5.1	Caratteristiche generali	47
4.5.2	Essenze.....	48
4.5.3	Semina.....	48

4.5.4	Produzioni di foraggio	49
4.5.5	Quadro economico	49
4.6	Coltivazione di specie annuali in rotazione.....	50
4.6.1	Colture a ciclo annuale individuate.....	51
4.7	Coltivazione ortive da pieno campo per il consumo fresco	51
4.7.1	Il melone giallo in Sicilia.....	51
4.7.2	Varietà.....	52
4.7.3	Impianto	52
4.7.4	Cultivar adottata.....	52
4.7.5	Quadro economico	53
4.8	Coltivazione foraggere annuali per la produzione di fieno	53
4.8.1	Impieghi	54
4.8.2	Quadro economico	54
4.9	Coltivazione specie per la produzione di mangimi	55
4.9.1	Impieghi	55
4.9.2	Quadro economico	55
4.10	Coltivazione di piante officinali per l'estrazione di principi attivi.....	56
4.10.1	Mercato di riferimento	56
4.10.2	Varietà.....	57
4.10.3	Camomilla (Matricaria chamomilla L.)	57
4.10.4	Aneto (Anethum graveolens L.).....	58
4.10.5	Cardo mariano (Sylibum marianum L.).....	59
4.10.6	Quadro economico	59
4.11	Allevamento estensivo semibrado di ovini per la produzione di agnelli da carne	61
4.11.1	Finalità ed obiettivi	61
4.11.2	Razze impiegate	61
4.11.3	Gestione dell'allevamento.....	61
4.11.4	Recupero locali preesistenti	62
4.11.5	Quadro economico	63
4.12	Allevamento di api per la produzione di miele e altri prodotti dell'alveare.....	64
4.12.1	Specie impiegate	64
4.12.2	Ubicazione delle arnie.....	65

4.12.3	Tecnologia utilizzabile	66
4.12.4	Potenziale mellifero	66
4.12.5	Dimensionamento allevamento	67
4.12.1	Quadro economico	67
4.13	Uliveti per la produzione di olio	68
4.13.1	Olivo – Olea europeaea	68
4.13.2	Oliva Nocellara del Belice	68
4.13.3	Caratteristiche impianto	69
4.13.1	Quadro economico	69
4.14	Fascia tagliafuoco	70
4.15	Fascia arborata di separazione e protezione	70
4.15.1	Specie Vegetali Adottate	71
4.15.2	Criteri adottati	71
4.15.3	Quadro economico	72
4.16	Fasce contermini agli impluvi	73
4.16.1	Quadro economico	73
4.17	Quadro sintetico sulle produzioni e ricavi derivanti dall'attività agricola	74
4.18	Ricadute in termini occupazionali derivanti dall'attività agricola	75
4.19	Compatibilità paesaggistica delle piantumazioni previste	76
5	Piano di manutenzione e gestione del verde	77
5.1.1	Ottimizzazione del sistema agro-silvo-pastorale	78
5.1.2	Gestione sostenibile del sistema agrivoltaico	79
6	Considerazioni conclusive	80
7	Riferimenti bibliografici	83

ALLEGATI

Quadro sintetico descrittivo degli indirizzi produttivi

Tavola Progetto Agrivoltaico

1 INTRODUZIONE

La presente costituisce la Relazione del Progetto Agrovoltaico a corredo del progetto di un impianto fotovoltaico da 51,263 MWp da realizzarsi nel territorio del comune di Calatafimi Segesta (TP) denominato “Pergole” (di seguito il “Progetto” o “l’Impianto”) con connessione alla rete elettrica nazionale nel territorio del comune di Monreale (PA), dotato di un sistema di accumulo elettrochimico (“storage”) da 10MW e corredato di Progetto Agrovoltaico. Il progetto è da intendersi integrato e unico, Progetto di Impianto Fotovoltaico insieme con il Progetto Agrovoltaico, pertanto la società proponente si impegna a realizzarlo per intero nelle parti descritte nella presente relazione. Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico con potenza di picco del generatore di 51,263 MWp ca. e prevede l’installazione di n° 1222 inseguitori solari ad un asse (tracker orizzontali monoassiali a linee indipendenti) e 384 strutture fisse di supporto ai moduli fotovoltaici. Il presente progetto agrovoltaico prevede pertanto il posizionamento di pannelli fotovoltaici per 39,009 MWp su tracker con montaggio dei moduli elevati di 2.65 m da terra, in condizione di rotazione dei moduli stessi paralleli al terreno, e per 12,257 MWp con montaggio su struttura fissa con altezza massima 2,9 m da terreno e altezza minima 0,9 m da terreno, in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale.

L’impianto, sarà di tipo grid-connected in modalità trifase (collegata direttamente alla rete elettrica di distribuzione). L’impianto di generazione fotovoltaica in progetto sarà installato direttamente a terra con struttura in acciaio zincato e l’energia elettrica da essi prodotta verrà convogliata ai gruppi di conversione (inverters) ed ai trasformatori di tensione distribuiti all’interno dell’area di impianto.

La consegna dell’energia elettrica prodotta dall’impianto avverrà conformemente alla Soluzione Tecnica Minima Generale trasmessa da Terna S.p.a. al proponente in data 19/03/2021. In particolare l’energia sarà vettoriata, a mezzo di un cavidotto interrato in MT, sino alla trasformazione e da questa, a mezzo di un cavidotto interrato in AT, ad una nuova stazione elettrica della RTN da inserire in entra-esce sulla linea RTN a 220 kV “Partinico - Partanna” in contrada Volta di Falce nel Comune di Monreale (PA).

L’iniziativa s’inquadra nel piano di sviluppo di impianti per la produzione d’energia da fonte rinnovabile che la società “FALCK RENEWABLES SICILIA s.r.l.” intende realizzare nella Regione Sicilia per contribuire al soddisfacimento delle esigenze d’energia pulita e sviluppo sostenibile sancite sin dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997, ribadite nella “Strategia Energetica Nazionale 2017” e successivamente dal Piano nazionale integrato per l’energia e il clima per gli anni 2021-2030.

L’applicazione della tecnologia fotovoltaica consente: la produzione d’energia elettrica senza emissione di alcuna sostanza inquinante, il risparmio di combustibile fossile, nessun inquinamento acustico e disponibilità dell’energia anche in località disagiate e lontane dalle grandi dorsali elettriche.

1.1 INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

Il sito del costruendo impianto fotovoltaico è ubicato all’interno del comune di Calatafimi, nella parte occidentale della Sicilia, ad est del territorio provinciale di Trapani; le opere di connessione alla rete elettrica nazionale ricadano nel territorio del comune di Monreale (PA).

La localizzazione del progetto è così definita:

- Provincia: Trapani (impianto fotovoltaico) e Palermo (stazioni elettriche);
- Comune: Calatafimi Segesta (TP) (impianto fotovoltaico) e Monreale (PA) (stazioni elettriche);
- Contrada: Pergole (impianto fotovoltaico) e Monreale (PA) (stazioni elettriche);
- Rif. Carte Tecniche Regionali: n. 606080 e 606120;
- Rif. IGM: Foglio 257 - Quadrante I, Tavoletta SE;
- identificazione catastale:

impianto fotovoltaico C.T. Calatafimi Segesta (TP) F. 68

4	63
92	75
49	76
89	56
11	66
69	60
10	16
125	96
126	238
127	37
72	83
61	80
62	42
74	64
70	71
	73

stazioni elettriche C.T. Monreale (PA)

F. 155 p.lla 653

F.155 p.lle 618, 666, 671, 668, 888, 889, 485, 486, 365, 366, 890, 900, 489, 490

Dal punto di vista meteorologico, il sito ricade in un'area a clima tipicamente meso-mediterraneo con inverni miti e poco piovosi ed estati calde ed asciutte. Le temperature minime invernali raramente scendono al di sotto di 10 °C mentre le temperature estive massime oscillano tra i 28 °C e i 35 °C.

La zona è caratterizzata da un valore medio di irraggiamento che rende il sito particolarmente adatto ad applicazioni di tipo fotovoltaico, pari a:

- 144.23 kWh/m²mese.

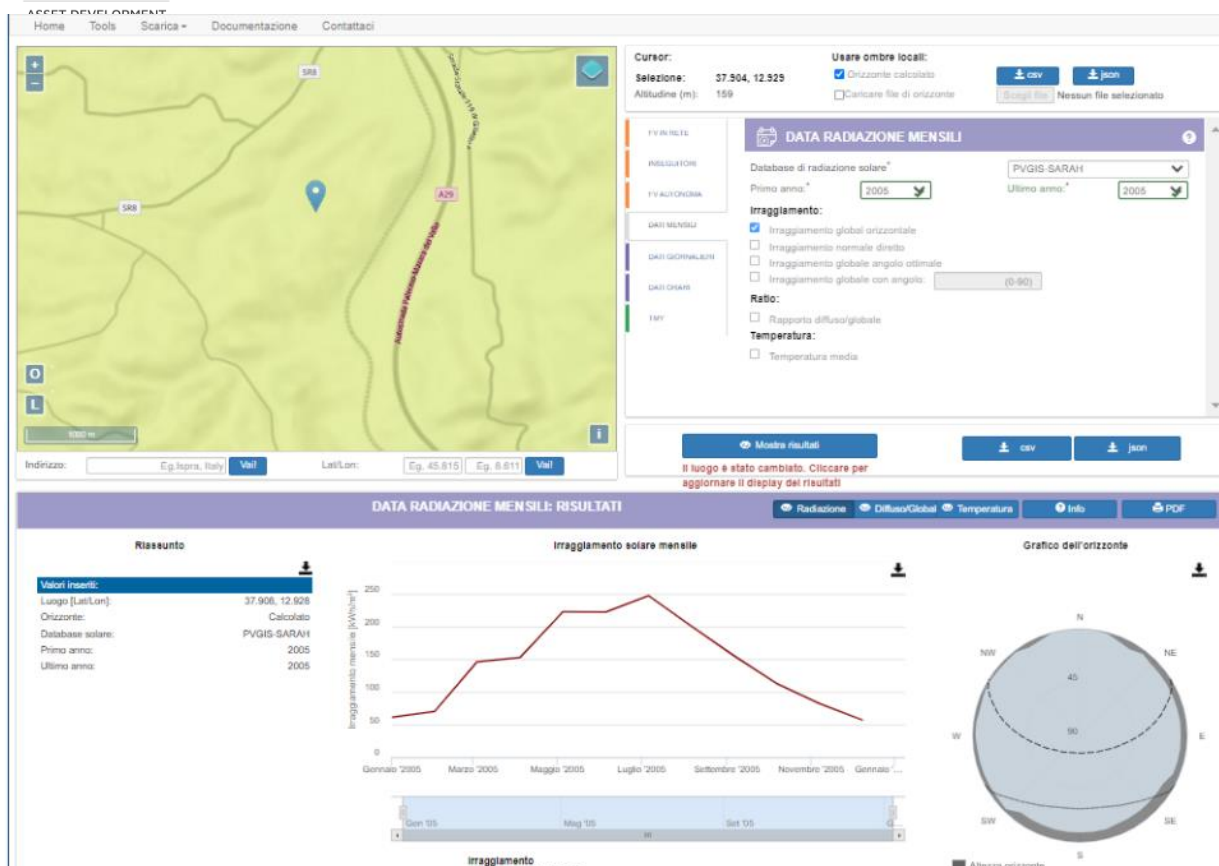


Figura 1 Fonte energetica solare nel sito (fonte JRC - Photovoltaic Geographical Information System)

L'irraggiamento è, infatti, la quantità di energia solare incidente su una superficie unitaria in un determinato intervallo di tempo, tipicamente un giorno (kWh/m²giorno), questo è influenzato dalle condizioni climatiche locali (nuvolosità, foschia ecc..) e dipende dalla latitudine del luogo: come è noto cresce quanto più ci si avvicina all'equatore.

Il territorio interessato è collinare.

Di seguito si riportano due immagini per una immediata localizzazione del sito interessato dall'impianto, mentre per un più dettagliato inquadramento geografico dell'area in questione si rimanda alle tavole in allegato.

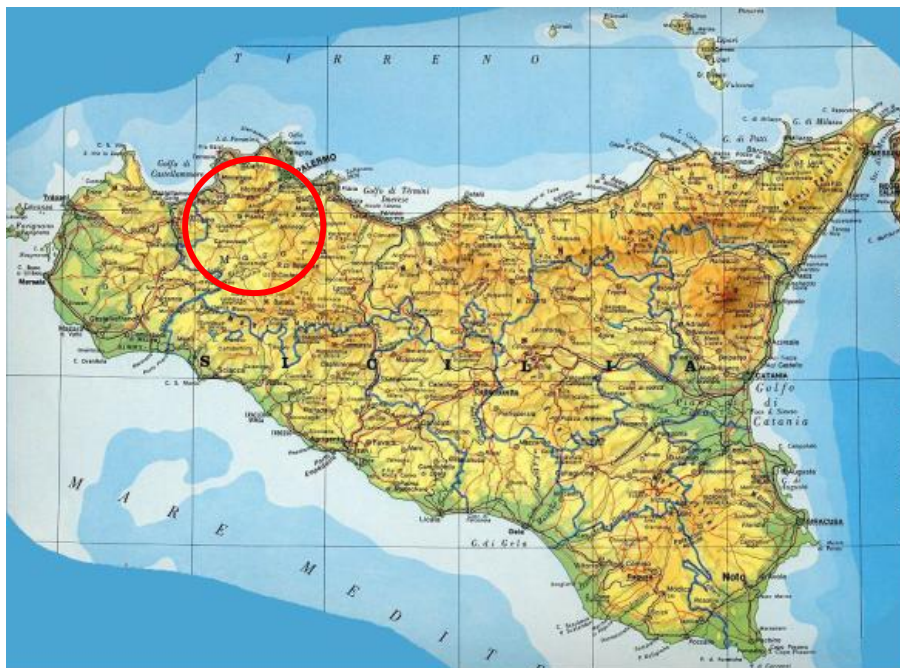


Figura 2 inquadramento sito di interesse su base regionale (in rosso) (elaborazione interna)

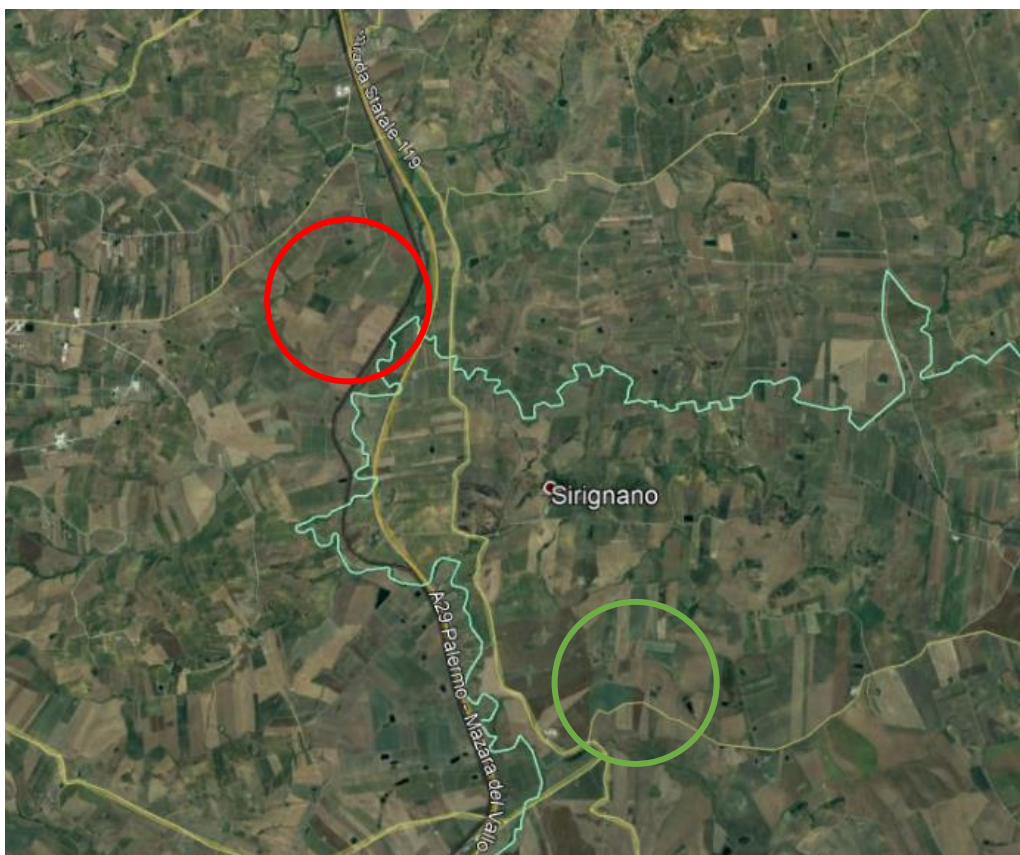


Figura 3 inquadramento geografico sito d'interesse su foto satellitare (impianto in rosso, stazioni elettriche in verde) (fonte Google LLC, elaborazione interna)

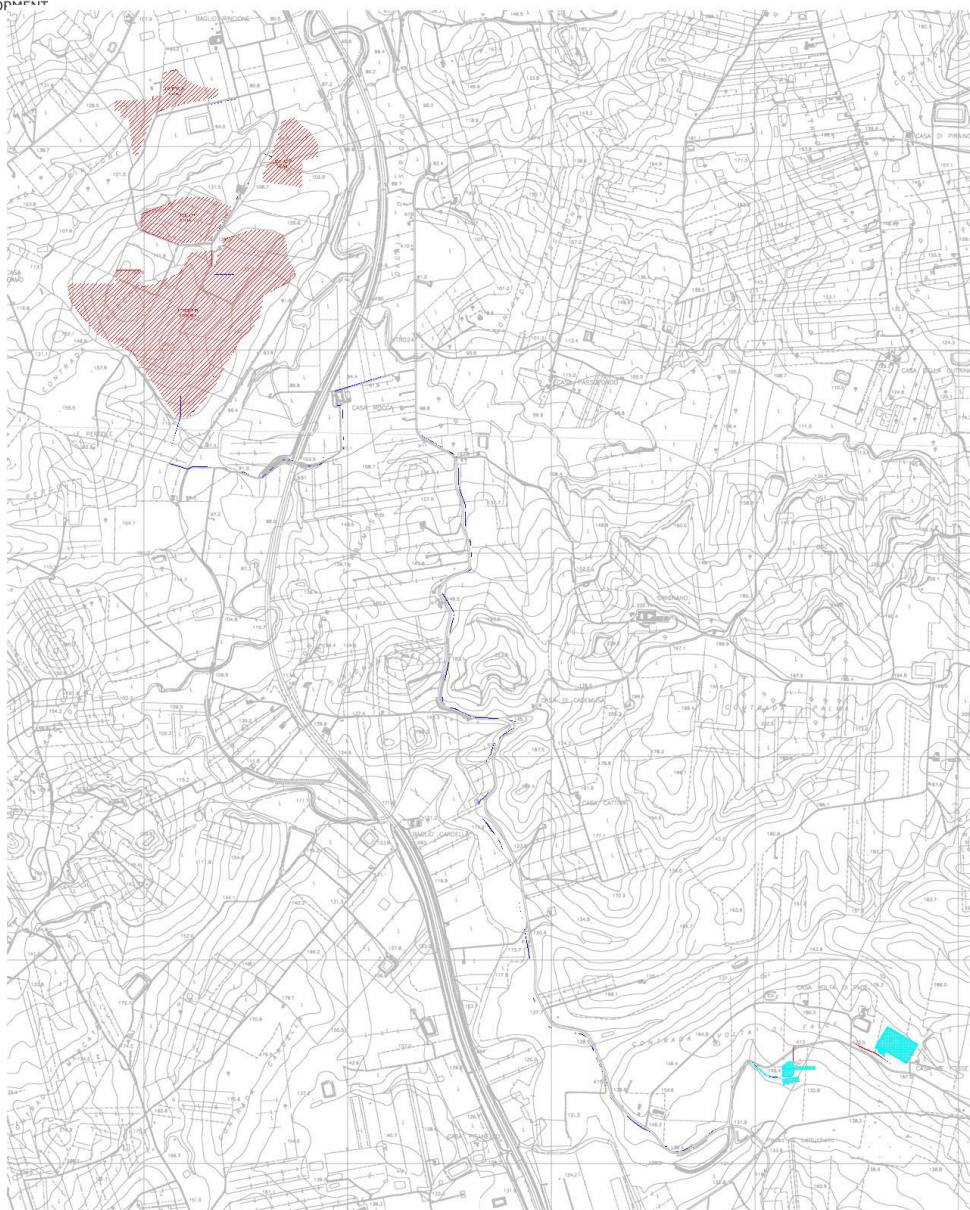


Figura 4 Area impianto fotovoltaico, cavidotto MT e area stazioni elettriche su IGM (elaborazione interna)

1.2 Caratterizzazione dei lotti

Il sito individuato per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico si trova nel comune di Calatafimi Segesta, con quote variabili tra 90 e 170 metri sul livello del mare. Il progetto di parco fotovoltaico prevede la realizzazione di n° 4 lotti, tutti siti in c.da Pergole e limitrofi, così caratterizzati:

- lotto A: 11 ha ca.

- lotto B: 11 ha ca.
- lotto C: 14.4 ha ca.
- lotto D: 71.6 ha ca.



Figura 5 denominazione lotti dell'impianto fotovoltaico su foto satellitare (fonte Google LLC, elaborazione interna)

L'estensione totale dell'area di interesse è pari a 108 ha ca., su di essa si prevedono:

- Area impianto fotovoltaico (strutture sostegno pannelli, viabilità, cabine, etc.): 62.47 ha ca. entro cui ricadono, come previsto dal Progetto Agrovoltaico, le seguenti colture/allevamenti:
 - Coltivazione di specie foraggere poliennali: 18.6 ha ca.;
 - Coltivazione ortive da pieno campo per il consumo fresco: 12.4 ha ca.;
 - Coltivazione di foraggere annuali per la produzione di fieno: 6.2 ha ca.;
 - Coltivazione di leguminose per la produzione di mangimi: 3.1 ha ca.;
 - Coltivazione di cereali per la produzione di mangimi: 3.1 ha ca.;
 - Coltivazione di piante officinali per l'estrazione di principi attivi: 3.1 ha ca.;

- Allevamento estensivo semibrado di ovini per la produzione di agnelli da carne: 18.6 ha ca. per 350 capi ca.;
- Allevamento di api per la produzione di miele e altri prodotti dell'alveare: n° 14 apiari.
- Area fascia tagliafuoco: 3,56 ha ca.;
- Area fascia arborata di 10 m. di separazione e protezione dell'impianto fotovoltaico: 6,52 ha ca.;
- Aree esterne: 35,44 ha ca. entro cui ricadono, come previsto dal Progetto Agrovoltaico, le seguenti colture:
 - Area fasce di 10 m contermini agli impluvi: 6,19 ha ca.;
 - Aree colture esterne (uliveti): 29,25 ha ca..

Pertanto, dei complessivi 108 ha ca., si prevede di lasciare incolte soltanto le aree strettamente non coltivabili al di sotto delle strutture di sostegno pannelli, in corrispondenza della viabilità e cabine, pari a 16.1 ha ca..

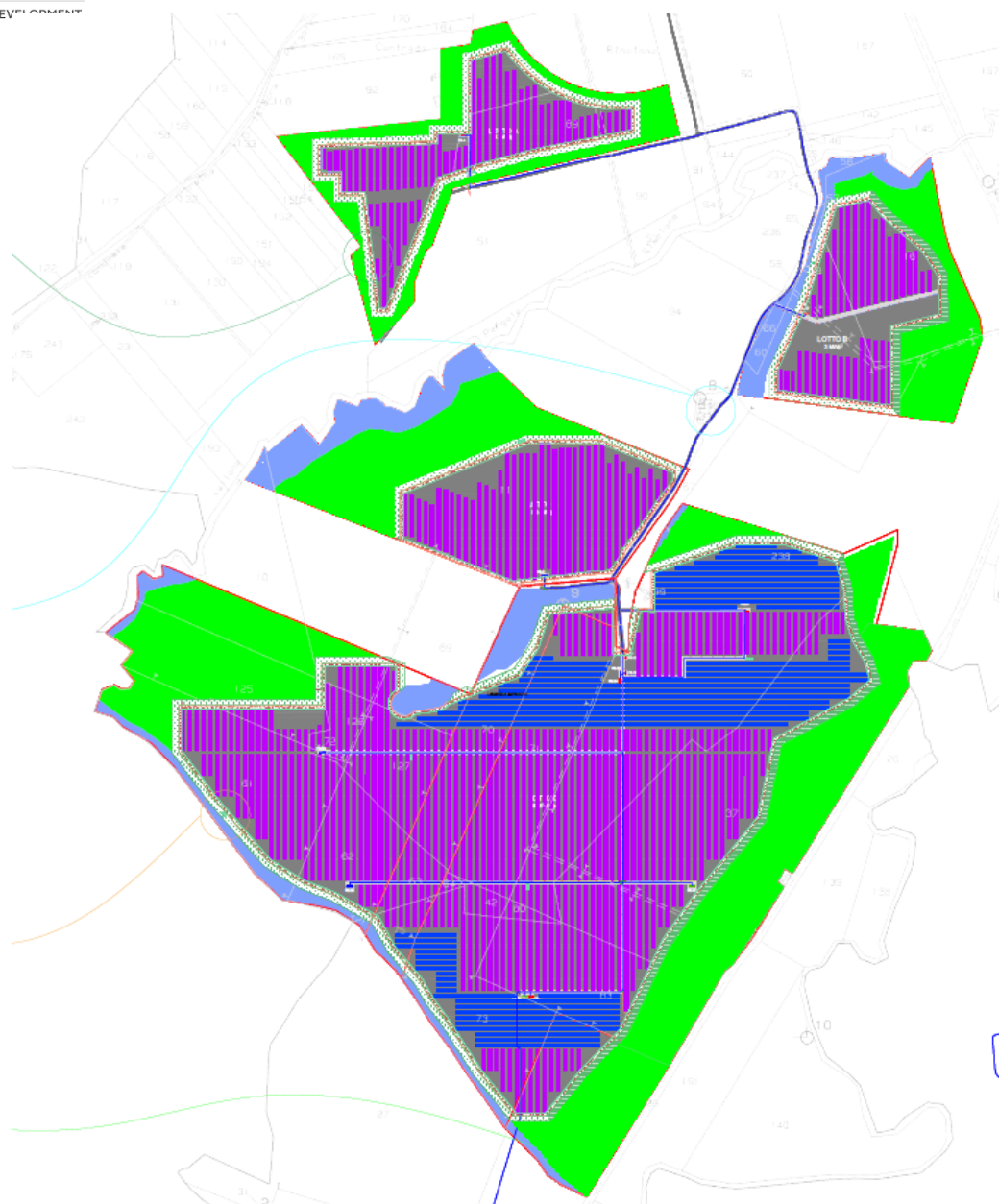


Figura 6 lotti impianto fotovoltaico su base catastale con colture di cui alla Relazione progetto agrovoltaico (elaborazione interna)

Le stazioni elettriche di collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in progetto su area agricola in c.da Volta di Falce nel comune di Monreale (PA), occuperanno complessivamente 2 ha ca..

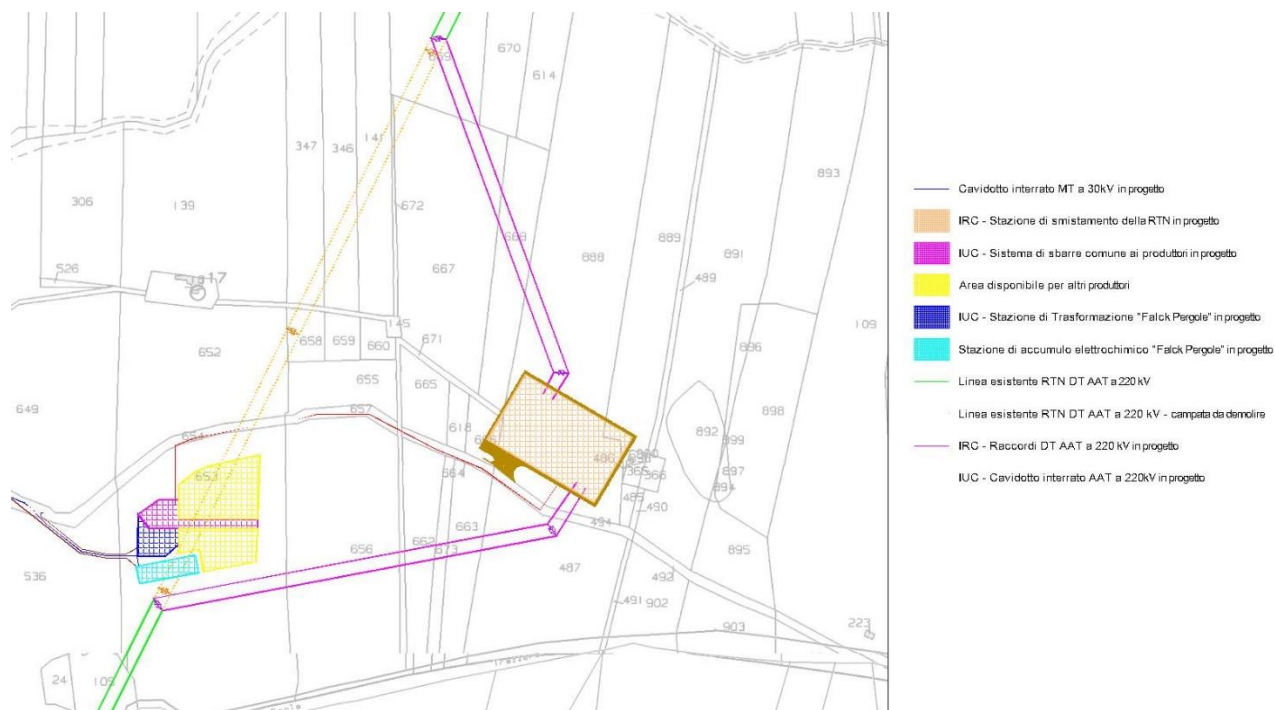


Figura 7 stazioni elettriche per il collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) su base catastale (elaborazione interna)

1.3 Caratteristiche agronomiche dei lotti

L'area in cui ricade l'impianto in esame ricade entro il clima Temperato caldo (Cs) (classificazione di Koppen) e nel tipo bioclimatico "Termomediterraneo-Subumido Superiore". (Secondo l'indice di Rivas-Martinez).

Secondo il "Piano regionale di difesa della vegetazione dagli incendi", l'area di impianto ricade in aree classificate come "Aree non vulnerabili/Aree vulnerabili - seminativo" (Carta della vegetazione vulnerabile). A tal proposito si nota come il progetto in esame prevede la realizzazione di una apposita fascia tagliafuoco di protezione delle aree di installazione dei pannelli fotovoltaici.

L'edificazione e l'esercizio del presente impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare, in un contesto come quello sopra descritto, produrrà un impatto trascurabile sulla flora spontanea e sulle popolazioni animali presenti.

In merito all'attuale uso del suolo per la produzione agricola di eccellenza, i proprietari/conduttori dei fondi interessati dall'installazione dei pannelli fotovoltaici hanno provveduto a rilasciare apposita dichiarazione opportunamente resa agli Enti interessati (vedasi Relazione Agrocomica allegato al presente progetto). Pertanto, coerentemente con il pto 16.4. delle LLGG del Dlgs 387/03 del 10 settembre 2010, l'insediamento e l'esercizio dell'impianto non compromette le finalità perseguite dalle disposizioni in materia di sostegno nel settore agricolo messe in atto dalla Regione Sicilia, con particolare riferimento alla valorizzazione

delle tradizioni agroalimentari locali, alla tutela della biodiversità, così come del patrimonio culturale e del paesaggio rurale.

L'uso attuale del suolo riscontrato (e confermato dalla cartografia consultata) consta di:

- Seminativo;
- Vigneto;
- Incolto.

I vigneti in corrispondenza nell'area di impianto sono oggetti di delocalizzazione. I proprietari, avendo già preso in considerazione la possibilità di spostare i vigneti su altro terreno di proprietà, più adatto di quello attuale per motivi sia logistici che agronomici, hanno approfittato della possibilità di offrire le superfici in questione per la costruzione di un impianto fotovoltaico (per approfondimenti in merito si rimanda alla Relazione Agronomica allegata al progetto).

Per quanto alla possibilità di inquinamento dei suoli, esse si stimano pari a quelle di altri terreni sottoposti a rotazione foraggiere/grano della Sicilia centro -occidentale.

1.4 Componenti di impianto

Il presente progetto di realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare, include i seguenti elementi:

- *Moduli fotovoltaici in silicio monocristallino*: Il modulo fotovoltaico trasforma la radiazione solare incidente sulla sua superficie in corrente continua che viene poi convertita in corrente alternata dal gruppo di conversione. Per il progetto sono stati preliminarmente scelti, dei moduli monocristallini con tecnologia bifacciale da 570 Wp.
- *Inverter fotovoltaici e trasformatori BT/MT– Power station*: Il gruppo di conversione o inverter sarà idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. Si è previsto preliminarmente di impiegare delle soluzioni chiavi in mano per l'alloggio dei trasformatori BT/MT e delle apparecchiature di campo ivi compresi gli inverter.
- *Strutture di supporto dei moduli*: le strutture di sostegno dei pannelli saranno sia del tipo fisso che del tipo ad inseguimento monoassiale. Queste ultime saranno dotate di un sistema meccanico che permetterà la rotazione del piano dei pannelli nella direzione est-ovest. La distanza tra due strutture vicine sarà tale da evitare fenomeni di ombreggiamento ed è pari a 10.9 m. per quelle ad inseguimento e di 8.8 m. per quelle fisse.
- *Recinzione*: Ogni lotto sarà dotato di una recinzione in pali e rete metallica, di circa 2,50 m di altezza, e di un cancello carrabile di circa 10 m in ferro, scorrevole, con trave e pilastri in cls armato.
- *Viabilità*: All'interno di ogni lotto verranno realizzate delle strade carrabili di 5 m, al fine di favorire l'accesso dei mezzi, sia in fase di costruzione che di successiva manutenzione.
- *Opere idrauliche*: Dove necessario, al fine di consentire un corretto smaltimento e deflusso delle acque meteoriche, verranno realizzate delle opere idrauliche, consistenti in cunette, tombini e tubi drenanti.
- *Cavidotto*: La rete elettrica di raccolta dell'energia prodotta è prevista in cavidotto interrato in media tensione con una tensione di esercizio a 30 kV.

- *Cabine di smistamento*: All'interno dell'impianto sono previste delle cabine elettriche di smistamento che hanno il compito di raccogliere le linee elettriche provenienti dalle power station e l'ottimizzazione delle stesse.
- *Locale guardiania*: Sarà realizzato un locale guardiania con sala comandi e dotato di servizi.
- *Stazioni elettriche*: l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico verrà elevata di tensione presso una stazione di trasformazione (area impegnata 2000 mq ca.) collegata ad un sistema di sbarre (area impegnata 3000 mq ca. - di cui si prevede la possibilità di prolungamento per la condivisione con altri produttori) e da questo, vettoriata alla stazione di smistamento della rete di trasmissione nazionale (area impegnata 16000 mq ca.); dette stazioni elettriche sono previste in c.da Volta di Falce nel Comune di Monreale (PA).
- *Edifici stazioni elettriche*: le stazioni elettriche in progetto saranno dotate di idonei edifici per l'alloggio dei quadri BT ed MT, degli impianti ausiliari, dei sistemi di controllo ed antincendio.
- *Accumulo elettrochimico*: A servizio dell'impianto si è previsto di realizzare un opportuno sistema di accumulo elettrochimico ("storage") di potenza totale 10 MW ca., capacità della batteria: 20 MWh, area impiegata: 1900 mq ca..

2 Quadro di riferimento normativo

2.1 PIANIFICAZIONE COMUNITARIA E NAZIONALE

L'Italia è tra i paesi sottoscrittori del protocollo di Kyōto, il trattato internazionale in materia ambientale riguardante il riscaldamento globale sottoscritto nella città giapponese di Kyōto l'11 dicembre 1997 da più di 160 paesi in occasione della Conferenza COP3 della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC). Il trattato prevede l'obbligo in capo ai paesi industrializzati di operare una riduzione delle emissioni di elementi inquinanti (biossido di carbonio ed altri cinque gas serra, ovvero metano, ossido di diazoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo) in una misura non inferiore al 5% rispetto alle emissioni registrate nel 1990 — considerato come anno base — nel periodo 2008-2012.

Nel dicembre del 2008 l'UE ha adottato una strategia integrata in materia di energia e cambiamenti climatici, che fissa obiettivi ambiziosi per il 2020. Lo scopo è indirizzare l'Europa sulla giusta strada verso un futuro sostenibile sviluppando un'economia a basse emissioni di CO₂ improntata all'efficienza energetica. Sono previste le seguenti misure:

- ridurre i gas ad effetto serra del 20% (o del 30%, previo accordo internazionale);
- ridurre i consumi energetici del 20% attraverso un aumento dell'efficienza energetica;
- soddisfare il 20% del nostro fabbisogno energetico mediante l'utilizzo delle energie rinnovabili.

Alla ventunesima riunione della Conferenza delle parti (Cop 21) della Convenzione sui cambiamenti climatici, tenutasi a Parigi nel dicembre 2015, hanno partecipato 195 stati insieme a molte organizzazioni internazionali. L'Accordo di Parigi è un accordo tra gli Stati membri della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), riguardo alla riduzione di emissione di gas serra, e alla finanza, andata in vigore l'anno 2020. L'accordo è entrato in vigore quando 55 paesi lo hanno ratificato, assicurando una copertura delle emissioni globali pari almeno il 55%.

L'accordo raggiunto il 12 dicembre 2015 contiene i seguenti obiettivi:

Obiettivo di lungo termine: contenere l'aumento della temperatura ben al di sotto dei 2°C e perseguire gli sforzi di limitare l'aumento a 1.5°C;

Obiettivo di mitigazione: i paesi puntano a raggiungere il picco globale delle emissioni quanto prima e ad effettuare rapide riduzioni al fine di pervenire ad un equilibrio tra emissioni e assorbimenti nella seconda parte del secolo.

Il 1° novembre 2021 a Glasgow, Regno Unito, si è inaugurata la 26ª conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (COP 26), che si è conclusa il 13 novembre.

Erano 4 gli obiettivi principali della COP26, individuati dalla Presidenza:

1. Mitigazione: azzerare le emissioni nette entro il 2050 e contenere l'aumento delle temperature non oltre 1,5 gradi, accelerando l'eliminazione del carbone, riducendo la deforestazione ed incrementando l'utilizzo di energie rinnovabili
2. Adattamento: supportare i paesi più vulnerabili per mitigare gli impatti dei cambiamenti climatici, per la salvaguardia delle comunità e degli habitat naturali
3. Finanza per il clima: mobilitare i finanziamenti ai paesi in via di sviluppo, raggiungendo l'obiettivo di 100 miliardi USD annui
4. Finalizzazione del "Paris Rulebook: rendere operativo l'Accordo di Parigi, con particolare riferimento a:

-trasparenza: l'insieme delle modalità per il reporting delle emissioni di gas serra ed il monitoraggio degli impegni assunti dai Paesi attraverso i contributi determinati a livello nazionale (NDC - Nationally Determined Contributions);

-meccanismi (Articolo 6 dell'Accordo di Parigi);

-Common timeframes (orizzonti temporali comuni per definizione NDC).

2.2 LINEE GUIDA NAZIONALI

Il 18 settembre 2010 è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 219 il Decreto del 10 settembre 2010 con oggetto "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili".

Il testo di tali Linee Guida è stato predisposto assieme al nuovo Conto Energia dal Ministero dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministero dell'Ambiente e il Ministero per i Beni e le Attività Culturali per poi essere approvati entrambi dalla Conferenza Stato-Regioni-Enti Locali dell'8 luglio 2010.

Il loro obiettivo è definire modalità e criteri unitari a livello nazionale per assicurare uno sviluppo ordinato sul territorio delle infrastrutture energetiche alimentate da FER.

2.3 STRATEGIA ENERGETICA NAZIONALE (SEN)

Con D.M. del 10/11/2017 del Ministero dello Sviluppo Economico e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, è stata adottata la Strategia Energetica Nazionale 2017, il piano decennale del Governo italiano per anticipare e gestire il cambiamento del sistema energetico.

L'Italia ha raggiunto in anticipo gli obiettivi europei - con una penetrazione di rinnovabili del 17,5% sui consumi complessivi al 2015 rispetto al target del 2020 di 17% - e sono stati compiuti importanti progressi tecnologici che offrono nuove possibilità di conciliare contenimento dei prezzi dell'energia e sostenibilità.

La Strategia si pone l'obiettivo di rendere il sistema energetico nazionale più:

- competitivo: migliorare la competitività del Paese, continuando a ridurre il gap di prezzo e di costo dell'energia rispetto all'Europa, in un contesto di prezzi internazionali crescenti;
- sostenibile: raggiungere in modo sostenibile gli obiettivi ambientali e di decarbonizzazione definiti a livello europeo, in linea con i futuri traguardi stabiliti nella COP21;
- sicuro: continuare a migliorare la sicurezza di approvvigionamento e la flessibilità dei sistemi e delle infrastrutture energetiche, rafforzando l'indipendenza energetica dell'Italia;

Fra i target quantitativi previsti dalla SEN:

- efficienza energetica: riduzione dei consumi finali da 118 a 108 Mtep con un risparmio di circa 10 Mtep al 2030;
- fonti rinnovabili: 28% di rinnovabili sui consumi complessivi al 2030 rispetto al 17,5% del 2015; in termini settoriali, l'obiettivo si articola in una quota di rinnovabili sul consumo;
- elettrico del 55% al 2030 rispetto al 33,5% del 2015; in una quota di rinnovabili sugli usi termici del 30% al 2030 rispetto al 19,2% del 2015; in una quota di rinnovabili nei trasporti del 21% al 2030 rispetto al 6,4% del 2015;
- riduzione del differenziale di prezzo dell'energia: contenere il gap di costo tra il gas italiano e quello del nord Europa (nel 2016 pari a circa 2 €/MWh) e quello sui prezzi;
- dell'elettricità rispetto alla media UE (pari a circa 35 €/MWh nel 2015 per la famiglia media e al 25% in media per le imprese);
- cessazione della produzione di energia elettrica da carbone con un obiettivo di accelerazione al 2025, da realizzare tramite un puntuale piano di interventi infrastrutturali;
- razionalizzazione del downstream petrolifero, con evoluzione verso le bioraffinerie e un uso crescente di biocarburanti sostenibili e del GNL nei trasporti pesanti e marittimi al posto dei derivati dal petrolio;
- verso la decarbonizzazione al 2050: rispetto al 1990, una diminuzione delle emissioni del 39% al 2030 e del 63% al 2050;

- raddoppiare gli investimenti in ricerca e sviluppo tecnologico clean energy: da 222 Milioni nel 2013 a 444 Milioni nel 2021;
- promozione della mobilità sostenibile e dei servizi di mobilità condivisa;
- nuovi investimenti sulle reti per maggiore flessibilità, adeguatezza e resilienza; maggiore integrazione con l'Europa; diversificazione delle fonti e rotte di approvvigionamento gas e gestione più efficiente dei flussi e punte di domanda;
- riduzione della dipendenza energetica dall'estero dal 76% del 2015 al 64% del 2030 (rapporto tra il saldo import/export dell'energia primaria necessaria a coprire il fabbisogno e il consumo interno lordo), grazie alla forte crescita delle rinnovabili e dell'efficienza energetica.

Il raggiungimento degli obiettivi presuppone alcune condizioni necessarie e azioni trasversali:

- infrastrutture e semplificazioni: la SEN 2017 prevede azioni di semplificazione e razionalizzazione della regolamentazione per garantire la realizzazione delle infrastrutture e degli impianti necessari alla transizione energetica, senza tuttavia indebolire la normativa ambientale e di tutela del paesaggio e del territorio né il grado di partecipazione alle scelte strategiche;
- costi della transizione: grazie all'evoluzione tecnologica e ad una attenta regolazione, è possibile cogliere l'opportunità di fare efficienza e produrre energia da rinnovabili a costi sostenibili. Per questo la SEN segue un approccio basato prevalentemente su fattori abilitanti e misure di sostegno che mettano in competizione le tecnologie e stimolino continui miglioramenti sul lato dell'efficienza;
- compatibilità tra obiettivi energetici e tutela del paesaggio: la tutela del paesaggio è un valore irrinunciabile, pertanto per le fonti rinnovabili con maggiore potenziale residuo sfruttabile, cioè eolico e fotovoltaico, verrà data priorità all'uso di aree industriali dismesse, capannoni e tetti, oltre che ai recuperi di efficienza degli impianti esistenti. Accanto a ciò si procederà, con Regioni e amministrazioni che tutelano il paesaggio, alla individuazione di aree, non altrimenti valorizzabili, da destinare alla produzione energetica rinnovabile;
- effetti sociali e occupazionali della transizione: fare efficienza energetica e sostituire fonti fossili con fonti rinnovabili genera un bilancio netto positivo anche in termini occupazionali, ma si tratta di un fenomeno che va monitorato e governato, intervenendo tempestivamente per riqualificare i lavoratori spiazzati dalle nuove tecnologie e formare nuove professionalità, per generare opportunità di lavoro e di crescita.

2.4 Piano nazionale integrato per l'energia e il clima (PNIEC)

Il Piano nazionale integrato per l'energia e il clima per gli anni 2021-2030 è stato predisposto dal MISE, con il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare (ora Ministero della transizione ecologica) e il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (ora Ministero della mobilità sostenibile).

Il PNIEC è stato adottato in attuazione del Regolamento 2018/1999/UE, e inviato alla Commissione UE a gennaio 2020, al termine di un percorso avviato nel dicembre 2018. Una prima proposta di Piano è stata inviata alla Commissione in data 8 gennaio 2019 e su essa sono state condotte consultazioni istituzionali e pubbliche, con l'invio ai Presidenti di Camera e Senato, al Ministero per gli affari regionali e le autonomie e all'ARERA. A livello parlamentare, la Commissione X (attività produttive) della Camera ha tenuto una serie di audizioni in materia, nell'ambito dell'indagine conoscitiva sulle prospettive di attuazione e di adeguamento della Strategia Energetica Nazionale al Piano Nazionale Energia e Clima per il 2030. La consultazione pubblica è rimasta aperta fino al 5 maggio 2019. Il 16 giugno la Commissione europea ha adottato raccomandazioni specifiche sulla Proposta di PNIEC italiana. A dicembre 2019, il Piano è stato adottato in via definitiva.

Nella successiva tabella sono illustrati i principali obiettivi del PNIEC al 2030, su rinnovabili, efficienza energetica ed emissioni di gas serra:

Tabella 1 - Principali obiettivi su energia e clima dell'UE e dell'Italia al 2020 e al 2030

	Obiettivi 2020		Obiettivi 2030	
	UE	ITALIA	UE	ITALIA (PNIEC)
Energie rinnovabili (FER)				
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia	20%	17%	32%	30%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia nei trasporti	10%	10%	14%	22%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi per riscaldamento e raffrescamento			+1,3% annuo (indicativo)	+1,3% annuo (indicativo)
Efficienza energetica				
Riduzione dei consumi di energia primaria rispetto allo scenario PRIMES 2007	-20%	-24%	-32,5% (indicativo)	-43% (indicativo)
Risparmi consumi finali tramite regimi obbligatori efficienza energetica	-1,5% annuo (senza trasp.)	-1,5% annuo (senza trasp.)	-0,8% annuo (con trasporti)	-0,8% annuo (con trasporti)
Emissioni gas serra				
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	-21%		-43%	
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS	-10%	-13%	-30%	-33%
Riduzione complessiva dei gas a effetto serra rispetto ai livelli del 1990	-20%		-40%	
Interconnettività elettrica				
Livello di interconnettività elettrica	10%	8%	15%	10% ¹
Capacità di interconnessione elettrica (MW)		9.285		14.375

I principali obiettivi del PNIEC italiano sono:

- una percentuale di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia pari al 30%, in linea con gli obiettivi previsti per il nostro Paese dalla UE;
- una quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia nei trasporti del 22% a fronte del 14% previsto dalla UE;

- una riduzione dei consumi di energia primaria rispetto allo scenario PRIMES 2007 del 43% a fronte di un obiettivo UE del 32,5%;
- la riduzione dei "gas serra", rispetto al 2005, con un obiettivo per tutti i settori non ETS del 33%, superiore del 3% rispetto a quello previsto dall'UE.
- Nel quadro di un'economia a basse emissioni di carbonio, PNIEC prospetta inoltre il phase out del carbone dalla generazione elettrica al 2025.

La neutralità climatica nell'UE entro il 2050 e l'obiettivo intermedio di riduzione netta di almeno il 55% delle emissioni di gas serra entro il 2030 hanno costituito il riferimento per l'elaborazione degli investimenti e delle riforme in materia di Transizione verde contenuti nei Piani nazionali di ripresa e resilienza, figurando tra i principi fondamentali base enuciati dalla Commissione UE nella Strategia annuale della Crescita sostenibile - SNCS 2021 (COM(2020) 575 final).

Il Piano nazionale italiano di ripresa e resilienza profila, dunque, un futuro aggiornamento degli obiettivi sia del Piano Nazionale integrato Energia e Clima (PNIEC) e della Strategia di lungo termine per la riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra, per riflettere i mutamenti nel frattempo intervenuti in sede europea.

2.5 Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC)

Il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici ha la finalità di contenere la vulnerabilità dei sistemi naturali, sociali ed economici agli impatti dei cambiamenti climatici, ad aumentare la resilienza degli stessi e a migliorare le possibilità di sfruttamento di eventuali opportunità ed è quindi orientato all'integrazione delle considerazioni ambientali e dei principi dello sviluppo sostenibile.

Esso recepisce le indicazioni comunitarie e nazionali in materia di adattamento ai cambiamenti climatici, allineandosi alla Strategia Europea di adattamento ai cambiamenti climatici (COM(2013) 216 final) dando attuazione alla Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici – SNAC (MATTM, 2015), da cui il Piano direttamente discende, rappresentandone un'articolazione avanzata e operativa quale Piano d'Azione che attua gli indirizzi forniti dalla Strategia stessa.

Con nota prot. MATTM.INT.41548 del 4 giugno 2020, la Direzione Generale per il clima, l'energia e l'aria del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha presentato, la domanda per l'avvio della procedura di verifica di assoggettabilità a Valutazione ambientale strategica ai sensi dell'art. 12 del D.lgs 152/2006 e s.m.i., relativamente al Piano Nazionale di adattamento ai Cambiamenti Climatici.

Alla data attuale la procedura di Valutazione ambientale strategica ai sensi dell'art. 12 del D.lgs 152/2006 e s.m.i., cui il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha reputato di sottoporre il Piano (Dec. Direttoriale n 346 del 20/10/2020), non risulta essere conclusa; pertanto in Piano non è ad oggi adottato.

2.6 Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)

Il 30 aprile 2021 il Governo italiano ha ufficialmente trasmesso il testo definitivo del PNRR alla Commissione europea. Il Piano delinea un "pacchetto completo e coerente di

“riforme e investimenti”, necessario ad accedere alle risorse finanziarie messe a disposizione dall'Unione europea con il Dispositivo per la ripresa e la resilienza (*Recovery and Resilience Facility* - RRF), perno della strategia di ripresa post-pandemica finanziata tramite il programma Next Generation EU (NGEU).

Le misure previste dal Piano si articolano intorno a tre assi strategici condivisi a livello europeo: digitalizzazione e innovazione, transizione ecologica, inclusione sociale. Seguendo le linee guida elaborate dalla Commissione europea, inoltre, il Piano raggruppa i progetti di investimento e di riforma in 16 Componenti, raggruppate a loro volta in 6 Missioni:

1. Digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo
2. Rivoluzione verde e transizione ecologica
3. Infrastrutture per una mobilità sostenibile
4. Istruzione e ricerca
5. Coesione e inclusione
6. Salute.

Il Piano affronta inoltre tutte le tematiche considerate di punta dalla Commissione europea in quanto sfide comuni a tutti gli Stati membri. Si tratta dei sette programmi di punta (“*Flagship programs*”) europei:

1. *Power up* (Accendere);
2. *Renovate* (Ristrutturare);
3. *Recharge and refuel* (Ricaricare e Ridare energia);
4. *Connect* (Connettere);
5. *Modernise* (Ammodernare);
6. *Scale-up* (Crescere);
7. *Reskill and upskill* (Dare nuove e più elevate competenze).

Nel PNRR, i progetti d'investimento in materia di transizione energetica e fonti rinnovabili sono enunciati nella Missione 2. In particolare, nella Componente C1 "Economia circolare e agricoltura sostenibile", sono previsti investimenti sui ‘parchi agricoli’ (1,5 miliardi), e, nella Componente C2 "Energia rinnovabile, Idrogeno, Rete e Mobilità sostenibile", hanno sede la quasi totalità dei programmi di investimento e ricerca per le FER tra cui, oltre lo sviluppo della filiera dell'idrogeno, le reti e le infrastrutture di ricarica per la mobilità elettrica, è previsto il sostegno allo sviluppo dei ‘sistemi agrivoltaici’ (M2-C2-1.1) (1,1 miliardi) attraverso l’installazione a regime di una capacità produttiva da impianti agro-voltaici pari a 1,04 GW, che produrrebbe circa 1.300 GWh annui, con riduzione delle emissioni di gas serra stimabile in circa 0,8 milioni di tonnellate di CO₂. La misura prevede:

- l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura-produzione di energia senza compromissione dei terreni dedicati all'agricoltura, anche valorizzando i bacini idrici con soluzioni galleggianti;
- il monitoraggio delle realizzazioni e della loro efficacia, con la raccolta dei dati sia sugli impianti fotovoltaici sia su produzione e attività agricola sottostante. A tale

fine, saranno concessi contributi a fondo perduto fino a 764 milioni di euro e prestiti agevolati fino a 336 milioni.

Quali riforme di settore, connesse agli interventi, il Piano prospetta, in linea con la delega al Governo per il recepimento della Direttiva RED II:

- la semplificazione delle procedure di autorizzazione per gli impianti rinnovabili onshore e offshore, e l'adozione di un nuovo quadro giuridico per sostenere la produzione da fonti rinnovabili e la proroga dei tempi e dell'ammissibilità degli attuali regimi di sostegno (M2-C2-R.1.1);
- l'adozione di una nuova normativa per la promozione della produzione e del consumo di gas rinnovabile (biometano) (M2-C2-R.1.2)
- la semplificazione amministrativa e la riduzione degli ostacoli normativi alla diffusione dell'idrogeno (M2-C3-R.3.1)
- l'adozione di misure volte a promuovere la competitività dell'idrogeno (M2-C3R.3) incidono sullo stesso ambito di intervento.

3 I sistemi agrivoltaici - generalità

3.1 Stato dell'arte sulla ricerca scientifica

Nel 2015 tutti gli Stati membri delle Nazioni Unite (ONU) hanno adottato l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile [1], che definisce 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals, SDGs), per la pace e la prosperità per le persone e il pianeta, ora e nel futuro. Tre anni dopo (2018), nel suo Rapporto sui progressi rispetto ai SDGs, l'ONU ha evidenziato che i conflitti e il cambiamento climatico sono stati i principali fattori che hanno portato a un numero crescente di persone ad affrontare la fame e l'emigrazione forzata, oltre a ridurre i progressi verso l'accesso universale ai servizi idrici e sanitari di base [2].

Il Gruppo di lavoro internazionale delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (IPCC), ha dichiarato che le attività umane hanno causato circa 1.0 °C di riscaldamento globale al di sopra dei livelli preindustriali ed è probabile che il riscaldamento raggiunga 1,5 °C tra il 2030 e il 2052 se continua ad aumentare al ritmo attuale [3]. L'energia rinnovabile (RE) ha un grande potenziale per mitigare il cambiamento climatico riducendo l'uso di combustibili fossili, e, potenzialmente, può generare feedback positivi se implementata correttamente, contribuendo allo sviluppo sociale ed economico, all'accesso all'energia, alla sicurezza dell'approvvigionamento energetico e alla riduzione degli impatti negativi sull'ambiente e salute) [4]. D'altra parte, se non attuate correttamente, alcune tecnologie rinnovabili comportano emissioni di GHG superiori ai combustibili fossili con cui sono in competizione [5], soprattutto per quanto riguarda l'utilizzo di biomasse per la produzione di energia a causa di problematiche relative a emissioni di particolato [6] o eutrofizzazione [7] che non sono sempre adeguatamente identificate e comunicate ai decisori politici [8].

Nel 2019, per il quarto anno consecutivo, la capacità di generazione di energie rinnovabili ha superato quella dei combustibili fossili e del nucleare. Sono stati installati circa 100 GW di solare fotovoltaico (PV) che rappresenta il 55% delle fonti di energia rinnovabile, seguito dall'eolico (28%) e dall'idroelettrico (11%). Nel complesso, l'energia rinnovabile è cresciuta fino a rappresentare oltre il 33% della capacità di generazione installata a livello mondiale [9].

Uno degli aspetti da prendere in considerazione è l'impatto delle energie rinnovabili sull'occupazione di terreno, questa può risultare contenuta nel caso di impianti fotovoltaici installati sugli edifici [10]. In generale, le turbine eoliche occupano meno terreno dei sistemi solari (circa la metà) mentre la produzione di energia da biomassa determina la più alta occupazione di suolo; Dijkman [11] ha trovato un rapporto tra produzione di energia e utilizzo di suolo pari rispettivamente a 100, 42 e 1 per l'eolico, il solare e le biomasse).

Nel 2018 l'Unione Europea ha fissato obiettivi ambiziosi nella strategia di produzione energetica al 2030 con le rinnovabili che dovrebbero coprire il 32% del consumo

energetico totale [12]; l'Italia prevede di realizzare numerosi impianti fotovoltaici per raggiungere i suoi obiettivi climatici [13].

Nonostante la sua intima connessione con lo sviluppo sostenibile [14], la produzione di energia rinnovabile non è immune dalle critiche, soprattutto quando interferisce con l'uso effettivo del suolo, come dimostrato dal dibattito *fuel vs food* [15].

Tra le energie rinnovabili, il solare fotovoltaico (PV) è la tecnologia di generazione di energia che mostra il maggiore tasso di crescita [16]. Molti studi hanno affrontato i potenziali impatti degli impianti fotovoltaici, in particolare per quanto riguarda il conflitto che gli impianti fotovoltaici su larga scala possono generare sui terreni agricoli [17-20] mentre Calvert e Mabee [21] hanno sviluppato una metodologia per confrontare il potenziale di produzione e l'efficienza dell'uso del suolo delle soluzioni fotovoltaiche e bioenergetiche.

Sebbene l'energia fotovoltaica abbia un basso fabbisogno di terra rispetto ad altre opzioni di energia rinnovabile [22], la sua integrazione nel paesaggio dovrebbe essere concepita per ridurre al minimo i cambiamenti negativi nell'uso del suolo e favorire l'accettazione da parte della comunità [23]. La combinazione della produzione di energia fotovoltaica e delle attività agricole ha molte potenziali declinazioni [24].

Mentre l'integrazione dei pannelli fotovoltaici con le infrastrutture agricole, ad esempio nei sistemi di essiccazione [25], nella depurazione delle acque reflue [26] o per il sollevamento dell'acqua [27], si è dimostrata tecnicamente fattibile e fornisce molteplici vantaggi [24], l'uso di terreni agricoli per l'installazione di impianti fotovoltaici a terra, in alcuni casi, è stato limitato dai governi e dalle autorità locali per evitare il consumo di suolo, l'impatto sul paesaggio e la concorrenza con la produzione alimentare [28].

Ad oggi, gli impianti fotovoltaici progettati per combinare la produzione di energia fotovoltaica con le colture alimentari nella stessa installazione sono principalmente legati alle applicazioni in serra, come strategia di risparmio energetico [29] o per aumentare il reddito dell'agricoltore [30]. Le serre fotovoltaiche sono molto diffuse in Europa meridionale [31] e hanno visto una rapida espansione in Cina [32] grazie alle tariffe incentivanti applicate.

Al contrario, pochi sistemi fotovoltaici sono stati progettati per superare la concorrenza tra energia e cibo combinando la produzione fotovoltaica di energia con le colture in pieno campo, un concetto che è stato proposto per la prima volta da Goetzberger e Zastrow [33].

Il sistema sperimentale, proposto dagli autori nel 1982, combinava pannelli fotovoltaici statici installati a 4 m dal suolo con le colture coltivate nel terreno sotto i pannelli [34; 35], venne definito per la prima volta come 'sistema agrivoltaico'. Tali sistemi sono basati sul concetto che un'ombreggiatura parziale può essere tollerata dalle colture e potrebbe ridurre il consumo di acqua per evapotraspirazione durante il periodo estivo e in condizioni di siccità [36]. È stato anche dimostrato che una coltura tollerante l'ombreggiamento, come la lattuga, coltivata sotto i pannelli fotovoltaici, adatta la sua morfologia (ad esempio producendo foglie più larghe) senza riduzione della resa, e che l'energia elettrica complessiva abbinata alla produzione di lattuga in agricoltura ha

generato un aumento del 30% rispetto al valore economico di una coltivazione convenzionale.

È stato proposto che i vantaggi dei sistemi agrivoltaici potrebbero essere legati alla loro somiglianza con i sistemi agroforestali [37]; i pannelli fotovoltaici potrebbero contribuire alla protezione delle colture dal calore eccessivo e mitigare la temperatura del suolo [38], il che potrebbe rendere i sistemi agrivoltaici più resistenti ai cambiamenti climatici rispetto alle monocolture [37].

Dinesh e Pearce [36] hanno eseguito un'analisi tramite modelli matematici di simulazione della coltivazione della lattuga sotto i pannelli fotovoltaici anche in termini di resa della coltura e del bilancio energetico. Gli autori hanno dimostrato che il valore dell'elettricità generata dal sole abbinato alla produzione di colture tolleranti l'ombreggiamento, ha determinato un aumento di oltre il 30% del valore economico nelle aziende agricole che utilizzano sistemi agrivoltaici.

Majudmar e Pasqualetti [39] propongono l'implementazione di sistemi agrivoltaici come strategia sostenibile nelle aree periurbane per generare elettricità senza emissioni di carbonio, preservare i terreni agricoli fornendo un'opportunità di contenere la crescita urbana, di aumentare il valore della terra e produrre vantaggi per gli agricoltori. L'implementazione di successo di sistemi agrivoltaici dipende in ultima analisi dall'accettazione degli agricoltori, che è funzione della loro percezione dei benefici dei sistemi agrivoltaici.

L'aumento del valore della terra [36] e la produttività della terra [34] sono attributi molto convincenti dei sistemi agrivoltaici e, in questo contesto, società di servizi potrebbero ulteriormente stimolare lo sviluppo di questi sistemi attraverso incentivi per gli agricoltori [39].

La comprensione che la resa della coltivazione non è compromessa seriamente (in alcuni casi può rimanere uguale o aumentare) e che l'efficienza d'uso dell'acqua può essere maggiore [36], fornirebbero un'ulteriore spinta verso la diffusione dei sistemi agrivoltaici in pieno campo. La produzione di energia in aggiunta alle coltivazioni non trasformerebbe radicalmente le imprese degli agricoltori, ma consentirebbe l'integrazione del loro reddito, aumenterebbe il loro autoconsumo di energia e, infine, ridurrebbe la spesa pubblica per le energie rinnovabili [30].

Analisi modellistiche hanno dimostrato che la produzione di un sistema agrivoltaico può essere ottimizzata modificando l'architettura dei pannelli [36; 40] e che la produttività delle coltivazioni può essere stimolata regolando l'inclinazione del pannello durante il ciclo colturale [40]. L'installazione di pannelli che regolano automaticamente la loro inclinazione potrebbe consentire di massimizzare sia la produzione agricola che quella energetica [40]. Le prime ricerche sui sistemi agrivoltaici erano limitate a casi studio con pannelli fissi [35], solo recentemente sono state effettuate ricerche sui sistemi con dispositivi fotovoltaici mobili a 1 asse [40].

L'impatto dovuto all'ombreggiamento dei moduli fotovoltaici sulle attività agricole necessita di ulteriori ricerche al fine di valutare l'effetto sulla fisiologia delle colture, sul suolo e sulla produzione agricola [41].

I risultati di ricerche effettuate in questo settore indicano come l'ombreggiamento causato dai moduli fotovoltaici riduce l'evapotraspirazione e risulta benefico soprattutto durante la stagione estiva [42]. La presenza dei pannelli fotovoltaici (in analogia agli alberi) protegge le colture dal riscaldamento eccessivo e determina una mitigazione della temperatura del suolo [43]. Marrou et al. [44] hanno rilevato che il tasso di crescita delle colture coltivate sotto gli impianti agrivoltaiici non si riduce se non durante le prime fasi del ciclo biologico delle colture. Dupraz et al. [43] su frumento coltivato in un sistema agrivoltaiico a due diverse densità di semina, hanno riscontrato sotto i moduli un decremento della resa del 19 e dell'8% rispettivamente per l'alta e la bassa densità, in confronto alla resa ottenuta in piena luce. Dinesh e Pierce hanno verificato che la resa della lattuga in condizioni parzialmente ombreggiate è diminuita tra lo 0 e il 42% rispetto alla piena luce, a seconda della densità dei pannelli fotovoltaici e della stagione di coltivazione [36]. Schindele et al. [41] ha riferito che l'effetto della coltivazione sotto un impianto agrivoltaiico in Germania sulla resa di grano e patate poteva essere negativo o positivo a seconda delle condizioni meteorologiche.

Tuttavia, questi studi non hanno analizzato l'impatto dello stress idrico, a differenza di Amaducci et al. [42] dove è stata simulata la resa in granella del mais coltivato in condizioni di ombra parziale sotto un impianto agrivoltaiico utilizzando un set di 40 anni di dati climatici di una località nel nord Italia. Confrontando i risultati ottenuti in condizioni di pioggia e irrigazione, è stato riscontrato che quando l'acqua è un fattore non limitante, la resa del mais negli impianti agrivoltaiici era leggermente inferiore a quella del mais coltivato in piena luce; tuttavia, in presenza di condizioni di stress idrico, la resa media era più alta e più stabile sotto i moduli fotovoltaici che in condizioni di piena luce.

In una recente review Weselek et al. [44] concludono che considerando gli impatti del cambiamento climatico nelle condizioni colturali dei climi aridi, i sistemi agrivoltaiici potranno apportare benefici per la produzione agricola dovuti all'ombreggiatura determinata dalla presenza dei moduli e ad una maggiore efficienza dell'uso dell'acqua da parte delle colture.

Ciò indica che gli impianti agrivoltaiici, influenzando positivamente sulle rese delle colture, sulla produzione di energia pulita e sul risparmio idrico, potranno svolgere un ruolo significativo nel nesso energia-cibo-acqua, incrementando la resilienza del settore agricolo nei confronti dei cambiamenti climatici, prevedendo impatti maggiormente positivi nel momento in cui si svilupperanno sistemi, tecniche colturali e varietà più adatte alle condizioni degli impianti agrivoltaiici.

3.2 Linee guida concernenti i sistemi agrivoltaiici

3.2.1 *National Solar Centre (BRE), Inghilterra*

Questo documento [45] pubblicato nel mese di luglio 2014, descrive le esperienze e i principi delle buone pratiche ad oggi realizzate per la gestione del bestiame di piccola taglia nei parchi fotovoltaici installati su terreni agricoli, terreni abbandonati o marginali e terreni precedentemente edificati.

Il documento fu proposto inizialmente come appendice al *'Planning guidance for the development of large scale ground mounted solar PV systems'* [46]. Esso dovrebbe essere preso in considerazione unitamente ad un altro documento del BRE National Solar Centre dal titolo *'Biodiversity Guidance for Solar Development'* [47].

Questa guida è stata sviluppata e approvata da una serie di importanti organizzazioni che operano nel settore degli impianti fotovoltaici nel Regno Unito e che si occupano di agricoltura e gestione del territorio.

In conformità con i "10 Impegni" di buona pratica stabiliti dalla Solar Trade Association, la maggioranza degli sviluppatori di parchi solari incoraggiano attivamente l'utilizzo multiuso del suolo, attraverso la prosecuzione dell'attività agricola o misure agroambientali che supportino la biodiversità, producendo benefici sia economici che ecologici.

Viene comunemente proposto nei progetti di parchi solari che il terreno tra e sotto le file dei moduli fotovoltaici sia disponibile per il pascolo di animali di piccola taglia. Animali da fattoria più grandi come cavalli e bovini sono considerati inadatti in quanto hanno il peso e la forza per rimuovere i sistemi di montaggio standard, mentre i maiali o le capre possono causare danni ai cavi, ma il pascolo di animali come pecore e pollame è già stato sperimentato con successo nei parchi fotovoltaici, dimostrando che un duplice uso del suolo è possibile.

La produzione di fieno o insilato, coltivazioni a strisce ad alto reddito come ortaggi o colture non-food come la lavanda necessiterebbero di un'accurata progettazione sia per quanto riguarda le dimensioni dei macchinari necessari per la loro coltivazione sia per quanto riguarda gli schemi di rotazione agraria.

Altre opzioni produttive come l'apicoltura sono già state testate. In alcuni casi, i parchi agrivoltaici possono effettivamente determinare un aumento del valore agricolo del terreno quando, in siti marginali o recentemente riqualificati, sono stati introdotti sistemi di pascolamento produttivi.

È auspicabile che i termini di un accordo sui parchi solari garantiscano la prosecuzione dell'accesso al terreno da parte dell'agricoltore, idealmente in una forma che consenta di richiedere il pagamento di base nell'ambito dello schema di sostegno all'agricoltura della PAC.

3.2.2 *Fraunhofer Institute for solar energy systems (ISE), Germania*

Il Fraunhofer Institute for solar energy systems (ISE) nel mese di ottobre 2020 ha pubblicato il documento *'Agrivoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition. A guideline for Germany'* [48]

L'agricoltura in Germania affronta la sfida di sempre più scarse risorse di terra arabile. Uno dei motivi è lo sviluppo di nuovi insediamenti e strade. Tuttavia, la transizione energetica richiederà in futuro maggiori superfici per la produzione di energia solare. A causa della crescente domanda di terra, i canoni di locazione dei terreni agricoli sono in aumento.

Regioni attraenti per l'agricoltura grazie al loro terreno fertile e il clima mite sono adatte per la realizzazione di impianti fotovoltaici a terra grazie alla alta radiazione solare che sta facendo aumentare la domanda di terreno per gli impianti fotovoltaici a terra. Nel frattempo, grazie alla diminuzione dei costi, questi sistemi sono diventati economicamente redditizi anche senza i sussidi statali.

Il settore agricolo si sta spostando sempre più al centro dell'attenzione come uno dei maggiori emettitori di gas serra, in particolare metano e protossido di azoto. Appare evidente come queste sfide debbano essere affrontate nel contesto delle risoluzioni della Conferenza sul clima di Parigi del 2015 e gli ambiziosi obiettivi climatici del governo tedesco.

Il duplice uso dei seminativi è un possibile approccio; con i sistemi agrivoltaici, i grandi impianti fotovoltaici a terra sono installato su un terreno agricolo che viene utilizzato contemporaneamente per la produzione di cibo. L'aumento della capacità fotovoltaica è essenziale in quanto è visto come un importante pilastro del futuro approvvigionamento energetico nel lungo termine.

Secondo i calcoli del *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems*, la capacità degli impianti fotovoltaici in Germania deve essere aumentata di un fattore da otto a dieci entro il 2050 per raggiungere l'obiettivo di un sistema energetico climaticamente neutro.

Allo stesso tempo, l'integrazione efficiente offerta dagli impianti agrivoltaici può proteggere le piante e il suolo contro gli impatti ambientali negativi, contribuendo nello stesso tempo al contrasto ai cambiamenti climatici e alla creazione di sistemi agricoli più resilienti.

Il prof. dr. Adolf Goetzberger, fondatore del Fraunhofer ISE e il dr. Armin Zastrow sono stati i primi a proporre questa doppia forma di uso del suolo nel 1981 in un articolo pubblicato sulla rivista "Sonnenenergie" dal titolo "*Kartoffeln unter dem Kollektor*" (Patate sotto il collettore).

Nel 2014 il gruppo di innovazione APV-RESOLA ("Agrivoltaico: contributo all'uso efficiente del suolo") raccolse questa idea degli anni '80, ampliando la ricerca per affrontare ulteriori aspetti. Il Ministero Federale dell'Istruzione e della Ricerca (BMBF) ha finanziato il progetto nell'ambito del programma di ricerca FONA (ricerca per lo sviluppo sostenibile). In questo progetto, gli aspetti economici, tecnici, sociali ed ecologici della tecnologia agrivoltaica sono stati esaminati in un impianto pilota in condizioni realistiche fino al 2020.

I partner del progetto erano Fraunhofer ISE (gestione e coordinamento), l'Università di Hohenheim, l'Istituto per la valutazione della tecnologia e l'analisi dei sistemi (ITAS), il Karlsruhe Institute of Technology (KIT), BayWa r.e. Solare Projects GmbH, Regionalverband Bodensee-Oberschwaben, Elektrizitätswerke Schönau e Hofgemeinschaft Heggelbach.

L'obiettivo del progetto era quello di ricercare le basi fondamentali della tecnologia agrivoltaica e dimostrare la sua fattibilità. Con l'installazione dell'impianto pilota a Heggelbach nella Regione del Lago di Costanza nel 2016, i partner del progetto hanno studiato la combinazione tra la produzione di elettricità solare e la raccolta di piante sullo

stesso appezzamento di terreno. 720 moduli bifacciali con una capacità installata di 194 kilowatt picco (kWp) sono stati installati con un'altezza libera di cinque metri su un terzo di ettaro di seminativo. Nel 2017 e 2018, i risultati hanno mostrato un aumento dell'efficienza nell'uso del suolo tra il 60 e l'84 per cento e una migliore adattabilità durante i periodi di siccità. Il sistema è attualmente utilizzato per ulteriori ricerche.

Le linee guida presentano i risultati chiave della ricerca del Progetto APV-RESOLA, forniscono informazioni sulle possibilità e vantaggi della tecnologia, mostrano una panoramica dello stato attuale della tecnologia e della sua potenzialità e offrono consigli pratici sull'uso della tecnologia per gli agricoltori, i Comuni e le aziende. Inoltre, sono riportati esempi di applicazioni di successo e vengono sottolineati gli ostacoli e le sfide per la diffusione dei sistemi agrivoltaici in Germania. Infine, sono presentate alcune proposte per la promozione dei sistemi agrivoltaici.

3.2.3 *Clean Energy Council, Australia*

Il Clean Energy Council australiano, nel mese di marzo 2021, ha pubblicato il documento dal titolo *'Australian Guide To Agrisolar For Large-Scale Solar, for proponents and farmers'* [49]. Questa guida è stata sviluppata per condividere le conoscenze provenienti da esperienze sui sistemi agrivoltaici realizzate in Australia ed in altre parti del mondo, per assistere i promotori di impianti solari su larga scala, i proprietari terrieri e gli agricoltori che lavorano con loro, al fine di integrare efficacemente le attività agricole nei progetti di parchi solari.

Poiché il *'solar grazing'* è la forma più diffusa di sistema agrivoltaico su larga scala, questa guida pone una forte attenzione alla condivisione delle esperienze dei progetti australiani realizzati fino ad oggi, fornendo:

- casi di studio di parchi solari che attualmente impiegano il *'solar grazing'*;
- informazioni sui vantaggi del *'solar grazing'* per i proponenti e gli agricoltori;
- guida pratica per entrambi, proponenti e agricoltori, che sostengono il *'solar grazing'*.

Un ulteriore obiettivo della guida è quello di contribuire alla conoscenza delle tendenze e della ricerca internazionale sui sistemi agrivoltaici che potrebbe essere considerati adeguati al contesto australiano.

Dalla metà degli anni 2010, l'Australia ha visto lo sviluppo di molti impianti fotovoltaici nelle aziende agricole, di riflesso al forte calo del costo della tecnologia fotovoltaica, che l'ha resa la fonte di elettricità più economica. Il pascolo di bestiame su terreni impiegati per grandi impianti fotovoltaici a terra è la forma più diffusa di uso complementare del suolo.

Man mano che il settore cresce, aumenta l'interesse ad esplorare e promuovere nuovi modelli per la combinazione di energia solare e produzione agricola.

Questo accoppiamento è noto con termini intercambiabili, tra cui ‘*agrisolar*’, ‘*agrivoltaico*’, ‘*agrofotovoltaico*’ e “*condivisione solare*”.

Il solare su scala industriale (generalmente maggiore di 5 MW) tipicamente richiede l'accesso ad un terreno relativamente pianeggiante o in leggera pendenza in zone vicine ai punti di allaccio delle reti elettriche, dove gli impatti sulla biodiversità possono essere evitati o ridotti al minimo.

Molte aziende australiane che lavorano nel settore solare su scala industriale, si sono impegnate a ridurre al minimo gli impatti su terreni agricoli altamente produttivi e a esplorare le opportunità di integrazione continua della produzione agricola nei progetti.

Dove vengono proposti e sviluppati parchi solari, c'è un crescente interesse nell'esplorare le opportunità per le attività agricole complementari che possono beneficiare di una serie di preziose caratteristiche dei pannelli solari, tra cui:

- l'ombreggiamento parziale e la protezione dagli agenti atmosferici (inclusi sole, pioggia, grandine e vento)
- protezione dai predatori per le pecore
- migliore ritenzione dell'umidità del suolo, che può portare a un miglioramento della crescita della vegetazione per alcune colture sotto i pannelli, come mostrato in studi internazionali.

Con l'implementazione di grandi parchi fotovoltaici iniziata in Australia circa dal 2015, l'esperienza locale sulle pratiche agrivoltaiche è ancora in via di sviluppo e attualmente dominata dal pascolo di pecore nelle fattorie solari. Il primo parco solare australiano dove è stata implementata la pratica agrivoltaica è stato il ‘*Royalla Solar Farm*’, dove le pecore hanno iniziato a pascolare sin dal 2015. Da allora, ci sono stati più di una dozzina di parchi solari che hanno introdotto il pascolo, che si è dimostrato essere una pratica efficace sia per gli allevatori che per i costruttori di parchi solari.

Mentre il “*pascolo solare*”, come è noto, è la forma prevalente di uso complementare del suolo per i parchi solari su larga scala, ad oggi, i parchi agrivoltaici integrati con orticoltura, viticoltura, acquacoltura e coltivazione sono in genere molto piccoli, quindi non ancora validati su scala industriale.

3.3 La norma DIN SPEC 91434 del Deutsches Institut Fur Normung, Germania

Nel maggio 2021 l'organizzazione tedesca Deutsches Institut Fur Normung E.V. (German National Standard, www.din.de) ha pubblicato lo standard DIN SPEC 91434 dal titolo ‘*Agri-photovoltaic systems - Requirements for primary agricultural use*’ [50]. Questo documento è stato sviluppato attraverso la collaborazione tra diverse aziende agricole, imprese del settore fotovoltaico, enti di ricerca e organismi di certificazione coordinati da Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar), l'associazione tedesca

dell'industria solare che rappresenta gli interessi di circa 1000 aziende del settore (www.solarwirtschaft.de). Lo standard DIN SPEC 91434 era stato inizialmente sviluppato dagli esperti del Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE e dell'Università di Hohenheim.

Le attuali disposizioni normative per i bandi per l'innovazione richiedono che l'Agenzia federale delle reti (Bundesnetzagentur) elabori definizioni per ciò che può essere considerato agrivoltaico. BSW-Solar suggerisce di utilizzare lo standard DIN SPEC 91434 come base per questo.

Lo standard DIN SPEC 91434, pubblicato da Beuth Verlag GmbH, Berlino (www.beuth.de), stabilisce i requisiti per i principali usi agricoli nei progetti agrivoltaici e include standard per la pianificazione, il funzionamento, la documentazione e il monitoraggio operativo. Vengono inoltre, riportati gli indicatori di misurazione da utilizzare per le procedure di garanzia della qualità.

Il documento non prende in considerazione i convenzionali impianti fotovoltaici costruiti a terra su terreni agricoli o le serre solari ma si riferisce esclusivamente ai 'sistemi agrivoltaici' dove l'utilizzo combinato della medesima superficie di terreno, sia per la produzione agricola come destinazione d'uso primaria che per la produzione di energia elettrica tramite un impianto fotovoltaico come destinazione d'uso secondaria, determina non solo una maggiore efficienza di sfruttamento del terreno dal punto di vista ecologico ed economico ma, a livello pratico, può anche apportare effetti sinergici positivi tra la produzione agricola e l'impianto fotovoltaico.

A seconda del design dell'impianto, la struttura può assumere importanti funzioni protettive (ad es. protezione dalla grandine), nonché, tramite appositi dispositivi, contribuire alla raccolta dell'acqua piovana. Negli anni caldi e nelle regioni con clima arido si prevede anche una ridotta evaporazione dell'umidità del terreno grazie all'ombreggiamento creato dall'impianto. Tale aspetto acquisirà in futuro un'importanza sempre più rilevante in vista dei cambiamenti climatici.

I sistemi agrivoltaici possono essere suddivisi in quattro categorie di utilizzo (Tabella 1):

- A. colture permanenti o poliennali,
- B. colture annuali,
- C. prato permanente con utilizzo per sfalcio
- D. prato permanente con utilizzo come pascolo

Tra le colture permanenti rientrano le colture che sono escluse dalla rotazione colturale, vengono coltivate per almeno cinque anni sui terreni e forniscono rese ricorrenti. Oltre alle colture permanenti, per prato permanente si intendono superfici che per almeno cinque anni sono escluse dalla rotazione colturale e servono alla produzione di erba o altre piante da foraggio verde. L'attività agricola comprende la coltivazione di prodotti agricoli oppure il mantenimento delle superfici in un buono stato agricolo (ed ecologico), come specificato nelle disposizioni di "cross-compliance" dell'Unione Europea [2] e nei rispettivi regolamenti nazionali.

Tabella 1. Esempi di coltivazione tra le file dell'impianto fotovoltaico

Colture permanenti o poliennali	Colture annuali (seminativi)	Prato permanente con utilizzo per sfalcio	Prato permanente con utilizzo per pascolo
Frutticoltura	Colture Food (cereali, leguminose da granella)	Coltivazioni per la produzione di foraggio fresco	Pascolo permanente
Coltivazione di frutti di bosco	Colture No Food (specie da fibra, da biomassa per energia, officinali)	Coltivazioni per la produzione di fieno o insilato	Pascolo razionato (bovini, ovini, caprini, suini e pollame)
Viticoltura	Colture orticole		
Specie officinali arboree o arbustive	Colture prative temporanee		

Nell'ambito dei sistemi agrovoltaici, gli impianti fotovoltaici possono essere di due categorie:

1. impianti con elevazione ad altezza libera;
2. impianti con elevazione a livello del suolo (*ground mounted*).

Nel primo caso l'impianto ha un'elevazione ad un'altezza libera di almeno 2,10 m e la coltivazione agricola viene effettuata al di sotto dell'impianto. A tal fine i moduli solari possono essere installati ad angolazioni e in posizioni differenti e coprire parzialmente o interamente la superficie utilizzabile ai fini agricoli (AL). La superficie non utilizzabile ai fini agricoli (AN) si limita alla superficie degli elementi di elevazione e alle zone che, a seguito della lavorazione del campo, in conformità al progetto di utilizzo ai fini agricoli non sono più a disposizione per una lavorazione tradizionale (Figura 1).

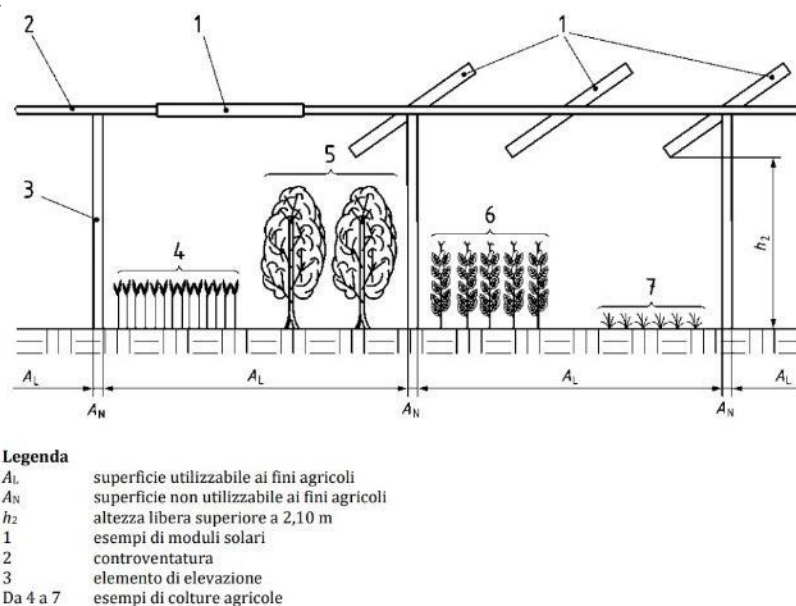
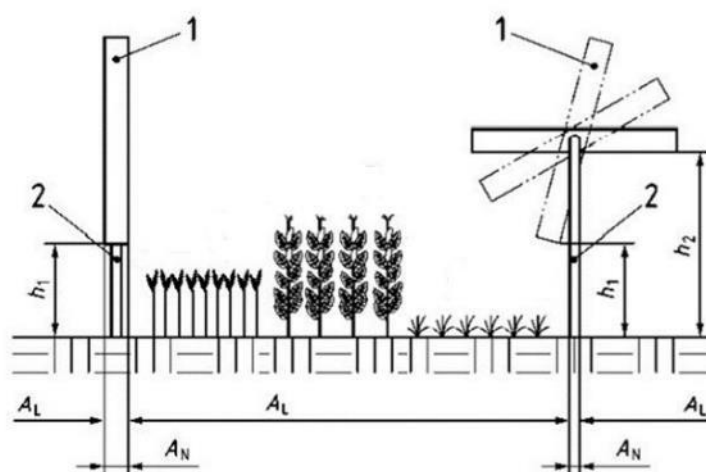


Figura 1. Rappresentazione schematica di un sistema agrovoltaico con impianto con elevazione ad altezza libera

Gli impianti con elevazione al livello del suolo sono sostenuti da pali inseriti nel terreno e la coltivazione agricola ha luogo tra le file dell'impianto. A tale riguardo si opera una distinzione tra impianti in cui i moduli solari sono posizionati in modo fisso ad una determinata angolazione su pali e impianti in cui i moduli solari sono posizionati verticalmente o sono inclinabili (tracking) in modo da poter seguire la posizione del sole dall'alba al tramonto (Figura 2).

Di norma, la superficie al di sotto dei moduli con un'altezza libera inferiore a 2,10 m deve essere considerata come superficie non utilizzabile ai fini agricoli (AN). Se nel progetto di utilizzo ai fini agricoli (5.2) viene specificato che la lavorazione ha luogo anche al di sotto di un'altezza libera di 2,10 m e sotto tale superficie viene raggiunta una resa del 66%, la AN si riduce di conseguenza. Tutti gli altri requisiti necessari ai sensi del punto 5.2 riguardo all'utilizzabilità ai fini agricoli devono essere soddisfatti anche su tale superficie sottostante i moduli. Qualora sussistano le circostanze tecniche necessarie, la coltivazione può essere eseguita fino alla struttura di sostegno. Nel progetto di utilizzo ai fini agricoli (5.2) deve essere descritta la modalità di lavorazione della superficie.



Legenda

A_L	superficie utilizzabile ai fini agricoli
A_N	superficie non utilizzabile ai fini agricoli
h_1	altezza libera inferiore a 2,10 m
h_2	altezza libera superiore a 2,10 m
1	esempi di moduli solari
2	elemento di elevazione

Figura 2. Rappresentazione schematica di un sistema agrivoltaico con impianto con elevazione a livello del suolo (ground mounted)

3.3.1 Criteri e requisiti per l'utilizzo agricolo primario del suolo

La Norma DIN SPEC 91434 ha definito criteri e requisiti per l'utilizzo agricolo primario del suolo di seguito descritti.

La precedente utilizzabilità ai fini agricoli della superficie deve essere mantenuta tenendo conto della perdita di superficie.

La modalità di utilizzo del terreno e la produzione vegetale previste devono essere descritte in un progetto relativo all'utilizzabilità ai fini agricoli, che si estenda per i successivi 3 anni o preveda un ciclo di rotazione di colture (5.2).

Le possibilità di coltivazione della superficie devono essere adattate alle colture ed essere eseguite in conformità al progetto di utilizzo ai fini agricoli (5.2).

Tramite le mappe catastali o nell'ambito di altri controlli è possibile verificare l'utilizzabilità continuativa ai fini agricoli della superficie.

Per poter garantire l'utilizzo della superficie utilizzabile ai fini agricoli dopo l'installazione dell'impianto agri-FV, è necessario elaborare, in fase di progettazione dell'impianto, un progetto di utilizzo ai fini agricoli della superficie.

Il progetto di utilizzo ai fini agricoli deve includere i contenuti e la struttura previsti nel modello di modulo riportato nell'Appendice A alla norma.

Il progetto di utilizzo ai fini agricoli, che dovrà essere allegato alla documentazione del progetto, verrà redatto dall'EPC (installatore di impianti fotovoltaici) tenendo conto delle indicazioni provenienti dall'utilizzatore del terreno o dal proprietario del progetto.

Oltre a informazioni di carattere generale sull'azienda agricola (ad es. rapporti di proprietà, dimensioni dell'azienda e produzione attuale), all'interno di detto progetto di utilizzo è anche possibile presentare un piano di utilizzo che descriva in modo dettagliato la tipologia di utilizzo prevista nei tre anni successivi alla costruzione dell'impianto agriFV o nell'ambito di un ciclo di rotazione delle colture.

In fase di elaborazione occorre prestare particolare attenzione ai seguenti aspetti:

1. elementi di elevazione
2. perdita di superficie
3. lavorabilità
4. disponibilità e omogeneità della luce
5. disponibilità idrica
6. erosione del terreno
7. installazione e smantellamento in assenza di residui
8. calcolo della redditività
9. efficienza di sfruttamento del terreno.

1. Elementi di elevazione

I moduli fotovoltaici degli impianti di entrambe le categorie devono essere installati e distribuiti in modo uniforme sulla superficie totale del progetto in modo da permettere alla superficie di continuare a essere coltivata come in precedenza.

La distanza tra i singoli pali rispetto alla direzione di lavorazione deve essere di dimensioni tali da consentire il mantenimento della forma di utilizzo del terreno e della produzione vegetale finora in essere.

L'altezza libera per gli impianti FV di categoria I deve essere conforme alla legislazione in materia di tutela del lavoro. Per gli impianti agri-FV di categoria II non è necessaria un'elevazione con altezza libera.

La tipologia di elemento di elevazione deve garantire la lavorabilità della superficie.

2. Perdita di superficie

La perdita di superficie utilizzabile ai fini agricoli a causa delle sovrastrutture e delle strutture interrato deve essere pari al massimo al 10% della superficie totale del progetto per la categoria I e al massimo al 15% per la categoria II.

La lavorabilità della superficie deve essere garantita in modo tale che l'intera superficie utilizzabile ai fini agricoli sia coltivabile o eventualmente percorribile.

4. Disponibilità e omogeneità della luce

Occorre garantire sia la crescita vegetativa delle piante in generale, sia periodi di raccolta simili a quelle riferiti a colture in piena luce e corrette pratiche agronomiche tramite un'adeguata disponibilità di luce.

L'intensità della luce ovvero l'ombreggiamento e l'omogeneità della luce, nonché gli effetti marginali devono essere verificati e adattati alle esigenze dei prodotti agricoli in questione.

Nel caso in cui tali requisiti non siano soddisfatti, il progetto di utilizzo ai fini agricoli dovrà attestare che sia comunque garantito l'utilizzo ai fini agricoli.

5. Disponibilità idrica

La disponibilità di acqua nell'impianto agri-FV deve essere adeguata alle condizioni di crescita della coltura. A tale riguardo occorre prestare attenzione alla ripartizione omogenea dell'acqua piovana sulla coltura sottostante l'impianto agri-FV.

Per verificare la disponibilità idrica per la superficie utilizzabile ai fini agricoli e la tipologia costruttiva pianificata dell'impianto agri-FV è possibile adottare i seguenti approcci:

1. presenza di un dispositivo tecnico di irrigazione che assicuri una sufficiente irrigazione della superficie utilizzabile ai fini agricoli;
2. valutazione caso per caso in relazione al design dell'impianto e alla coltura in questione, attestante la possibilità di coprire il fabbisogno idrico della coltura attraverso le precipitazioni riferibili alle condizioni climatiche del luogo.

6. Erosione del terreno e fenomeni di ristagno idrico

A seguito del gocciolamento di acqua dai moduli può formarsi un bordo di gocciolamento e verificarsi pertanto il conseguente dilavamento del terreno.

In tutti gli impianti agri-FV è necessario ridurre al minimo la comparsa di erosione e la formazione di fango a causa di bordi di gocciolamento dell'acqua tramite la corretta progettazione dell'impianto.

Qualora fosse necessario, a seconda della coltura, potrebbe essere possibile utilizzare dispositivi di raccolta dell'acqua piovana, distributori di acqua piovana o idonee strutture analoghe.

7. Installazione e smantellamento in assenza di residui

Lo smantellamento del sistema agri-FV, in particolare delle fondamenta e degli ancoraggi, deve essere garantito in modo che la possibilità di utilizzo ai fini agricoli dopo lo smantellamento dell'impianto venga preservata allo stato originario.

Se in fase di montaggio e/o di smantellamento dell'impianto si verificasse un peggioramento della struttura del suolo, occorrerebbe successivamente adottare idonee misure volte al ripristino della struttura originaria del terreno.

8. Calcolo della redditività

Nell'ambito del progetto di utilizzo ai fini agricoli deve essere presentato un progetto economicamente sostenibile per l'utilizzo ai fini agricoli dal punto di vista dell'agricoltore.

9. Efficienza di sfruttamento del terreno

Occorre garantire che la resa delle piante coltivate sulla superficie complessiva del progetto dopo la costruzione dell'impianto agri-FV sia pari almeno al 66% della resa di riferimento.

La riduzione della resa delle colture agricole è data dalla perdita di superficie utilizzabile ai fini agricoli tramite sovrastrutture/sottostrutture dell'impianto agri-FV e dalla riduzione della resa dovuta all'ombreggiamento, alla minore disponibilità d'acqua, ecc.

Determinazione della resa di riferimento: determinata nel seguente modo:

- a) le coltivazioni sono già state realizzate sulla superficie totale del progetto o su altra superficie dell'azienda agricola: in caso di colture permanenti e colture erbacee viene calcolata la media delle rese degli ultimi 3 anni. Nelle rotazioni colturali dei seminativi è necessario determinare le singole colture per 3 cicli consecutivi di avvicendamento colturale.
- b) le coltivazioni non sono già state realizzate presso l'azienda agricola: le rese medie degli ultimi tre anni da pubblicazioni del settore vengono definite come rese di riferimento.

Determinazione della riduzione della resa delle colture coltivate sulla superficie totale del progetto: calcolata a partire dalla perdita di superficie dovuta agli elementi di elevazione e da una stima della perdita di resa dovuta a ombreggiamento, ripartizione irregolare dell'acqua, modifica del microclima e altri effetti ambientali che influiscono sulla resa, generati dall'impianto agriFV. La valutazione della riduzione della resa dovrà essere effettuata da figure competenti.

3.4 Sistemi agro-silvo-pastorali

Nell'implementazione del progetto agrovoltaico, per un'efficace integrazione tra la produzione di energia elettrica e l'attività agricola, è possibile fare riferimento ai sistemi colturali definiti 'agro-silvopastorali' che caratterizzavano l'agricoltura prima del processo di industrializzazione e specializzazione avvenuto a partire dagli ultimi decenni del secolo scorso. Questi sistemi misti, agro-zootecnici e forestali, mostrano numerosi vantaggi, tra cui:

- una maggiore resilienza dal punto di vista dell'adattabilità alle condizioni di incertezza climatica che stiamo fronteggiando,
- valorizzano le risorse naturali presenti utilizzando con maggiore efficacia i diversi fattori produttivi,
- forniscono una serie di servizi ecosistemici con particolare riferimento al mantenimento di un elevato livello di biodiversità sia vegetale che animale, di fertilità del suolo e di protezione degli insetti pronubi,
- si integrano facilmente con la presenza delle strutture portanti dei moduli fotovoltaici sfruttando favorevolmente le condizioni di ombreggiamento e di riduzione della richiesta evapotraspirativa dell'atmosfera,
- forniscono diverse produzioni consentendo di mantenere un reddito anche in situazione di crisi di mercato di determinati prodotti,
- consentono di valorizzare le produzioni ottenute nelle aree di mitigazioni dalle piante mellifere, officinali e arboree autoctone,
- consentono di distribuire l'impiego di manodopera durante tutto l'anno creando occupazione stabile.

3.4.1 Agroecologia, agricoltura multifunzionale e sistemi agro-silvo-pastorali

I sistemi misti si inseriscono nel quadro concettuale dell'agroecologia come esempio di combinazioni di pratiche che rafforzano l'integrazione tra le colture e il bestiame per la progettazione di sistemi agricoli a bassi input e più sostenibili. L'agroecologia consiste nell'applicazione dei principi di tutela ecologica per la produzione di alimenti, carburante, fibre e farmaci, nonché alla gestione di agroecosistemi, secondo gli Indirizzi dell'Organizzazione Mondiale per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE) sull'agroecologia. Rappresenta un sistema di produzione agricola che, traendo i principi fondamentali dall'ecologia, ne ricalca, in maniera quanto più fedele possibile, i criteri, trasferendoli al settore agricolo, zootecnico e forestale.

I sistemi agro-silvo-pastorali sono caratterizzati da un'elevata multifunzionalità, caratteristica che ha contraddistinto l'agricoltura siciliana rivestendo un tradizionale ruolo agronomico, economico e sociale prima dell'introduzione dei sistemi colturali ad alti input tipici dell'agricoltura industriale e specializzata basati su:

- eccessiva meccanizzazione delle operazioni colturali,

- introduzione di varietà e razze migliorate geneticamente non adatte alle condizioni pedoclimatiche dell'ambiente di coltivazione,
- utilizzo massiccio di sostanze chimiche di sintesi per la fertilizzazione, per la difesa delle colture e per il controllo della flora infestante,
- riduzione, fino quasi alla loro eliminazione, delle aree naturali presenti un tempo ai margini dei campi coltivati.

Ciò ha determinato, da un punto di vista agronomico, un'eccessiva semplificazione dei sistemi colturali con effetti negativi sulla perdita di biodiversità e fertilità del suolo; da un punto di vista ambientale, fenomeni diffusi di inquinamento delle falde idriche e moria degli insetti, con particolare riferimento a quelli pronubi, che non trovano possibilità di riparo e supporto alle loro esigenze biologiche nei sistemi monocolturali o nelle aree incolte in stato di abbandono.

Per agricoltura multifunzionale si intende quell'agricoltura che oltre ad assolvere la propria funzione primaria, ovvero la produzione di beni alimentari, è in grado di fornire servizi secondari, utili alla collettività. Secondo la definizione introdotta dalla Commissione agricoltura dell'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico, *“oltre alla sua funzione primaria di produrre cibo e fibre, l'agricoltura multifunzionale può anche disegnare il paesaggio, proteggere l'ambiente e il territorio e conservare la biodiversità, gestire in maniera sostenibile le risorse, contribuire alla sopravvivenza socio-economica delle aree rurali, garantire la sicurezza alimentare.”*

Due forze contribuiscono a creare un continuum per cui ciascuna azienda esprime un certo grado di multifunzionalità: da un lato, la domanda espressa dalla società nei confronti dell'agricoltura, dall'altro le politiche che si riorientano a favore del sostegno alla diversificazione e alla valorizzazione delle funzioni secondarie dell'agricoltura (Belletti et al., 2003). La profonda revisione del sostegno al settore primario porta la Politica Agricola Comunitaria (PAC) a valorizzare sempre più gli aspetti di multifunzionalità, non tanto nell'ottica della giustificazione internazionale del sostegno, quanto piuttosto per dare un nuovo senso al pagamento disaccoppiato e trovare un equilibrio tra le componenti settoriali e territoriali del sostegno complessivo.

Nella PAC (Commissione europea, 2017) sono state introdotte tre misure di *greening*:

- mantenimento dei pascoli permanenti,
- diversificazione delle colture
- aree di interesse ecologico (Ecological Focus Area, EFA).

I sistemi agro-silvo-pastorali, ossia l'associazione nella stessa azienda di aree destinate forestali, piante arboree, colture erbacee, prati permanenti e allevamenti, sono indicati spesso come un modo efficace per realizzare diversi Obiettivi di Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030 dell'ONU. Nel contesto della *“Decade on Ecosystem Restoration”* (2021-2030) le Nazioni Unite hanno assegnato a questi sistemi complessi un ruolo chiave: possono aiutare ad invertire il trend di degrado del suolo, contribuendo anche alla mitigazione dei cambiamenti climatici.

In lingua inglese questi sistemi sono chiamati *mixed farming systems, integrated croplivestock systems o agroforestry systems*. Nei sistemi misti i rapporti positivi tra animali ed ambiente derivano dall'alto livello di integrazione tra le colture ed il bestiame. Questa integrazione spiega molti degli effetti vantaggiosi di questi sistemi sull'impatto ambientale in quanto i reflui vengono utilizzati come fertilizzante organico, determinando un miglior bilancio dei nutrienti nel suolo, e i residui colturali sono utilizzati come alimenti per il bestiame. Inoltre, la coltivazione delle colture leguminose azoto-fissatrici, utilizzate per l'alimentazione del bestiame, introdotte nelle rotazioni, contribuiscono a ridurre o eliminare il ricorso ai fertilizzanti di sintesi.

La natura diversificata dei sistemi misti aiuta a conservare una ampia varietà di biodiversità vegetale e animale e serve da tampone contro il degrado ambientale. Tra gli altri benefici del sistema misto, in aggiunta a quelli già individuati, si includono anche una migliore efficienza economica per via della riduzione dei costi legati alla complementarità tra le colture ed il bestiame e per la diversificazione dei prodotti aziendali (flessibilità del sistema) che permette di ridurre i rischi legati alle fluttuazioni dei mercati ed ai rischi climatici.

La complementarità consiste anche nella valorizzazione delle biomasse vegetali non utilizzabili dall'uomo, nell'utilizzo di aree marginali che per motivi pedoclimatici, agronomici o economici non possono avere altro uso agricolo (es. pascoli montani) e nella riduzione del ricorso ad input esterni. Secondo Bonanudo et al. (2013), i sistemi misti rappresentano una opportunità per migliorare la sostenibilità dei sistemi di produzione agraria. Bisogna, infatti, puntare sui principi dell'agroecologia quale strumento per migliorare la resilienza, l'autosufficienza, la produttività e l'efficienza dei sistemi misti. Lemair et al (2014) ritengono che i sistemi agro-zootecnici siano la chiave per una intensificazione ecologica della produzione agraria che permette di conciliare la food security e la sostenibilità.

La sostenibilità dei sistemi si basa sulle complementarità tra raccolti e bestiame e la connessione del bestiame alla terra (Naylor et al., 2005). Le complementarità corrispondono alle capacità degli animali di valorizzare risorse naturali e coltivazioni vegetali, in particolare biomasse non alimentari (Schiere et al., 2002). Gli animali mangiano e convertono prodotti, sottoprodotti e residui che non sono adatti al consumo umano, mantengono la fertilità del suolo e la produzione agricola riciclando i reflui. In tali sistemi, gli animali svolgono un ruolo chiave nel riciclaggio e nell'aumento dell'efficienza dell'utilizzo delle risorse (Schiere et al., 2002).

I sistemi misti contribuiscono efficacemente al sequestro di carbonio nel terreno sotto forma di humus stabile quale strumento efficace contro il cambiamento climatico come dimostrato dalla ricerca pubblicata nel 2017 '*Young people's burden: requirement of negative CO₂ emissions*' svolta da un gruppo di ricercatori guidati da James Hansen, climatologo del Columbia University Earth Institute di New York (USA).

Le opzioni EFA (*Ecological Focus Area*) hanno mostrato chiare differenze stagionali nel loro potenziale di fornire risorse floreali per le api e per i pronubi in generale, con modelli temporali geograficamente diversi. I margini dei campi rappresentano una fonte continua

di foraggio durante l'anno mentre gli habitat boschivi (ad es. siepi e gruppi di alberi) sono importanti in primavera. Con gli impollinatori che monitorano le risorse su ampia scala (Cole et al., 2017; Mandelik et al. 2012), gli habitat che differiscono per il picco del periodo di fioritura si completano a vicenda, stabilizzando il foraggio su scala paesaggistica. In Sicilia, la scarsità di foraggio per le api si manifesta soprattutto nella stagione estiva caratterizzata dal perdurare per diversi mesi (maggio-settembre) di condizioni di elevate temperature ed assenza di precipitazioni.

La combinazione di allevamenti animali e colture vegetali, che era molto comune in passato, dunque, rappresenta una valida alternativa a sistemi specializzati di allevamento o di coltivazione. Vi sono prove che l'aumento strategico della diversità delle piante aumenta la resa delle colture e del foraggio, la produzione di legno, la stabilità della resa, gli impollinatori, la diminuzione delle infestazioni e dei parassiti (Isbell et al., 2017). Le comunità di insetti impollinatori negli agroecosistemi rispondono positivamente alla maggiore diversità delle piante su più scale spaziali che vanno dall'interno dei campi locali ai paesaggi circostanti (Kremen & Miles 2012; Kennedy et al. 2013).

A livello locale, strisce di piante erbacee o arboree spontanee, bordi perenni di siepi, consociazione, policolture e gestione biologica hanno tutti effetti positivi sugli impollinatori e sui servizi di impollinazione valorizzando la diversità floreale (Garibaldi et al., 2014), anche se solo pochi studi hanno esaminato gli effetti della policoltura o dell'*intercropping*.

3.4.2 Apicoltura – ruolo e contesto normativo

L'apicoltura svolge un ruolo cruciale nello sviluppo sostenibile delle zone rurali, e offre un importante servizio ecosistemico tramite l'impollinazione che contribuisce al miglioramento della biodiversità. Gli apicoltori, attraverso la gestione delle colonie di api, svolgono un servizio ambientale di primaria importanza, oltre a salvaguardare un modello produttivo sostenibile nell'ambiente rurale.

Le api e, in particolare, *Apis mellifera*, sono tra gli impollinatori più efficienti tra gli insetti pronubi. Il loro ruolo è indispensabile per il corretto svolgimento dell'impollinazione incrociata e l'effetto sulla flora spontanea e sulle colture è enorme. Basti pensare che gli Imenotteri cui le api appartengono, rivestono un ruolo preminente tra gli impollinatori dal momento che essi impollinano circa il 75% delle Angiosperme e, tra gli imenotteri antofili circa il 95% delle specie appartiene alla superfamiglia Apoidea (Romagnoli e Radeghieri, 1997).

L'ape mellifera, forma delle colonie pluriennali e le migliaia di api operaie che sono presenti in una colonia svolgono ruoli diversi, tra cui l'attiva ricerca di polline e nettare che rappresentano il nutrimento delle larve e degli adulti. In tale incessante ricerca nel territorio, le api visitano numerosissime piante, prelevando dai fiori nettare e polline e così facendo trasportano parte del polline sui fiori della stessa specie vegetale. Tuttavia, negli ultimi anni la degradazione e la frammentazione degli habitat e il negativo effetto degli agrofarmaci usati nell'agricoltura intensiva hanno influito sulla consistenza stessa

delle popolazioni di api (Decourtye et al., 2010) e hanno creato problemi anche al settore apistico e indirettamente anche a quello agricolo.

Nelle aree intensamente coltivate, inoltre, le aree agricole possono mancare delle quantità di nettare e polline adeguate o questi possono essere di scarsa qualità; ciò si riflette sulla salute stessa delle api e sui prodotti che si ricavano dall'attività apistica (Michener, 2007; Decourtye et al., 2010), nonché sullo sviluppo delle colonie e sulla quantità di api in grado di raccogliere sostanze nutritive (Keller et al., 2005). Pertanto, se da un lato piante con buona qualità di nettare e polline possono essere determinanti per la sopravvivenza delle api, dall'altro una buona presenza di api è in grado di influire positivamente sulle produzioni agricole portando ad un aumento della quantità di prodotto e della qualità con effetti sulle caratteristiche organolettiche e di serbevolezza (Stein et al., 2017; Saez et al., 2020).

Spesso nelle aree agricole le piante coltivate sono monocolture le cui fioriture sono necessariamente definite nel tempo e in tal modo non compatibili sia con la sopravvivenza di popolazioni di api mellifere sia con l'ottimizzazione dei profitti ricavabili dall'attività apistica (Maurizio, 1950; Mattila e Otis, 2006). Nelle aree incolte delle aziende agricole, la flora presente può fornire risorse alle api in periodi in cui le colture non sono in fiore, ma spesso tali aree sono scarse e povere di biodiversità vegetale. La creazione di apposite composizioni floristiche in queste aree può colmare tale deficit e consentire sia la sopravvivenza dell'ape mellifera sia la produzione di un surplus di miele che può rappresentare un prodotto vendibile (Decourtye et al., 2010).

L'alternativa, comunemente praticata in molte regioni italiane e in Sicilia da molti apicoltori, è quella di spostare gli alveari nelle zone dove si trovano le fioriture man mano che le diverse essenze vanno in fioritura. Si tratta di un'apicoltura che può essere definita intensiva e che consente all'apicoltore di ottenere maggiori guadagni per l'incremento di produzione che ne deriva; tale pratica, tuttavia, comporta maggiori costi di conduzione e maggiore stress per le colonie che, se non adeguatamente forti, possono soccombere e comunque necessitano della sostituzione annuale della regina (Bovera, 2017). Allo stress derivato dal trasporto, che può comportare alte temperature all'interno dell'alveare, oltre alle sollecitazioni meccaniche, si aggiunge il pericolo di venire a contatto con api di altre colonie e potenzialmente con parassiti e patogeni che possono comprometterne la sopravvivenza.

La particolare biologia dell'ape mellifera e la sua capacità di esplorare l'ambiente venendo a contatto con acqua, nettare, polline, aria, la rendono anche un ottimo indicatore biologico, capace di reagire alla presenza di sostanze inquinanti con la morte delle api bottinatrici o con il manifestarsi di effetti cronici, quali problemi di orientamento e difficoltà a rientrare all'alveare, o con l'accumulo nella cera, nel miele e nel polline nonché nel corpo stesso delle api di tali sostanze inquinanti. L'ape come bioindicatore ambientale è una realtà già dagli anni '80 dello scorso secolo (Accorti et al., 1991; Celli e Porrini, 1991 e 1994) e da allora, stazioni di monitoraggio costituite da colonie di *Apis mellifera* sono state impiegate per valutare la presenza di inquinanti ambientali, quali metalli pesanti, pesticidi e radionuclidi; poco invece è noto su inquinanti emergenti quali le nanoparticelle (NPs). L'enorme proliferazione dei

nanomateriali e delle loro applicazioni in diversi campi ha portato all'inserimento delle NPs nell'elenco degli inquinanti ambientali (Bundschuh et al., 2018). La loro diffusione nelle aree urbane e rurali li ha già messi in contatto con le api mellifere e il potenziale effetto tossico di alcune NPs è stato già dimostrato in diversi studi (Milivojevic et al. 2015; Kojic et al. 2020; Hooven et al. 2019; Ferrara et al., 2020). In queste ricerche è stato ipotizzato che i particolari adattamenti che le api hanno per raccogliere il polline probabilmente permetterebbero loro di prelevare anche qualsiasi altro tipo di particolato ambientale e quindi anche le NPs di origine naturale o antropica, che ormai ritroviamo spesso nell'ambiente.

3.4.2.1 Focus normativo

L'attuale legge che regola l'apicoltura in Italia è la Legge del 24 dicembre 2004, n. 313 "Disciplina dell'apicoltura" con successiva modifica con ddl. del 22 novembre 2016 concernente la disciplina dell'apicoltura amatoriale. Secondo la quale (ART. 1) "si riconosce l'apicoltura come attività di interesse nazionale utile per la conservazione dell'ambiente naturale, dell'economia e dell'agricoltura in generale ed è finalizzata a garantire l'impollinazione naturale e la biodiversità di specie apistiche, con particolare riferimento alla salvaguardia della razza di ape italiana (*Apis mellifera ligustica*) e delle popolazioni di api autoctone tipiche o delle zone di confine". La conduzione zootecnica delle api è considerata a tutti gli effetti attività agricola ai sensi dell'articolo 2135 del Codice civile, anche se non correlata necessariamente alla gestione del terreno (ART. 2). Secondo la suddetta legge (ART. 8) gli apiari devono essere collocati a non meno di dieci metri da strade di pubblico transito e a non meno di cinque metri da confini di proprietà pubbliche o private. Il rispetto delle distanze di cui al primo comma non è obbligatorio se tra l'apiario e i luoghi ivi indicati esistono dislivelli di almeno due metri o se sono interposti, senza soluzioni di continuità, muri, siepi o altri ripari idonei a non consentire il passaggio delle api. Tali ripari devono avere una altezza di almeno due metri. Inoltre, al fine della profilassi e del controllo sanitario, è fatto obbligo a chiunque detenga apiari e alveari di farne denuncia, specificando collocazione e numero di alveari, entro il 31 dicembre degli anni nei quali si sia verificata una variazione nella collocazione o nella consistenza degli alveari in misura percentuale pari ad almeno il 10 per cento in più o in meno. Chiunque intraprenda per la prima volta l'attività nelle forme di cui all'articolo 3 (apicoltore o imprenditore apistico) è tenuto a darne comunicazione ai sensi del comma 2 del ART. 6.

Per normative su base regionale un riferimento è la Legge regionale 14 novembre 2014, n. 45 (regione Puglia) "Norme per la tutela, la valorizzazione e lo sviluppo sostenibile dell'apicoltura".

4 Il sistema agrivoltaico ‘Pergole’

4.1 Elementi dell’impianto fotovoltaico

Il presente progetto agrovoltaico è stato studiato appositamente per l’integrazione con l’impianto fotovoltaico da 51,263 MWp da realizzarsi nel territorio del comune di Calatafimi (TP) denominato “Pergole” con connessione alla rete elettrica nazionale nel territorio del comune di Monreale (PA), dotato di un sistema di accumulo elettrochimico (“storage”) da 10MW. Il progetto è da intendersi integrato e unico, Progetto di Impianto Fotovoltaico insieme con il Progetto Agrovoltaico, pertanto la società proponente si impegna a realizzarlo per intero nelle parti descritte nella presente relazione. Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico con potenza di picco del generatore di 51,263 MWp ca. e prevede l’installazione di n° 1222 inseguitori solari ad un asse (tracker orizzontali monoassiali a linee indipendenti) e 384 strutture fisse di supporto ai moduli fotovoltaici. Il presente progetto agrovoltaico prevede pertanto il posizionamento di pannelli fotovoltaici per 39,009 MWp su tracker con montaggio dei moduli elevati di 2.65 m da terra, in condizione di rotazione dei moduli stessi paralleli al terreno, e per 12,257 MWp con montaggio su struttura fissa con altezza massima 2,9 m da terreno e altezza minima 0,9 m da terreno, in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale.

Le colture interne all’impianto fotovoltaico, saranno realizzate negli spazi interposti tra i filari di strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, quelle esterne sono previste in aree adiacenti afferenti alla medesima proprietà ed in disponibilità del proponente.



Figura 8. Immagine esemplificativa della struttura di supporto dei moduli fotovoltaici in compresenza all’allevamento di ovini

A seguire le caratteristiche dei sistemi di supporto dei pannelli fotovoltaici che si prevede di installare per il presente progetto:

ASSET DEVELOPMENT

- inseguitori solari ad un asse (tracker orizzontali monoassiali a linee indipendenti): n° 1222;
- interasse inseguitori solari ad un asse: 10.9 m;
- strutture fisse di supporto ai moduli fotovoltaici: n° 384;
- interasse strutture fisse di supporto: 8.8 m.

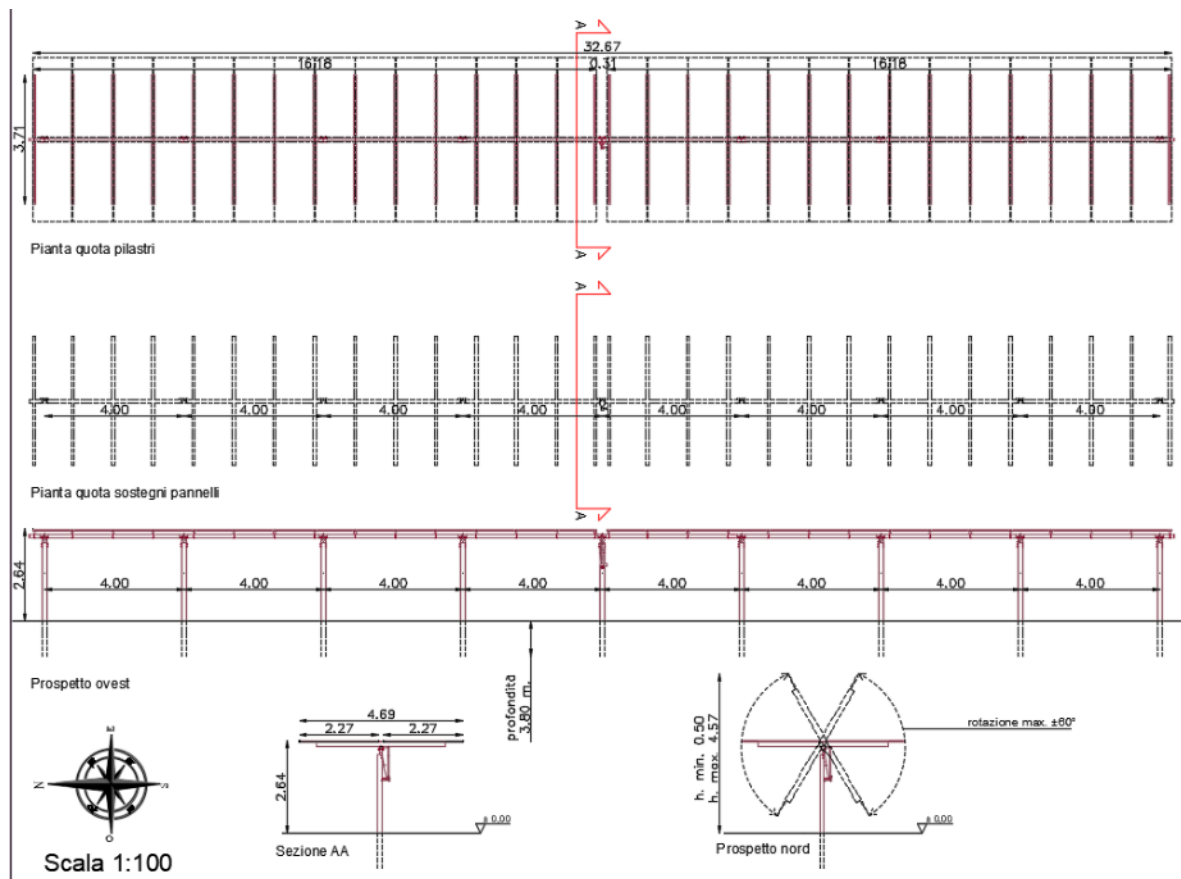


Figura 8 tipo struttura inseguitore monoassiale in progetto

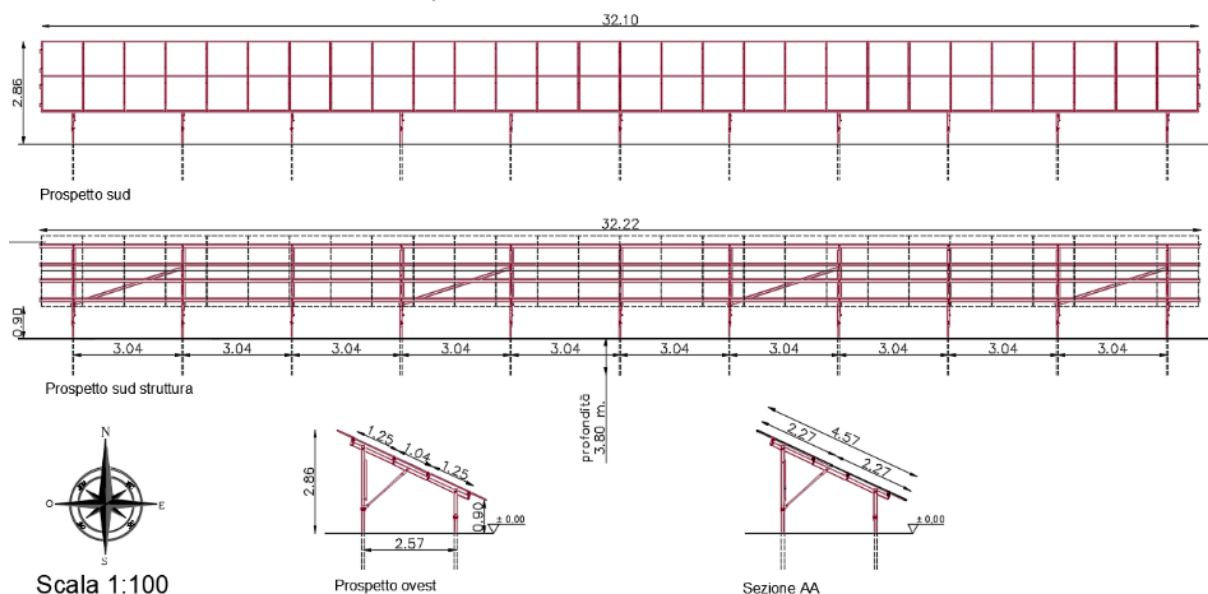


Figura 9 *tipo struttura di supporto dei pannelli fotovoltaici fissa in progetto*

4.2 Rispondenza ai requisiti previsti dalla norma DIN SPEC 91434

Con riferimento alla norma DIN SPEC 91434 del Deutsches Institut Fur Normung, il sistema descritto nei paragrafi seguenti, si configura come un impianto con elevazione al livello del suolo che rispetta i requisiti per l'utilizzo agricolo primario del suolo precedentemente riportati (§ 3.3.1 Criteri e requisiti per l'utilizzo agricolo primario del suolo):

1. elementi di elevazione: le strutture di sostegno sono regolarmente distribuite sul terreno prevedendo un interasse di 10.9/8.8 m che consente la coltivazione del terreno interposto;
2. perdita di superficie: inferiore al 15%

n° tracker	1222 n
area non coltivabile unitaria sottesa ai tracker	85 mq
area non coltivabile tot sottesa ai tracker	10,38 ha
n° strutture fisse	384 n
area non coltivabile unitaria strutture fisse	113 mq
area non coltivabile tot strutture fisse	4,33 ha
area non coltivabile tot per viabilità e cabine	1,38 ha
area non coltivabile tot	16,09 ha
area totale	108 ha
percentuale area non coltivabile tot	14,90(<15) %

3. lavorabilità: le strutture di sostegno sono regolarmente distribuite sul terreno prevedendo un interasse di 10.9/8.8 m che consente la lavorabilità del terreno interposto;
4. disponibilità e omogeneità della luce: sulla base delle simulazioni degli ombreggiamenti per tutti i mesi dell'anno, disponibili per il progetto in esame, si è potuto constatare che la porzione centrale dell'interfila, nei mesi da maggio ad agosto, presenta tra le 7 e le 8 ore di piena esposizione al sole; si sono pertanto selezionate colture compatibili con le condizioni di luminosità previste, inoltre la presenza dei pannelli realizza la protezione delle colture dal calore eccessivo e mitiga la temperatura del suolo;
5. disponibilità idrica: si sono selezionate colture compatibili con la disponibilità idrica dei lotti, inoltre la presenza dei pannelli realizza una migliore ritenzione dell'umidità del suolo, che può portare a un miglioramento della crescita della vegetazione;
6. erosione del terreno: esse è limitata dai seguenti fattori:
 - scarsa pendenza del sito, contenuta entro il 15% ca;
 - presenza di colture sul terreno;
 - limitazione della superficie captante e contenimento della lunghezza di raccolta dell'acqua piovana (contenimento fenomeno *sheet erosion*): pari a quella del singolo pannello (2 m max in configurazione portrait sulla struttura di sostegno);
 - protezione del terreno sottostate i pannelli dall'azione degli agenti atmosferici diretti;
 - contenimento della velocità di impatto dell'acqua (contenimento fenomeno *splash erosion*): per la maggior parte delle ore giornaliere i pannelli saranno posti in posizione suborizzontale (le posizioni di massima inclinazione si realizzano solo nelle ore di tramonto ed alba) in tal modo contenendo l'accelerazione delle particelle d'acqua in caduta verso il suolo;
 - con interventi di coltivazione e manutenzione delle colture previste tra i filari di pannelli a mezzo di opportune macchine operatrici, saranno limitati ed eventualmente rimossi gli eventuali fenomeni erosivi sui terreni o la possibile formazione di solchi di ruscellamento in corrispondenza della estremità dei pannelli.
7. installazione e smantellamento in assenza di residui: il Piano di Dismissione allegato al presente progetto (cui si rimanda) prevede la rimozione delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici col ripristino dell'area alle pregresse condizioni funzionali;
8. calcolo della redditività: la redditività delle colture calcolata nei seguenti paragrafi, è tale da caratterizzare il progetto come economicamente sostenibile;

9. efficienza di sfruttamento del terreno: la riduzione della resa delle colture coltivate sulla superficie totale del progetto, è caratterizzata come segue:

- frazione di riduzione della resa dovuta alla perdita di superficie: come sopraesposto pari a 14.9%
- frazione di riduzione della resa dovuta all'ombreggiamento e ripartizione irregolare dell'acqua causata dai pannelli: per le specifiche colture impiegate, si stima mediamente inferiore al 15%
- riduzione della resa totale: per i punti precedenti, si stima nel complesso inferiore al 33% rispetto alla resa di riferimento per le colture impiegate.

4.3 Criteri adottati per la definizione del sistema colturale

I criteri adottati per l'individuazione degli indirizzi produttivi da implementare all'interno del presente progetto agrovoltaico, con particolare riferimento ai sistemi agrosilvopastorali sopraesposti, sono stati i seguenti:

- compatibilità degli indirizzi produttivi con le esigenze in termini di gestione e manutenzione dei moduli fotovoltaici;
- meccanizzazione delle operazioni colturali attraverso l'impiego di attrezzature leggere e di ridotte dimensioni;
- capacità di valorizzare le condizioni di riduzione della radiazione solare incidente (ombreggiamento e raffrescamento) che si creano al di sotto dei moduli fotovoltaici;
- elevata capacità di adattamento e potenzialità produttiva delle specie vegetali ed animali nel contesto pedoclimatico dell'area in esame;
- tecniche di allevamento indirizzate alla tutela del benessere animale;
- influenza positiva sulla fertilità fisica, chimica e biologica del suolo attraverso l'incremento del contenuto di sostanza organica del terreno;
- mantenimento di una copertura vegetale sul terreno il più stabile possibile nel tempo per impedire fenomeni di erosione e desertificazione del suolo;
- influenza positiva sull'incremento della biodiversità tellurica, della fauna selvatica e della flora spontanea;
- necessità di eliminare il rischio di incendi;
- creazione di posti di lavoro e ricaduta positiva sull'economia del territorio.

Il sistema agrovoltaico progettato prevede una gestione unica centralizzata dell'intero sistema produttivo attraverso una funzionale integrazione tra le produzioni che saranno realizzate nelle aree di impianto propriamente dette (specie foraggere poliennali e specie erbacee a ciclo annuale in rotazione) e quelle che saranno realizzate nelle aree di mitigazione (specie arbustive officinali ed arboree da frutto).

Tutte le produzioni ottenute (frutta e ortaggi; piante officinali; olio extravergine di oliva; foraggi freschi, mangimi e fieno; agnelli, miele e prodotti dell'alveare) potranno essere auspicabilmente certificate da agricoltura biologica posizionandosi in un settore di

mercato in forte crescita e caratterizzato da prezzi più alti e stabili nel tempo rispetto ai quelli dei prodotti convenzionali. La Sicilia è la prima regione in Italia per numero di aziende e superfici certificate da agricoltura biologica, i prodotti biologici siciliani sono apprezzati in Italia e all'estero per le loro qualità organolettiche e nutrizionali frutto di un antico e sapiente rapporto tra i produttori agricoli, le varietà e razze animali della biodiversità regionale e i diversificati e peculiari ambienti di coltivazione.

La sostenibilità ambientale degli indirizzi produttivi individuati sarà raggiunta tramite:

- l'adozione di un approccio agroecologico e di tecniche colturali conservative e rigenerative della fertilità del suolo;
- l'eliminazione degli input chimici di sintesi per la fertilizzazione del suolo, per la difesa delle colture dalle avversità ambientali e parassitarie e per il controllo delle piante infestanti;
- l'incremento della sostanza organica nel terreno e della fertilità del suolo;
- la protezione del terreno dagli impatti negativi dei processi erosivi;
- il mantenimento di un elevato livello di biodiversità vegetale, sia di interesse agrario che ambientale;
- il mantenimento degli insetti pronubi attraverso la scelta di piante ad elevato potere nettario e pollinifero che saranno introdotte sia nelle aree coltivate che in quelle di mitigazione.

La sostenibilità economica degli indirizzi produttivi proposti sarà raggiunta avendo come obiettivo:

- la riduzione dei costi di produzione attraverso l'autoproduzione di una parte dei mezzi tecnici necessari quali le sementi, i mangimi, il fieno, il compost e alcuni dei prodotti fitosanitari da utilizzare per la difesa delle piante (macerati, estratti);
- la riduzione dei costi di manodopera attraverso l'ottimizzazione e la meccanizzazione degli interventi di tecnica colturale anche tramite l'utilizzo dei principi e delle tecniche dell'agricoltura di precisione (sensoristica, mini robot, droni, utilizzo dei satelliti);
- l'incremento del valore aggiunto delle produzioni ottenute attraverso l'integrazione all'interno delle attività aziendali anche di quelle relative alla trasformazione dei prodotti ed alla loro distribuzione.

La sostenibilità sociale dell'iniziativa imprenditoriale riguarderà:

- il mantenimento dell'attività in campo agricolo da parte dei proprietari delle aziende che hanno messo a disposizione i terreni per la realizzazione del progetto fotovoltaico che potranno auspicabilmente essere coinvolti nella gestione delle attività agricole previste;
- la creazione di nuovi posti di lavoro stabili nelle diverse fasi delle filiere produttive che saranno implementate.

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di Opere di Mitigazione volte alla formazione di una rete di corridoi e gangli locali in grado, tra gli altri, di:

- rendere biopermeabile l'areale nei confronti degli spostamenti della fauna selvatica;
- da permettere la formazione di habitat diversificati a valere sugli aspetti della nidificazione e dell'alimentazione in grado di consentire il consolidamento della biodiversità locale.

4.4 Gli indirizzi produttivi del sistema agrivoltaico adottato

Sulla base dei criteri sopraesposti, nell'ottica di implementare un completo sistema agro-silvo-pastorale, a seguito di sopralluoghi, analisi del contesto agronomico e valutata la realizzabilità degli interventi proposti, si reputa di adottare un sistema agrivoltaico caratterizzato dagli indirizzi produttivi descritti nei paragrafi seguenti e qui di seguito brevemente elencati:

1. coltivazione di un prato permanente polifita irriguo costituito da specie a ciclo poliennale (sulla, trifoglio alessandrino tra le leguminose; loietto, festuca, dactylis tra le graminacee) da utilizzare come pascolo per l'allevamento estensivo semibrado di pecore a carne; area impiegata: 18.6 ha ca.;

2. coltivazione, nelle aree di impianto, di specie erbacee a ciclo annuale secondo uno schema di rotazione biennale al fine di mantenere condizioni di elevata fertilità del suolo attraverso l'alternanza tra colture miglioratrici foraggere e le specie ortive da pieno campo, per un totale di area impiegata: 24.7 ha ca. così distinta:

a. colture ortive da pieno campo per il consumo fresco (melone giallo): area impiegata: 12.4 ha ca. ;

b. colture foraggere annuali per la produzione di fieno (veccia, lupinella, ginestrino, trigonella tra le leguminose; avena, orzo, triticale tra le graminacee) per la creazione di scorte da utilizzare nel caso di mancata disponibilità di foraggio fresco da utilizzare al pascolo nei mesi estivi o nel caso di fenomeni di ristagno idrico dovuti ad un eccesso di precipitazioni durante i mesi invernali, condizioni nelle quali è assolutamente da evitare il calpestio degli animali al pascolo che provocherebbe seri danneggiamenti alla struttura del terreno: area impiegata: 6.2 ha ca.;

c. colture da granella ad uso zootecnico (favino, pisello proteico e lupino tra le leguminose; orzo tra i cereali) per la produzione di mangimi concentrati da integrare nella razione alimentare giornaliera dell'allevamento di pecore: area impiegata: 6.2 ha ca.;

3. Coltivazione di specie officinali per l'estrazione di principi attivi - Camomilla (*Matricaria chamomilla* L.), Aneto (*Anethum graveolens* L.), Cardo mariano (*Sylibum marianum* L.): area impiegata: 3.1 ha ca.;

4. Allevamento estensivo semibrado di ovini per la produzione di carne: area impiegata: 18.6 ha ca. (prato polifita) per 350 capi ca.;

5. Allevamento di api per la produzione di miele e degli altri prodotti dell'alveare (polline, propoli e pappa reale): nel numero di 14 apiari.

6. Colture nelle aree esterne per complessivi 35,44 ha ca. così distinti:

- Aree colture esterne (uliveti): 29,25 ha ca.;
- Area fasce di 10 m contermini agli impluvi: 6,19 ha ca..

Il progetto prevede inoltre la realizzazione delle seguenti:

- Area fascia tagliafuoco: 3,56 ha ca.;
- Area fascia arborata di 10 m. di separazione e protezione dell'impianto fotovoltaico: 6,52 ha ca.;

Pertanto, dei complessivi 108 ha ca., si prevede di lasciare incolte soltanto le aree strettamente non coltivabili al di sotto delle strutture di sostegno pannelli, in corrispondenza della viabilità e delle cabine, pari a 16.1 ha ca..

4.5 Coltivazione di specie foraggere poliennali

All'interno delle aree di impianto, le superfici di terreno tra le file dei moduli fotovoltaici e al di sotto degli stessi, al netto delle tare di coltivazione, saranno destinate alla coltivazione di un prato polifita permanente.

4.5.1 Caratteristiche generali

Si deve considerare una carica di semi già presente nel terreno (seedbank), per quanto esso sia rimaneggiato e rivoltato dai modesti lavori necessari. In questo modo si potrà riformare una discreta copertura vegetale spontaneamente senza specifico intervento umano, anche con il supporto della dispersione di semi dai terreni vicini. Le superfici presenti al di sotto dei pannelli sono caratterizzate da condizioni marcatamente sciafile, similmente a quanto avviene naturalmente nel sottobosco o in prossimità di muri, pareti e rupi. Pertanto, anche se i pannelli limitano la crescita e lo sviluppo delle piante vascolari, consentono comunque la selezione di una particolare flora adattata a queste condizioni ambientali. Esistono infatti numerose comunità vegetali autoctone con esigenze simili che in questo ambiente possono insediarsi, come ad esempio alcuni aspetti infestanti tipici delle colture arboree. Si può dunque prevedere che si insedieranno principalmente specie nitrofile annuali con ciclo invernale-primaverile, non molto diversamente da quanto avveniva nelle colture arboree. Tuttavia, il processo di ripristino della copertura vegetale può essere accelerato e guidato attraverso una semina mirata.

L'instaurarsi di un prato di sulla potrà permettere l'impiantarsi di numerose altre specie spesso associate a questa formazione, garantendo anche un utile foraggio e l'arricchimento del suolo in azoto disponibile per un futuro utilizzo agricolo dello stesso.

L'intervento è volto a conseguire i seguenti risultati:

- mantenimento della fertilità agraria delle superfici,
- tutelare le aree dall'azione degli eventi climatici di tipo calamitoso,
- contenimento dei fenomeni erosivi mediante diminuzione della velocità di scorrimento delle acque superficiali e riduzione della forza d'impatto della pioggia sul terreno,
- mancato impiego di diserbanti a fini contenitivi della vegetazione.

4.5.2 *Essenze*

Sarà utilizzato per la semina un miscuglio di essenze costituito da specie foraggere poliennali leguminose quali:

- sulla (*Hedysarum coronarium* L.)
- trifoglio alessandrino (*Trifolium alexandrinum* L.)
- lupinella (*Onobrychis viciifolia* Scop.)
- ginestrino (*Lotus corniculatus* L.)
- erba medica scudata (*Medicago scutellata* L.) e specie appartenente alla

famiglia delle graminacee, quali:

- loietto (*Lolium perenne* L.)
- festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.)
- dactylis (*Dactylis glomerata* L.).

Il prato polifita è una consociazione di due o più specie foraggere coltivate sullo stesso terreno; le consociazioni foraggere avvicendate vengono generalmente classificate sulla base del numero delle specie che le compongono. Si hanno così: prati bifiti quelli che contengono 2 specie (generalmente una leguminosa e una graminacea), da 3 a 5 specie sono definiti oligofiti, mentre quelli con un numero di specie superiore a 5, vengono definiti polifiti. L'obiettivo generale delle consociazioni fra graminacee e leguminose è quello di sfruttare al meglio i vantaggi derivanti dal comportamento delle due specie, che diventa complementare.

4.5.3 *Semina*

La semina è prevista a fine inverno (febbraio-marzo); essa sarà fatta "a spaglio" con idonee seminatrici. Se non si è provveduto alla concimazione di fondo organica durante le operazioni di aratura è consigliabile effettuare una concimazione contestualmente alla semina. In tal caso è consigliabile effettuare concimazioni con prodotti che consentano di apportare quantità di fosforo pari a 100-150 Kg/Ha e potassio pari a 100 Kg/Ha.

4.5.4 Produzioni di foraggio

Essendo un erbaio di prato stabile non irriguo sono ipotizzabili un numero massimo di due periodi durante i quali le piante completerebbero il loro ciclo vitale. Se l'attività fosse svolta secondo i canoni di una attività agricola convenzionale, si ipotizzerebbero n. 2 sfalci all'anno per la produzione di foraggio.

Si prevede una fioritura a scalare che, a seconda dell'andamento climatico stagionale, può avere inizio ad aprile-maggio. Pertanto, oltre alla produzione di foraggio tardo primaverile (fine maggio normalmente), nel caso di adeguate precipitazioni tardo-primaverili ed estive, è ipotizzabile effettuare una seconda produzione a fine agosto – settembre. Considerato che obiettivo primario è quello di mantenere la continuità ed il livello di efficienza produttiva della copertura vegetale del terreno per ottimizzare le performances di protezione del suolo, si è ritenuto tecnicamente valido ed opportuno svolgere una attività pascoliva (ovini) sull'intera superficie. Il pascolo consentirebbe una naturale ed efficiente manutenzione dell'area con una forte valorizzazione economica delle biomasse di foraggio prodotte senza che ci sia bisogno di lavorazioni meccaniche per la raccolta del foraggio.

Il foraggio prodotto sarà utilizzato direttamente al pascolo da pecore allevate allo stato semibrado per la produzione di carne. Il sistema di pascolamento sarà di tipo razionale in quanto esso verrà effettuato su diversi appezzamenti di terreno secondo un calendario di rotazione programmato in funzione dei tempi di ricaccio delle specie coltivate e del numero di capi di ovini presenti sull'unità di superficie.

4.5.5 Quadro economico

La messa in coltura di prato stabile permanente, nel contesto nel quale si opera, ha l'obiettivo principale di protezione/stabilità del suolo e miglioramento della fertilità del terreno. Nonostante ciò, al fine di consentire una gestione economicamente sostenibile è necessario considerare il prato stabile in chiave produttiva secondo due tipi di valutazione:

- Produttiva legata prettamente alla quantità di biomassa (fieno da foraggio) ottenibile durante l'annata agraria;
- Produttiva legata, non solo alla produzione di fieno per l'attività zootecnica (pascolo), ma anche alla *produttività mellifera* delle singole piante (apicoltura) valorizzando in tal senso anche l'aspetto legato alla tutela della biodiversità.

In questo paragrafo si redige il quadro economico relativo alla sola produzione di foraggio.

Bisogna considerare che le operazioni di semina e lavorazioni del terreno, negli anni successivi al primo (anno dell'impianto), saranno ridotte poiché trattasi di prato poliennale. Dal secondo anno sarà necessario effettuare delle *rottture* del cotico erboso

per favorire la propagazione ed eventuali semine per colmare le *fallanze*. Di conseguenza dal secondo anno in poi è ipotizzabile una riduzione dei costi del 40%.

A seguire il calcolo dei costi connessi alla realizzazione dell'azione prevista ed un prospetto dei relativi ricavi.

Tabella 1 COSTI REALIZZAZIONE E RICAVI ATTESI Coltivazione di specie foraggere poliennali

COSTI REALIZZAZIONE - Coltivazione di specie foraggere poliennali	
area prato permanente	18,6 ha
prezzo unitario sacco semente	25 euro
peso sacco semente	10 kg
prezzo unitario semente	2,5 euro/kg
fabbisogno semente unitario	65 kg/ha
fabbisogno semente	1206 kg
costo semente	3015 euro
costo unitario aratura	200 euro/ha
costo unitario erpicatura	100 euro/ha
costo unitario concimazione di fondo	100 euro/ha
costo unitario semina	80 euro/ha
costo aratura	3710 euro
costo erpicatura	1855 euro
costo concimazione di fondo	1855 euro
costo semina	1484 euro
costi fissi di gestione (% sui ricavi)	4545 euro
COSTI REALIZZAZIONE -Coltivazione di specie foraggere poliennali	16465 euro

RICAVI - Coltivazione di specie foraggere poliennali	
produzione di fieno - resa in biomassa	7 t/ha/anno
produzione di fieno	130 t/anno
prezzo unitario di vendita fieno	0,14 €/kg
ricavi da vendita fieno	18181 €/anno

4.6 Coltivazione di specie annuali in rotazione

Saranno coltivate specie erbacee a ciclo annuale secondo uno schema di rotazione biennale che sarà predisposto al fine di mantenere condizioni di elevata fertilità del suolo attraverso l'alternanza tra colture miglioratrici leguminose, sia da foraggio che da granella, e le specie ortive e l'adozione di tecniche colturali conservative e rigenerative.

4.6.1 *Culture a ciclo annuale individuate*

Una successione colturale agronomicamente corretta rappresenta uno strumento fondamentale per preservare la fertilità dei suoli, la biodiversità, prevenire le avversità, salvaguardare e migliorare la qualità delle produzioni.

Le colture individuate in funzione della loro capacità di adattamento alle condizioni pedoclimatiche dell'area, della loro potenzialità produttiva e della possibilità di meccanizzare le operazioni colturali, appartengono alle seguenti categorie:

1. colture ortive da pieno campo per il consumo fresco;
2. colture foraggere per la produzione di fieno/colture da granella per la produzione di mangimi.

Le colture a ciclo annuale individuate, saranno coltivate secondo uno schema di successione colturale biennale, predisponendo un piano della rotazione attraverso un riparto colturale aziendale relativo a due anni, e indicando sulla planimetria per ogni appezzamento la successione colturale programmata annualmente sull'esempio dello schema riportato a seguire.

Tabella 2 Schema di rotazione agraria biennale

Anno della rotazione	Successioni colturali	
I	leguminose foraggere o da granella	ortive
II	ortive	leguminose foraggere o da granella

4.7 *Coltivazione ortive da pieno campo per il consumo fresco*

In considerazione delle colture maggiormente diffuse nell'area insieme con lo specifico dell'intervento agrovoltaiico, si è optato, tra le colture ortive da pieno campo per il consumo fresco, per il "melone giallo" cultivar varietà "Helios".

Il melone d'inverno si caratterizza, inoltre, per il suo legame storico con la tradizione colturale dei *nuvarari* e col territorio di origine e di attuale diffusione, elementi che ne fanno un ulteriore elemento di tipicità e specificità territoriale valorizzabile nell'ambito di iniziative di sviluppo locale (filiera corta).

4.7.1 *Il melone giallo in Sicilia*

In Sicilia le prime coltivazioni del melone d'inverno (inodorus) risalgono al 1600 e furono introdotte nei comuni di Alcamo e Paceco. Anticamente i produttori di meloni, detti *nuvarari*, eseguivano la coltivazione prendendo in affitto il terreno disponibile. La semina veniva eseguita in buche equidistanti, dette *ciacché*. Nel periodo della raccolta i contadini realizzavano nel

campo di melone, nuara, un ricovero, detto pagghiaru, per il riposo delle famiglie. A fine raccolto i nuarari rientravano nel Paese con i frutti. Nei mesi autunnali ed invernali, i meloni venivano conservati appesi ad una corda ed utilizzati come riserva di frutta fresca. Per questa caratteristica l'inodorus è stato denominato "melone d'inverno". Nel corso degli anni l'attività produttiva e commerciale si è allargata al di fuori dall'areale tradizionale, nelle altre province della Sicilia occidentale. La coltivazione del melone d'inverno è tradizionalmente legata agli ecotipi locali caratterizzati dal differente colore dell'epicarpo: verde per il Purceddu e giallo per il Cartucciario. Più resistente allo stress idrico il primo, e quindi più diffuso negli areali collinari interni, più produttivo il secondo che si avvantaggia delle migliori condizioni colturali dei terreni costieri e di pianura. Rispetto alla tradizione, oggi si sono introdotte nuove tecniche colturali, come la pacciamatura con film di polietilene, e nuove cultivar che forniscono rese produttive più elevate.

4.7.2 Varietà

In Sicilia, fino agli inizi degli anni '80, il panorama varietale del melone d'inverno era limitato agli ecotipi locali, tra i quali, quelli più diffusi erano il Cartucciario a buccia gialla e il Purceddu a buccia verde. Tali ecotipi erano caratterizzati da un buon adattamento alle condizioni pedoclimatiche e da resistenza alle fitopatie. Fra gli altri ecotipi locali si ricordano: Tondo di Fulgatore, Gigante di Alcamo e Giallo di Paceco, che si caratterizzano per i frutti di notevole pezzatura (oltre 4 Kg), meno adatti alla commercializzazione ed al confezionamento; le preferenze dei consumatori sono, infatti, orientate verso i frutti di pezzatura medio piccola (1-2 kg). La tendenza del mercato e la possibilità di ottenere rese produttive più elevate e migliore resistenza al trasporto, hanno spinto i produttori ad impiegare nuove cultivar, che sembrano mantenere le caratteristiche organolettiche dei frutti tradizionali. Le prime varietà a buccia gialla che si sono affermate sono state Madras, Amarillo e Utopia, successivamente è stata introdotta la varietà Helios, apprezzata dai produttori per le elevate rese produttive e dai consumatori per le buone qualità organolettiche e per la minore pezzatura dei frutti. Questa cultivar ancora oggi rappresenta l'ibrido più in uso fra i produttori; altre cultivar adottate sono: Cocorito, Incas e Uranos. Sul melone d'inverno a buccia verde Purceddu sono state condotte delle attività di miglioramento genetico che hanno permesso di selezionare delle varietà, fra le quali si ricordano: Tendral e Viking. Tuttavia, il Purceddu rimane il melone verde più diffuso e apprezzato per le sue caratteristiche qualitative e di conservabilità.

4.7.3 Impianto

Prima dell'impianto della coltura il terreno è sottoposto allo scasso, lavorazione preparatoria (profonda fra 30 e 40 cm) effettuata durante il periodo estivo (luglio – agosto).

Prima di eseguire il trapianto, lungo le file, viene steso meccanicamente il film di polietilene trasparente che ha uno spessore compreso fra 0,03 e 0,05 mm e una larghezza variabile fra 0,80 e 1,20 m; la tecnica della pacciamatura consente di anticipare la raccolta di circa 15 – 20 giorni, di incrementare mediamente le rese del 30% e di ottenere una migliore qualità dei frutti. I sesti di impianto adottati sono di 2,5 – 3,0 m tra le file e di 1,0 – 1,5 m sulla fila, la densità media risulta, pertanto, di 3.000 piantine per ettaro; con oscillazioni per singola azienda comprese fra 2.220 e 3.850 piantine.

4.7.4 Cultivar adottata

Per il progetto di agrovoltaico in esame si prevede di impiantare la cultivar: varietà Helios, le cui caratteristiche sono:

- maggiore resa nella coltivazione in asciutto;
- buone qualità organolettiche;
- minore pezzatura dei frutti;
- maggiore conservabilità del prodotto nella coltivazione in asciutto.



Figura 10 coltura melone giallo

4.7.5 Quadro economico

A seguire il calcolo dei costi connessi alla realizzazione dell'azione prevista ed un prospetto dei relativi ricavi attesi annuali.

Tabella 3 COSTI REALIZZAZIONE E RICAVI ATTESI- Colture ortive da pieno campo

COSTI REALIZZAZIONE - Colture ortive da pieno campo	
area da pieno campo	12,4 ha
costo unitario piantumazione coltura melone giallo	3840 euro/ha
costi fissi di gestione (% sui ricavi)	20778 euro
costo piantumazione coltura melone giallo	68271 euro/ha
RICAVI - Colture ortive da pieno campo	
produzione unitaria melone giallo	200 q/ha/anno
produzione melone giallo	2474 q/anno
prezzo unitario di vendita melone giallo	0,3 €/kg
ricavi da vendita melone giallo	74208 €/anno

4.8 Coltivazione foraggere annuali per la produzione di fieno

Le colture foraggere a ciclo annuale (veccia, lupinella, ginestrino, trigonella tra le leguminose; avena, orzo, triticale tra le graminacee) saranno associate nel sistema di colture cicliche previsto.

Le specie verranno coltivate per la creazione di un prato polifita annuale da destinare alla produzione di fieno che sarà utilizzato nei seguenti casi:

- integrazione giornaliera agli ovini alimentati al pascolo in corrispondenza di alcune fasi del ciclo biologico;
- riduzione della disponibilità di foraggio fresco da utilizzare al pascolo nei mesi estivi;
- fenomeni di ristagno idrico nel terreno dovuti ad un eccesso di precipitazioni durante i mesi invernali, condizioni nelle quali è assolutamente da evitare il calpestio degli animali al pascolo per evitare seri danneggiamenti alla struttura del suolo.

4.8.2 Quadro economico

A seguire il calcolo dei costi connessi alla realizzazione dell'azione prevista ed un prospetto dei relativi ricavi attesi annuali.

Tabella 4 COSTI REALIZZAZIONE E RICAVI ATTESI- Coltivazione foraggere annuali

COSTI REALIZZAZIONE - Coltivazione foraggere annuali	
area prato annuale	6,2 ha
prezzo unitario sacco semente	25 euro
peso sacco semente	10 kg
prezzo unitario semente	2,5 euro/kg
fabbisogno semente unitario	65 kg/ha
fabbisogno semente	402 kg
costo semente	1005 euro
costo unitario aratura	200 euro/ha
costo unitario erpicatura	100 euro/ha
costo unitario concimazione di fondo	100 euro/ha
costo unitario semina	80 euro/ha
costo aratura	1237 euro
costo erpicatura	618 euro
costo concimazione di fondo	618 euro
costo semina	495 euro
costi fissi di gestione (% sui ricavi)	1082 euro
COSTO PIANTUMAZIONE prato annuale	5055 euro

RICAVI - Coltivazione foraggere annuali	
produzione di fieno - resa in biomassa	5 t/ha/anno
produzione di fieno	31 t/anno
prezzo unitario di vendita fieno	0,14 €/kg

4.9 Coltivazione specie per la produzione di mangimi

Le colture da granella ad uso zootecnico (favino, pisello proteico e lupino tra le leguminose; orzo tra i cereali) saranno associate nel sistema di colture cicliche previsto.

4.9.1 Impieghi

Le specie verranno coltivate per la produzione di mangimi concentrati da integrare nella razione alimentare giornaliera dell'allevamento di pecore allo stato semibrado e per l'alimentazione degli agnelli dopo lo svezzamento.

4.9.2 Quadro economico

A seguire il calcolo dei costi connessi alla realizzazione dell'azione prevista ed un prospetto dei relativi ricavi attesi annuali.

Tabella 5 COSTI REALIZZAZIONE E RICAVI - Coltivazione specie per la produzione di mangimi

COSTI REALIZZAZIONE - Coltivazione specie leguminose per la produzione di mangimi	
area leguminose per mangimi	3,1 ha
prezzo unitario sacco semente	32 euro
peso sacco semente	20 kg
prezzo unitario semente	1,6 euro/kg
fabbisogno semente unitario	170 kg/ha
fabbisogno semente	526 kg
costo semente	841 euro
costo unitario aratura	200 euro/ha
costo unitario erpicatura	100 euro/ha
costo unitario concimazione di fondo	100 euro/ha
costo unitario semina	80 euro/ha
costo aratura	618 euro
costo erpicatura	309 euro
costo concimazione di fondo	309 euro
costo semina	247 euro
costi fissi di gestione (% sui ricavi)	433 euro
COSTO PIANTUMAZIONE leguminose per mangimi	2758 euro
RICAVI - Coltivazione specie leguminose per la produzione di mangimi	
produzione di fieno - resa in biomassa	2 t/ha/anno

produzione di fieno	6,18 t/anno
prezzo unitario di vendita	0,28 €/kg
ricavi da vendita	1732 €/anno

COSTI REALIZZAZIONE - Coltivazione specie cerealicole per la produzione di mangimi	
area cerealicole per mangimi	3,1 ha
prezzo unitario semente	0,6 euro/kg
fabbisogno semente unitario	170 kg/ha
fabbisogno semente	526 kg
costo semente	315 euro
costo unitario aratura	200 euro/ha
costo unitario erpicatura	100 euro/ha
costo unitario concimazione di fondo	100 euro/ha
costo unitario semina	80 euro/ha
costo aratura	618 euro
costo erpicatura	309 euro
costo concimazione di fondo	309 euro
costo semina	247 euro
costi fissi di gestione (% sui ricavi)	626 euro
COSTO PIANTUMAZIONE cerealicole per mangimi	2426 euro

RICAIVI - Coltivazione specie cerealicole per la produzione di mangimi	
produzione di fieno - resa in biomassa	3 t/ha/anno
produzione di fieno	9,3 t/anno
prezzo unitario di vendita	0,27 €/kg
ricavi da vendita	2505 €/anno

4.10 Coltivazione di piante officinali per l'estrazione di principi attivi

Nell'ambito del presente progetto si prevede di realizzare la coltivazione di specifiche piante officinali per l'estrazione di principi attivi.

4.10.1 Mercato di riferimento

Nell'ambito delle coltivazioni di specie vegetali non direttamente collegate alla produzione alimentare, le piante officinali stanno acquisendo un sempre maggiore interesse. I settori erboristico, cosmetico, agro-alimentare ed il farmaceutico sono quelli che assorbono la quasi totalità della produzione e trasformazione di piante officinali, ed il loro mercato è in continua espansione, basti pensare che l'incremento delle vendite del solo settore erboristico a livello mondiale ha subito negli ultimi dieci anni un incremento

del 400%, e che il solo mercato erboristico negli USA comporta una spesa di circa 4 miliardi di dollari per anno.

Secondo recenti analisi di mercato si stima che il mercato degli estratti vegetali abbia un valore di 23,7 miliardi di dollari nel 2019 e si prevede che raggiungerà i 59,4 miliardi di dollari entro il 2025, con un CAGR del 16,5% dal 2019 al 2025.

La domanda di fitomedicali ed estratti di erbe sta aumentando in modo significativo in varie applicazioni, tra cui cura della pelle, assistenza sanitaria, alimenti funzionali, nutraceutici e cosmetici, a causa della crescente consapevolezza dei suoi benefici per la salute tra i consumatori.

4.10.2 Varietà

La scelta delle specie da coltivare dipende soprattutto dalle richieste del mercato, dalla possibilità di meccanizzare le operazioni colturali richieste e dalla fattibilità di realizzare un impianto di estrazione dei principi attivi in esse contenuti per una loro efficace valorizzazione economica.

Le specie individuate per la coltivazione nella prima fase del progetto sono di seguito brevemente descritte.

4.10.3 Camomilla (*Matricaria chamomilla* L.)

La *Matricaria chamomilla* o *Matricaria recutita*, chiamata anche camomilla comune o camomilla tedesca, è una pianta della famiglia delle Asteraceae (Compositae).

Per quanto all'habitat, la camomilla è originaria del Bacino Mediterraneo, ma si è poi diffusa in Europa, Asia occidentale, India, Americhe e Australia.

Da sempre utilizzata dall'uomo, in letteratura è descritta per le seguenti attività farmacologiche:

- Blanda azione sedativa (NB: ma non ansiolitica, anche se descritta da alcuni Autori) (R: flavonoidi, tra cui apigenina);
- Attività antinfiammatoria (applicazione locale/ ass. os) (camazulene, flavonoidi);
- Azione spasmolitica (confermata da studi sperimentali e clinici) (apigenina, bisabololo) Attività cicatrizzante, gastroprotettiva, antiulcera (camazulene, bisabololo, mucillagini e Flavonoidi);
- Attività antimicrobica (gram-positivi) e antimicotica (*Candida albicans*) (olio essenziale).



Figura 11 Camomilla (*Matricaria chamomilla* L.)

4.10.4 Aneto (*Anethum graveolens* L.)

L'aneto, noto anche come aneto odoroso, appartiene alla famiglia delle Apiaceae.

L'aneto è specie indigena del bacino del Mediterraneo e dell'Asia Minore.

Pianta erbacea annuale, con apparato radicale tendenzialmente fittonante, non molto approfondito. Le foglie, alterne, sono finemente divise, simili a quelle del finocchio selvatico, di colore tendente al glauco, ed emanano un forte e caratteristico odore, specie a seguito di sfregamento (vento) e/o lesione dei tessuti. I fusti sono cavi ed eretti, ramificati all'apice, glabri, che raggiungono un'altezza variabile fra 60 e 100 cm.

Allo stato spontaneo si rinviene su terreni incolti, soleggiati, calcarei o silicei, con pH prossimo alla neutralità; in coltivazione predilige ambienti freschi, terreni franchi o tendenzialmente sciolti, profondi, fertili.

Dal seme si ricava un olio essenziale (dill seed oil) sin dall'antichità conosciuto per le sue proprietà salutistiche (antispasmodico, diuretico, stomachico, rilassante, galattagogo, antimicrobico); viene, inoltre, utilizzato in varie preparazioni alimentari come succedaneo del prodotto fresco.



Figura 12 Aneto (*Anethum graveolens* L.)

4.10.5 Cardo mariano (*Sylibum marianum* L.)

Pianta erbacea biennale, originaria dell'area mediterranea, della famiglia delle Asteraceae (Compositae).

In letteratura è descritta per le seguenti attività farmacologiche:

- 1) Epatoprotettiva/antiepatotossica,
- 2) Antiossidante (effetto "scavenger" di radicali liberi) con azione di protezione della membrana degli epatociti dalla lipoperossidazione indotta dai radicali liberi.
- 3) Azione antinfiammatoria.



Figura 13 Cardo mariano (*Sylibum marianum* L.)

4.10.6 Quadro economico

A seguire il calcolo dei costi connessi alla realizzazione dell'azione prevista ed un prospetto dei relativi ricavi attesi annuali.

Tabella 6 COSTI REALIZZAZIONE E RICAVI ATTESI - Coltivazione di piante officinali

COSTI REALIZZAZIONE - Coltivazione di piante officinali	
area officinali	3,1 ha
area camomilla	1,5 ha
densità unitaria piantine camomilla	16 n/mq
numero piantine camomilla	247359 n
fabbisogno semi camomilla (germinabilità al 60%)	412264 n
n° semi camomilla per busta	6000 n
fabbisogno buste semente di camomilla	69 n
costo unitario busta semente di camomilla	10 euro
costo semente di camomilla	687 euro
area aneto	1,2 ha
densità unitaria piantine aneto	16 n/mq
numero piantine aneto	197887 n
fabbisogno semi aneto (germinabilità al 60%)	329811 n
n° semi aneto per busta	2000 n
fabbisogno buste semente di aneto	165 n
costo unitario busta semente di aneto	10 euro
costo semente di aneto	1649 euro
area cardo	0,3 ha
densità unitaria piantine cardo	10 n/mq
numero piantine cardo	30920 n
fabbisogno semi cardo (germinabilità al 65%)	47569 n
n° semi cardo per busta	70 n
fabbisogno buste semente di cardo	680 n
costo unitario busta semente di cardo	10 euro
costo semente di cardo	6796 euro
costo sementi	9132 euro
costo unitario aratura	200 euro/ha
costo unitario erpicatura	100 euro/ha
costo unitario concimazione di fondo	200 euro/ha
costo unitario semina	80 euro/ha
costo aratura	618 euro
costo erpicatura	309 euro
costo concimazione di fondo	618 euro
costo semina	247 euro
costi fissi di gestione (% sui ricavi)	3874 euro
COSTO Coltivazione di piante officinali	14799 euro

RICAVI - Coltivazione di piante officinali	
resa unitaria camomilla	1,0 t/ha/anno
resa camomilla	1,5 t/anno
prezzo unitario vendita camomilla	4,6 euro/kg
prezzo vendita camomilla	7034 euro
resa unitaria cardo	1,5 t/ha/anno

resa cardo	0,5 t/anno
prezzo unitario vendita cardo	4,0 euro/kg
prezzo vendita cardo	1855 euro
resa unitaria aneto	1,0 t/ha/anno
resa aneto	1,2 t/anno
prezzo unitario vendita aneto	4,0 euro/kg
prezzo vendita aneto	4947 euro
ricavi da vendita piante officinali	13837 €/anno

4.11 Allevamento estensivo semibrado di ovini per la produzione di agnelli da carne

Nel presente sistema agrivoltaico sarà realizzato un allevamento estensivo di pecore allo stato semibrado per la produzione di agnelli da carne. Gli ovini utilizzeranno al pascolo la produzione di foraggio del prato polifita permanente che verrà coltivato all'interno delle aree dell'impianto fotovoltaico.

4.11.1 Finalità ed obiettivi

Le finalità nonché gli obiettivi dell'attività pascoliva possono essere così elencate:

- Mantenimento e ricostituzione del prato stabile permanente attraverso l'attività di brucatura ed il rilascio delle deiezioni (sostanza organica che funge da concime naturale) degli animali;
- L'asportazione della massa vegetale attraverso la brucatura delle pecore ha notevole efficacia in termini di *prevenzione degli incendi*;
- Valorizzazione economica attraverso una attività zootecnica tipica dell'area;
- Favorire e salvaguardare la biodiversità delle razze ovine locali.

4.11.2 Razze impiegate

Saranno messe a confronto le razze locali di pecora siciliane, la Noticiana e la Comisana, con le razze di carne sia francesi come la Texel, la Ile de France e la Berrichon du Chevre, che inglesi come la Suffolk. Queste razze presentano particolari attitudini all'allevamento allo stato semibrado.

Per eliminare i problemi di consanguineità dovuti alla rimonta interna sarà necessario acquistare annualmente all'esterno i riproduttori maschi.

4.11.3 Gestione dell'allevamento

In aggiunta al foraggio pascolato in campo, sarà utile somministrare una quantità di 200-300 g/capo/giorno di un mangime autoprodotta in azienda costituito da un miscuglio di

materie prime (orzo e favino) la cui composizione verrà stabilita in funzione delle esigenze nutrizionali degli animali allevati.

Gli agnelli dopo lo svezzamento (30 giorni dalla nascita) saranno separati dalle madri e posti all'ingrasso in appezzamenti di terreno opportunamente individuati sempre nelle aree di impianto dove viene coltivato il prato polifita permanente.

4.11.4 Recupero locali preesistenti

I locali di ricovero, gli abbeveratoi e le mangiatoie per la somministrazione del mangime concentrato ad integrazione del foraggio pascolato direttamente in campo, saranno realizzati sulle esistenti strutture in loco.

Il progetto prevede la rifunzionalizzazione e recupero all'originario impiego in ambito zootecnico, degli edifici preesistenti nei pressi dell'area dell'impianto fotovoltaico esistenti afferenti alle medesime ditte di cui ai terreni coinvolti nel presente progetto.



Figura 14 foto edifici da recuperare ai fini della attività zootecnica di progetto

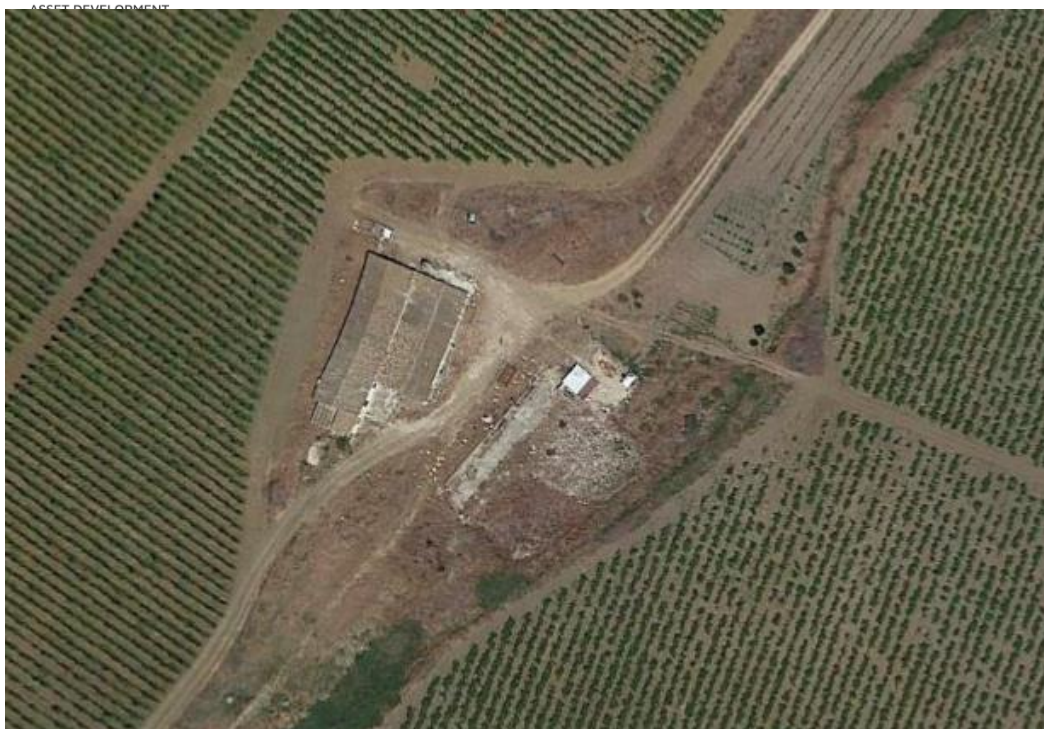


Figura 15 foto satellitare edifici da recuperare ai fini della attività zootecnica di progetto (fonte Google earth llc)

E' utile ricordare che proprietari delle aziende che hanno messo a disposizione i terreni per la realizzazione del progetto fotovoltaico, potranno auspicabilmente essere coinvolti nella gestione delle attività agricole previste.

Come precedentemente espresso, il progetto è da intendersi integrato e unico, Progetto di Impianto Fotovoltaico insieme con il Progetto Agrovoltaico, pertanto la società proponente si impegna a realizzarlo per intero; in merito agli interventi edilizi necessari al recupero degli edifici qui indicati, si precisa che il di conseguimento dei relativi titoli abilitativi, verrà attuato nelle fasi successive all'autorizzazione al progetto fotovoltaico da parte degli enti preposti.

4.11.5 Quadro economico

L'investimento iniziale è riferibile solo all'acquisto degli animali adulti ed alla realizzazione di strutture per il ricovero degli ovini. A seguire il calcolo dei costi connessi alla realizzazione dell'azione prevista ed un prospetto dei relativi ricavi attesi annuali.

Tabella 7 COSTI REALIZZAZIONE E RICAVI ATTESI - allevamento di ovini

INVESTIMENTO INIZIALE allevamento di ovini	
Allevamento estensivo semibrado di ovini per la produzione di agnelli da carne	n 10 fattrici/ha

ASSET DEVELOPMENT

Allevamento estensivo semibrado di ovini per la produzione di agnelli da carne	18,6 ha
numero fattrici	186 n
costo unitario fattrice	100 euro/capo
costo fattrici	18552 euro
numero di parti per anno per fattrice	1,5 n/anno
agnelli per parto	1,5 n
numero agnelli per anno	417 n/anno
quota reintegro fattrici	20 %
numero agnelli netto per anno	334 n/anno
fabbisogno unitario area stabulazione	1,2 mq/capo
numero capi medio	352 n
fabbisogno area stabulazione	423 mq
costo unitario ripristino ricovero esistente per stabulazione	100 euro/mq
costo ripristino ricovero esistente per stabulazione	42298 euro
costi fissi di gestione (% sui ricavi)	4542 euro
Investimento iniziale allevamento ovini	65392 euro

RICAVI allevamento di ovini

numero agnelli netto per anno	334 n/anno
peso minimo agnelli per la vendita	20 kg
prezzo unitario di vendita agnelli	4 euro/kg
Ricavi da vendita agnelli	26715 euro/anno

4.12 Allevamento di api per la produzione di miele e altri prodotti dell'alveare

Si prevede di realizzare un sistema integrato 'apicoltura stanziale/produzioni vegetali/aree naturali' attraverso la pianificazione delle colture erbacee da pieno campo, delle colture arboree e di quelle arbustive con elevato potenziale mellifero.

Sarà progettato un calendario di disponibilità di nettare e polline in grado di soddisfare il fabbisogno alimentare e energetico, nel corso dell'intero anno, degli apiari stanziali che saranno allocati nell'area di interesse con l'obiettivo di realizzare un sistema misto in grado di sostenere l'integrazione di un'attività apistica di tipo stanziale all'interno di un impianto agrovoltaiico al fine di produrre ricadute positive sul territorio in termini di sostenibilità ambientale, sociale ed economica.

4.12.1 Specie impiegate

L'ape è un insetto, appartenente alla famiglia degli imenotteri, al genere *Apis*, specie mellifera (*adamsonii*). Si prevede l'allevamento dell'ape italiana o ape ligustica (*Apis mellifera ligustica* Spinola, 1806) che è una sottospecie dell'ape mellifera (*Apis mellifera*), molto apprezzata internazionalmente in quanto particolarmente prolifica, mansueta e produttiva.

Oltre al numero di alveari/arnie per ettaro acquista molta importanza anche la loro disposizione all'interno della coltura.

Il raggio di azione della bottinatrice di nettare è molto più ampio di quello della bottinatrice di polline: normalmente infatti può estendersi fino a 3 chilometri, e in condizioni particolari può essere largamente superato. Il raggio di volo degli altri apoidei, escluso i bombi che possono volare per distanze più rilevanti, è in genere limitato, circoscritto a poca distanza dal nido, da poche decine di metri a 200-300 metri.

Gli elementi che bisogna considerare per l'ubicazione e posizionamento degli alveari per l'apicoltura stanziale, posso essere così elencati:

1. Scegliere un luogo in cui sono disponibili sufficienti risorse nettariifere per lo sviluppo e la crescita delle colonie.
2. L'apiario deve essere installato lontano da strade trafficate, da fonti di rumore e vibrazioni troppo forti e da elettrodotti.
3. Luoghi troppo ventosi o dove c'è un eccessivo ristagno di umidità sono vivamente sconsigliati.
4. Accertarsi della disponibilità di acqua corrente nelle vicinanze, altrimenti predisporre degli abbeveratoi con ricambio frequente dell'acqua. L'acqua serve in primavera per l'allevamento della covata, e in estate per la regolazione termica dell'alveare. In primavera le api abbandonano la raccolta d'acqua quando le fioriture sono massime.
5. Preferire postazioni che si trovano al di sotto della fonte nettariifera da cui attingono le api. In tal modo, saranno più leggere durante il volo in salita e agevolate nel volo di ritorno a casa, quando sono cariche di nettare e quindi più pesanti.
6. Posizionare le arnie preferibilmente dove vi è presenza di alberi caducifoglie. Questo tipo di vegetazione è davvero ottimale, in quanto permette di avere ombra d'estate, evitando così eccessivi surriscaldamenti degli alveari, ma nel contempo in inverno i raggi del sole possono scaldare le famiglie senza essere ostacolati e schermati da fronde sempreverdi. Anche in questo caso, però, si può intervenire "artificialmente" creando tettoie o ripari per proteggere le api dalla calura estiva o sistemi di coibentazione per il freddo.
7. Una volta scelto il luogo è anche importante il posizionamento delle arnie. Sicuramente è importantissimo che le arnie siano rivolte a sud e che siano esposte al sole almeno nelle ore mattutine. Questo favorisce la ripresa dell'attività delle api. Ottimo sarebbe se ricevessero luce anche nel pomeriggio, soprattutto d'inverno.
8. Dopo aver scelto la direzione, bisogna considerare il posizionamento vero e proprio. Per poter limitare il fenomeno della "deriva" è utile posizionare le arnie lungo linee curve, a semicerchio, in cerchio, a ferro di cavallo, a L o a S. Inoltre, bisogna avere l'accortezza di disporre le cassette in modo da intercalarne i colori per non confondere ulteriormente le api.

9. Bisogna considerare la distanza da terra e fra le arnie stesse. Non bisogna posizionarle troppo vicino al suolo perché altrimenti si favorirebbe il ristagno di umidità. Generalmente, inoltre, le arnie devono essere posizionate a 35-40 cm l'una dall'altra e, se disposte in file, deve esserci una distanza di almeno 4 m. In generale, si consiglia sempre di non avere apiari che eccedano di molto le 50 unità.

10. È necessario evitare ostacoli davanti alle porticine di volo delle arnie, siano essi erba alta, arbusti o elementi di altra natura. Questi ovviamente disturbano le api e il loro lavoro.

Pertanto si ritiene opportuno posizionar le arnie in progetto:

- in posizione centrale rispetto ai prati in progetto;
- non in prossimità delle cabine a servizio dell'impianto fotovoltaico;
- in prossimità agli elementi della rete idrografica superficiale.

4.12.3 Tecnologia utilizzabile

L'Apicoltura 4.0, grazie all'aggiunta di alcuni sensori, può monitorare con precisione la salute del singolo alveare e quindi migliorare la conduzione zootecnica che potrebbe portare ad un incremento delle produzioni. La tecnologia utilizzabile potrebbe essere un sensore Hive-Tech, composto da una doppia bilancia esterna e da un sensore interno, protetto da un *case* rigido e da un *layer* in silicone. Il sensore permette di avere una panoramica completa dello stato di salute delle api, monitorando non solo il peso dell'arnia, ma anche la temperatura interna del nido, i livelli di umidità e i suoni. Il dispositivo è dotato di un'antenna per la trasmissione dei dati, completamente incorporata, e di una SIM multi-operatore integrata. È in grado di rilevare i dati ogni due ore e trasmetterli su *cloud* due volte al giorno. I dati sono consultabili, sull'apposita piattaforma, da qualsiasi dispositivo mobile.

4.12.4 Potenziale mellifero

Si definisce potenziale mellifero di una pianta la quantità teorica di miele che è possibile ottenere in condizioni ideali da una determinata estensione di terreno occupata interamente dalla specie in questione.

Il potenziale mellifero è estremamente variabile rispetto ad alcuni parametri: condizioni meteo (vento, pioggia, ...), temperature (sotto i 10 gradi molte piante non producono nettare), umidità del suolo e dell'aria, caratteristiche del suolo (alcune piante pur crescendo in suoli non a loro congeniali, non producono nettare), posizione rispetto al sole e altitudine, ecc... . Naturalmente per avere un dato quanto più attendibile, sarebbe opportuno fare dei rilievi floristici di dettaglio per più anni di osservazione (calcolo del numero di fiori per specie e per unità di superficie, periodo di fioritura, ecc...). Pertanto, in base alle criticità individuate, si reputa opportuno considerare il potenziale mellifero minimo tra quelli indicati in letteratura. La sottostima del dato consente di fare

valutazioni economiche prudenziali, abbassando notevolmente i fattori di rischio legati all'attività d'impresa.

4.12.5 Dimensionamento allevamento

Il calcolo è cautelativo poiché fa riferimento esclusivamente alla presenza del prato polifita permanente di cui al presente progetto, trascurando il potenziale mellifero esterno.

La quantità di miele prodotto da un'arnia è molto variabile: si possono ottenere dalla smielatura di un'arnia stanziale in media 10-15 Kg di miele all'anno, con punte che oltrepassano i 40 Kg. Come per il polline, anche per il nettare l'entità della raccolta per arnia è in linea di massima proporzionale alla robustezza e alla consistenza numerica della colonia e segue nel corso dell'anno un andamento che è correlato con la situazione climatica e floristica. Anzi in questo caso il fattore "clima" è di importanza ancora più rilevante, in quanto, come già detto, influisce direttamente sulla secrezione nettarifera. Se ad esempio i valori di umidità relativa si innalzano oltre un certo limite, la produzione di nettare è elevata, ma esso è anche più diluito e per ottenere la stessa quantità di miele le api devono quindi svolgere un lavoro molto maggiore.

Per il dimensionamento dell'allevamento apiario in oggetto vedasi tabella di cui al successivo paragrafo.

4.12.1 Quadro economico

A seguire il calcolo dei costi connessi alla realizzazione dell'azione prevista ed un prospetto dei relativi ricavi attesi annuali. In questo caso viene redatto un bilancio preventivo considerando che non ci sia variazione della consistenza "zootecnica" tra l'inizio e la fine dell'annata agraria di riferimento. Non si considerano, poiché non valutabili preventivamente, le perdite di famiglie dovute alla sciamatura e a problemi sanitari (es. Varroa).

Tabella 8 COSTI REALIZZAZIONE E RICAVI ATTESI – allevamento apiario

INVESTIMENTO INIZIALE allevamento apiario	
potenziale mellifero unitario prato polifita permanente	50 kg/ha
potenziale mellifero prato polifita permanente	1391 kg
produzione potenziale di miele unitaria per arnia	10 kg
arnie installabili	139 n
n arnie per apiario	10 n
n° apiari	14 n
prezzo unitario installazione arnia	245 euro/n
costi fissi di gestione (% sui ricavi)	2365 euro
Investimento iniziale installazione arnie	36454 euro/n

RICAVI allevamento apiario	
potenziale mellifero prato polifita permanente	1391 kg
prezzo unitario medio miele di prato polifita	10 euro/kg
Ricavi da miele di prato polifita	13914 euro/kg

4.13 Uliveti per la produzione di olio

Si prevede di impiantare in aree contigue all'impianto fotovoltaico, per 29.25 ha ca., degli uliveti, rispettando i sestri di impianto usuali della zona ed utilizzando le varietà locali. Questi impianti, oltre a costituire un'ulteriore risorsa per i proprietari dei terreni, contribuiranno a migliorare il paesaggio agrario della zona, arricchendolo di formazioni vegetali, come quelle che nel passato delimitavano i poderi agricoli, orlando i canali, le scoline e le carrarecce.

4.13.1 Olivo – *Olea europaea*

L'olivo è una pianta assai longeva che può facilmente raggiungere alcune centinaia di anni: questa sua caratteristica è da imputarsi a diverse caratteristiche tra cui spiccano la rusticità e la capacità di rigenerare completamente, o in buona parte, gli apparati epigeo e/o ipogeo qualora vengano danneggiati. L'olivo è, inoltre, una pianta sempreverde, ovvero la sua fase vegetativa è pressoché continua durante tutto l'anno, con solo un leggero calo nel periodo invernale. L'olivo è una specie tipicamente basitona, cioè che assume senza intervento antropico la forma tipicamente conica (globocespugliosa).

Le radici sono prevalentemente di tipo fittonante nei primi 3 anni di età, dal 4° anno in poi si trasformano quasi completamente in radici di tipo avventizio, superficiali e che garantiscono alla pianta un'ottima vigoria anche su terreni rocciosi dove lo strato di terreno che contiene sostanze nutrienti è limitato a poche decine di centimetri.

4.13.2 Oliva *Nocellara del Belice*

La cultivar che si prevede di impiegare è la «Nocellara del Belice», cultivar a duplice attitudine, che è presente negli impianti tradizionali in zona per almeno il 70%. Le altre cultivars, che concorrono alla composizione dell'olio extravergine D.O.P. «Nocellara del Belice», sono quelle coltivate nell'areale di produzione ed in particolare: la Giarraffa, la Biancolilla, la Cerasuola, la Buscionetto, la Santagatese, l'Ogliarola Messinese ed altre cultivar minori.

Le produzioni agro-alimentari sono la principale risorsa economica della Valle del Belice e la coltivazione dell'olivo ha accompagnato la storia e lo sviluppo delle sue popolazioni. L'insediamento delle prime popolazioni in tale territorio è da legare alla nascita di Selinunte, antica colonia della Magna Grecia, fondata dai Megaresi nel VII secolo a.C. Nella antica Selinunte, l'olivo era considerato un simbolo di pace, saggezza e di prosperità in relazione ai molteplici usi cui era destinato l'olio. I Selinuntini coltivarono e propagarono l'olivo colonizzando le vallate le terre fertili dell'entroterra,

producendo oli come dimostrano le macine per olive rinvenute vicino al Tempio E, risalenti al V secolo a.C. Selinunte, come racconta Plinio, divenne punto di riferimento nei commerci nella Magna Grecia e del Mediterraneo grazie alla propria potente flotta commerciale e alla natura delle derrate alimentari, vino, cereali ed olio. L'olivo negli anni rimase la coltura primaria della Valle del Belice, ne e' dimostrazione sua presenza come coltura tipica dei censi nel 1600. Ricerche storiche evidenziano che nel 1700 nella Valle del Belice si coltivava intensamente l'olivo. Tutto cio' dimostra la tradizione storica della coltura dell'olivo nella Valle del Belice e la tecnica adottata dell'innesto fa intendere che gia' nel 1700 si effettuava una selezione varietale, presumibilmente con la cultivar «Nocellara del Belice», gia' presente in questo areale ed attualmente coltivata in maniera estensiva.

4.13.3 Caratteristiche impianto

Si prevede di impiantare in aree contigue all'impianto fotovoltaico degli uliveti, per complessivi 29.25 ha ca..

Sesto d'impianto in progetto 6x6 in configurazione a quinconce per un numero di esemplari pari a 277 per ettaro.

4.13.1 Quadro economico

A seguire il calcolo dei costi connessi alla realizzazione dell'azione prevista ed un prospetto dei relativi ricavi attesi annuali.

Tabella 9 COSTI REALIZZAZIONE E RICAVI ATTESI – oliveto per la produzione di olio

INVESTIMENTO INIZIALE oliveto per la produzione di olio	
costo unitario istallazione oliveto	6.000 euro/ha
area oliveto	29,25 ha
costo istallazione oliveto	175500,00 euro
fabbisogno irrigazione iniziale	8000 mc/ha
fabbisogno irrigazione iniziale unitaria	234000 mc
capacità cisterna	15500 mc
cisterne	15 n
costo unitario impiego cisterna	6470 euro
costo impiego cisterne	97676 euro
costi fissi di gestione (% sui ricavi)	18200 euro
Investimento iniziale istallazione uliveto	291376 euro

RICAVI oliveto per la produzione di olio	
area ad uliveto	29,25 ha
sesto d'impianto	6 m

n° unitario piante	278 n/ha
n° totale piante	8125 n
produttività di frutto unitaria piante	40 kg
produttività di frutto totale piante	325000 kg
Resa percentuale in olio	16 %
Resa in olio	52000 kg
prezzo unitario olio	3,5 euro/kg
Ricavi da produzione di olio	182000 euro

4.14 Fascia tagliafuoco

La realizzazione delle opere di mitigazione a verde di cui alla presente relazione implica la piantumazione di diverse specie sia di tipologia cespugliosa che arbustive. Al fine di evitare che gli alberi possano diventare un veicolo di propagazione di incendi dall'esterno verso l'area dell'impianto si è prevista una fascia di terreno che sarà mantenuta priva di vegetazione. Questa fascia di terreno, posta in separazione tra la fascia arborea di protezione e separazione e l'area pannellata, potrà eventualmente ospitare la viabilità perimetrale d'impianto e l'area di sedime della recinzione dello stesso, ed avrà ampiezza da un minimo di 6m ad un massimo di 8m ed avrà una estensione pari a:

- 3,56 ha ca..

4.15 Fascia arborata di separazione e protezione

Il perimetro dell'impianto è costituito una fascia arborea di protezione di larghezza minima pari a 10m con la finalità di mascheramento visivo dei pannelli e allo stesso tempo per favorire la rinaturalizzazione dell'area.

La Delibera di approvazione del Piano Energetico Ambientale della Regione Siciliana n. 13 del 2009 prevedeva all'art. 20, per gli impianti fotovoltaici realizzati in zona agricola, una fascia arborea di protezione e separazione della larghezza di almeno 10 m, costituita da vegetazione autoctona e/o storicizzata.

Per il progetto dell'impianto in esame detta fascia avrà lunghezza pari circa a quella della recinzione dello stesso.

Detta fascia ha lo scopo di "mascherare" con chiome "importanti" le distese di pannelli fotovoltaici. La creazione di una fascia ha la finalità di camuffamento visivo dei pannelli e allo stesso tempo per favorire la rinaturalizzazione dell'area. Si é escluso l'utilizzo di specie del genere Eucaliptus la cui chioma "stona" con il paesaggio locale (vedi le scarpate della vicina Autostrada-A19), povero di formazioni vegetali in seguito alle trasformazioni agricole del secolo scorso.

L'area interessata dalla realizzazione del presente intervento avrà nel complesso estensione pari a:

- 6,52 ha ca..

4.15.1 Specie Vegetali Adottate

Si propone una piantumazione mista di specie arbustive e arboree, preferibilmente autoctone o comunque coerenti con il paesaggio agricolo dell'area. La fascia sarà interamente inerbita con:

- per i primi 3 metri, vegetazione erbacea ed arbustiva tipica della flora mediterranea disposta senza un sesto preordinato, evitando in tal modo, anche per le visuali a distanza, l'omogenea sottolineatura del perimetro del campo fotovoltaico. Verranno impiegate specie vegetali in grado di produrre bacche e di favorire la nidificazione e il riposo per le specie migranti, di cui a seguire i sviluppa la scelta adottata:
 - Corbezzolo – Arbutus unedo
 - Timo salvia rosmarino
 - Alloro - Laurus nobilis
 - cotogno
 - Mirto - Myrtus communis
 - Tamarix africana, T. gallica e Nerium oleander
- per i successivi 7 metri, vegetazione arborea tipica della flora mediterranea avente un sesto di impianto tipico delle colture presenti nell'area e tale da realizzare una fascia coprente. La piantumazione di un filare quasi continuo di alberi determinerà dunque dopo alcuni anni una barriera verde di dimensioni appropriate; si prevede la collocazione di una pianta ogni 6/7 metri. Si raccomanda l'utilizzo di un filare di alberi la cui chioma possa costituire una massa verde di dimensioni sufficienti a fungere da schermatura visiva delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, a seguire i sviluppa la scelta delle specie vegetali adottate:
 - Carrubo – Ceratonia siliqua
 - Pistacchio
 - Mandorlo
 - Ulivi e/o Olivastri - Olea europaea

4.15.2 Criteri adottati

All'interno della persente fascia larga almeno una decina di metri, si prevede quindi di utilizzare, principalmente, almeno una specie la cui chioma armoniosa può costituire una massa verde importante per le dimensioni, quindi utile come schermatura visiva, e resistente alla siccità del periodo estivo.

Si sono adottate specifiche soluzioni determinate secondo criteri paesaggistici, quali ad esempio:

- differenziazione del lato prospiciente l'area tutelata ex art. 142, c. 1, lett. c relativa al fosso di Sirignano: al fine di meglio integrare paesaggisticamente la fascia arborea in esame con il contesto dell'area entro i 150m dagli argini del corso d'acqua in esame si è provveduto a inerbirla con specie vegetali igrofile (Tamarix africana, T. gallica e Nerium oleander).



Figura 16 esempio di specie vegetali igrofile previste nella fascia arborata in corrispondenza del vincolo paesaggistico dei 150m dagli argini del corso d'acqua (fotosimulazione, elaborazione interna).

- prevenzione dell'omogenea sottolineatura del perimetro del campo fotovoltaico: al fine di evitare che la fascia arborea in esame venga a costituire elemento di sottolineatura uniforme della presenza dell'impianto fotovoltaico, anche per le visuali a distanza, si è previsto di realizzarla con sesti d'impianto irregolari volti a simulare quanto più possibile la naturale copertura vegetale per le specie arbustive e di porre in essere una alternanza a cadenza non fissa per il filare di specie arboree.



Figura 17 esempio di alternanza nel filare di specie arboree della fascia arborea di separazione e protezione dell'impianto fotovoltaico (fotosimulazione, elaborazione interna).

4.15.3 Quadro economico

A seguire il calcolo dei costi connessi alla realizzazione dell'azione prevista.

INVESTIMENTO INIZIALE fascia arborata	
area fascia arborata	6,52 ha
costo medio unitario istallazione	
oliveto/carrubeto/pistacchieto/mandorleto	11.000 euro/ha
costo istallazione oliveto/carrubeto/pistacchieto/mandorleto	71720 euro
costo medio unitario impianto specie arbustive	3500 euro/ha
costo medio impianto specie arbustive	22820 euro
fabbisogno irrigazione iniziale	10000 mc/ha
fabbisogno irrigazione iniziale unitaria	65200 mc
capacità cisterna	15500 mc
cisterne	4 n
costo unitario impiego cisterna	6470 euro
costo impiego cisterne	27216 euro
Investimento iniziale istallazione fascia arborata	121756 euro

4.16 Fasce contermini agli impluvi

Le aree in oggetto si trovano prevalentemente in prossimità di alcuni impluvi poco significativi; ad oggi le semine per la coltivazione vengono effettuate quasi fino ai bordi del fondo dell'impluvio.

Attualmente le sponde dei bacini artificiali mostrano una rada e fortemente disturbata vegetazione con **Tamarix africana**, la cui ulteriore evoluzione potrebbe essere favorita da precisi interventi di rinaturalizzazione. Va sottolineato che questa tipologia di vegetazione in passato era più ampiamente diffusa nell'area, occupando le superfici depresse con suoli abbastanza umidi, ma è stata fortemente ridotta dalla ricerca di terreni utili per l'agricoltura. Il recupero delle originarie comunità termo-igrofile con tamerici può dunque rappresentare un obiettivo primario per gli interventi di rinaturalizzazione da attuare nell'area, attraverso il reimpianto di **Tamarix africana**, **T. gallica** e **Nerium oleander**. Anche in questo caso è fortemente raccomandabile una piantumazione non regolare per rispecchiare la struttura naturale della comunità vegetale.

I fenomeni di potenziale dissesto, già di per sé modesti, verranno mitigati tramite la piantumazione di essenze vegetali adatte a rallentare o annullare l'erosione ad opera delle acque di ruscellamento superficiale. In queste zone si prevede di utilizzare come pianta prevalente la Tamerice, aggiungendo nelle zone più asciutte altre specie, sempre tipiche della nostra macchia.

È prevista la salvaguardia di tutti i fossi di irrigazione e delle aree di impluvio, anche minori, presenti nell'area di intervento realizzando fasce di rispetto dalle sponde di almeno 10 metri per lato e tutelando la vegetazione ripariale eventualmente presente mediante l'applicazione dell'ingegneria naturalistica al fine di mantenere i corridoi ecologici presenti e di assicurare un ottimale ripristino vegetazionale colturale a fine esercizio dell'impianto. L'applicazione delle tecniche di ingegneria naturalistiche sono limitate a piccole porzioni di superficie, descritte come segue: saranno realizzati uno o più canali di deflusso delle acque superficiali con andamento sinuoso e trasversale rispetto alle curve di livello, in coincidenza degli impluvi; il canale di deflusso, di profondità 50/60 cm, deve essere munito di argini costruiti di pietrame e rocce locali utili a smorzare la corrente dell'acqua proveniente dal declivio; lo stesso canale deve essere munito anche di una pavimentazione in pietrame e rocce locali, con scalini di altezza 25 cm per spezzare la forza della corrente d'acqua; lungo i canali di deflusso, è utile effettuare l'impianto di specie arbustive al fine di aumentare maggiormente la funzione anti erosiva e per favorire l'attecchimento di specie erbacee che rallentano il ruscellamento e il trasporto di terra fertile. Le acque raccolte dai canali di deflusso sono convogliate verso gli impluvi principali ed esterni all'impianto.

L'area interessata dalla realizzazione del presente intervento avrà nel complesso estensione pari a:

- 6,19 ha ca..

4.16.1 Quadro economico

A seguire il calcolo dei costi connessi alla realizzazione dell'azione prevista.

INVESTIMENTO INIZIALE fascia contermini agli impluvi	
area fascia contermini agli impluvi	6,19 ha
costo medio unitario impianto specie arbustive	3500 euro/ha
Investimento iniziale installazione fascia contermini agli impluvi	21665 euro

4.17 Quadro sintetico sulle produzioni e ricavi derivanti dall'attività agricola

Si riporta di seguito il quadro riepilogativo delle caratteristiche dimensionali e dei parametri economici delle azioni di cui al presente progetto agrovoltaico descritte nei paragrafi precedenti.

Tabella 10 QUADRO RIEPILOGATIVO DIMENSIONAMENTO, COSTI REALIZZAZIONE E RICAVI ATTESI PER I DIVERSI INDIRIZZI PRODUTTIVI PREVISTI

Azioni da implementare indirizzi produttivi	dimensionamento unità di misura		Investimento iniziale [keuro]	PLT [keuro]	PR [keuro]	PLV [keuro]
Coltivazione di specie foraggere poliennali	18,6	ha	16,5	18,2	18,2	0,0
Coltivazione ortive da pieno campo per il consumo fresco	12,4	ha	68,3	74,2	0,0	74,2
Coltivazione di foraggere annuali per la produzione di fieno	6,2	ha	5,1	4,3	4,3	0,0
Coltivazione di leguminose per la produzione di mangimi	3,1	ha	2,8	1,7	1,7	0,0
Coltivazione di cereali per la produzione di mangimi	3,1	ha	2,4	2,5	2,5	4,1
Coltivazione di piante officinali per l'estrazione di principi attivi	3,1	ha	14,8	13,8	0,0	13,8
Allevamento estensivo semibrado di ovini per la produzione di agnelli da carne	352,5	n. capi medio	65,4	26,7	0,0	26,7
Allevamento di api per la produzione di miele e altri prodotti dell'alveare	13,9	n. apiari	36,5	13,9	0,0	13,9
Oliveti per la produzione di olio	29,3	ha	291,4	182,0	0,0	182,0
Fascia arborata	6,5	ha	121,8	-	-	-
Fascia contermini agli impluvi	6,2	ha	21,7	-	-	-
totali			646,4	337,4	26,7	314,8

L'investimento iniziale necessita al fine di avviare le diverse colture ed interventi zootecnici previsti, nonché a realizzare le opere ed infrastrutture necessarie agli stessi.

Le produzioni provenienti dalla coltivazione del prato polifita permanente (utilizzato come pascolo), delle colture foraggere annuali (produzione di fieno) e delle leguminose e dei cereali da granella (mangime concentrato), saranno interamente reimpiegate nel ciclo produttivo aziendale. Determinati ordinamenti colturali (leguminose e cereali da granella e foraggere annuali) seppure contribuiscono in misura contenuta ai ricavi totali, svolgono un ruolo importante sotto il profilo agronomico per il mantenimento della fertilità del suolo e l'autoproduzione di mezzi tecnici (mangime concentrato e fieno) per l'allevamento degli ovini.

La Produzione Lorda Totale (PLT), basata sui ricavi annuali attesi, costituirà da un lato la Produzione Reimpiegata (PR), quale direttamente utilizzata in azienda, e dall'altro, la Produzione Lorda Vendibile (PLV), la quale potrà configurare il capitale da reinvestire in azienda per la manutenzione e gli interventi colturali necessari garantendo la totale autosufficienza economica dell'intervento.

4.18 Ricadute in termini occupazionali derivanti dall'attività agricola

Per il calcolo della ricaduta in termini occupazionali dell'attività agricola svolta all'interno del sistema agrivoltaiico, sono state utilizzate le tabelle FABBISOGNO DI LAVORO PER ETTARO della Regione Siciliana, pubblicate con D.A. del 05 Marzo 2001 nella GURS n. 39 del 03/08/2001, e successivo D.A. n. 568 del 28/05/.

Per la stima del numero di posti di lavoro che le diverse attività agricole potrebbero potenzialmente generare, il numero di ore lavoro/anno ottenuto per i singoli ordinamenti produttivi è stato diviso per il tempo annuo complessivo di una Unità Lavorativa Uomo (ULU) pari a:

- 1.728 ore, equivalenti a 48 settimane di 36 ore lavorative cadauna.

Secondo questa stima, le attività agricole del presente sistema agrivoltaiico potrebbero assorbire un numero totale di:

- 9 occupati.

Tabella 11 Stima delle ore di lavoro e del numero di occupati per i diversi indirizzi produttivi del sistema agrivoltaiico

Azioni da implementare indirizzi produttivi	dimensionamento		ore lavoro	ore lavoro	numero occupati
	unità di misura		unitarie /anno	/anno	
Coltivazione di specie foraggere poliennali	18,6	ha	30,0	556,6	0,3
Coltivazione ortive da pieno campo per il consumo fresco	12,4	ha	334,0	4130,9	2,4

ASSET DEVELOPMENT					
Coltivazione di foraggiere annuali per la produzione di fieno	6,2	ha	48,0	296,8	0,2
Coltivazione di leguminose per la produzione di mangimi	3,1	ha	50,0	154,6	0,1
Coltivazione di cereali per la produzione di mangimi	3,1	ha	50,0	154,6	0,1
Coltivazione di piante officinali per l'estrazione di principi attivi	3,1	ha	133,0	411,2	0,2
Allevamento estensivo semibrado di ovini per la produzione di agnelli da carne	352,5	n. capi medio	7,0	2467,4	1,4
Allevamento di api per la produzione di miele e altri prodotti dell'alveare	13,9	n. apiari	80,0	1113,1	0,6
Oliveti per la produzione di olio	29,3	ha	213,0	6230,3	3,6
Fascia arborata	6,5	ha	-	-	-
Fascia contermini agli impluvi	6,2	ha	-	-	-
totali					9,0

4.19 Compatibilità paesaggistica delle piantumazioni previste

Relativamente agli impianti previsti, le specie utilizzate risultano del tutto compatibili con il paesaggio agricolo e naturale dell'area in esame. Infatti l'ulivo rappresenta una delle colture arboree più tradizionali e diffuse nell'area in cui ricade l'impianto previsto.

Per quanto riguarda le specie arbustive di macchia proposte tanto per la fascia perimetrale quanto per gli interventi di ripristino della vegetazione naturale nelle aree più asciutte poste in prossimità dei bacini artificiali, l'intervento potrà garantire la creazione di piccole aree di vegetazione naturale ormai quasi completamente scomparse dall'area a causa dell'intensa antropizzazione.

Allo stesso modo gli interventi di piantumazione di *Tamarix africana* miranti al recupero dei tamariceti nell'area potrà rappresentare di fondamentale importanza per la realizzazione di aree con vegetazione autoctona nell'area, esercitando anche un'importante funzione di richiamo per l'avifauna. Va infatti evidenziato che le due tipologie di vegetazione precedentemente citate rappresentano probabilmente le comunità vegetali con la maggiore diffusione nell'area prima dell'intenso sfruttamento agricolo dei terreni. In particolare, le formazioni di macchia erano limitate alle superfici collinari lievemente inclinate con suoli ben drenanti e sufficientemente asciutti, mentre i tamariceti colonizzavano le sponde di torrenti e fiumi ed in genere le superfici depresse sufficientemente umide.

5 Piano di manutenzione e gestione del verde

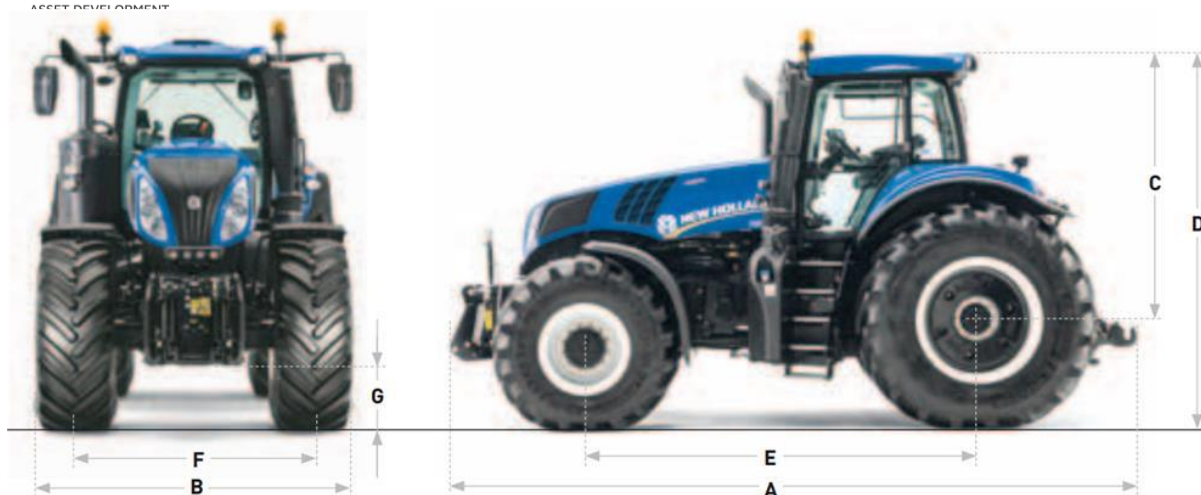
Il periodo migliore per l'impianto delle specie arbustive è l'autunno, quando le precipitazioni sono sufficienti a soddisfare le esigenze idriche delle piante e le temperature ancora miti permettono l'avvio dello sviluppo. L'impianto non sarà eseguito secondo sesti regolari ma in maniera casuale al fine di simulare la vegetazione naturale. L'irrigazione non è necessaria se non nel primo anno dopo l'impianto durante il periodo estivo.

L'intervento più importante da effettuarsi, una volta terminate le piantumazioni, è quello delle irrigazioni di soccorso da effettuare nel periodo estivo. Si prevede di eseguire nel periodo estivo n°2 interventi irrigui da effettuarsi, uno in luglio e l'altro nel mese di agosto. Tutto ciò almeno nei primi due anni. Nel caso di annate particolarmente siccitose potrebbe essere determinante un terzo intervento irriguo.

Questi interventi andrebbero realizzati a mezzo di un serbatoio irriguo mobile trainato da trattore. Sono previsti sia nel caso delle piante che costituiranno la barriera visiva, sia nel caso degli ulivi ed anche nel caso delle varie piante della macchia mediterranea.

Gli interventi di pulizia degli uliveti e delle altre aree di impianto vegetazionale, saranno effettuati con interventi meccanici (lavorazioni con attrezzi vari trainati da trattore).

Gli spazi liberi e l'interasse tra le strutture di sostegno dei pannelli sono tali da consentire il passaggio delle macchine trattatrici, considerato che le più grandi in commercio, non possono avere una carreggiata più elevata di 2,50 m, per via della necessità di percorrere tragitti anche su strade pubbliche.



Dimensioni con pneumatici posteriori / cingoli posteriori****	620/70R42	710/70R42	900/60R42*****
A Lunghezza max. comprese zavorre e sollevatore posteriore (mm)	6.247	6.247	6.477
B Larghezza min. (mm)	2.534	2.534	2.534
C Altezza dal centro assale posteriore al tetto cabina (mm)	2.475	2.475	2.475
D Altezza totale (mm)	3.338	3.407	3.435
E Passo Ultra Command™ / Auto Command™ (mm)	3.450 / 3.500	3.450 / 3.500	3.550
F Carreggiata [min. / max.] (mm)	1.727 / 2.235	1.727 / 2.235	1.727 / 2.237
G Luce libera da terra (a seconda del tipo di gancio / barra di traino) (mm)	378	364	409

Figura 18 esempio trattore gommato

Nel caso delle piante della macchia mediterranea non sarà possibile, per la pulizia dalle piante infestanti, procedere con mezzi meccanici trainati da trattore perché non si prevede un sesto di impianto regolare. Se occorrerà intervenire per la pulizia da eventuali infestanti si interverrà con mezzi meccanici leggeri.

5.1.1 Ottimizzazione del sistema agro-silvo-pastorale

Oltre alle normali pratiche manutentive del verde, verranno poste in essere specifiche azioni volte all'ottimizzazione del sistema agro-silvo-pastorale proposto sotto il profilo agronomico, ambientale, economico e sociale.

Gli obiettivi specifici con riferimento alle coltivazioni saranno:

- la caratterizzazione agronomica e qualitativa delle specie foraggere che andranno a costituire il prato polifita permanente;
- la scelta delle varietà e la messa a punto della tecnica colturale per le specie erbacee annuali da pieno campo;
- la caratterizzazione agronomica e chimica delle specie officinali tipiche dell'ambiente diffuse nell'area con particolare riferimento alle piante nettariifere;

- la messa a punto degli interventi di tecnica colturale per le specie officinali erbacee, arbustive ed arboree oggetto di coltivazione.

Gli obiettivi specifici con riferimento agli allevamenti saranno:

- la progettazione e implementazione di un sistema zootecnico basato sulle tecniche di pascolamento razionale per l'allevamento delle pecore da carne;
- l'individuazione della razza di pecora e lo studio delle sue esigenze alimentari;
- la definizione delle tecniche di gestione dell'allevamento stanziale di api;
- la valutazione della potenzialità nettarifera e pollinifera, in termini quantitativi, temporali e qualitativi delle specie officinali, arboree, ortive e foraggere oggetto di coltivazione.

Gli obiettivi specifici con riferimento alle aree di interesse ecologico saranno:

- valutazione delle caratteristiche chimiche e qualitative delle specie tipiche della flora mediterranea;
- adozione di tecniche di gestione conservative e rigenerative del suolo.

All'ottimizzazione del sistema agro-silvo-pastorale contribuiranno inoltre le azioni di cui al Piano di Monitoraggio Ambientale allegato – cui si rimanda per gli aspetti- al presente progetto concernenti la qualità del suolo ed il monitoraggio Floristico -Vegetazionale.

5.1.2 Gestione sostenibile del sistema agrivoltaico

La scelta delle tecniche agronomiche da adottare nella gestione del presente sistema agrivoltaico terrà conto dei seguenti aspetti:

- introduzione di essenze vegetali che mostrino elevata capacità di adattamento all'ambiente e che siano compatibili con le operazioni di gestione e manutenzione dei moduli fotovoltaici;
- gestione della copertura vegetale attraverso tecniche colturali che ottimizzino l'incremento della sostanza organica del terreno, il mantenimento della biodiversità vegetale e animale e che consentano di evitare, allo stesso tempo, il rischio di incendi;
- adozione di pratiche colturali conservative e rigenerative della fertilità del suolo che comprendono in particolare l'utilizzo di *cover crops*, la trasemina di miscugli da sovescio di specie leguminose azotofissatrici e le tecniche di minima lavorazione del terreno;
- impianto di specie arbustive officinali con elevata capacità mellifera per contribuire alla salvaguardia degli insetti pronubi;
- controllo delle fitopatie tramite tecniche di lotta biologica e utilizzo di prodotti di origine vegetale o minerale evitando l'impiego di diserbanti;
- concimazione del terreno attraverso il ricorso a fertilizzanti organici.

La gestione sostenibile del sistema agrivoltaiico potrà essere inoltre perseguita impiegando il calcolo della *carbon footprint* (impronta di carbonio). Esso consta di un indicatore che indica la somma delle emissioni di gas serra (CO₂ equivalente) emesse lungo tutto il ciclo di vita di un prodotto dalla culla (materie prime) alla tomba (fine vita del prodotto), con riferimento alla norma UNI EN ISO 14067 che definisce quali sono i punti fondamentali da sviluppare per calcolare la impronta di carbonio.

Potrà essere impiegata la metodologia Life Cycle Assessment (LCA), sviluppata con l'obiettivo di creare un quadro olistico che evitasse il cosiddetto "*problem-shifting*", ovvero risolvere un problema ambientale creandone uno nuovo in un diverso punto del processo.

Potranno essere messi in atto i meccanismi concernenti i crediti di carbonio (carbon credits) -certificati negoziabili, ovvero titoli equivalenti ad una tonnellata di CO₂ non emessa o assorbita grazie ad un progetto di tutela ambientale realizzato con lo scopo di ridurre o riassorbire le emissioni globali di CO₂ e altri gas ad effetto serra.

6 Considerazioni conclusive

Nell'ambizioso obiettivo comunitario di raggiungere la neutralità dal punto di vista climatico entro il 2050, i sistemi agrivoltaiici rappresentano un'opportunità concreta per bilanciare gli interessi in competizione tra loro dell'uso del suolo per la produzione di alimenti, da un lato, e la produzione di energia rinnovabile, dall'altro. Questo compito sta diventando sempre più difficile in quanto l'uso di energia rinnovabile continua a crescere, e con esso aumenta la richiesta di terreni, anche agricoli, per l'installazione di impianti fotovoltaici.

È bene riconoscere che vi sono in Italia, come in altri paesi europei, vaste aree agricole completamente abbandonate da molti anni o, come nel nostro caso, ampiamente sottoutilizzate, che con pochi accorgimenti e una gestione semplice ed efficace potrebbero essere impiegate con buoni risultati per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile ed al contempo riacquisire del tutto o in parte le proprie capacità produttive.

Il sistema agrivoltaiico in esame è stato progettato per ottimizzare l'utilizzo agricolo primario del suolo adottando un approccio agroecologico ed un sistema colturale 'agro-silvopastorale' attraverso l'integrazione di coltivazioni permanenti (prati polifiti da utilizzare come pascolo), colture annuali inserite in uno schema di rotazione agraria (foraggiere per la produzione di fieno, leguminose e cereali da granella per la produzione di mangimi, ortaggi da pieno campo), sistemi di allevamento (ovini da carne allevati al pascolo ed apiari stanziali per la produzione di miele e altri prodotti dell'alveare) e un sistema misto arbustivo-arboreo da realizzare nelle aree esterne agli impianti con specie spontanee tipiche della flora mediterranea e colture tradizionalmente presenti nel territorio.

Il progetto nel suo insieme (sistema agro-silvo-pastorale) ha una sostenibilità ambientale ed economica in perfetta concordanza con le direttive programmatiche de “*Il Green Deal europeo*” . Infatti, in linea con quanto disposto dalle attuali direttive europee, si può affermare che con lo sviluppo dell’idea progettuale di “fattoria solare” vengano perseguiti due elementi costruttivi del GREEN DEAL:

- Costruire e ristrutturare in modo efficiente sotto il profilo energetico e delle risorse.
- Preservare e ripristinare gli ecosistemi e la biodiversità.

Il sistema proposto è coerente con tutti e tre gli obiettivi ‘*greening*’ della Politica Agricola Comunitaria (PAC) che prevedono, al fine di ridurre gli impatti ambientali dell’agricoltura specializzata, il ricorso ai pascoli permanenti, una maggiore diversificazione delle colture e la costituzione di aree di interesse ecologico (*Ecological Focus Area*, EFA). I sistemi agro-silvo-pastorali sono indicati come un modo efficace per realizzare diversi Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile dell’Agenda 2030 dell’ONU e a questi sistemi complessi è stato assegnato il ruolo chiave di aiutare ad invertire il *trend* di degrado del suolo, contribuendo anche alla mitigazione dei cambiamenti climatici.

Il presente sistema agrivoltaico, analizzato nei suoi aspetti agronomici, ambientali, economici e sociali, mostra numerosi vantaggi, tra cui la resilienza nei confronti delle condizioni di incertezza climatica; la valorizzazione delle risorse naturali e l’utilizzo efficace dei diversi fattori produttivi; la fornitura di una serie di servizi ecosistemici con particolare riferimento al mantenimento di un elevato livello di biodiversità sia vegetale che animale, di fertilità del suolo e di protezione degli insetti pronubi; l’accumulo di carbonio nel terreno sotto forma di humus stabile quale strumento efficace per la mitigazione dei cambiamenti climatici; l’integrazione con la presenza delle strutture portanti dei moduli fotovoltaici sfruttando favorevolmente le condizioni di ombreggiamento; la diversificazione delle produzioni per mantenere un reddito anche in situazione di crisi di mercato di determinati prodotti; la valorizzazione economica delle produzioni ottenute nelle aree di mitigazione dalle piante mellifere, officinali e arboree autoctone e la creazione di occupazione stabile attraverso la distribuzione dell’impiego di manodopera durante tutto l’anno.

Si prevede la contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l’impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività agricole interessate. Infatti l’ottimizzazione in itinere del sistema e la verifica di continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, sono previste sia a mezzo delle azioni di cui al Piano di Monitoraggio Ambientale allegato al presente progetto, sia alle pratiche di Manutenzione del verde previste, sia tramite l’applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.

Infine si vuol far notare come nell’analisi economica dell’attività agricola e di quella zootecnica (pascolo, zootecnica, apicoltura ed olivicoltura) si sia tenuto conto delle

potenzialità minime di produzione. Nonostante l'analisi economica "prudenziale", le attività previste creano marginalità economiche interessanti rispetto all'obiettivo primario di protezione e miglioramento dell'ambiente e della sua biodiversità.

7 Riferimenti bibliografici

- [1] United Nations General Assembly. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Gen Assem 70 Sess 2015.
- [2] United Nations. The Sustainable Development Goals Report 2018 | Multimedia Library - United Nations Department of Economic and Social Affairs 2018.
- [3] Myles A, Mustafa B, Yang C, de Coninck H. Global Warming of 1.5°C. Summary for Policymakers. IPCC 2018.
- [4] Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, Seyboth K, Eickemeier P, Matschoss P, et al. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation Summary for Policymakers and Technical Summary; 2011.
- [5] Agostini A, Battini F, Giuntoli J, Tabaglio V, Padella M, Baxter D, et al. Environmentally sustainable biogas? The key role of manure co-digestion with energy crops. *Energies* 2015.
- [6] Giuntoli J, Agostini A, Caserini S, Lugato E, Baxter D, Marelli L. Climate change impacts of power generation from residual biomass. *Biomass Bioenergy* 2016;89.
- [7] Boulamanti AK, Donida Maglio S, Giuntoli J, Agostini A. Influence of different practices on biogas sustainability. *Biomass Bioenergy* 2013;53.
- [8] Agostini A, Giuntoli J, Marelli L, Amaducci S. Flaws in the interpretation phase of bioenergy LCA fuel the debate and mislead policymakers. *Int J Life Cycle Assess* 2019:1–19.
- [9] REN21. Renewables 2020 Global Status Report. 2020.
- [10] Petter Jelle B, Breivik C, Drolsum Røkenes H. Building integrated photovoltaic products: A state-of-the-art review and future research opportunities. *Sol Energy Mater Sol Cells* 2012; 100:69–96.
- [11] Dijkman TJ, Benders RMJ. Comparison of renewable fuels based on their land use using energy densities. *Renew Sustain Energy Rev* 2010; 14:3148–55.
- [12] European Union. DIRECTIVE (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). 11 December 2018.
- [13] Ministero dello Sviluppo Economico. Proposta di Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima; 2019.
- [14] Dincer I. Renewable energy and sustainable development a crucial review. *Renew Sustain Energy Rev* 2000; 4:157–75.
- [15] Rajagopal D, Sexton S, Roland-Holst D, Zilberman D. Challenge of biofuel: filling the tank without emptying the stomach? *Environ Res Lett* 2007;2(4):1–9.
- [16] REN21. Renewables 2017 global status report, Paris: REN21 Secretariat. ISBN 978- 3-9818107-6-9.
- [17] Nonhebel S. Renewable energy and food supply: will there be enough land? *Renew Sustain Energy Rev* 2005; 9(2):191–201.

- [18] Rathmann RG, Szklo A, Schaeffer R. Land use competition for production of food and liquid biofuels: an analysis of the arguments in the current debate. *Renew Energy* 2007; 35(1):14–22.
- [19] Zanon B, Verones S. Climate change, urban energy and planning practices: Italian experiences of innovation in land management tools. *Land Use Policy* 2013; 32:343–55.
- [20] Sacchelli S, Garegnani G, Geri F, Grilli G, Paletto A, Zambelli P, et al. Trade-off between photovoltaic systems installation and agricultural practices on arable lands: an environmental and socio-economic impact analysis for Italy. *Land Use Policy* 2016; 56:90–6.
- [21] Calvert K, Mabee W. More solar farms or more bioenergy crops? Mapping and assessing potential land-use conflicts among renewable energy technologies in eastern Ontario, Canada. *Appl Geogr* 2015; 56:209–21.
- [22] Fthenakis V, Kim CK. Land use and electricity generation: a life-cycle analysis. *Renew Sustain Energy Rev* 2009; 13:1465–74.
- [23] Scognamiglio A. ‘Photovoltaic landscapes’: design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision. *Renew Sustain Energy Rev* 2016; 55:629–61.
- [24] Xue J. Photovoltaic agriculture - new opportunity for photovoltaic applications in China. *Renew Sustain Energy Rev* 2017; 73:1–9.
- [25] Bennamoun L. Integration of photovoltaic cells in solar drying systems. *Drying Technol* 2013; 31(11):1284–96.
- [26] Han C, Liu J, Liang H, Guo X, Li L. An innovative integrated system utilizing solar energy as power for the treatment of decentralized wastewater. *J Environ Sci* 2013; 25(2):274–9.
- [27] Campana PE, Leduc KM, Olsson A, Zhang J, Liu J, Kraxner F, et al. Suitable and optimal locations for implementing photovoltaic water pumping systems for grassland irrigation in China. *Appl Energy* 2017;185:1879–89.
- [28] Mondino EB, Fabrizio E, Chiabrando R. Site selection of large ground-mounted photovoltaic plants: a GIS decision support system and an application to Italy. *Int J Green Energy* 2015; 12(5):515–25.
- [29] Cuce E, Harjunowibowo D, Cuce PM. Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: a comprehensive review. *Renew Sustain Energy Rev* 2016; 64:34–59.
- [30] Sgroi F, Tudisca S, Di Trapani AM, Testa R, Squatrito R. Efficacy and efficiency of Italian energy policy: the case of PV systems in greenhouse farms. *Energies* 2014; 7:3985–4001.

- [31] Cossu M, Murgia L, Ledda L, Deligios PA, Sirigu A, Chessa F, et al. Solar radiation distribution inside a greenhouse with south-oriented photovoltaic roofs and effects on crop productivity. *Appl Energy* 2014; 133:89–100.
- [32] Li C, Wang H, Miao H, Ye B. The economic and social performance of integrated photovoltaic and agricultural greenhouses systems: case study in China. *Appl Energy* 2017; 190:204–12.
- [33] Goetzberger A, Zastrow A. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. *Int J Sol Energy* 1982;v1:55–69.
- [34] Dupraz C, Marrou H, Talbot G, Dufour L, Nogier A, Ferard Y. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. *Renew Energy* 2011;36(10):2725–32.
- [35] Marrou H, Wery J, Dufour L, Dupraz C. Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *Eur J Agron* 2012; 44:54–66.
- [36] Dinesh H, Pearce JM. The potential of agrivoltaic systems. *Renew Sustain Energy Rev* 2016; 54:299–308.
- [37] Dupraz C, Talbot G, Marrou H, Wery J, Roux S, Liagre F, et al. To mix or not to mix: evidences for the unexpected high productivity of new complex agrivoltaic and agroforestry systems 2011. In: *Proceedings of the 5th world congress of conservation agriculture: resilient food systems for a changing world*.
- [38] Marrou H, Guilioni L, Dufour L, Dupraz C, Wery J. Microclimate under agrivoltaic systems: is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agric For Meteorol* 2013; 177:117–32.
- [39] Majudmar D, Pasqualetti MJ. Dual use of agricultural land: introducing ‘agrivoltaics’ in Phoenix Metropolitan Statistical Area, USA. *Lands Urban Plan* 2018; 170:150–68.
- [40] Valle B, Simonneau T, Sourd F, Pechier P, Hamard P, Frisson T, et al. Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops. *Appl Energy* 2017; 206:1495–507.
- [41] Schindele S, Trommsdorff M, Schlaak A, Obergfell T, Bopp G, Reise C, et al. Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the priceperformance ratio and its policy implications. *Appl Energy* 2020.
- [42] Amaducci S, Yin X, Colauzzi M. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Appl Energy* 2018; 220:545–61.
- [43] Dupraz C, Marrou H, Talbot G, Dufour L, Nogier A, Ferard Y. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renew Energy* 2011; 36:2725–32.

- ASSET DEVELOPMENT
- [44] Weselek A, Ehmann A, Zikeli S, Lewandowski I, Schindele S, H'ogy P. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. Agron Sustain Dev 2019.
 - [45] BRE (2014) Agricultural Good Practice Guidance for Solar Farms. Ed J Scurlock
 - [46] BRE (2013) Planning guidance for the development of large scale ground mounted solar PV systems. www.bre.co.uk/nsc
 - [47] BRE (2014) Biodiversity Guidance for Solar Developments (eds. G.E. Parker and L. Greene).
 - [48] Fraunhofer Institute for solar energy systems (ISE), 2020. Agrivoltaics: Opportunities For Agriculture And The Energy Transition, A Guideline For Germany.
 - [49] Clean Energy Council, 2021. Australian Guide To Agrisolar For Large-Scale Solar, for proponents and farmers.
 - [50] DIN SPEC 91434:2021-05. Agri-photovoltaic systems, Requirements for primary agricultural use. ICS27.160; 65.020.01

QUADRO SINTETICO DESCRITTIVO DEGLI INDIRIZZI PRODUTTIVI

Impianto Agrivoltaico Pergole - Calatafimi Segesta (TP)

Azioni da implementare indirizzi produttivi	dimensionamento unità di misura		Investimento iniziale [keuro]	PLT [keuro]	PR [keuro]	PLV [keuro]	ore lavoro unitarie /anno	ore lavoro /anno	numero occupati
Coltivazione di specie foraggere poliennali	18,6	ha	16,5	18,2	18,2	0,0	30,0	556,6	0,3
Coltivazione ortive da pieno campo per il consumo fresco	12,4	ha	68,3	74,2	0,0	74,2	334,0	4130,9	2,4
Coltivazione di foraggere annuali per la produzione di fieno	6,2	ha	5,1	4,3	4,3	0,0	48,0	296,8	0,2
Coltivazione di leguminose per la produzione di mangimi	3,1	ha	2,8	1,7	1,7	0,0	50,0	154,6	0,1
Coltivazione di cereali per la produzione di mangimi	3,1	ha	2,4	2,5	2,5	4,1	50,0	154,6	0,1
Coltivazione di piante officinali per l'estrazione di principi attivi	3,1	ha	14,8	13,8	0,0	13,8	133,0	411,2	0,2
Allevamento estensivo semibrado di ovini per la produzione di agnelli da carne	352,5	n. capi medio	65,4	26,7	0,0	26,7	7,0	2467,4	1,4
Allevamento di api per la produzione di miele e altri prodotti dell'alveare	13,9	n. apiari	36,5	13,9	0,0	13,9	80,0	1113,1	0,6
Oliveti per la produzione di olio	29,3	ha	291,4	182,0	0,0	182,0	213,0	6230,3	3,6
Fascia arborata	6,5	ha	121,8	-	-	-	-	-	-
Fascia contermini agli impluvi	6,2	ha	21,7	-	-	-	-	-	-
totali			646,4	337,4	26,7	314,8			9,0

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Eugenio Bordonali

Dott. Walter Tropea

COLLABORATORI:

Dott. Ing. Gabriella Lo Cascio