

Regione
Sardegna



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Provincia di
Sassari



Comune di
Sassari



PARCO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "LI MOLIMENTI" E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DI POTENZA PARI A 60 MWp NEL COMUNE DI SASSARI (SS).

PROGETTISTA INCARICATO:



Ing. Giovanni Cis
Tel. 3190737323
Pec: giovanni.cis@ingpec.eu

Scala

Titolo elaborato:

Formato

A4

Relazione pedo-agronomica

TECNICI COINVOLTI

Dott. Ing. Bruno Manca
Dott.ssa Geol. Cosima Atzori
Dott.ssa Archeol. Giuseppina Marras
Dott. Nat. Fabio Schirru
Dott. Nat. Maurizio Medda
Dott. Nat. Nicola Manis
Dott. Ing. Ivano Distinto
Dott. Ing. Carlo Foddis
Dott. Giulio Casu
Dott.ssa Ing. Silvia Exana
Dott.ssa Ing. Ilaria Giovagnorio
Dott. Giovanni Lovigu
Dott. Ing. Luca Salvadori
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas
Ing. Andrea Casna

CODICE ELABORATO

PROGETTO	PROG.	TIPO	REV.
RV-FV-ER-15	VIA -R04	R	00

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	04/2023	Prima emissione	Dott. Nat. Nicola Manis		
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					

GESTORE RETE ELETTRICA



SOCIETA' PROPONENTE:

OPR SUN 9 S.R.L.
Via Ceresio 7, Milano (MI) - 20154
P.iva 12294590968



SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	5
2	IL CONTESTO TECNICO E NORMATIVO DI RIFERIMENTO	6
2.1	Premessa.....	6
2.2	La definizione normativa di “agro-voltaico”	6
2.3	Parametri tecnici e requisiti dell’impianto agrivoltaico avanzato secondo il D.L. 199/2021	7
2.3.1	REQUISITO A: l’impianto rientra nella definizione di “agrivoltaico”	9
2.3.2	REQUISITO B: Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell’impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli	10
2.3.3	REQUISITO C: l’impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra.....	11
2.3.4	REQUISITI D ed E: i sistemi di monitoraggio	13
3	GEOLOGIA.....	19
4	I SUOLI.....	21
4.1	Introduzione	21
4.2	Unità di terre.....	24
4.2.1	<i>Introduzione</i>	<i>24</i>
4.2.2	<i>Unità di terre nell’area di studio</i>	<i>25</i>
4.3	Descrizione dei suoli	26
4.3.1	<i>Piano di campionamento</i>	<i>26</i>
4.3.2	<i>Profilo N1</i>	<i>27</i>
4.3.3	<i>Profilo N2</i>	<i>30</i>
4.3.4	<i>Profilo N3.....</i>	<i>33</i>
4.3.5	<i>Profilo N4.....</i>	<i>36</i>
4.3.6	<i>Profilo N5.....</i>	<i>38</i>
4.3.7	<i>Profilo N6.....</i>	<i>41</i>
4.3.8	<i>Profilo N7.....</i>	<i>43</i>
4.3.9	<i>Trivellate e Osservazioni</i>	<i>45</i>
4.3.9.1	<i>Trivellata NT1</i>	<i>45</i>
4.3.9.2	<i>Trivellata NT2</i>	<i>47</i>
4.3.9.3	<i>Trivellata NT3</i>	<i>50</i>
4.3.9.4	<i>Osservazione 01</i>	<i>53</i>
4.3.9.5	<i>Osservazione 02</i>	<i>54</i>
4.4	Valutazione della Capacità d’uso o Land Capability Evaluation.....	55
4.4.1	<i>Introduzione</i>	<i>55</i>
4.4.2	<i>Descrizione della Land Capability Evaluation.....</i>	<i>55</i>
4.4.3	<i>Descrizione delle classi</i>	<i>55</i>
4.4.4	<i>Descrizione delle sottoclassi.....</i>	<i>58</i>

4.5	Classificazione Land capability dell'area in esame.....	61
5	EFFETTI ATTESI E MISURE DI MITIGAZIONE	63
5.1	Effetti in fase di cantiere	64
5.2	Effetti in fase di esercizio.....	64
5.3	Effetti in fase di dismissione	65
5.4	Misure di mitigazione proposte.....	65
5.4.1	<i>Area delle cabine elettriche</i>	<i>66</i>
5.4.2	<i>Area del campo solare e attività agro-pastorali.</i>	<i>66</i>
5.4.3	<i>Soluzione per gli insetti pronubi.....</i>	<i>66</i>
6	PIANIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ AGRICOLE	68
6.1	Agroecosistemi e sistemi Agro-voltaici	68
6.2	Descrizione dell'azienda agricole coinvolte e uso attuale dei suoli	70
6.2.1	<i>AZIENDA AGRICOLA "FRATELLI PILO S.S"</i>	<i>70</i>
6.2.2	<i>AZIENDA AGRICOLA LOSTIA.....</i>	<i>73</i>
6.2.2.1	<i>Calcolo della produzione standard ante operam</i>	<i>74</i>
6.3	Agrivoltaico come sistema virtuoso per il finanziamento PAC delle aziende agricole.....	79
6.4	Progettazione dell'Agrivoltaico avanzato "I Molimenti"	85
6.4.1	Piano di coltivazione	85
6.4.1.1	<i>Oliveto</i>	<i>85</i>
6.4.1.2	<i>Piante aromatiche e officinali</i>	<i>88</i>
6.4.1.2.1	<i>Elicriso.....</i>	<i>94</i>
6.4.1.2.2	<i>Lavanda</i>	<i>95</i>
6.4.1.3	<i>Colture a rotazione irrigue</i>	<i>96</i>
6.4.1.3.1	<i>Medicai.....</i>	<i>97</i>
6.4.1.4	<i>Prati pascolo permanenti per gli ovini.....</i>	<i>98</i>
6.4.2	Attività zootecniche.....	100
6.4.2.1	<i>Apicoltura</i>	<i>100</i>
6.4.3	<i>Calcolo della produzione standard post operam</i>	<i>105</i>
7	MONITORAGGI.....	107
7.1	Monitoraggio pedologico.....	107
7.1.1	<i>Piano di monitoraggio.....</i>	<i>108</i>
7.1.2	<i>Fase ante operam.....</i>	<i>109</i>
7.1.3	<i>Fase in operam.....</i>	<i>109</i>
7.1.4	<i>Fase post operam.....</i>	<i>109</i>
7.1.5	<i>Fase di dismissione</i>	<i>110</i>
7.2	Monitoraggio degli indirizzi produttivi e Agricoltura 4.0.....	114
7.2.1	<i>Introduzione.....</i>	<i>114</i>
7.2.2	<i>Indici vegetazionali cosa sono, come vengono acquisiti e interpretati</i>	<i>114</i>
7.2.3	<i>Strumenti di acquisizione: Droni e satelliti</i>	<i>116</i>

7.2.4	<i>I droni</i>	116
7.2.5	<i>I satelliti</i>	116
7.2.6	<i>La scelta dello strumento</i>	116
7.2.7	<i>Piano di monitoraggio</i>	117
7.2.7.1	Monitoraggio del risparmio idrico.....	118
7.2.7.1.1	Piano di monitoraggio.....	118
7.2.7.1.1.1	<i>Fase ante operam</i>	118
7.2.7.1.1.2	<i>Fase in operam</i>	118
7.2.7.1.1.3	<i>Fase post operam</i>	118
7.2.7.1.1.4	<i>Fase di dismissione</i>	119
7.2.7.2	Monitoraggio della continuità dell'attività agricola	120
7.2.7.3	Monitoraggio della fertilità del suolo	120
7.2.8	<i>Monitoraggio degli alveari 4.0 da remoto</i>	122
7.2.8.1	Monitoraggio del microclima.....	124
8	VERIFICA REQUISITI DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO "LI MOLIMENTI"	127
9	CONCLUSIONI	131
10	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	135

1 INTRODUZIONE

Il presente documento riporta le risultanze dell'analisi agro-pedologica e della pianificazione colturale nell'ambito del progetto di realizzazione *ex novo* dell'impianto agrivoltaico avanzato in territorio di Sassari (SS) denominato "*li Molimenti*" dalla potenza nominale di 60 MWp proposto dalla società Renvalue s.r.l.

L'area oggetto di studio ricade nella regione storica della Nurra in un contesto geologico contraddistinto dalla successione sedimentaria mesozoica a cui si associano forme tipicamente collinari alternate da ampie vallate ed estese pianure.

Il paesaggio è influenzato dalle caratteristiche geomorfologiche, pedologiche, nonché dall'uso del suolo tanto che si presenta modellato dalle attività umane. Gli ecosistemi agrari, le aree antropiche e le coperture vegetali presenti rispecchiano infatti tali utilizzi. Alle estese superfici agro-pastorali si associano formazioni erbacee riconducibili ai prati post-colturali, originati dal riposo temporaneo delle colture agrarie finalizzate alla produzione cerealicola e foraggera dove prevalgono specie vegetali ruderali e di ambienti ricchi di nutrienti, quali sono appunto le colture agrarie. Nelle aree che presentano limitazioni alla lavorazione l'uso del suolo è associato al pascolo. Accanto alle colture erbacee e ai pascoli sono presenti oliveti, vigneti e ad altre colture arboree di minima estensione. Le formazioni naturali sono rappresentate da garighe e macchie mesomediterranee calcicole che si riscontrano nelle aree sotto forma di nuclei e fasce ad estensione variabile anche tra le colture agrarie. Tra le aree antropiche le attività estrattive sono parte integrante del territorio. In tale contesto la vocazione d'uso è pertanto associata alla produzione agricola, all'allevamento animale, principalmente ovino, e all'estrazione di materie prime.

La presente relazione rappresenta la sintesi della fase dei rilevamenti pedologici effettuati in data 06/10/2022 a cui seguono le valutazioni tecniche relative alla capacità d'uso dei suoli. In queste pagine, si cercherà di approfondire le tematiche pedologiche concentrando l'attenzione sulle aree in cui è prevista l'installazione dei pannelli fotovoltaici e si pianificheranno le attività agro-pastorali da avvicinare agli inseguitori solari, in coerenza con la legittimazione normativa dei cosiddetti sistemi "agro-voltaici" (o "agrivoltaici"), aventi caratteristiche utili a coniugare la produzione agricola con la produzione di energia rinnovabile ed ammessi a beneficiare delle premialità statali.

L'obiettivo del progetto, pertanto, è quello di combinare la produzione energetica con la produzione agricola e l'attività zootecnica. La sinergia tra i due modelli verrà raggiunta attraverso l'applicazione dei sistemi di monitoraggio innovativi previsti nell'Agricoltura 4.0 in accordo con le linee guida per l'applicazione dell'agro-voltaico in Italia.

Quanto segue è stato redatto sotto il coordinamento della BIA S.r.l. nella persona del Agr. Dott. Nat. Nicola Manis, iscritto all'ordine degli Agrotecnici e degli Agrotecnici laureati, al collegio interprovinciale di OR-CA-CI-VS, n 557.

2 IL CONTESTO TECNICO E NORMATIVO DI RIFERIMENTO

2.1 Premessa

Come riconosciuto da autorevoli Enti di ricerca e da importanti associazioni agricole di categoria, la tecnologia dell'agro-fotovoltaico (anche indicata come agrivoltaico o agrovoltaico) rappresenta un approccio strategico e innovativo per combinare il solare fotovoltaico (FV) con la produzione agricola e/o l'allevamento zootecnico e per la rivitalizzazione delle aree agricole marginali. La sinergia tra modelli di agricoltura 4.0 e l'installazione di sistemi fotovoltaici di ultima generazione è in grado di garantire una serie di vantaggi a partire dall'ottimizzazione del raccolto e della produzione zootecnica, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, con auspicabile aumento della redditività e dell'occupazione.

In questo contesto la Missione 2 del PNRR (Rivoluzione verde e transizione ecologica) ha tra i suoi obiettivi l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura-produzione di energia che non pregiudichino l'utilizzo dei terreni dedicati all'agricoltura ma, di contro, possano contribuire alla sostenibilità ambientale ed economica delle aziende agricole coinvolte.

2.2 La definizione normativa di "agro-voltaico"

La categoria degli impianti agro-fotovoltaici ha trovato una recente definizione normativa in una fonte di livello primario che ne riconosce la diversità e le peculiarità rispetto ad altre tipologie di impianti. Infatti, l'articolo 31 del D.L. 77/2021 (Governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure), come convertito con la recente L. 108/2021, ha introdotto, al comma 5, una definizione di impianto agro-fotovoltaico che, per le sue caratteristiche utili a coniugare la produzione agricola con la produzione di energia rinnovabile, è ammesso a beneficiare delle premialità statali. Nel dettaglio, gli impianti agro-fotovoltaici sono impianti che "adottino soluzioni integrative innovative con montaggio di moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione".

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

Tale definizione imprime al settore un preciso indirizzo programmatico e innesca il processo di diffusione del modello agro-fotovoltaico con moduli elevati da terra che consenta la coltivazione delle superfici interessate dall'impianto.

Il recente D.L. 77/2021, riconosce agli impianti agro-fotovoltaici i benefici del supporto statale, differenziandoli, dai semplici impianti a terra e fornisce i riferimenti normativi e programmatici al fine accelerare il percorso di crescita sostenibile del Paese, definendo diversi livelli possibili

di realizzazione di impianti fotovoltaici in aree agricole e dei requisiti necessari tecnici che li qualificano che verranno riportati nelle seguenti pagine.

Al fine di garantire in questo documento una maggiore chiarezza su quelle che sono i recenti riferimenti normativi appare doveroso riportare alcune definizioni citate all' art. 2 del decreto legislativo n.199 del 2021.

a) Impianto fotovoltaico: insieme di componenti che producono e forniscono elettricità ottenuta per mezzo dell'effetto fotovoltaico; esso è composto dall'insieme di moduli fotovoltaici e dagli altri componenti (BOS), tali da consentire di produrre energia elettrica e fornirla alle utenze elettriche in corrente alternata o in corrente continua e/o di immetterla nella rete distribuzione o di trasmissione.

b) Impianto agrivoltaico (o agrovoltaico, o agro-fotovoltaico): impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione;

c) Impianto agrivoltaico avanzato: impianto agrivoltaico che, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, e ss. mm.:

i) adotta soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche eventualmente consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.

ii) prevede la contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto dell'installazione fotovoltaica sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture, la continuità delle attività delle aziende agricole interessate, il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

f) Sistema agrivoltaico avanzato: sistema complesso composto dalle opere necessarie per lo svolgimento di attività agricole in una data area e da un impianto agrivoltaico installato su quest'ultima che, attraverso una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, integri attività agricola e produzione elettrica, e che ha lo scopo di valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi, garantendo comunque la continuità delle attività agricole proprie dell'area.

2.3 Parametri tecnici e requisiti dell'impianto agrivoltaico avanzato secondo il D.L. 199/2021

I sistemi agrivoltaici possono essere caratterizzati da diverse configurazioni spaziali (più o meno dense) e gradi di integrazione ed innovazione differenti, al fine di massimizzare le sinergie produttive tra i due sottosistemi (fotovoltaico e colturale).

Un sistema agrivoltaico è un sistema complesso, essendo allo stesso tempo un sistema energetico ed agronomico. In generale, la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata

alle attività agricole risultano in opposizione, poiché le soluzioni ottimizzate per la massima captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l'agricoltura e viceversa. È dunque importante fissare dei parametri e definire requisiti volti a conseguire prestazioni ottimizzate sul sistema complessivo, considerando sia la dimensione energetica sia quella agronomica.

Affinché un sistema agrivoltaico avanzato possa essere definito tale differenziandosi così da un "semplice" impianto agrivoltaico, deve pertanto rispettare dei delle condizioni strutturali e dei parametri tecnici predefiniti al fine di rispondere alla finalità generale per cui sono stati realizzati, ivi incluse quelle derivanti dal quadro normativo in materia di incentivi.

Possono in particolare essere definiti i seguenti requisiti:

- **REQUISITO A:** Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;
- **REQUISITO B:** Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale;
- **REQUISITO C:** L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;
- **REQUISITO D:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate;
- **REQUISITO E:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Si ritiene dunque che:

- Il rispetto dei requisiti A, B è necessario per definire un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola come "agrivoltaico". Per tali impianti dovrebbe inoltre essere previsto il rispetto del requisito D.2.
- **Il rispetto dei requisiti A, B, C e D è necessario per soddisfare la definizione di "impianto agrivoltaico avanzato" e, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, classificare l'impianto come meritevole dell'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche.**

- Il rispetto dei A, B, C, D ed E sono pre-condizione per l'accesso ai contributi del PNRR, fermo restando che, nell'ambito dell'attuazione della misura Missione 2, Componente 2, Investimento 1.1 "Sviluppo del sistema agrivoltaico", come previsto dall'articolo 12, comma 1, lettera f) del decreto legislativo n. 199 del 2021, potranno essere definiti ulteriori criteri in termini di requisiti soggettivi o tecnici, fattori premiali o criteri di priorità (cfr. Capitolo 4).

2.3.1 **REQUISITO A:** *l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"*

Il primo obiettivo nella progettazione dell'impianto agrivoltaico è senz'altro quello di creare le condizioni necessarie per non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale, garantendo, al contempo, una sinergica ed efficiente produzione energetica.

Tale risultato si deve intendere raggiunto al ricorrere simultaneo di una serie di condizioni costruttive e spaziali. In particolare, sono identificati i seguenti parametri:

A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione;

A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola;

A.1 Superficie minima per l'attività agricola

Un parametro fondamentale ai fini della qualifica di un sistema agrivoltaico, richiamato anche dal decreto-legge 77/2021, è la continuità dell'attività agricola, atteso che la norma circoscrive le installazioni ai terreni a vocazione agricola. Tale condizione si verifica laddove l'area oggetto di intervento è adibita, per tutta la vita tecnica dell'impianto agrivoltaico, alle coltivazioni agricole, alla floricoltura o al pascolo di bestiame, in una percentuale che la renda significativa rispetto al concetto di "continuità" dell'attività se confrontata con quella precedente all'installazione (caratteristica richiesta anche dal DL 77/2021). Pertanto si dovrebbe garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico, Stot) che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA).

$$S_{agricola} \geq 0,7 \cdot Stot$$

A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR)

Come già detto, un sistema agrivoltaico deve essere caratterizzato da configurazioni finalizzate a garantire la continuità dell'attività agricola: tale requisito può essere declinato in termini di "densità" o "porosità".

Per valutare la densità dell'applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione è possibile considerare indicatori quali la densità di potenza (MW/ha) o la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR).

Nella prima fase di sviluppo del fotovoltaico in Italia (dal 2010 al 2013) la densità di potenza

media delle installazioni a terra risultava pari a circa 0,6 MW/ha, relativa a moduli fotovoltaici aventi densità di circa 8 m²/kW (ad. es. singoli moduli da 210 W per 1,7 m²). Tipicamente, considerando lo spazio tra le stringhe necessario ad evitare ombreggiamenti e favorire la circolazione d'aria, risulta una percentuale di superficie occupata dai moduli pari a circa il 50%.

L'evoluzione tecnologica ha reso disponibili moduli fino a 350-380 W (a parità di dimensioni), che consentirebbero, a parità di percentuale di occupazione del suolo (circa 50%), una densità di potenza di circa 1 MW/ha. Tuttavia, una ricognizione di un campione di impianti installati a terra (non agrivoltaici) in Italia nel 2019-2020 non ha evidenziato valori di densità di potenza significativamente superiori ai valori medi relativi al Conto Energia.

Una certa variabilità nella densità di potenza, unitamente al fatto che la definizione di una soglia per tale indicatore potrebbe limitare soluzioni tecnologicamente innovative in termini di efficienza dei moduli, suggerisce di optare per la percentuale di superficie occupata dai moduli di un impianto agrivoltaico.

Al fine di non limitare l'adizione di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti si ritiene opportuno adottare un limite massimo di LAOR del 40 %:

$$LAOR \leq 40\%$$

2.3.2 REQUISITO B: *Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli*

Nel corso della vita tecnica utile devono essere rispettate le condizioni di reale integrazione fra attività agricola e produzione elettrica valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.

In particolare, dovrebbero essere verificate:

B.1) la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento;

B.2) la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa.

Per verificare il rispetto del requisito B.1, l'impianto dovrà inoltre dotarsi di un sistema per il monitoraggio dell'attività agricola rispettando, in parte, le specifiche indicate al requisito D.

B.1 Continuità dell'attività agricola

Gli elementi da valutare nel corso dell'esercizio dell'impianto, volti a comprovare la continuità dell'attività agricola, sono:

a) L'esistenza e la resa della coltivazione

Al fine di valutare statisticamente gli effetti dell'attività concorrente energetica e agricola è importante accertare la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di installazione di sistemi agrivoltaici. In particolare, tale aspetto può essere valutato tramite il valore della

produzione agricola prevista sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari successivi all'entrata in esercizio del sistema stesso espressa in €/ha o €/UBA (Unità di Bestiame Adulto), confrontandolo con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari antecedenti, a parità di indirizzo produttivo. In assenza di produzione agricola sull'area negli anni solari precedenti, si potrebbe fare riferimento alla produttività media della medesima produzione agricola nella zona geografica oggetto dell'installazione.

In alternativa è possibile monitorare il dato prevedendo la presenza di una zona di controllo che permetterebbe di produrre una stima della produzione sul terreno sotteso all'impianto.

b) Il mantenimento dell'indirizzo produttivo

Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Fermo restando, in ogni caso, il mantenimento di produzioni DOP o IGP. Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato a livello complessivo aziendale; la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell'ambito della Indagine RICA per tutte le aziende contabilizzate. A titolo di esempio, un eventuale riconversione dell'attività agricola da un indirizzo intensivo (es. ortofloricoltura) ad uno molto più estensivo (es. seminativi o prati pascoli), o l'abbandono di attività caratterizzate da marchi DOP o DOCG, non soddisfano il criterio di mantenimento dell'indirizzo produttivo.

B.2 Producibilità elettrica minima

In base alle caratteristiche degli impianti agrivoltaici analizzati, si ritiene che, la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FV_{agri} in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard ($FV_{standard}$ in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60 % di quest'ultima:

$$FV_{agri} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$$

2.3.3 **REQUISITO C:** *l'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra*

La configurazione spaziale del sistema agrivoltaico, e segnatamente l'altezza minima di moduli da terra, influenza lo svolgimento delle attività agricole su tutta l'area occupata dall'impianto agrivoltaico o solo sulla porzione che risulti libera dai moduli fotovoltaici. Nel caso delle colture agricole, l'altezza minima dei moduli da terra condiziona la dimensione delle colture che possono essere impiegate (in termini di altezza), la scelta della tipologia di coltura in funzione del grado di compatibilità con l'ombreggiamento generato dai moduli, la possibilità di compiere tutte le attività legate alla coltivazione ed al raccolto. Le stesse considerazioni

restano valide nel caso di attività zootecniche, considerato che il passaggio degli animali al di sotto dei moduli è condizionato dall'altezza dei moduli da terra (connettività).

In sintesi, l'area destinata a coltura oppure ad attività zootecniche può coincidere con l'intera area del sistema agrivoltaico oppure essere ridotta ad una parte di essa, per effetto delle scelte di configurazione spaziale dell'impianto agrivoltaico.

Nelle considerazioni a seguire si fa riferimento, per semplicità, al caso delle colture ma analoghe considerazioni possono essere condotte nel caso dell'uso della superficie del sistema agrivoltaico a fini zootecnici.

Si possono esemplificare i seguenti casi:

TIPO 1) l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto ai moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura, e cioè i moduli fotovoltaici svolgono una funzione sinergica alla coltura, che si può esplicitare nella prestazione di protezione della coltura (da eccessivo soleggiamento, grandine, etc.) compiuta dai moduli fotovoltaici. In questa condizione la superficie occupata dalle colture e quella del sistema agrivoltaico coincidono, fatti salvi gli elementi costruttivi dell'impianto che poggiano a terra e che inibiscono l'attività in zone circoscritte del suolo.

TIPO 2) l'altezza dei moduli da terra non è progettata in modo da consentire lo svolgimento delle attività agricole al di sotto dei moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un uso combinato del suolo, con un grado di integrazione tra l'impianto fotovoltaico e la coltura più basso rispetto al precedente (poiché i moduli fotovoltaici non svolgono alcuna funzione sinergica alla coltura).

TIPO 3) i moduli fotovoltaici sono disposti in posizione verticale. L'altezza minima dei moduli da terra non incide significativamente sulle possibilità di coltivazione (se non per l'ombreggiamento in determinate ore del giorno), ma può influenzare il grado di connessione dell'area, e cioè il possibile passaggio degli animali, con implicazioni sull'uso dell'area per attività legate alla zootecnia. Per contro, l'integrazione tra l'impianto agrivoltaico e la coltura si può esplicitare nella protezione della coltura compiuta dai moduli fotovoltaici che operano come barriere frangivento.

In via teorica, determinare una soglia minima in termini di altezza dei moduli da terra permette infatti di assicurare che vi sia lo spazio sufficiente per lo svolgimento dell'attività agricola al di sotto dei moduli, e di limitare il consumo di suolo. Tuttavia, come già analizzato, vi possono essere configurazioni tridimensionali, nonché tecnologie e attività agricole adatte anche a impianti con moduli installati a distanze variabili da terra.

Considerata l'altezza minima dei moduli fotovoltaici su strutture fisse e l'altezza media dei moduli su strutture mobili, limitatamente alle configurazioni in cui l'attività agricola è svolta anche al di sotto dei moduli stessi, si possono fissare come valori di riferimento per rientrare nel tipo 1) e 3):

- 1,3 metri nel caso di attività zootecnica (altezza minima per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame);
- 2,1 metri nel caso di attività colturale (altezza minima per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione).

Si può concludere che:

- Gli impianti di tipo 1) e 3) sono identificabili come impianti agrivoltaici avanzati che rispondo al REQUISITO C.
- Gli impianti agrivoltaici di tipo 2), invece, non comportano alcuna integrazione fra la produzione energetica ed agricola, ma esclusivamente un uso combinato della porzione di suolo interessata.

2.3.4 REQUISITI D ed E: i sistemi di monitoraggio

I valori dei parametri tipici relativi al sistema agrivoltaico dovrebbero essere garantiti per tutta la vita tecnica dell'impianto.

L'attività di monitoraggio è quindi utile sia alla verifica dei parametri fondamentali, quali la continuità dell'attività agricola sull'area sottostante gli impianti, sia di parametri volti a rilevare effetti sui benefici concorrenti.

Gli esiti dell'attività di monitoraggio, con specifico riferimento alle misure di promozione degli impianti agrivoltaici innovativi citate in premessa, sono fondamentali per valutare gli effetti e l'efficacia delle misure stesse.

A tali scopi il DL 77/2021 ha previsto che, ai fini della fruizione di incentivi statali, sia installato un adeguato sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento alle seguenti condizioni di esercizio (REQUISITO D):

D.1) il risparmio idrico;

D.2) la continuità dell'attività agricola, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.

Nel seguito si riportano i parametri che dovrebbero essere oggetto di monitoraggio a tali fini.

In aggiunta a quanto sopra, al fine di valutare gli effetti delle realizzazioni agrivoltaiche, il PNRR prevede altresì il monitoraggio dei seguenti ulteriori parametri (REQUISITO E):

E.1) il recupero della fertilità del suolo;

E.2) il microclima;

E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.

Infine, per monitorare il buon funzionamento dell'impianto fotovoltaico e, dunque, in ultima

analisi la virtuosità della produzione sinergica di energia e prodotti agricoli, è importante la misurazione della produzione di energia elettrica.

Di seguito una breve disamina di ciascuno dei predetti parametri e delle modalità con cui possono essere monitorati.

D.1 Monitoraggio del risparmio idrico

I sistemi agrivoltaici possono rappresentare importanti soluzioni per l'ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica, in quanto il fabbisogno di acqua può essere talvolta ridotto per effetto del maggior ombreggiamento del suolo. L'impianto agrivoltaico, inoltre, può costituire un efficace infrastruttura di recupero delle acque meteoriche che, se opportunamente dotato di sistemi di raccolta, possono essere riutilizzate immediatamente o successivamente a scopo irriguo, anche ad integrazione del sistema presente. È pertanto importante tenere in considerazione se il sistema agrivoltaico prevede specifiche soluzioni integrative che pongano attenzione all'efficientamento dell'uso dell'acqua (sistemi per il risparmio idrico e gestione acque di ruscellamento).

Il fabbisogno irriguo per l'attività agricola può essere soddisfatto attraverso:

- auto-provvigionamento: l'utilizzo di acqua può essere misurato dai volumi di acqua dei serbatoi/autobotti prelevati attraverso pompe in discontinuo o tramite misuratori posti su pozzi aziendali o punti di prelievo da corsi di acqua o bacini idrici, o tramite la conoscenza della portata concessa (l/s) presente sull'atto della concessione a derivare unitamente al tempo di funzionamento della pompa;
- servizio di irrigazione: l'utilizzo di acqua può essere misurato attraverso contatori/misuratori fiscali di portata in ingresso all'impianto dell'azienda agricola e sul by-pass dedicato all'irrigazione del sistema agrivoltaico, o anche tramite i dati presenti nel SIGRIAN;
- misto: il cui consumo di acqua può essere misurato attraverso la disposizione di entrambi i sistemi di misurazione suddetti

Al fine di monitorare l'uso della risorsa idrica a fini irrigui sarebbe, inoltre, necessario conoscere la situazione ex ante relativa ad aree limitrofe coltivate con la medesima coltura, in condizioni ordinarie di coltivazione e nel medesimo periodo, in modo da poter confrontare valori di fabbisogno irriguo di riferimento con quelli attuali e valutarne l'ottimizzazione e la valorizzazione, tramite l'utilizzo congiunto delle banche dati SIGRIAN e del database RICA. Le aziende agricole del campione RICA che ricadono nei distretti irrigui SIGRIAN possono considerarsi potenzialmente irrigate con acque consortile in quanto raggiungibili dalle infrastrutture irrigue consortili, quelle al di fuori irrigate in autoapprovvigionamento. Le miste sono individuate con un ulteriore livello di analisi dei dati RICA-SIGRIAN.

Nel caso in cui questi dati non fossero disponibili, si potrebbe effettuare nelle aziende irrigue (in presenza di impianto irriguo funzionante, in cui si ha un utilizzo di acqua potenzialmente

misurabile tramite l'inserimento di contatori lungo la linea di adduzione) un confronto con gli utilizzi ottenuti in un'area adiacente priva del sistema agrivoltaico nel tempo, a parità di coltura, considerando però le difficoltà di valutazione relative alla variabile climatica (esposizione solare).

Nelle aziende con colture in asciutta, invece, il tema riguarderebbe solo l'analisi dell'efficienza d'uso dell'acqua piovana, il cui indice dovrebbe evidenziare un miglioramento conseguente la diminuzione dell'evapotraspirazione dovuta all'ombreggiamento causato dai sistemi agrivoltaici. Nelle aziende non irrigue il monitoraggio di questo elemento dovrebbe essere escluso.

Gli utilizzi idrici a fini irrigui sono quindi funzione del tipo di coltura, della tecnica colturale, degli apporti idrici naturali e dall'evapotraspirazione così come dalla tecnica di irrigazione, per cui per monitorare l'uso di questa risorsa bisogna tener conto che le variabili in gioco sono molteplici e non sempre prevedibili.

In generale le imprese agricole non misurano l'utilizzo irriguo nel caso di disponibilità di pozzi aziendali o di punti di prelievo da corsi d'acqua o bacini idrici (auto-provvigionamento), ma hanno determinate portate concesse dalla Regione o dalla Provincia a derivare sul corpo idrico a cui si aggiungono i costi energetici per il sollevamento dai pozzi o dai punti di prelievo.

Negli ultimi anni, in relazione alle politiche sulla condizionalità, il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali ha emanato, con Decreto Ministeriale del 31/07/2015, le "Linee Guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo", contenenti indicazioni tecniche per la quantificazione dei volumi prelevati/utilizzati a scopo irriguo. Queste includono delle norme tecniche contenenti metodologie di stima dei volumi irrigui sia in auto-provvigionamento che per il servizio idrico di irrigazione laddove la misurazione non fosse tecnicamente ed economicamente possibile.

Nel citato decreto è indicato che riguardo l'obbligo di misurazione dell'auto-provvigionamento, le Regioni dovranno prevedere, in aggiunta a quanto già previsto dalle disposizioni regionali, anche in attuazione degli impegni previsti dalla eco-condizionalità (autorizzazione obbligatoria al prelievo), l'impostazione di banche dati apposite e individuare, insieme con il CREA, le modalità di registrazione e trasmissione di tali dati alla banca dati SIGRIAN.

Si ritiene quindi possibile fare riferimento a tale normativa per il monitoraggio del risparmio idrico, prevedendo aree dove sia effettuata la medesima coltura in assenza di un sistema agrivoltaico, al fine di poter effettuare una comparazione. Tali valutazioni possono essere svolte, ad esempio, tramite una relazione triennale redatta da parte del proponente.

D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola

Come riportato nei precedenti paragrafi, gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono:

1. l'esistenza e la resa della coltivazione;
2. il mantenimento dell'indirizzo produttivo;

Tale attività può essere effettuata attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza stabilita. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari).

Ai fini della concessione degli incentivi previsti per tali interventi, potrebbe essere redatto allo scopo una opportuna guida (o disciplinare), al fine di fornire puntuali indicazioni delle informazioni da asseverare. Fondamentali allo scopo sono comunque le caratteristiche di terzietà del soggetto in questione rispetto al titolare del progetto agrivoltaico.

Parte delle informazioni sopra richiamate sono già comprese nell'ambito del "fascicolo aziendale", previsto dalla normativa vigente per le imprese agricole che percepiscono contributi comunitari. All'interno di esso si colloca il Piano di coltivazione, che deve contenere la pianificazione dell'uso del suolo dell'intera azienda agricola. Il "Piano culturale aziendale o Piano di coltivazione", è stato introdotto con il DM 12 gennaio 2015 n. 162.

Inoltre, allo scopo di raccogliere i dati di monitoraggio necessari a valutare i risultati tecnici ed economici della coltivazione e dell'azienda agricola che realizza sistemi agrivoltaici, con la conseguente costruzione di strumenti di benchmark, le aziende agricole che realizzano impianti agrivoltaici dovrebbero aderire alla rilevazione con metodologia RICA, dando la loro disponibilità alla rilevazione dei dati sulla base della metodologia comunitaria consolidata. Le elaborazioni e le analisi dei dati potrebbero essere svolte dal CREA, in qualità di Agenzia di collegamento dell'Indagine comunitaria RICA.

E.1 Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo

Importante aspetto riguarda il recupero dei terreni non coltivati, che potrebbero essere restituiti all'attività agricola grazie alla incrementata redditività garantita dai sistemi agrivoltaici. È pertanto importante monitorare i casi in cui sia ripresa l'attività agricola su superfici agricole non utilizzate negli ultimi 5 anni.

Il monitoraggio di tale aspetto può essere effettuato nell'ambito della relazione di cui al precedente punto, o tramite una dichiarazione del soggetto proponente.

La definizione di pascolo permanente prevista dall'art. 2 (2) (c) del reg. 1120/2009, interpreta come terreno agricolo un terreno che è, da almeno 5 anni, usato per la produzione di erba e altre piante erbacee da foraggio, anche se quel terreno è stato arato e seminato con un'altra varietà di pianta erbacea da foraggio diversa da quella precedente.

E.2 Monitoraggio del microclima

Il microclima presente nella zona ove viene svolta l'attività agricola è importante ai fini della sua conduzione efficace. Infatti, l'impatto di un impianto tecnologico fisso o parzialmente in movimento sulle colture sottostanti e limitrofe è di natura fisica: la sua presenza diminuisce la superficie utile per la coltivazione in ragione della palificazione, intercetta la luce, le precipitazioni e crea variazioni alla circolazione dell'aria.

L'insieme di questi elementi può causare una variazione del microclima locale che può alterare il normale sviluppo della pianta, favorire l'insorgere ed il diffondersi di fitopatie così come può mitigare gli effetti di eccessi termici estivi associati ad elevata radiazione solare determinando un beneficio per la pianta (effetto adattamento).

L'impatto cambia da coltura a coltura e in relazione a molteplici parametri tra cui le condizioni pedoclimatiche del sito.

Tali aspetti possono essere monitorati tramite sensori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria unitamente a sensori per la misura della radiazione posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto. In particolare, il monitoraggio potrebbe riguardare:

- la temperatura ambiente esterno (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- la temperatura retro-modulo (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- l'umidità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con igrometri/psicrometri (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti);
- la velocità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con anemometri.

I risultati di tale monitoraggio possono essere registrati, ad esempio, tramite una relazione triennale redatta da parte del proponente.

E.3 Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici

La produzione di elettricità da moduli fotovoltaici deve essere realizzata in condizioni che non pregiudichino l'erogazione dei servizi o le attività impattate da essi in ottica di cambiamenti climatici attuali o futuri.

Come stabilito nella circolare del 30 dicembre 2021, n. 32 recante " Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Guida operativa per il rispetto del principio di non arrecare danno significativo all'ambiente (DNSH)", dovrà essere prevista una valutazione del rischio ambientale e climatico attuale e futuro in relazione ad alluvioni, nevicate, innalzamento dei livelli dei mari, piogge intense, ecc. per individuare e implementare le necessarie misure di adattamento in linea con il Framework dell'Unione Europea. Dunque:

- in fase di progettazione: il progettista dovrebbe produrre una relazione recante l'analisi dei

rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione, individuando le eventuali soluzioni di adattamento;

- in fase di monitoraggio: il soggetto erogatore degli eventuali incentivi verificherà l'attuazione delle soluzioni di adattamento climatico eventualmente individuate nella relazione di cui al punto precedente (ad esempio tramite la richiesta di documentazione, anche fotografica, della fase di cantiere e del manufatto finale).

3 GEOLOGIA

La geologia dell'area in cui si prospetta la realizzazione dell'agrivoltaico presenta litologie stratigraficamente riconducibili al Mesozoico e al Cenozoico in particolare le prime contraddistinguono le superfici interessate. La Nurra mesozoica rappresenta un esempio di piattaforma carbonatica sottoposta ad oscillazioni eustatiche e a fasi tettoniche distensive, che hanno favorito, l'ingressione di mari epicontinentali alternati a fasi subaeree. Il controllo tettonico attivo in vari intervalli cronostratigrafici, unitamente al controllo eustatico, ha condizionato l'evoluzione sedimentaria della piattaforma, l'instaurarsi di bacini estensionali e lo loro colmata, innescando processi erosivi e le deposizioni di flussi silicoclastici e depositi pedogenetici. Le coperture mesozoiche sono rappresentate da dolomie, marne, calcari di varia natura (dolomitici, bioclastici, selficiferi) e affiorano localmente nell'area in progetto.

Al di sopra della successione mesozoica poggiano litologie più recenti oligo-mioceniche conseguenti a nuove trasgressioni marine avvenute all'inizio dell'Eocene che ha interessato buona parte della Sardegna meridionale e precedute da movimenti tettonici. Con l'Eocene medio-superiore si ristabiliscono in tutta l'Isola condizioni di continentalità che perdurano fino l'Oligocene superiore. Da un punto di vista tettonico, questo intervallo di tempo è caratterizzato da una relativa stabilità marcata della totale assenza di attività vulcanica. Tra Oligocene superiore e il Miocene inferiore la Sardegna è stata sede di un importante attività tettonica trascorrente conseguente alla rotazione del Blocco sardo-corso e all'apertura del Bacino balearico e del Tirreno settentrionale. Contemporaneamente si manifesta una fase tettonico distensiva che ha sviluppato un sistema di fosse colmate da notevoli spessori di sedimenti marini e da vulcaniti calcoalcaline. Tali bacini si differenziano per essere legati a differenti orientazioni strutturali ed evoluzioni tettono-sedimentarie e costituiscono quello che viene tradizionalmente definito come "Fossa sarda" Auct. (VARDABASSO, 1962; CHERCHI & MONTADERT, 1982; CASULA et alii, 2001). Sia la tettonica trascorrente che quella distensiva sono accompagnate dal vulcanismo oligo-miocenico sardo, che rappresenta uno degli eventi geologici terziari più importanti del Mediterraneo occidentale. Le coperture terziarie pertanto sono rappresentate dalle vulcaniti del ciclo calcoalcalino oligo-miocenico e dai depositi sia terrigeni sia carbonatici, marini e continentali, del Miocene medio-superiore.

Le litologie del Mesozoiche sono localmente ricoperte da coltri eluvio colluviali associati a processi di deposizione alluvionale.

In generale le Unità che caratterizzano l'area in esame e i territori limitrofi sono:

FORMAZIONE DI MONTE NURRA (NNR) Dolomie e calcari dolomitici, calcari bioclastici, calcari selciferi, calcari marnosi, e marne, con intercalazioni di arenarie quarzose. Alla base calcari e dolomie scure di ambiente lacustre a carofite. DOGGER

FORMAZIONE DI MONTE UCCARI (MUC) Calcari micritici e bioclastici grigio biancastri ben stratificati; dolomie grigiastre e lenti di calcare oolitico con ciottoli a carofite. MALM

FORMAZIONE DI CAPO CACCIA (POC). Calcari a rudiste. CONIACIANO

FORMAZIONE DI GRAXIOLEDDU. (GXL). Orizzonte bauxitico, con bauxite ed argille residuali in tasche carsiche. CENOMANIANO

Coltri eluvio-colluviali (b2). Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE

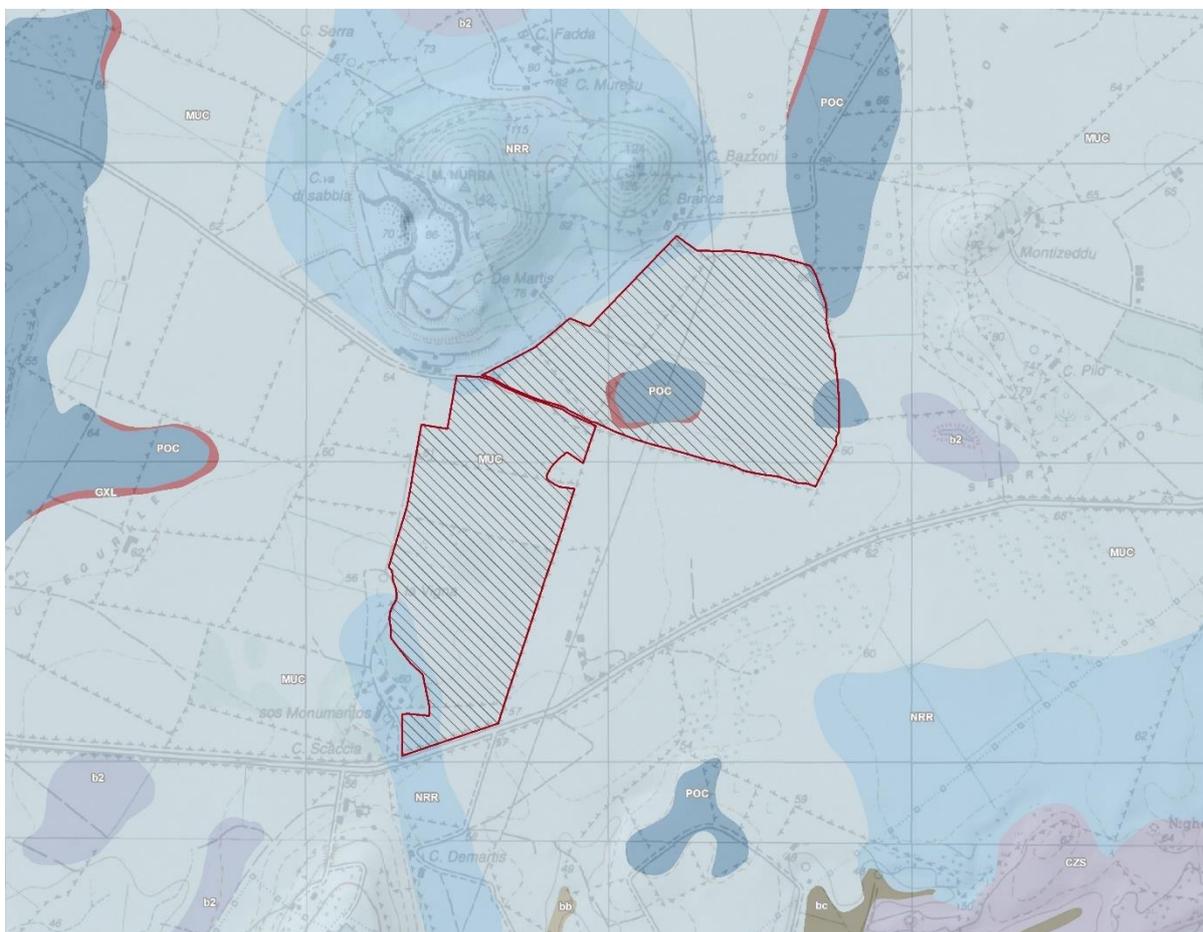


Figura 1 - Stralcio dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 con l'ubicazione delle superfici in cui si prospetta la realizzazione del sistema agrivoltaico. Ad ogni etichetta sulla carta corrisponde l'unita geologica descritta in precedenza.

4 I SUOLI

4.1 Introduzione

La caratterizzazione e la successiva descrizione dei suoli di una regione è sempre complicata da realizzare in quanto la componente oggetto di analisi è caratterizzata da una notevole variabilità spaziale. Il suolo è considerato, già da parecchio tempo, come un corpo quadridimensionale (tempo e spazio) "*naturale indipendente, con una sua propria morfologia di profilo risultante da un'unica combinazione di clima, forme biologiche, materiale derivante dalla roccia madre, dalla topografia e dal tempo*" (Dokuchaev, 1885). Per sintetizzare ciò possiamo fare riferimento alla ben nota, e sempre valida, equazione di Jenny del 1941, $S = f(\text{cl, o, r, p, t})$, in cui il suolo viene espresso come funzione del clima, degli organismi viventi, del rilievo, della roccia madre e del tempo.

Il clima, come ben noto, influisce sulla pedogenesi in quanto agisce sui costituenti del sistema suolo attraverso l'alterazione della roccia madre, lo sviluppo della vegetazione e la modificazione della forma del paesaggio.

La vegetazione è strettamente influenzata dal clima e condiziona i processi di formazione del suolo. Ad esempio, la presenza di una densa copertura boschiva garantisce un continuo apporto di sostanza organica e svolge un ruolo di protezione dall'azione erosiva delle acque di ruscellamento.

Il rilievo influisce, invece, dapprima in modo indiretto, in quanto attraverso l'esposizione può ad esempio condizionare l'intensità delle precipitazioni e dei venti, e poi in modo diretto, in quanto l'elevata pendenza può innescare processi gravitativi e fenomeni di ruscellamento.

La roccia madre fornisce la materia prima ai processi pedogenetici. Infatti, l'alterazione della roccia fornisce la frazione minerale che rappresenta l'input per i successivi processi di sviluppo del suolo. In presenza di rocce tenere, o comunque facilmente alterabili, i suoli possono assumere forme ben sviluppate in assenza di particolari processi erosivi, mentre la presenza di rocce fortemente massive e litoidi ostacola i processi pedogenetici determinando talvolta la presenza di suoli sottili, talora limitati a semplici coperture di spessore centimetrico.

Infine, il fattore tempo è decisivo per lo svolgersi delle azioni determinate dai fattori precedenti. Quindi, nello studio dei suoli e nella determinazione della sua variabilità spaziale non si può certamente prescindere da tutti questi fattori che influiscono, in maniera differente, sui processi pedogenetici.

Le teorie pedologiche tradizionali dimostrano che, dove le condizioni ambientali generali sono simili ed in assenza di disturbi maggiori, come possono essere ad esempio particolari eventi deposizionali o erosivi, i suoli dovrebbero seguire un'evoluzione ed uno sviluppo che converge verso un ben determinato tipo pedologico caratteristico di quella precisa area. In questo senso, la pedogenesi più lunga avviene sotto condizioni ambientali favorevoli e, soprattutto, costanti in cui le caratteristiche fisiche, biologiche e chimiche imprimono la loro impronta sulla

pedogenesi stessa. Ma questo sviluppo, o meglio questa progressione verso uno stadio di maturità dei suoli, non è sempre evidente, proprio perché i fattori precedentemente descritti possono interromperla in qualsiasi momento (Phillips, 2000). La realtà, infatti, si discosta spesso in modo marcato dalle teorie pedologiche, proprio come avviene ogni volta che si cerca di modellizzare l'ambiente ed i processi che si instaurano, in quanto difficilmente vi è la contemporanea continuità dei suddetti fattori. Questo è valido a tutte le scale di osservazione, sia alla mesoscala che alla microscala, in quanto anche dall'analisi di un piccolo versante è possibile osservare variazioni litologiche e micromorfologiche che influiscono in modo determinante sulla formazione e sul comportamento del suolo.

A complicare quanto descritto fino a questo momento, non si possono certamente trascurare le variazioni indotte da una qualsiasi gestione antropica. Quest'ultima determina una sintomatica variazione dello sviluppo dei suoli. Infine, a ciò si aggiunge il fatto che le informazioni ottenute da una zona non possono essere estese ad altre aree simili senza una verifica completa, rendendo il rilievo pedologico lungo nel tempo e con costi elevati.

Nel corso degli anni lo studio della variazione spaziale dei suoli si è continuamente evoluto, passando dall'analisi dei singoli fattori che concorrono ai processi precedentemente descritti al rapporto suolo-paesaggio, fino ad arrivare agli anni 90' del secolo scorso, quando parte dello studio è stato concentrato sulla caratterizzazione del concetto di variabilità e sulla determinazione della frequenza con la quale variavano i diversi fattori. Burrough (1983), ad esempio, ha osservato come alcuni fattori variano con una certa costanza, potendo quindi essere inseriti all'interno di una variabilità definita sistematica, mentre altri fattori non possono che essere ricondotti ad una variabilità casuale. Sono proprio questi i concetti su cui si è concentrata l'attenzione dei ricercatori del settore, con diverse interpretazioni in funzione delle variabili di volta in volta analizzate. In particolare, secondo Saldana et al. (1998) la variazione sistematica è un cambiamento graduale o marcato nelle proprietà dei suoli ed è espressa in funzione della geologia, della geomorfologia, dei fattori predisponenti la formazione dei suoli e/o delle pratiche di gestione dei suoli stessi. Anche per Perrier e Wilding (1986) queste variazioni sistematiche possono essere espresse in funzione di:

1. morfologia (es. rilievi montani, plateaux, pianure, terrazzi, valli, morene, etc.);
2. elementi fisiografici (es. le vette e le spalle dei versanti);
3. fattori pedogenetici (es. cronosequenze, litosequenze, toposequenze, biosequenze e climosequenze).

Secondo Couto et al. (1997), le variazioni sistematiche potrebbero essere osservate in generale già durante le prime fasi dei rilievi di campo.

Le altre variazioni, ovvero quelle casuali, non possono essere spiegate in termini di fattori predisponenti la formazione ma, sono riconducibili: alla densità di campionamento, agli errori di misura e alla scala di studio adottata (Saldana et al., 1998). È contenuto in questi schemi di campionamento il presupposto dell'identità per i campioni adiacenti, anche se ciò raramente è stato riscontrato (Sierra, 1996). In generale, la variabilità sistematica dovrebbe essere

maggiore della variabilità casuale (Couto et al., 1997), in quanto il rapporto con il paesaggio è più stretto.

Più volte si è fatto riferimento alla variabilità dei suoli alle diverse scale di osservazione. In generale, la variazione spaziale tende a seguire un modello in cui la variabilità diminuisce al diminuire della distanza fra due punti nello spazio (Youden e Mehlich, 1937; Warrick e Nielsen, 1980). La dipendenza spaziale è stata osservata per una vasta gamma di proprietà fisiche, chimiche e biologiche, nonché nei processi pedogenetici.

Come già ampiamente descritto nelle pagine precedenti, le variazioni spaziali dei suoli sono giustificate attraverso un'analisi dei 5 principali fattori responsabili della formazione del suolo: clima, litologia, topografia, tempo e organismi viventi. Ma la base della variabilità è la scala del rilievo, in quanto ciascuno di questi fattori esercita un proprio peso che differisce anche, e soprattutto, a seconda della scala. È quindi molto importante individuare una scala di lavoro che permetta di sintetizzare il ruolo svolto dai singoli fattori.

Alcuni esempi esplicativi possono essere ricondotti alle variazioni climatiche, che esercitano un ruolo importante sulla variabilità dei suoli, particolarmente alle scale regionali. Ma quando nel territorio subentrano anche sensibili variazioni morfologiche e topografiche, allora le temperature e le precipitazioni possono differire sensibilmente anche per distanze di 1 km. Inoltre, variazioni climatiche possono essere determinate dall'esposizione, come il microclima sui versanti esposti a nord che, alle nostre latitudini, differisce in maniera consistente rispetto ai versanti esposti a sud.

Allo stesso modo, anche la roccia madre varia spesso alla scala regionale, ma vi sono sensibili differenze anche alla grande scala, o di dettaglio. Molti esempi suggeriscono che le variazioni dei suoli alla scala di dettaglio avvengono soprattutto con i cambiamenti nella topografia, ma è molto difficile accorgersi delle variazioni dei suoli e di quali proprietà possano mutare lungo uno stesso versante (Brady e Wiel, 2002).

È necessario quindi poter distinguere quello che avviene alle differenti scale di osservazione; alle grandi scale, ad esempio, i cambiamenti avvengono all'interno di pochi ettari coltivati o di aree incolte. La variabilità a questa scala di osservazione può essere difficile da misurare, a meno di possedere un numero elevatissimo di osservazioni e con una densità di campionamento improponibile per i normali rilevamenti pedologici.

In molti casi alcune considerazioni, ma si tratta sempre di considerazioni effettuate dopo aver analizzato i primi dati pedologici, possono essere estrapolate anche osservando l'altezza o la densità di vegetazione che può riflettere una determinata variabilità dei suoli, come pure una variabilità nelle forme del paesaggio o la presenza di differenti substrati geologici. Laddove lo studio richiede una valenza scientifica o una precisa caratterizzazione dei suoli è sempre necessario che i cambiamenti delle proprietà dei suoli siano determinati attraverso l'analisi dei campioni di suolo prelevati.

Alla media scala, invece, si osserva come la variabilità sia in stretta relazione con alcuni fattori

pedogenetici. Comprendendo le influenze di uno di questi sul rapporto suolo-paesaggio, è spesso possibile definire un set di singoli suoli che volgono insieme in una sequenza attraverso il paesaggio stesso. Frequentemente è possibile, identificando un membro di una serie, predire le proprietà dei suoli che occupano una determinata posizione nel paesaggio da altri membri di una serie (Brady e Wiel, 2002). Tali serie di suoli includono litosequenze (considerando sequenze di rocce madri), cronosequenze (considerando rocce madri simili ma tempi pedogenetici diversi) e toposequenze (con suoli disposti secondo cambiamenti nella posizione fisiografica). La toposequenza viene anche indicata col termine catena. Le associazioni di suoli raggruppano suoli diversi, presenti nello stesso paesaggio, non cartografabili singolarmente alla scala utilizzata, ma distinguibili a scale di maggior dettaglio. L'identificazione delle associazioni di suoli è importante, in quanto queste consentono di caratterizzare il paesaggio attraverso la zonizzazione di grandi aree e possono essere utilizzate come strumento di programmazione urbanistica e del territorio.

4.2 Unità di terre

4.2.1 Introduzione

L'uso di carte tematiche specifiche, ed in questo caso della carta delle Unità di Terre, costituisce uno dei metodi migliori per la rappresentazione e visualizzazione della variabilità spaziale delle diverse tipologie di suolo, della loro ubicazione e della loro estensione.

Il significato delle Unità di Terre concerne l'individuazione di aree in cui avvengono, in modo omogeneo, determinati processi di pedogenesi che si riflettono nella formazione di suoli con caratteri simili anche in aree distanti tra loro. Il principio cardine su cui si basa il lavoro è il noto paradigma suolo e paesaggio ovvero il legame stretto che permette, attraverso l'osservazione delle singole componenti di quest'ultimo, l'individuazione di aree omogenee caratterizzate da classi di suoli di origine analoga e la loro distribuzione spaziale.

I suoli, come descritto precedentemente, si formano attraverso un'interazione composta tradizionalmente da cinque fattori: substrato pedogenetico, topografia, tempo, clima ed organismi viventi (Jenny, 1941). Le complesse interazioni tra questi fattori avvengono seguendo modelli ripetitivi che possono essere osservati a scale differenti, conducendo alla formazione di combinazioni pedologiche assimilabili. Questa è la base per la definizione, identificazione e mappatura dei suoli (Soil SurveyDivision Staff, 1993).

In questi termini, i modelli locali di topografia o rilievo, substrato pedogenetico e tempo, insieme alle loro relazioni con la vegetazione ed il microclima, possono essere utilizzati per predire le tipologie pedologiche in aree ristrette (Soil SurveyDivision Staff, 1993)

In sintesi, si tratta di uno strumento importante ai fini pedologici, proprio perché per ciascuna unità viene stabilita la storia evolutiva del suolo in relazione all'ambiente di formazione, e se ne definiscono, in questo modo, gli aspetti e i comportamenti specifici. Inoltre, dalla carta delle Unità di Terre è possibile inquadrare le dinamiche delle acque superficiali e profonde, l'evoluzione dei diversi microclimi, i temi sulla pianificazione ecologica e la conservazione del paesaggio, le ricerche sulla dispersione degli elementi inquinanti, ma anche fenomeni

urbanistici ed infrastrutturali (Rasio e Vianello, 1990).

Seppur il lavoro svolto ha avuto come riferimento bibliografico la Carta delle Unità di Terre realizzata nel 2014 nell'ambito del progetto CUT 1 dalle agenzie regionali Agris e Laore e dalle Università di Cagliari (Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche) e Sassari (Dipartimento di Agraria, sezione Ingegneria del Territorio), le valutazioni fatte nella definizione delle unità sono strettamente legate agli obiettivi dello studio nonché alla scala di rilevamento e restituzione del dato.

Seguirà una breve descrizione delle unità presenti nell'area di studio.

4.2.2 Unità di terre nell'area di studio

Unità CDL: suoli sviluppatisi su calcari e dolomie dei paesaggi mesozoici (sottunità fisiografica -1, 0, +1, +2)

I suoli di questi paesaggi manifestano una modesta variabilità nei loro caratteri principali determinata dalla natura del substrato, dalle variazioni morfologiche, dalla copertura vegetale nonché dall'uso del suolo riscontrabile nell'area in esame.

Dal punto di vista morfologico le superfici interessate nel progetto ricadono all'interno di diverse sottunità fisiografiche. La sottunità fisiografica CDL 0 comprende tutte quelle aree cui pendenze sono inferiori al 2,5%, caratterizzata da forme pressoché pianeggianti e subpianeggianti che occupano buona parte delle superfici in esame. Le sottunità fisiografiche CDL -1 e CDL 1 includono invece tutte quelle aree cui pendenze sono comprese tra i 2,5% e il 15%, dove nelle prime dominano le forme concave mentre nelle seconde quelle convesse. Infine marginalmente alle aree progettuali si rilevano superfici con pendenze comprese tra il 15% e il 35% ricadenti nella sottunità fisiografica CDL 2, dominata pertanto da forme convesse. Sotto il profilo di uso del suolo le superfici sono indirizzate alla produzione di colture foraggere in asciutta e irrigue di cerealicole e leguminose. Si riscontrano inoltre aree a pascolo e localmente oliveti. Nelle aree che presentano maggiori criticità pedologiche perdurano a mosaico tra i coltivi lembi di varia estensione di macchie calcicole basse, mentre lungo le aree perimetrali o tra i seminativi come elementi isolati si riscontrano esemplari arborei di sughera, leccio ed olivastro. Le principali limitazioni d'uso riguardano la scarsa profondità, la pietrosità e la rocciosità affiorante a tratti elevata e localmente moderati rischi di erosione.

I suoli vengono collocati da marginali all'uso agricolo intensivo (sottunità fisiografica CDL 0) a non arabili, più adatti quindi all'uso agricolo estensivo. Al fine di promuovere la conservazione e la tutela dei suoli è opportuno adottare delle misure che consentano il ripristino e la conservazione della vegetazione naturale, la riduzione del carico di bestiame e la limitazione nella profondità di lavorazione.

4.3 Descrizione dei suoli

L'analisi pedologica è stata portata a termine attraverso una serie di sopralluoghi, effettuati in data 06/10/2022, che hanno consentito allo scrivente di analizzare e verificare le effettive caratteristiche dei suoli dell'area su cui verranno ubicati i pannelli fotovoltaici e costruite le cabine elettriche. I rilevamenti riportati di seguito, sono stati fatti in accordo con le linee guide sviluppate dall'Ente AGRIS in merito alle metodiche di campionamento. La descrizione, è stata fatta considerando i substrati pedogenetici delle superfici interessate impostatisi principalmente sui calcari della Formazione di Monte Uccari e secondariamente sui calcari e dolomie della Formazione di Monte Nurra e della Formazione di Capo Caccia.

4.3.1 Piano di campionamento

Per raccogliere informazioni dettagliate si è provveduto ad effettuare dei minipit a cui sono state aggiunte delle trivellate e delle osservazioni superficiali necessarie ad incrementare la densità di rilevamento. Le informazioni ottenute saranno utili per redigere una Land Capability che prenda in considerazione le varie forme di paesaggio, interessate nel progetto, all'interno delle varie superfici catastali funzionali alla pianificazione degli indirizzi agro-pastorali.

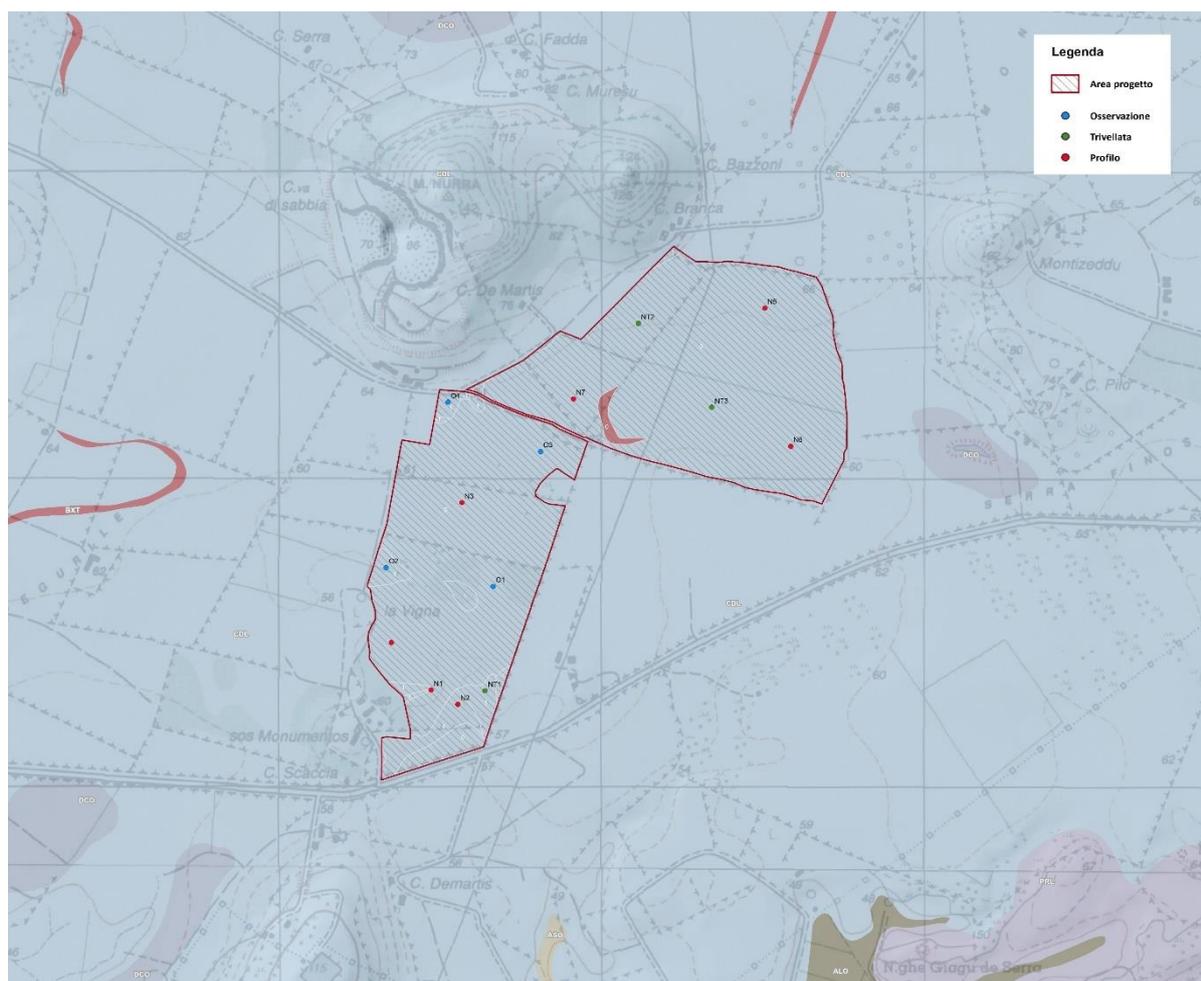


Figura 2 - Carta delle Unite di Terre con l'ubicazione delle superfici interessate e i relativi punti campionati

4.3.2 Profilo N1



Figura 3 - Stazione N1 ricadente nella particella catastale 139, in basso il profilo eseguito nel punto rilevato



Il sito in cui è stato realizzato il profilo N1 ricade morfologicamente su un'area subpianeggiante geologicamente incluso nella Formazione di Monte Uccari. La sottounità fisiografica di appartenenza è la CDL 0 con una pendenza media del campo inferiore al 2,5%. La micromorfologia rilevata nel punto campionato è leggermente convessa, ma all'interno della particella analizzata si rilevano piccole conche e depressioni che conferiscono un andamento ondulato alla superficie. Ne consegue la presenza di una debole erosione idrica laminare derivata dal passaggio preferenziale delle acque meteoriche che defluiscono verso le aree concave generando il trasporto e l'accumulo delle particelle di suolo più fini. La rocciosità affiorante è nell'ordine del 5%, mentre risulta modesta la pietrosità superficiale, stimata per un valore pari al 17% costituita principalmente da ghiaia per il 10%, ciottoli piccoli per il 5%, ciottoli grandi per il 2% e pietre per il 2% (Figura 4). Si rileva la presenza di cumuli artificiali formati da pietre e blocchi calcarei superiori al metro risultato delle azioni del miglioramento fondiario. Frequenti sono le

fessurazioni superficiali comunque sia di piccole dimensioni e il terreno risulta parzialmente compattato dall'attività del pascolo. I suoli rilevati mostrano una sequenza pedologica così composta: Ap – R. L'orizzonte Ap va da 0 a 10/15 cm, limite ondulato, con uno scheletro stimato al 2% di ghiaia fine e media. La tessitura va da franca argillosa ad argillosa, colore della massa rossastro. Oltre si rileva il contatto litico con la roccia (Figura 5). Nelle aree di accumulo dove lo spessore del suolo aumenta è presente anche l'orizzonte Bt ad una profondità di circa 20cm. La copertura vegetale rilevata è pressoché assente a seguito dell'azione del pascolo, mentre tra i cumuli di pietre si riscontrano arbusti di dimensione variabile. Tra le specie vegetali arbustive si riscontrano *Pyrus spinosa*, *Pistacia lentiscus* e *Myrtus communis* e *Chamaerops humilis*. Per quanto concerne l'uso del suolo, si tratta di un seminativo attualmente pascolato.



Figura 4 – A sinistra dettaglio di un affioramento roccioso a destra dettaglio di una pietra superiore ai 25cm



Figura 5 – Debole erosione idrica laminare in cui si può apprezzare l'azione del deflusso delle acque meteoriche che prendono in carico le particelle di suolo più fini trasportandole e depositandole nelle aree di accumulo.



Figura 6 – Cumuli di pietre e blocchi calcarei presenti nella particella risultato dell'azione del miglioramento fondiario



Figura 7 - Vista in direzione W dal punto rilevato. In lontananza i fabbricati dell'azienda agricola

4.3.3 Profilo N2



Figura 8 - Stazione N2 ricadente nella particella catastale 139, in basso il profilo eseguito nel punto rilevato



A circa un centinaio di metri dal punto N1 è stato effettuato il secondo rilevamento N2 scelto al fine di caratterizzare la sottounità fisiografica CDL-1. L'unità include le forme concave con pendenza media del campo superiore al 2,5%. Il rilievo ricade pertanto all'interno di una piccola depressione che rappresenta di fatto un'area di accumulo. Nonostante la breve distanza dal punto precedente, sulla base della variazione morfologica, ci si aspetta una variazione delle caratteristiche pedologiche che viene confermata dall'indagine. La rocciosità affiorante è stata stimata al 3% e rilevata esclusivamente lungo i margini della unità fisiografica mentre, la pietrosità superficiale è stata valutata per un valore medio pari al 7% di cui ghiaia per il 5%, ciottoli piccoli per l'1% e ciottoli grandi per l'1%. L'area riceve gli apporti sedimentari delle particelle fini (limo e argilla) a seguito del trasporto idrico proveniente dalle conche laterali che accumulandosi aumentano la permeabilità. Tale processo viene confermato dalla presenza di una pozza risultato delle recenti piogge (Figura 11 -). Il drenaggio interno viene valutato da mal drenato a molto mal

drenato, inoltre si rileva un debole grado di compattazione del suolo e fessurazioni superficiali frequenti fini e poco profonde in prossimità della pozza d'acqua. I suoli rilevati mostrano una sequenza pedologica così composta: Ap – Bw. L'orizzonte Ap va da 0 a 35 cm, limite abrupto lineare, ricco in argilla. La struttura principale è prismatica da molto grossolana ad estremamente grossolana. Il colore della massa da umido è nettamente diverso dal profilo N1, infatti si presenta più scuro con colori giallastri. Lo scheletro è pressoché assente stimato per un valore pari all'1%. L'orizzonte Bw va da 35cm e prosegue oltre i 50cm, più duro e meno umido rispetto all'orizzonte superficiale, il colore della massa è più chiaro ed è presente una buona attività biologica. L'uso del suolo è indirizzato a colture di tipo estensivo potenzialmente per la produzione foraggera e potenzialmente irriguo come conferma la presenza delle bocchette di irrigazione rilevate. Sono evidenti le azioni di miglioramento fondiario per ridurre la pietrosità superficiale (Figura 9) ma nonostante ciò la pietrosità in prossimità del punto rilevato risulta a tratti abbondante. La copertura vegetale alto arbustiva adorna linearmente i confini del fondo e si sviluppa tra i cumuli di pietre, composta da esemplari di lentisco, mirto e olivastro.



Figura 9 – A sinistra dettaglio degli affioramenti rocciosi lungo i margini della sottounità fisiografica. A destra aggregato in si rileva il cambio pedologico netto tra i due orizzonti Ap e Bw.



Figura 10 - A sinistra fessurazioni superficiali. A destra dettaglio dell'erosione idrica laminare diffusa



Figura 11 – Pozza d'acqua presenta nell'area di maggiore concavità



Figura 12 – Bocchetta d'acqua per l'irrigazione

4.3.4 Profilo N3



Figura 13 - Stazione N3 ricadente nella particella catastale 139, in basso il profilo eseguito nel punto rilevato



Il sito in cui è stato effettuato il rilievo N3 ricade morfologicamente, su una superficie pianeggiante ubicato a Nord rispetto ai precedenti rilievi. Dal punto di vista geologico è compreso sempre nella Formazione di Monte Uccari mentre la sottounità fisiografica di appartenenza è la CDL 0.

La rocciosità non è stimabile per la presenza della densa copertura erbacea, anche se all'apparenza sembra assente. Allo stesso modo anche per la pietrosità la stima è inficiata dallo strato erbaceo e viene valutato per un valore medio pari a circa il 6% composta da 1% di ciottoli piccoli e 5% ghiaia. Questo valore potrebbe essere superiore. Anche in questo appezzamento sono presenti cumuli di pietra risultato delle attività di spietramento. Il rilevamento ha permesso di individuare una sequenza pedologica così composta: Ap-Bt-R. L'orizzonte Ap va da 0 a 30cm, limite abrupto, scheletro pressoché assente pari all'1% di ghiaia fine. Il colore della massa è rossastro, leggermente umido, plastico e leggermente adesivo. Buona attività biologica ad opera dei lombrichi (Figura 16). Abbondante è il contenuto in argilla e il drenaggio interno è valutato da ben drenato a moderatamente mal drenato. Dai 30 - 40/47 cm si sviluppa l'orizzonte Bt caratterizzato da un arricchimento ulteriore di argilla mentre lo scheletro è

comparabile al valore dell'orizzonte superficiale. Oltre si rileva la roccia (Figura 16). L'uso del suolo è indirizzato alla produzione agricola si tratta di un medicaio irriguo (Figura 17) funzionale al foraggiamento degli ovini e per buona parte invaso dalle infestanti, principalmente cardo (Figura 15).



Figura 14 – A sinistra dettaglio di un cumulo di pietre artificiale. A destra dettaglio di un clasto ricoperto parzialmente dalla vegetazione.



Figura 15 – Medicaio infestato dal cardo



Figura 16 – A sinistra dettaglio del contatto litico. A destra esemplare di lombrico rilevato durante lo scavo



Figura 17 – Medicaio irrigato attraverso rotolone amovibile di irrigazione

4.3.5 Profilo N4



Figura 18 - Stazione N4 ricadente nella particella catastale 139, in basso il profilo eseguito nel punto rilevato



Il rilievo N4 ricade morfologicamente in un'area subpianeggiante leggermente ondulata inclusa geologicamente nella Formazione di Monte Nurra. La sottounità cartografica di appartenenza è la CDL 1, che include le aree dominate dalle forme convesse con pendenze superiori al 2,5%. Sono presenti puntuali affioramenti rocciosi ma non sufficientemente rappresentativi per essere presi in considerazione come parametro diagnostico. Il valore di pietrosità viene stimato per un valore pari al 5% di cui 1% ciottoli grandi, 1% piccoli, 2% ghiaia grossolana, 1% ghiaia fine e media. Tuttavia il valore potrebbe essere sottostimato in quanto con le recenti lavorazioni del terreno i clasti non sono perfettamente distinguibili dagli aggregati. I suoli sono mediamente profondi con un profilo rilevato Ap-Bt-R. L'orizzonte Ap va da 0 a 30cm, limite abrupto lineare, lo scheletro è composto dall' 1% di ciottoli piccoli e dall' 1% di ghiaia fine e media per un volume totale pari al 2%. L'orizzonte Bt va da 30 a 40/45cm, limite ondulato, presenta colorazioni più rossastre e un arricchimento in argille. Lo scheletro è composto dall'1% ghiaia fine e media. Oltre si rileva il contatto litico. L'uso del suolo è finalizzato alla produzione agricole si tratta

infatti di un seminativo.



Figura 19 – A sinistra bulbi selvatici riportati in superficie dall'attività agricole. A destra affioramento rocciosi



Figura 20 – Vista in direzione E del seminativo dal punto rilevato

4.3.6 Profilo N5



Figura 21 - Stazione N5 ricadente nella particella catastale 10, in basso il profilo eseguito nel punto rilevato



Il sito in cui è stato effettuato il profilo N5, è inserito morfologicamente, come buona parte dei rilievi svolti, su un'area subpianeggiante. L'unità cartografica di appartenenza è la CDL 0. La rocciosità affiorante è assente mentre la pietrosità superficiale media stimata è del 20%, a tratti comune, costituita da ghiaia per il 13%, ciottoli piccoli per il 5%, e ciottoli grandi per il 2%.

I suoli sono moderatamente profondi e mostrano una sequenza pedologica così composta: Ap – R. L'orizzonte Ap va da 0 a 40cm, limite ondulato abrupto, il colore della massa è scuro ma non rossastro come per altri orizzonti superficiali. Lo scheletro totale è del 7% costituito da ghiaia fine e media e per il 2% e dal 5% di ghiaia grossolana. I clasti si presentano in vari stadi di degradazione da freschi a molto alterati. Oltre si trova il contatto litico le colorazioni sono più chiare tendenti al giallastro. L'uso del suolo è indirizzato alla produzione agricola recentemente sottoposto a lavorazione. Si rileva la presenza di bocchette irrigue. Per quanto riguarda la copertura vegetale si rileva la presenza di alcune sughere di grandi dimensioni disposte in maniera puntiforme nella particella.



Figura 22 – A sinistra dettaglio del volume di pietrosità superficiale rilevato. A destra bocchetta di irrigazione.



Figura 23 – Seminativo su sodo si rileva la presenza delle stoppie della recente coltura cerealicola



Figura 24 – Vista panoramica in direzione N-W del seminativo dal punto rilevato



Figura 25 – Vista panoramica in direzione S del seminativo dal punto rilevato

4.3.7 Profilo N6



Figura 26 - Stazione N6 ricadente nella particella catastale 10, in basso il profilo eseguito nel punto rilevato



Il contesto morfologico e di uso del suolo in cui è stato effettuato il profilo N6 è comparabile con quello descritto nel rilevamento precedente. Infatti geologicamente ricade nella Formazione di Monte Uccari mentre la sottounità cartografica di appartenenza è la CDL 0. La rocciosità affiorante è assente mentre la pietrosità è stata stimata per un valore pari al 7%, composta da ciottoli piccoli per il 2%, ciottoli grandi per l'1% e ghiaia per il 4%.

I suoli rilevati si mostrano moderatamente profondi con una sequenza pedologica così composta: Ap – Bt – R. L'orizzonte Ap si estende da 0 a 30cm, limite lineare abrupto, il colore della massa è rossastro differenti pertanto dal precedente profilo, lo scheletro è composto dall'1% di ghiaia fine e media. L'orizzonte Bt è molto sottile va da 30 a 35cm, il cambio con l'orizzonte superficiale è netto sia per colore, per tessitura che per lo scheletro pari a 5% composto da ghiaia grossolana. Oltre si rileva il contatto litico con la roccia madre. Per quanto riguarda l'uso del suolo si tratta di un seminativo recentemente seminato su sodo. L'utilizzo di questa lavorazione conservativa risulta una pratica necessaria da attuare in questo contesto pedologico, consente di evitare il riporto superficiale dei clasti degli orizzonti sottostanti e mantenere integri i mezzi agricoli che

potrebbero danneggiarsi al contatto con la roccia. Inoltre questo metodo rappresenta una buona pratica per la conservazione e la sostenibilità della risorsa suolo.



Figura 27 – Vista panoramica in direzione S dal punto rilevato



Figura 28 – Vista panoramica in direzione E dal punto rilevato

4.3.8 Profilo N7



Figura 29 - Stazione N7 ricadente nella particella catastale 244, in basso il profilo eseguito nel punto rilevato



Il sito in cui è stato effettuato il profilo N7 è pressoché il medesimo dal punto di vista morfologico pedologico e di uso del suolo del profilo N6. La morfologia è pianeggiante e la sottounità fisiografica di appartenenza è la CDL 0. La rocciosità affiorante è assente mentre la pietrosità superficiale media stimata è del 7%, costituita da ghiaia per il 4%, ciottoli piccoli per il 1%, e ciottoli grandi per il 1%.

Il rilevamento ha permesso di caratterizzare l'orizzonte superficiale Ap che va da 0 a 38cm. Limite abrupto lineare, scheletro composto dal 2% di ghiaia grossolana, 1% di ghiaia fine e media e 3% di ciottoli piccoli. Progressivamente vi è un aumento del contenuto in argilla ma non si riscontra il cambio con altri orizzonti pedologici. Oltre è stato rilevato il contatto litico con la roccia madre. Sono evidenti le operazioni di spietramento per il miglioramento fondiario. Anche in questa particella l'uso del suolo è indirizzato alla produzione agricola si tratta di un seminativo coltivato su sodo potenzialmente irriguo visto la presenza delle bocchette di irrigazione. La copertura vegetale si dispone lungo i limiti dell'appezzamento caratterizzata principalmente dal lentisco, palma nana associati ad esemplari di sughera, leccio ed olivastro.



Figura 30 – A sinistra cumuli di massi e blocchi superiori al metro ricoperti in parte dalla vegetazione. A destra dettaglio di una bocchetta irrigua



Figura 31 – Vista panoramica in direzione N-W del seminativo dal punto rilevato. In lontananza i fabbricati aziendali.

4.3.9 Trivellate e Osservazioni

Al fine di caratterizzare al meglio il contesto agro pedologico in cui s'intende realizzare il parco l'agrivoltaico si è provveduto ad incrementare la densità del rilevamento attraverso una serie di trivellate e osservazioni superficiali alcune delle quali vengono riportate di seguito nella sequenza fotografica e brevemente descritte nelle didascalie.

4.3.9.1 Trivellata NT1



Figura 32 - Stazione NT1 ricadente nella particella catastale 139, in basso la trivellata eseguita nel punto rilevato



Il sito in cui è stata eseguita la trivellata NT1 ricade a poco più di 100m in direzione E dal rilievo N2. Nonostante la breve distanza i caratteri pedomorfolologici variano e si rilevano parametri pressoché simili al rilievo N1. Il rilevamento ricade in all'interno di un piccolo rilievo facente parte della sottounità fisiografica CDL 1 che comprende le forme convesse con pendenze superiori a 2,5%. La rocciosità affiorante è pari a circa il 3% mentre la pietrosità superficiale è stata stimata per un valore complessivo pari al 17% di cui ghiaia per il 10% ciottoli piccoli per il 5% e ciottoli grandi per il 2%. Sono presenti cumuli di pietra artificiali dovuti dallo spietramento. La trivellata ha permesso di rilevare una sequenza pedologica Ap – R.

L'orizzonte Ap va da 0 a 37cm lo scheletro è pari a circa al 3% di ghiaia fine e media quanto riguarda gli altri parametri sono comparabili a quelli rilevati nel profilo N1. Oltre i 37cm non è stato possibile proseguire il rilievo a causa dell'impedimento dato dal contatto litico. L'uso del suolo è attualmente associato al pascolo ma si tratta di un seminativo nonostante le evidenti criticità. La copertura vegetale è comparabile a quella descritta nel rilievo N1 ed N2.



Figura 33 – Vista panoramica in direzione N dal punto rilevato



Figura 34 – A sinistra dettaglio degli affioramenti rocciosi. A destra cumuli di pietra artificiali parzialmente ricoperti da vegetazione.

4.3.9.2 Trivellata NT2



Figura 35 - Stazione NT2 ricadente nella particella catastale 198, in basso la trivellata eseguita nel punto rilevato



Il sito in cui è stata eseguita la trivellata NT2 ricade a circa 300m in direzione N dal rilievo N7 e il contesto morfologico, pedologico geologico e di uso del suolo è il medesimo. La morfologia è pianeggiante e la sottounità fisiografica di appartenenza è la CDL 0.

La rocciosità affiorante è assente mentre la pietrosità superficiale è stata stimata per un valore complessivo pari al 7% di cui ghiaia per il 3% ciottoli piccoli per il 2% e ciottoli grandi per l'1% e pietre per l'1%. Anche in quest'area sono presenti cumuli di pietra artificiali. La trivellata ha permesso di rilevare una sequenza pedologica Ap – Bt - R. L'orizzonte Ap va da 0 a 27cm lo scheletro è pari a circa l'1% di ghiaia fine e media il colore della massa è rossastro. Dai 27 ai 40cm è stato rilevato l'orizzonte Bt, caratterizzato da avere colori sensibilmente più chiari e un contenuto di argilla maggiore, mentre il valore dello scheletro è lo stesso dell'orizzonte superficiale. Oltre i 40cm non è stato possibile proseguire il rilievo a causa dell'impedimento dato dal contatto litico. L'uso del suolo è attualmente associato alla produzione si tratta di un seminativo. La copertura vegetale è comparabile a quella descritta nel rilievo N7.



Figura 36 – Vista panoramica in direzione N-E dal punto rilevato



Figura 37 – Dettaglio di alcune pietre (>25cm) presenti all'interno del seminativo



Figura 38 - Vista panoramica in direzione N dal punto rilevato



Figura 39 – Vista panoramica in direzione S-E dal punto rilevato

4.3.9.3 Trivellata NT3



Figura 40 - Stazione NT3 ricadente nella particella catastale 10, in basso la trivellata eseguita nel punto rilevato



Il sito in cui è stata eseguita la trivellata NT3 ricade a circa 280 m in direzione NW dal rilievo N6. Anche in questo rilievo il contesto morfologico pedologico e di uso del suolo è lo stesso del rilievo N6 ed N7. La morfologia è pianeggiante e la sottounità fisiografica di appartenenza è la CDL 0. La rocciosità affiorante è assente mentre la pietrosità superficiale è stata stimata per un valore complessivo pari al 3% di cui 2% ghiaia e 1% di ciottoli piccoli. Sono evidenti le azioni di miglioramento fondiario atte a ridurre il volume dei clasti superficiali.

La trivellata ha permesso di rilevare una sequenza pedologica Ap – R. L'orizzonte Ap va da 0 a 32cm, lo scheletro è pari a circa l'1% di ghiaia fine e media quanto il colore della massa è rossastro. Oltre i 37cm non è stato possibile proseguire il rilievo a causa dell'impedimento dato dal contatto litico. L'uso del suolo è attualmente associato alla produzione agricola si tratta di un seminativo su sodo recentemente lavorato.



Figura 41 – Attività di semina



Figura 42 – Rulli utilizzati per la preparazione del letto di semina e nelle fasi successive alla semina



Figura 43 – Vista panoramica in direzione S- E del seminativo dal punto rilevato



Figura 44 - Vista panoramica in direzione E del seminativo dal punto rilevato

4.3.9.4 Osservazione 01



Figura 45 - Osservazione eseguita all'interno del campo compreso tra le formazioni vegetali arbustive in cui non si prevede l'installazione dei tracker. Si tratta di un seminativo non ancora lavorato e attualmente pascolato. A tratti si rileva la presenza di affioramenti rocciosi per un valore stimato pari a circa l'1% la pietrosità superficiale complessiva è pari al 10% di cui 1% di ciottoli piccoli e il resto è composto da ghiaia.

4.3.9.5 Osservazione 02



Figura 46 - Osservazione eseguita al margine del sistema agrivoltaico in continuità con la precedente osservazione in direzione W. Si tratta di un piccolo appezzamento preceduto dalla macchia in cui è prevista l'installazione dei tracker. Si rileva la presenza di un tratturo probabilmente utilizzato come viabilità interna aziendale. La rocciosità affiorante è assente mentre la pietrosità superficiale è stata stimata per un valore pari a circa il 12% di cui ghiaia per l'8%, ciottoli piccoli per il 2%, ciottoli grandi per l'1% e pietre per l'1%. Sono presenti cumuli di pietra artificiali risultato del miglioramento fondiario.

4.4 Valutazione della Capacità d'uso o Land Capability Evaluation

4.4.1 Introduzione

Il cambiamento d'uso di un territorio richiede delle attente valutazioni attraverso le quali prevenire gli eventuali benefici e/o conseguenze che esso può recare sia in termini socioeconomici che in termini qualitativi dell'ambiente stesso. A tal proposito, in fase di pianificazione, la "Land Evaluation" aiuta a valutare le limitazioni e le capacità d'uso di un territorio. Questo tipo di analisi richiede l'utilizzo di uno dei modelli noti: la Land Capability. Ai fini del progetto sono stati presi in esame i fattori che forniscono importanti indicazioni sullo stato di salute attuale della risorsa suolo (nei siti indicati) per la realizzazione del progetto e di conseguenza, l'uso più appropriato affinché lo stesso venga preservato.

4.4.2 Descrizione della Land Capability Evaluation

È un modello di valutazione di una determinata area all'uso agricolo e non solo, dove parti di territorio vengono suddivisi in aree omogenee, ovvero classi, di intensità d'uso.

Nella capacità d'uso il territorio che viene classificato nel livello più alto risulta essere il più versatile e di conseguenza permette una più ampia scelta di colture e usi.

Via via che si scende di classe si trovano delle limitazioni crescenti che riducono gradualmente la scelta delle possibili colture, dei sistemi di irrigazione, della meccanizzazione delle operazioni colturali.

Le classi che definiscono la capacità d'uso dei suoli sono otto e si suddividono in due raggruppamenti principali. Il primo comprende le classi I, II, III, IV ed è rappresentato dai suoli adatti alla coltivazione e ad altri usi. Il secondo comprende le classi V, VI, VII ed VIII, ovvero suoli che sono diffusi in aree non adatte alla coltivazione; fa eccezione in parte la classe V dove, in determinate condizioni e non per tutti gli anni, sono possibili alcuni utilizzi agrari.

Un secondo livello gerarchico di suddivisione è dato dalle sottoclassi, indicate da lettere minuscole e aventi le seguenti limitazioni:

- e- limitazioni dovute a gravi rischi di processi erosivi;
- w- limitazioni dovute a eccessi di ristagno idrico nel suolo;
- s- limitazioni nel suolo nello strato esplorato dalle radici;
- c- limitazioni di natura climatica

4.4.3 Descrizione delle classi

La descrizione delle classi è derivata dai più recenti documenti realizzati dalla Regione Sardegna nell'ambito del Progetto "Carta delle unità delle terre e della capacità d'uso dei suoli - 1° lotto (2014)" e rivisitata per l'area oggetto di studio.

Suoli in classe I: non hanno particolari limitazioni per il loro uso, consentendo diverse possibili destinazioni d'uso per le colture agrarie, per il pascolo sia migliorato che naturale, per il rimboschimento destinato alla produzione, ad attività naturalistiche e ricreative, ecc. Le forme del paesaggio variano da pianeggianti a subpianeggianti, i suoli sono profondi e ben drenati.

Suoli in classe I: non sono soggetti a dannose inondazioni. Sono produttivi e soggetti a usi agricoli intensivi. I suoli profondi ma umidi, che presentano orizzonti profondi con una bassa permeabilità, non sono ascrivibili alla classe I.

Possono essere in alcuni casi iscritti alla classe I se l'intervento di drenaggio è finalizzato ad incrementare la produttività o facilitare le operazioni colturali. Suoli in classe I destinati alle colture agrarie richiedono condizioni normali di gestione per mantenerne la produttività, sia come fertilità, sia come struttura. Queste pratiche possono includere somministrazioni di fertilizzanti, calcinazioni, sovesci, conservazione delle stoppie, letamazioni e rotazioni colturali.

Suoli in classe II: mostrano alcune limitazioni che riducono la scelta delle possibili colture o richiedono moderate pratiche di conservazione. I suoli presenti in questa classe richiedono particolari attenzioni nelle pratiche gestionali, tra cui quelle di conservazione della fertilità, per prevenire i processi di degrado o per migliorare i rapporti suolo-acqua-aria qualora questi siano coltivati. Le limitazioni sono poche e le pratiche conservative sono facili da applicare.

I suoli possono essere destinati alle colture agrarie, al pascolo sia migliorato che naturale, al rimboschimento finalizzato alla produzione di legname da opera, alla raccolta di frutti selvatici, ad attività naturalistiche e ricreative.

Le limitazioni dei suoli in questa classe possono essere, singolarmente o in combinazione tra loro, pendenze moderate, moderata suscettività all'erosione idrica ed eolica, moderate conseguenze di precedenti processi erosivi, profondità del suolo inferiore a quella ritenuta ideale, in alcuni casi struttura e lavorabilità non favorevoli, salinità e sodicità da scarsa a moderata ma facilmente irrigabili.

Occasionalmente possono esserci danni alle colture per inondazione. La permanenza eccessiva di umidità del suolo, comunque facilmente correggibile con interventi di drenaggio, è considerata una limitazione moderata.

I suoli in classe II presentano all'operatore agricolo una scelta delle possibili colture e pratiche gestionali minori rispetto a quelle della classe I. Questi suoli possono richiedere speciali sistemi di gestione per la protezione del suolo, pratiche di controllo delle acque o metodi di lavorazione specifici per le colture possibili.

Suoli in classe III: presentano delle rigide limitazioni che riducono la scelta delle possibili colture e, per essere utilizzati, si devono realizzare speciali pratiche di conservazione. Hanno restrizioni maggiori rispetto a quelle della classe II, possono essere destinati alle colture agrarie, al pascolo migliorato e naturale, al rimboschimento finalizzato anche alla produzione di legname da opera, alla raccolta dei frutti selvatici e ad usi turistici e ricreativi.

Le limitazioni di questi suoli ne restringono significativamente sia la scelta delle colture che il periodo di semina o impianto, le lavorazioni e la successiva raccolta. Le limitazioni possono essere ricondotte a: pendenze moderate, elevata suscettibilità alla erosione idrica ed eolica,

effetti di una precedente erosione, inondazioni frequenti ed accompagnate da danni alle colture, ridotta permeabilità degli orizzonti profondi, elevata umidità del suolo e continua presenza di ristagni, ed altro ancora.

Suoli in classe IV: mostrano limitazioni molto severe che restringono la scelta delle possibili colture e/o richiedono tecniche di gestione migliorative. I suoli presenti in questa classe possono essere destinati alle colture agrarie, al pascolo migliorato e naturale, al rimboschimento finalizzato anche alla produzione di legname da opera, alla raccolta dei frutti selvatici e ad usi turistici e ricreativi. Inoltre, possono essere adatti solo ad un numero limitato delle colture più comuni.

Le limitazioni sono dovute a: pendenze elevate, suscettibilità elevata alla erosione idrica ed eolica, gravi effetti di precedenti processi erosivi, ridotta profondità del suolo, ridotta capacità di ritenzione idrica, inondazioni frequenti accompagnate da gravi danni alle colture, umidità eccessiva dei suoli con rischio continuo di ristagno idrico anche dopo interventi di drenaggio, severi rischi di salinità e sodicità, moderate aversità climatiche.

In morfologie pianeggianti o quasi pianeggianti alcuni suoli ascritti alla classe IV, dal ridotto drenaggio e non soggetti a rischi di erosione, risultano poco adatti alle colture agrarie in interlinea a causa del lungo tempo necessario per ridurre la loro umidità, inoltre la loro produttività risulta molto ridotta.

Suoli in classe V: presentano molte limitazioni, oltre a limitati rischi di erosione, non rimovibili, che limitano il loro uso al pascolo naturale o migliorato, al rimboschimento finalizzato anche alla produzione di legname da opera, alla raccolta dei frutti selvatici e ad usi turistici e ricreativi. Inoltre, mostrano limitazioni che restringono il genere delle specie vegetali che possono crescere o che impediscono le normali lavorazioni colturali.

Questi suoli sono ubicati su aree depresse soggette a frequenti inondazioni che riducono la normale produzione delle colture, su superfici pianeggianti ma interessate da elevata pietrosità e rocciosità affiorante, aree eccessivamente umide dove il drenaggio non è fattibile, ma dove i suoli sono adatti al pascolo e agli alberi.

A causa di queste limitazioni, non è possibile la coltivazione delle colture più comuni, ma è possibile il pascolo, anche migliorato.

Suoli in classe VI: presentano forti limitazioni che li rendono generalmente non adatti agli usi agricoli e limitano il loro utilizzo al pascolo, al rimboschimento, alla raccolta dei frutti selvatici e agli usi naturalistici. Inoltre, hanno limitazioni che non possono essere corrette quali pendenze elevate, rischi severi di erosione idrica ed eolica, gravi effetti di processi pregressi, strato esplorabile dalle radici poco profondo, eccessiva umidità del suolo o presenza di ristagni idrici, bassa capacità di ritenzione idrica, salinità e sodicità o condizioni climatiche non favorevoli. Una o più di queste limitazioni possono rendere il suolo non adatto alle colture. Possono comunque essere destinati, anche in combinazione tra loro, al pascolo migliorato e naturale, rimboschimenti finalizzati anche alla produzione di legname da opera, Alcuni suoli

ascritti alla classe VI, se sono adottate tecniche di gestione intensive, possono essere destinati alle colture agrarie più comuni.

Suoli in classe VII: questi suoli presentano delle limitazioni molto rigide che li rendono inadatti alle colture agrarie e che limitano il loro uso al pascolo, rimboschimento, raccolta dei frutti spontanei e agli usi naturalistici e ricreativi. Inoltre, sono inadatti anche all'infittimento delle cotiche o a interventi di miglioramento quali lavorazioni, calcinazioni, apporti di fertilizzanti, e controllo delle acque tramite solchi, canali, deviazione di corpi idrici, ecc.

Le limitazioni di questa classe sono permanenti e non possono essere eliminate o corrette quali, pendenze elevate, erosione, suoli poco profondi, pietrosità superficiale elevata, umidità del suolo, contenuto in sali e in sodio, condizioni climatiche non favorevoli o eventuali altre limitazioni, i territori in classe VII risultano non adatti alle colture più comuni. Possono essere destinati al pascolo naturale, al rimboschimento finalizzato alla protezione del suolo, alla raccolta dei frutti selvatici, ad attività naturalistiche e ricreative. Infine, possono essere da adatti a poco adatti al rimboschimento finalizzato alla produzione di legname. Essi non sono adatti, invece, a nessuna delle normali colture agrarie.

Suoli in classe VIII: i suoli di questa classe hanno limitazioni che precludono la loro destinazione a coltivazioni economicamente produttive e che restringono il loro uso alle attività ricreative, naturalistiche, realizzazione di invasi o a scopi paesaggistici.

Di conseguenza, non è possibile attendersi significativi benefici da colture agrarie, pascoli e colture forestali. Benefici possono essere ottenibili dagli usi naturalistici, protezioni dei bacini e attività ricreative.

Limitazioni che non possono essere corrette o eliminate possono risultare dagli effetti dell'erosione in atto o pregresse, elevati rischi di erosione idrica ed eolica, condizioni climatiche avverse, eccessiva umidità del suolo, pietrosità superficiale elevata, bassa capacità di ritenzione idrica, salinità e sodicità elevata. In questa classe, inoltre, sono state racchiuse tutte le aree marginali, quelle con rocciosità affiorante, le spiagge sabbiose, le aree di esondazione, gli scavi e le discariche. Infine, nelle aree in classe VIII possono essere necessari interventi per favorire l'impianto e lo sviluppo della vegetazione per proteggere aree adiacenti di maggiore valore, per controllare i processi idrogeologici, per attività naturalistici e per scopi paesaggistici.

4.4.4 Descrizione delle sottoclassi

Come già riportato nelle pagine precedenti, le sottoclassi sono in numero di 4 e indicate con delle lettere minuscole suffisse al simbolo della classe. Per definizione la Classe I non ammette sottoclassi.

Sottoclasse e (erosione), in questa sottoclasse ricadono aree dalle pendenze elevate che sono soggette a gravi rischi di erosione laminare o incanalata o dove l'elevato rischio di ribaltamento delle macchine agricole rallenta fortemente o impedisce la meccanizzazione

Classi LCC	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Parametri	Suoli adatti agli usi agricoli				Suoli adatti al pascolo e alla forestazione			Suoli inadatti ad usi agro-silvo-pastorali
Pendenza (%)	≤ 2,5	> 2,5 - ≤ 8	> 8 - ≤ 15	> 15 - ≤ 25	≤ 2,5	> 25 - ≤ 35	> 25 - ≤ 35	> 35
Quota m s.l.m.	≤ 600	≤ 600	≤ 600	>600 - ≤ 900	>600 - ≤ 900	>900 - ≤ 1300	>900 - ≤ 1300	>1.300
Pietrosità superficiale (%) A: ciottoli grandi (15-25 cm) B: pietre (>25 cm)	assente	A ≤ 2	A >2 - ≤ 5	A >5 - ≤ 15	A>15 - ≤ 25 B= 1 - ≤ 3	A>25 - ≤ 40 B >3 - ≤ 10	A>40 - ≤ 80 B>10 - ≤ 40	A>80 B>40
Roccosità affiorante (%)	assente	assente	≤ 2	>2 - ≤ 5	>5 - ≤ 10	>10 - ≤ 25	>25 - ≤ 50	>50
Erosione in atto	assente	assente	Erosione idrica laminare e/o eolica, debole Area 0 - 5%	Erosione idrica laminare e/o a Rigagnoli e/o eolica, moderata Area 5 - 10%	Erosione idrica laminare e/o eolica, debole Area 0 - 5%	Erosione idrica laminare e/o a rigagnoli severa Area 10- 25%	Erosione idrica, laminare e/o a Rigagnoli o a fossi o movimenti di massa, severa Area 10 - 50%	Erosione idrica Laminare e/o a rigagnoli o a fossi o movimenti di massa, estrema Area >50%
Profondità del suolo utile per le radici (cm)	>100	>100	> 50 - ≤ 100	> 25 - ≤ 50	> 50 - ≤ 100	> 25 - ≤ 50	> 10 - ≤ 25	≤ 10
Tessitura orizzonte superficiale ¹	S, SF, FS, F, FA	L, FL, FAS, FAL, AS, A	AL	----	----	----	----	----
Scheletro orizzonte superficiale ² (%)	<5	≥ 5 - ≤ 15	>15 - ≤ 35	>35 - ≤ 70	>70 Pendenza ≤ 2,5%	>70	>70	>70
Salinità (mS cm-1)	≤ 2 nei primi 100 cm	>2 - ≤ 4 nei primi 40 cm e/o >4 - ≤ 8 tra 50 e 100 cm	>4 - ≤ 8 nei primi 40 cm e/o >8 tra 50 e 100 cm	>8 nei primi 100 cm	Qualsiasi			
Acqua disponibile (AWC) fino alla profondità utile ³ (mm)	>100		> 50 - ≤ 100	> 25 - ≤ 50	> 50 - ≤ 100	> 25 - ≤ 50		≤ 25
Drenaggio interno	Ben drenato	Moderatamente ben drenato	Piuttosto mal drenato o eccessivamente drenato	Mal drenato o Eccessivamente drenato	Molto mal drenato	Qualsiasi drenaggio		

1 - Si considera come orizzonte superficiale lo spessore di 40 cm che corrisponde al valore medio di un orizzonte Ap o di un generico epipedon
2 - Idem.
3 - Riferita al 1° metro di suolo o alla profondità utile se inferiore a 1 m

4.5 Classificazione Land capability dell'area in esame

Lo scopo principale della valutazione della capacità d'uso è la pianificazione agricola sebbene possa trovare applicazione in altri settori. In studi di questo tipo, è particolarmente utile per capire i diversi tipi di usi potenziali di determinati territori, evitando contrasti con i diversi indirizzi produttivi e, di conseguenza, danni all'economia locale.

La valutazione delle classi di capacità d'uso caratterizzanti i suoli dell'area indagata è stata condotta sulla base delle Unità di Terre.

Come precedentemente scritto l'unica unità caratterizzante l'area del territorio amministrativo di Sassari in cui è prevista la messa in opera dell'agrivoltaico è la CDL.

Sotto il profilo geologico l'areale in progetto è costituita principalmente dai calcari micritici e bioclastici grigio biancastri della Formazione di Monte Uccari secondariamente dai calcari a rudiste della Formazione di Capo caccia; dalle dolomie e calcari dolomitici, calcari bioclastici, calcari selciferi calcari marnosi e marne con intercalazioni di arenarie quarzose della Formazione di Monte Nurra e infine dall'orizzonte bauxitico, con bauxite ed argille residuali in tasche carsiche della Formazione di Graxioleddu.

In virtù di una scarsa eterogeneità dell'area esaminata dal punto di vista geopedologico si è preso in considerazione un ulteriore elemento distintivo che consente di implementare le indagini dei suoli in situazioni analoghe a questa, ovvero la morfologia. Pertanto, i rilievi effettuati su diverse sottounità fisiografiche hanno permesso di valutare le caratteristiche fisiche dei suoli nelle aree in progetto; tramite le stesse è stato possibile classificarli secondo il modello di Land Capability Classification.

L'analisi svolta conferma la buona suscettività di questi suoli all'uso agricolo sebbene siano presenti da moderate a severe limitazioni che possono restringere lo spettro colturale nonché le tipologie di meccanizzazione adottabili in ambito colturale. Alcune di queste limitazioni possono essere superate attraverso opere di miglioramento fondiario altre sono permanenti e le relegano ad usi prettamente pastorali.

Questo, ad esempio, è il caso delle superfici in cui è stato condotto il rilievo N1 (Unità CDL 0). Le criticità permanenti riscontrate sono imputabili alla profondità utile alle radici compresa tra i 10 - 25cm e 25 - 50cm con limiti irregolari dati dalla presenza di roccia affiorante. Questo di fatto è il secondo parametro permanente riscontrato con coperture comprese tra 5 e 10%. Altre criticità rilevate sono attribuibili al modesto volume di clasti superficiali con un valore della classe dimensionale delle pietre (>25cm) compreso tra 1% e 3% e alla debole erosione idrica laminare (area < 5%). Tra i parametri descritti ciò che determina il salto di classe nella classificazione è dato dalla profondità utile alle radici che colloca questi suoli in VII - VI di Land Capability alle quali si può affiancare la sottoclasse "s". Tali elementi rendono questi suoli adatti ad usi principalmente di pascolo naturale o migliorato prevedendo misure di gestione che consentano la conservazione e il mantenimento delle proprietà chimico-fisiche dei suoli nel tempo tramite la realizzazione inerbimenti permanenti.

I suoli della stazione TR2 invece sono stati classificati in V classe di capacità d'uso per via della presenza di clasti appartenenti alla classe dimensionale delle pietre(>25cm) compresi tra volumi

dal"1 al 3%. La limitazione può considerarsi superabile mediante azioni di miglioramento fondiario. Il secondo parametro critico e permanente è dato dalla profondità utile alle radici inferiore ai 50cm che collocherebbe questi suoli a seguito del miglioramento in IV di capacità d'uso.

Per quanto riguarda i suoli rivelati nel sito TR1 vengono classificati in IV poiché presentano uno spessore inferiore ai 50cm e una copertura rocciosa pari a circa il 3%. Alla classe si accompagna anche in questo caso il suffisso "s"

Allo stesso modo i suoli delle stazioni N3, N4, N5, N6, N7 e TR3 ricadono tutti in IV classe di Land Capability a causa della bassa profondità dei suoli inferiore a 50cm.

Questi suoli vengono considerati arabili e marginalmente adatti alla coltivazione anche se lo spettro colturale è limitato. Si prevede l'utilizzo di pratiche di minima lavorazione per evitare la rottura del substrato roccioso e il riporto di clasti in superficie. Tali pratiche infatti vengono già messe in atto dagli agricoltori.

Infine i suoli della stazione N2 si collocano in III-IV classe di capacità d'uso per via della profondità utile alle radici che presume non possa raggiungere il metro di profondità. Un secondo parametro ritenuto limitante è il drenaggio interno che si ritiene da piuttosto mal drenato a mal drenato.

5 EFFETTI ATTESI E MISURE DI MITIGAZIONE

Gli aspetti ambientali maggiormente significativi che si originano dalla realizzazione di un impianto fotovoltaico con strutture installate sul terreno sono dovuti all'occupazione del suolo, in considerazione, soprattutto, della lunga durata della fase di esercizio.

L'installazione delle strutture di sostegno dei pannelli FV è potenzialmente suscettibile, infatti, di innescare o accentuare processi di degrado riconducibili alla compattazione, alla diminuzione della fertilità e alla perdita di biodiversità.

Un punto fondamentale da considerare è che la formazione del suolo è un processo estremamente lento. Infatti, laddove dovesse essere impermeabilizzato le sue funzioni sarebbero praticamente perdute del tutto o in gran parte (Siebielec et al., 2010).

Queste funzioni riconosciute come servizi ecosistemici sono riconducibili a: produzione alimentare; assorbimento idrico; capacità di filtraggio e tamponamento del suolo; stoccaggio di carbonio; riserva di biodiversità. È perciò importante considerare che il suolo oltre alla sua funzione produttiva (agricola) presenta funzioni ambientali altrettanto importanti che vanno tutelate e salvaguardate.

Le relazioni fra il campo fotovoltaico ed il suolo agrario che lo ospita sono da indagare con una specifica attenzione, poiché, con la costruzione dell'impianto, il suolo funge da substrato per il supporto dei pannelli fotovoltaici. Tale ruolo "meccanico" non deve porre in secondo piano le complesse e peculiari relazioni fra il suolo e gli altri elementi dell'ecosistema, che possono essere variamente influenzate dalla presenza del campo fotovoltaico e dalle sue caratteristiche progettuali. Nel caso specifico, il progetto esclude la necessità di ricorrere alla manomissione dei suoli o alla loro impermeabilizzazione, se non parzialmente in corrispondenza delle aree adibite alla realizzazione delle cabine. L'analisi dei potenziali effetti sulla risorsa suolo richiede necessariamente una valutazione bilanciata in rapporto al conseguimento di obiettivi strategici orientati alla progressiva riduzione dell'utilizzo dei combustibili fossili a vantaggio di energie rinnovabili.

Ci si trova, pertanto, in una fase del progresso tecnologico in cui appare doveroso individuare delle soluzioni che possano garantire il giusto equilibrio tra esigenze di conservazione ambientale e produzione agricola con le necessità di contrastare i cambiamenti climatici attraverso sistemi agro fotovoltaici. Per questa ragione il suolo riveste un ruolo chiave in questo nuovo riassetto globale. Infatti, emerge sempre più una maggior sensibilità per la salute del suolo, come dimostra il crescente aumento negli ultimi anni delle colture biologiche, integrate, conservative, reso possibile anche dagli incentivi di una politica comunitaria attenta a queste problematiche.

Secondo queste logiche la Commissione Europea ha indicato delle buone pratiche allo scopo di limitare, mitigare o compensare tutti quegli interventi che possono provocare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo (Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo, 2012). Sulla base di ciò verranno proposte delle misure mitigative e compensative che meglio si adattano al caso specifico finalizzate a raggiungere

tale obiettivo ovvero quello di limitare al minimo gli impatti sulla risorsa pedologica. Analizzare le caratteristiche costruttive dell'impianto fotovoltaico permette di individuare quali possano essere i potenziali impatti agro-pedologici che si possono manifestare nel sito di progetto.

5.1 Effetti in fase di cantiere

Durante le fasi di cantiere le attività di movimentazione del terreno comportano l'alterazione delle proprietà fisico-chimiche del suolo per effetto della variazione stratigrafica dovuta alla manomissione degli orizzonti pedologici. Gli effetti descritti a carico della risorsa suolo si riferiscono, in particolare, alle superfici predisposte alla realizzazione delle cabine elettriche, presso cui si dovrà prevedere necessariamente la sistemazione morfologica dei piazzali e l'indispensabile rivestimento e impermeabilizzazione delle superfici interessate. Gli interventi previsti, limitati ad una superficie complessiva di 0.12 ha, determineranno inevitabilmente effetti diretti e irreversibili sulla risorsa, misurabili in termini sottrazione di suolo e perdita locale delle funzioni ecosistemiche descritte precedentemente.

L'utilizzo di tracker che non prevedono dei pali di sostegno ancorati a fondazioni in calcestruzzo concorre a conseguire, inoltre, il pieno recupero ambientale del sito al termine della fase di esercizio. La realizzazione delle piste di servizio necessarie per le attività all'interno dell'impianto (realizzate attraverso la ricarica con materiale arido di cava) determinano una sottrazione di suolo pari a circa 3.27.03 Ha. Gli effetti diretti riconducibili a tali interventi riguarderebbero l'aumento della pietrosità e, indirettamente, il grado di compattazione, originabile dal passaggio dei mezzi di servizio nell'arco della durata dell'impianto. L'impatto sarebbe potenzialmente avvertibile nelle superfici che hanno mostrato una buona propensione ad essere utilizzate come seminativi a seguito del cambio d'uso. Tuttavia, l'effetto previsto benché riduca buona parte delle funzioni del suolo nelle superfici interessate, non può essere considerato come irreversibile in quanto le piste non saranno impermeabilizzate. Nelle fasi di installazione l'effetto della compattazione sulle superfici restanti, conseguente al transito dei mezzi, è valutabile come non significativo.

Gli effetti potenziali associati alla fase di costruzione devono riferirsi inoltre agli scavi per la posa dei cavidotti per il trasporto dell'energia dalla centrale solare alla stazione di utenza. Peraltro, tali effetti possono essere considerati non significativi in quanto le superfici interessate si trovano ai margini della esistente viabilità e non interesseranno superfici agricole o naturali.

Gli impatti associati alla produzione di rifiuti durante le lavorazioni si ritengono scarsamente significativi ed efficacemente controllabili a seguito della rigorosa adozione delle procedure di gestione previste dalla normativa applicabile.

5.2 Effetti in fase di esercizio

In fase di esercizio gli unici effetti ravvisabili sulla risorsa suolo sono riconducibili all'occupazione di superfici e alla variazione dell'irraggiamento solare rispetto allo stato ex ante. Per quanto riguarda l'aspetto relativo all'occupazione di suolo la presenza degli inseguitori solari non preclude il proseguimento delle pratiche agro-pastorali. Nel caso specifico la superficie complessiva che potrebbe essere utilizzata a fini agricoli (SAU) ammonterebbe a circa 89,71 ha. Le variazioni diurne e stagionali del microclima associate alle differenti condizioni di irraggiamento solare sulle superfici,

ancorché più contenute rispetto alle tradizionali soluzioni con strutture di sostegno fisse, sarebbero comunque avvertibili. I parametri e gli aspetti potenzialmente soggetti a variazione, oltre alla temperatura, si riferiscono all'umidità, ai processi fotosintetici, al tasso di crescita delle piante delle colture previste, alla tipologia delle essenze selvatiche che si insidieranno, al tasso di degradazione della sostanza organica e alle attività della micropedofauna. Tale effetto perturbativo, che andrà indagato durante le previste attività di monitoraggio ambientale, potrebbe potenzialmente incidere sulle caratteristiche pedologiche delle superfici. All'atto della dismissione dell'impianto, infatti, a seguito della rimozione dei pannelli si ristabilirà la condizione originaria determinando un nuovo riassetto dei parametri. L'effetto viene comunque valutato reversibile e di breve-medio termine. Peraltro, è comunque verosimile che una minore esposizione complessiva all'irraggiamento solare riduca i livelli di evapotraspirazione e dunque contribuisca alla conservazione di ottimali livelli di umidità del suolo, con effetti potenzialmente positivi sul contenuto di sostanza organica. D'altro canto, l'azione di copertura operata dai pannelli può incidere positivamente sui fattori di degrado riscontrati sulla risorsa suolo, inducendo un'attenuazione delle piogge durante le precipitazioni. Infine, gli eventuali interventi manutentivi e di pulizia che verranno svolti durante la fase di esercizio hanno un impatto irrilevante sul suolo.

In riferimento agli Insetti pronubi, fondamentali all'interno dell'agroecosistema, è riportato per i sistemi di pannelli fotovoltaici un certo impatto in termini di "polarized light pollution - PLP", ossia una modifica importante del pattern di polarizzazione della luce ambiente a causa della riflessione (Horváth et al., 2009). La PLP concorre al "disorientamento" comportamentale di alcuni insetti "polarotattici" come, per esempio, le api (*Apis mellifera* L.) che grazie ad un array di sistemi, tra i quali la polarotassi sono in grado di fare ritorno al proprio alveare (homing) con le scorte di nettare, polline, acque e propoli per le esigenze dell'intera colonia. Ogni fattore in grado di incidere sulla navigazione delle api operarie può rappresentare di per sé una criticità in grado di ridurre il potenziale di approvvigionamento alimentare delle colonie con effetti negativi nella performance di sviluppo, tolleranza a parassiti e patogeni e infine sulla produzione. È pertanto opportuno attuare delle soluzioni che consentano di integrare i rapporti tra i sistemi produttivi energetici e le api.

5.3 Effetti in fase di dismissione

In fase di dismissione gli effetti dell'impianto sul suolo sono di carattere transitorio e reversibile potendosi riferire principalmente al transito dei mezzi d'opera in corrispondenza delle aree di lavorazione.

Anche in questo caso gli effetti associati alla produzione di rifiuti si ritengono efficacemente controllabili a fronte dell'adozione di appropriate misure di gestione e, dunque, scarsamente significativi.

5.4 Misure di mitigazione proposte

Al fine di contenere i potenziali impatti negativi, le buone pratiche pubblicate dalla Commissione Europea per mitigare gli effetti del consumo di suolo suggeriscono di adottare misure di mitigazione che prevedano l'utilizzo di materiali o metodi di costruzione ecosostenibili. Ciò al fine di favorire la permeabilità del terreno e limitare la perdita completa delle funzioni del suolo nello specifico sito.

La realizzazione del campo solare in progetto, inoltre, configura l'opportunità di individuare mirate misure di compensazione in grado di incidere positivamente sulle limitazioni d'uso riscontrate, come più oltre evidenziato.

5.4.1 Area delle cabine elettriche

Nel caso in esame in riferimento alle aree in cui verranno realizzate le cabine elettriche interne al campo, non può evitarsi l'impermeabilizzazione del suolo. La potenziale perdita di suolo che origina dalle attività preparatorie del terreno pertinenti alle fondazioni delle cabine, potrà essere efficacemente mitigata avendo cura di accantonare gli strati superficiali di suolo (primi 30 cm) al fine di risistemarli integralmente nelle superfici limitrofe a scavi terminati. Attraverso questa misura di compensazione è possibile migliorare la qualità di suoli con scarsa o ridotta potenzialità d'uso riscontrati localmente all'interno delle superfici d'interesse. Nelle fasi di dismissione dovrà essere prevista la rimozione dello strato impermeabilizzato. La procedura prevede il dissodamento del terreno sottostante, la **rimozione del materiale estraneo e la ristrutturazione del profilo pedologico**. Per completare l'opera di ripristino potrebbe essere necessario l'aggiunta di terreno vegetale scavato nel sito. Questa misura se adeguatamente pianificata e gestita permette di recuperare una parte considerevole delle funzioni del suolo

5.4.2 Area del campo solare e attività agro-pastorali.

Il campo solare permette la piena compatibilità con le attività di pascolo ovino conciliando contemporaneamente in questo modo l'utilizzo agro-zootecnico con la produzione energetica oltre ad essere. In tal senso si prevedono dei prati pascoli permanenti cui realizzazione verrà descritta nel paragrafo 6.3.1.4., questi concorreranno al raggiungimento di un ulteriore obiettivo ovvero la conservazione e il mantenimento dei suoli nel tempo in assenza di lavorazioni agricole.

Gli animali potranno pascolare liberamente tra i pannelli solari e disporre di strutture utili a proteggerli dalla pioggia, dal vento e soprattutto dall'eccessiva esposizione solare nel periodo estivo.

Per quanto riguarda la viabilità, il materiale inerte di cava che verrà utilizzato per la realizzazione delle piste di esercizio dovrà essere rimosso completamente nelle fasi di dismissione.

5.4.3 Soluzione per gli insetti pronubi

Una soluzione in grado di ridurre il potenziale impatto del fotovoltaico sulle specie della fauna polarotattica sembra essere insita nella finitura della superficie dei moduli fotovoltaici (Fritz et al., 2020) hanno dimostrato che grazie ad un finitura superficiale di tipo microtexturizzata (varie tipologie) i moduli FV diventavano quasi inattrattivi per due specie d'insetti polarotattici, suggerendo un possibile sviluppo per i moduli FV basato sulla finitura delle superfici volta all'incremento dell'efficienza di conversione e alla riduzione dell'interferenza con le specie animali polarotattiche. Le soluzioni individuate sono in grado di ridurre l'interferenza con effetti positivi anche sulle api e altri insetti pronubi. Le teorie degli effetti dei pannelli sugli insetti, ed in particolare sulle api, sono state verificate in fattorie solari sperimentali che utilizzano l'agro-fotovoltaico in abbinamento con l'apicoltura. Infatti, ci sono esperienze agricoltura-fotovoltaico-apicoltura in Europa e negli U.S.A. (Jacob and Davis, 2019) che testimoniano un buon livello d'integrazione dei sistemi produttivi circa le relazioni tra api e pannelli fotovoltaici. In via indiretta, possibili benefici per le api e gli altri pronubi possono derivare da uno specifico assetto delle aree investite ad agrivoltaico in relazione ad alcuni

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

6 PIANIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ AGRICOLE

6.1 Agroecosistemi e sistemi Agro-voltaici

Un agroecosistema si configura come un sistema aperto cui dinamiche pur svolgendosi secondo le leggi dell'ecologia sono artificialmente controllate dall'uomo attraverso l'apporto di energia sussidiaria. I flussi in ingresso sono fondamentali per ottenere una produzione di biomassa ed energia, ma servono anche ad evitare o rallentare il progressivo depauperamento del suolo. Questo fa sì che i cicli biogeochimici siano più complessi e comprendono una fase che si svolge all'esterno dell'agrosistema.

Il flusso energetico si riferisce alla fissazione iniziale dell'energia nell'agroecosistema attraverso la fotosintesi, al trasferimento di energia nel sistema lungo la catena alimentare e alla dissipazione finale per la respirazione. I cicli biogeochimici si riferiscono al continuo ricircolo degli elementi nutritivi della forma inorganica (geo) e quella organica (bio) e viceversa.

L'esistenza di continui scambi di materia con l'esterno si configurano con l'asportazione sistemica di una parte della biomassa prodotta. È evidente che il mantenimento di un basso livello di entropia comporti un continuo investimento energetico per mantenere lo stato di squilibrio necessario a ottenere una produzione economica. Produzione che altrimenti si esaurirebbe all'interno dello stesso sistema.

Pertanto, dal punto di vista ecologico è un ecosistema mantenuto forzatamente al primo stadio di evoluzione che porta all'insediamento di nuove cenosi che hanno co-evoluto tra loro meccanismi di "specializzazione" in grado di ottimizzare il loro adattamento ad un determinato ambiente pedoclimatico. La principale unità funzionale dell'agroecosistema è la popolazione della coltura. Essa occupa una nicchia nel sistema poiché gioca un ruolo del tutto particolare nel flusso energetico e nel riciclo delle sostanze nutritive; tuttavia anche la biodiversità associata gioca ruoli funzionali di primaria importanza nell'agroecosistema.

La biodiversità di un determinato agroecosistema è rappresentata dalla varietà del patrimonio genetico delle intere fitocenosi e zoocenosi presenti. Essa è il risultato di una vasta gamma di interazioni agronomiche ed ecologiche e pertanto energetiche tra organismi animali e vegetali fondamentali dal punto di vista ambientale.

L'agricoltura risulta quindi costituita da un complesso sistema di organizzazione di risorse naturali e antropiche dove la sostenibilità dell'agroecosistema dipende da fattori di tipo biofisico e socioeconomico. La gestione sostenibile degli agroecosistemi pone tra i suoi obiettivi principali anche il mantenimento della biodiversità tramite la realizzazione e gestione di ambienti eterogenei sia dentro che fuori dai campi.

La biodiversità ha un valore intrinseco, cioè è un bene di per sé indipendente dalla fruizione umana e rappresenta la base operativa del funzionamento degli ecosistemi garantendone i servizi. Dato che gli agroecosistemi (aree coltivate) rappresentano circa il 25% delle superficie terrestri (MEA 2005) è fondamentale che qualsiasi decisione in materia di biodiversità o di servizi degli ecosistemi sia indirizzata anche al mantenimento della biodiversità in questi sistemi antropizzati.

Ciascuna regione ha un insieme unico di agroecosistemi che deriva dalle variazioni locali nel clima,

nel suolo, nelle relazioni economiche, nella struttura sociale e nella storia. Quindi una rassegna degli agroecosistemi di una regione comprenderà agricolture sia di mercato che di sussistenza, caratterizzate da utilizzo di alti o bassi livelli di tecnologia in relazione alla disponibilità di terra, capitale e lavoro.

Anche se ogni azienda è diversa molte hanno una struttura di tipo familiare e possono essere raggruppate insieme come un tipo di agricoltura o agroecosistema. Un' area con tipi di agroecosistemi simili può essere quindi definita una regione agricola. Whittlesay (1936) riconosce cinque criteri per classificare gli agroecosistemi in una regione:

- L'associazione tra colture e allevamenti
- I metodi di coltivazione e allevamento
- L'intensità di impiego lavoro, capitale, organizzazione, nonché il prodotto che ne consegue
- La destinazione dei prodotti (se utilizzati per la sussistenza all'interno dell'azienda o venduti/scambiati)
- L'insieme di strutture usate per ospitare e facilitare le operazioni aziendali

Basandosi su questi criteri è possibile riconoscere sette tipi principali di sistemi agricoli (Grigg, 1974; Noorm, 1979).

1. Sistemi caratterizzati da agricoltura itinerante
2. Sistemi colturali semipermanenti in asciutto
3. Sistemi colturali permanenti in asciutto
4. Colture irrigue
5. Colture perenni
6. Pascolo
7. Sistemi con pascoli temporanei (seminativi e pascoli in alternanza)

Questi sistemi sono in continuo mutamento, dovuto a migrazioni di popolazione, disponibilità delle risorse, degrado ambientale, crescita o stasi economica, mutamenti politici, ecc. Questi cambiamenti si possono spiegare con le risposte dei coltivatori alle variazioni dell'ambiente fisico, dei prezzi dei fattori di produzione e dei prodotti, dell'innovazione tecnologica e della crescita della popolazione.

La realizzazione di un impianto fotovoltaico all'interno di un contesto agricolo, rappresenta di fatto un ulteriore mutamento di questi sistemi poiché introduce delle variabili del tutto nuove tali da generare un riassetto strutturale nelle dinamiche dell'agroecosistema rispetto alla condizione originale. Tali variazioni sono dovute principalmente a:

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

Tale condizione, comunque, è già ampiamente conosciuta nella scienza delle coltivazioni, in quanto tipica delle consociazioni colturali tra specie erbacee e arboree, molto frequenti nel passato e dei sistemi agro-forestali che, per ragioni differenti, stanno diffondendosi in molti areali produttivi.

La copertura totale o parziale di una coltura con pannelli fotovoltaici determina una modificazione della radiazione diretta a disposizione delle colture e, in minor misura, le altre condizioni microclimatiche (Marrou et al., 2013a). Tale modificazione, strettamente correlata dalla densità di copertura, influenzerà la produzione delle differenti colture a seconda di una serie di aspetti, quali:

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

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

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

La riduzione della radiazione incidente non genera sempre un effetto dannoso sulle colture che, spesso, possono adattarsi alla minore quantità di radiazione diretta intercettata, migliorando l'efficienza dell'intercettazione (Marrou et al., 2013b). La mancanza di studi specifici sulla grande maggioranza delle piante coltivate alle nostre latitudini, limita fortemente la valutazione dell'impatto della copertura fotovoltaica sulla produttività delle colture.

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

6.2 Descrizione dell'azienda agricole coinvolte e uso attuale dei suoli

6.2.1 AZIENDA AGRICOLA "FRATELLI PILO S.S"

Dati anagrafici aziendali

Denominazione	AZIENDA AGRICOLA FRATELLI PILO S.S.
Forma giuridica	SOCIETA' SEMPLICI, IRREGOLARI O DI FATTO
Codice ATECO	01-50-00 Coltivazioni agricole associati all' allevamento di animali:

attività mista

Orientamento Tecnico – Economico – OTE

OTE 481	Aziende ovine specializzate
Dimensione	81.883,66 €
Ettari complessivi dell'azienda (Ha,Aa,Ca)	58.29.28
N Particelle	16
COLTURE/SPECIE	
Pascoli magri	
Erbai temporanei	
Orzo	
Altre piante foraggiere	
Altre coltivazioni permanenti	
Altri ovini	

Elenco particelle catastali incluse all'interno del sistema agrivoltaico

Foglio	Particella	Qualità	Classe	Superficie catastale (ha.a.ca)	Superficie condotta (ha.a.ca)	R.D	R.A
92	00139	Particella divisa in porzioni		55.97.15	56.06.53		

Composizione zootecnica

Specie allevata	Modalità allevamento	Tipo di produzione	Tipo di allevamento	Numero capi per tipologia, età		
				Capi medio	Maschi adulti	Femmine adulte
Ovini	Estensivo	Latte	Ovini e caprini	260	9	251

Legami associativi

Denominazione	Tipologia di Organismo e adesione	Attività dell'organismo collettivo
Consorzio di difesa delle attività agricole nord Sardegna	Consorzio	Attività di altre organizzazioni associative NCA

Piano di coltivazione particelle catastali coinvolte nel progetto agrivoltaico

Foglio	Particella	Destinazione d'uso	Superficie agricola (Ha.Aa. Ca)	Semina: Epoca Tipo		Potenzialità irrigua
				Colt. Princ.	Rotaz. Colt.	Tipologia impianto di irrigazione
92	00139	065= pascolo polifita 0002= da foraggio 009 = pascolo magro non avvicendato per almeno 5 anni – permanente	01.33.79			NO
				NO	N.D.	
92	00139	218= pascolo con pratiche tradizionali 002 = da foraggio 009 = pascolo magro non avvicendato per almeno 5 anni – permanente 150 = coefficiente di riduzione 50%	04.87.80			
				NO	N.D.	
92	00139	218= pascolo con roccia affiorante tara 20% 002 = da foraggio 009 = pascolo magro non avvicendato per almeno 5 anni – permanente	04.51.41			
				NO	N.D.	
92	00139	079= vecce 002 = da foraggio 053 = erbaio in purezza, annuale – non permanente 043= di leguminose	13.53.50	Epoca: autunno vernina Tipo: MINIMUM TILLAGE		
				NO	Seminativo	
92	00139	152= trifoglio 102 = da foraggio – efa – area di interesse ecologico – colture azofissatrici	14.26.20	Epoca: autunno vernina Tipo: MINIMUM TILLAGE		
				NO	Seminativo	

92	00139	562= erba medica 102 = da foraggio – efa – area di interesse ecologico – colture azofissatrici	03.62.99	Epoca: autunno vernina Tipo: MINIMUM TILLAGE		
				NO	N.D.	
92	00139	800= erbaio 002 = da foraggio 050 = annuale – non permanente 044 = misto	00.56.60	Epoca: autunno vernina Tipo: MINIMUM TILLAGE		
				NO	N. D.	
92	00139	870= orzo 011 = fave, semi, granella	12.73.90	Epoca: autunno vernina Tipo: MINIMUM TILLAGE		
				NO	N. D.	
92	00139	780 = uso non agricolo - tare	00.00.03	Epoca: autunno vernina Tipo: MINIMUM TILLAGE		
				NO	Seminativo	
56	00139	785 = gruppi di alberi e boschetti	0.10.74			
				NO	N.D.	
49	00139	788 = siepi e fasce alberate	00.09.83			NO
				NO	N.D.	
49	00199	791= fasce tampone ripariali	00.00.03			
				NO	N.D.	
Superficie agricola utilizzata S.A.U			55.79.75			
Superficie Improduttiva e Tare Ha			00.20.60			
Superficie Totale			56.00.30			

6.2.2 AZIENDA AGRICOLA LOSTIA

Dati anagrafici aziendali

Denominazione	
Forma giuridica	
Codice ATECO	

Elenco particelle catastali incluse all'interno del sistema agrivoltaico

Non avendo a disposizione le informazioni contenute all'interno dei fascicoli aziendali, per descrivere la seconda azienda coinvolta nel progetto agrivoltaico, si è provveduto a riportare esclusivamente il numero e l'estensione delle particelle catastali coinvolte. L'estensione è stata ottenuta dalla perimetrazione, in ambiente GIS, dello strato informativo catastale.

Foglio	Particella	Qualità	Classe	Superficie catastale (ha.a.ca)	Superficie condotta (ha.a.ca)	R.D	R.A
49	00010			30.25.00			
49	00032			10.61.90			
49	00047			02.52.59			
56	00198			04.53.35			
56	00244			06.36.95			

6.2.2.1 Calcolo della produzione standard ante operam

Il calcolo della produzione standard sia nella fase di ante operam che di quella post operam si basa sui dati forniti dal RICA per la regione Sardegna.

La Rete di Informazione Contabile Agricola (R.I.C.A.) è una indagine campionaria annuale istituita dalla Commissione Economica Europea nel 1965, con il Regolamento CEE 79/56 e aggiornata con il Reg. CE 1217/2009 e s.m.i. Essa viene svolta, in Italia a partire dal 1968, con un'impostazione analoga in tutti i Paesi Membri dell'Unione Europea e rappresenta l'unica fonte armonizzata di dati microeconomici sull'evoluzione dei redditi e sulle dinamiche economico-strutturali delle aziende agricole. L'indagine RICA non rappresenta tutto l'universo delle aziende agricole censite in un determinato territorio, ma solo quelle che, per la loro dimensione economica, possono essere considerate professionali ed orientate al mercato. La disponibilità di dati attendibili a livello aziendale in tutta l'UE è essenziale per fornire ai responsabili politici una base solida su cui prendere decisioni consapevoli. La tipologia comunitaria è fondata sulla dimensione economica e sull'orientamento tecnico-economico, che devono essere determinati sulla base di un criterio economico. Fino all'anno 2009 questo criterio è stato identificato nel Reddito Lordo Standard (RLS), mentre a partire dal 2010 è coinciso con la Produzione Standard (PS)

Il calcolo della produzione standard si basa sui gli ultimi dati a disposizione del 2017, riportati in tabella 2 e consultabili al seguente link <https://rica.crea.gov.it/redditi-lordi-standard-rls-e-produzioni-standard-ps-210.php>

Tabella 2 - PS 2017 Regione Sardegna

Rubrica_RICA	Descrizione Rubrica	SOC_EUR	UM
D01	Frumento tenero e spelta	632	EUR_per_ha
D02	Frumento duro	935	EUR_per_ha
D03	Segale	550	EUR_per_ha
D04	Orzo	698	EUR_per_ha
D05	Avena	460	EUR_per_ha
D06	Mais	1.508	EUR_per_ha
D07	Riso	1.608	EUR_per_ha
D08	Altri cereali da granella (sorgo, miglio, panico, farro, ecc.)	1.020	EUR_per_ha
D09	Leguminose da granella - totale	1.307	EUR_per_ha
D09A	Leguminose da granella (piselli, fave e favette, lupini dolci)	1.026	EUR_per_ha
D10	Patate (comprese le patate primaticce e da semina)	10.085	EUR_per_ha
D11	Barbabietola da zucchero	2.386	EUR_per_ha
D12	Piante sarciate foraggere	3.827	EUR_per_ha
D14	Orticole - all'aperto	15.191	EUR_per_ha
D14A	Orticole - all'aperto - in pieno campo	11.594	EUR_per_ha
D14B	Orticole - all'aperto - in orto industriale	19.233	EUR_per_ha
D15	Orticole - in serra	33.459	EUR_per_ha
D16	Fiori e piante ornamentali - all'aperto	98.670	EUR_per_ha
D17	Fiori e piante ornamentali - in serra	187.154	EUR_per_ha
D18	Piante raccolte verdi	892	EUR_per_ha
D18A	Prati avvicendati (medica, sulla, trifoglio, lupinella, ecc.) (erbai)	751	EUR_per_ha
D18B	Altre foraggere avvicendate	222	EUR_per_ha
D18C	Altre foraggere: Mais verde	1.344	EUR_per_ha
D18D	Altre foraggere: Leguminose	418	EUR_per_ha
D19	Semi e piantine seminativi	5.363	EUR_per_ha
D20	Altre colture per seminativi	1.145	EUR_per_ha
D21	Terreni a riposto o a set-aside senza aiuto	-	EUR_per_ha
D23	Tabacco	8.882	EUR_per_ha
D24	Luppolo	10.175	EUR_per_ha
D25	Cotone	1.400	EUR_per_ha
D26	Colza e ravizzone	326	EUR_per_ha
D27	Girasole	570	EUR_per_ha
D28	Soia	872	EUR_per_ha
D29	Lino da olio	1.819	EUR_per_ha
D30	Altre oleaginose erbacee	2.310	EUR_per_ha
D31	Lino da fibra	1.195	EUR_per_ha
D32	Canapa	1.169	EUR_per_ha
D33	Altre colture tessili	1.152	EUR_per_ha

D34	Piante aromatiche, medicinali e da condimento	28.890	EUR_per_ha
D35	Altre piante industriali	1.760	EUR_per_ha
F01	Prati permanenti e pascoli	360	EUR_per_ha
F02	Pascoli magri	132	EUR_per_ha
F03	Prati e pascoli permanenti non in uso	-	EUR_per_ha
F04	Orti familiari	-	EUR_per_ha
G01A	Frutteti - di origine temperata	5.808	EUR_per_ha
G01B	Frutteti - di origine sub-tropicale	11.364	EUR_per_ha
G01C	Frutteti - frutta a guscio	5.171	EUR_per_ha
G01D	Bacche (piccoli frutti)	11.550	EUR_per_ha
G01E	Pomacee	7.047	EUR_per_ha
G01F	Drupacee	5.122	EUR_per_ha
G02	Agrumeti	5.909	EUR_per_ha
G03A	Oliveti - per olive da tavola	1.790	EUR_per_ha
G03B	Oliveti - per olive da olio (olio)	1.548	EUR_per_ha
G04A	Vigneti - per uva da vino di qualità DOP	9.487	EUR_per_ha
G04B	Vigneti - per uva da vino comune	6.613	EUR_per_ha
G04C	Vigneti - per uva da tavola	4.695	EUR_per_ha
G04D	Vigneti per uva passa	12.250	EUR_per_ha
G04E	Vigneti - per uva da vino di qualità IGP	9.487	EUR_per_ha
G04F	Vigneti da vino	8.474	EUR_per_ha
G05	Vivai	48.181	EUR_per_ha
G06	Altre colture permanenti - Alberi di Natale	1.860	EUR_per_ha
G06	Altre colture permanenti	1.860	EUR_per_ha
G07	Colture permanenti in serra (Frutteti - di or.temp.)	26.594	EUR_per_ha
I02	Funghi coltivati sotto copertura (100 mq) - 7,2 raccolti	38.556	EUR_per_100_m2
J01	Equini	-	EUR_per_capo
J02	Bovini maschi e femmine meno di 1 anno	1.131	EUR_per_capo
J03	Bovini maschi da 1 a meno di 2 anni	485	EUR_per_capo
J04	Bovini femmine da 1 a meno di 2 anni	372	EUR_per_capo
J05	Bovini maschi d 2 anni e più	848	EUR_per_capo
J06	Giovenche di 2 anni e più anni	399	EUR_per_capo
J07	Vacche da latte	2.468	EUR_per_capo
J08	Altre vacche (vacche nutrici, vacche da riforma)	838	EUR_per_capo
J09A	Pecore	316	EUR_per_capo
J09B	Ovini - altri (arieti e agnelli)	164	EUR_per_capo
J10A	Capre	388	EUR_per_capo
J10B	Caprini - altri	83	EUR_per_capo
J11	Suini - lattonzoli < 20 Kg	441	EUR_per_capo
J12	Suini - scrofe da riproduzione > 50 Kg	1.834	EUR_per_capo

J13	Suini - altri (verri e suini da ingrasso > 20 Kg)	712	EUR_per_capo
J14	Polli da carne (broilers)	2.068	EUR_per_100_capi
J15	Galline ovaiole	3.058	EUR_per_100_capi
J16A	Tacchini	5.420	EUR_per_100_capi
J16B	Oche	2.893	EUR_per_100_capi
J16B	Anatre	3.156	EUR_per_100_capi
J16C	Struzzi	52.500	EUR_per_100_capi
J16D	Altro pollame (faraone, ecc.)	1.110	EUR_per_100_capi
J17	Conigli - fattrici	65	EUR_per_capo
J18	Api (alveare)	190	EUR_per_alveare
J19	Vacche	1.680	EUR_per_capo
J20	Bufale	2.468	EUR_per_capo

Segue il calcolo della produzione standard (PS) per le superfici catastali coinvolte in progetto sulla base degli indirizzi produttivi riportati nei fascicoli aziendali per l'anno 2022 delle informazioni ottenute dagli imprenditori agricoli.

Particella 00010			
S.A.U Ha	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
30.25.00	Erbai misti * (orzo, veccia, loietto)	751,00 € *	22.717,75 €
* Nella stagione autunno vernina la produzione viene utilizzata come foraggio verde direttamente pascolata dagli ovini. Nella stagione primaverile il pascolo viene interrotto e la coltura viene sottoposta a sfalcio per la produzione di foraggio stagionato.			

Particella 00032			
S.A.U Ha	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
10.61.90	Erbai misti * (orzo, veccia, loietto)	751,00 €	7.974,87 €
* Nella stagione autunno vernina la produzione viene utilizzata come foraggio verde direttamente pascolata dagli ovini. Nella stagione primaverile il pascolo viene interrotto e la coltura viene sottoposta a sfalcio per la produzione di foraggio stagionato.			

Particella 00047			
S.A.U Ha	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
02.52.59	Erbai misti * (orzo, veccia, loietto)	751,00 €	1.896,95 €
* Nella stagione autunno vernina la coltura viene utilizzata come foraggio verde direttamente pascolata dagli ovini. Nella stagione primaverile il pascolo viene interrotto e la coltura viene sottoposta a sfalcio per la produzione di foraggio stagionato.			

Particella 00139			
S.A.U Ha	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
11.06.54	Pascoli magri	132,00 €	1.460,63 €
13.53.53	Vecce	751,00 €	10.165,01 €

14.26.20	Trifoglio	751,00 €	10.710,39 €
03.62.99	Medica	751,00 €	2.726,05 €
00.56.60	Erbai misti	751,00 €	425,07 €
12.73.90	Orzo Fave, semi, granella	862,00 €	10.981,36 €
* valore medio del valore dell'avena 460,00 € e delle leguminose da granella (piselli, fave e favette, lupini dolci) 1.026,00 €			

Particella 00198			
S.A.U Ha	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
04.53.35	Erbai misti * (orzo, vecchia, loietto)	751,00 €	3.404,66 €
* Nella stagione autunno vernina la produzione viene utilizza come foraggio verde direttamente pascolata dagli ovini. Nella stagione primaverile il pascolo viene interrotto e la coltura viene sottoposta a sfalcio per la produzione di foraggio stagionato			

Particella 00244			
S.A.U Ha	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
06.36.95	Erbai misti * (orzo, vecchia, loietto)	751,00 €	4.783,49 €
* Nella stagione autunno vernina la produzione viene utilizza come foraggio verde direttamente pascolata dagli ovini. Nella stagione primaverile il pascolo viene interrotto e la coltura viene sottoposta a sfalcio per la produzione di foraggio stagionato			

Produzione Standard (PS) ante operam				
Particella	S.A.U Ha	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
10	04.14.06	Erbai misti	751,00 €	3.076,47 €
32	05.18.05	Erbai misti	751,00 €	3.849,11 €
47	04.62.75	Erbai misti	751,00 €	3.438,23 €
139	12.73.90	Orzo Fave, semi, granella	862,00 €	10.981,36 €
	05.03.89	Vecce	751,00 €	10.165,01 €
	14.26.20	Trifoglio	751,00 €	10.710,39 €
	03.62.99	Medica	751,00 €	2.726,05 €
	00.56.60	Erbai misti	751,00 €	425,07 €
	11.06.54	Pascoli magri	132,00 €	1.460,63 €
198	04.53.35	Erbai misti	751,00 €	3.404,66 €
244	06.36.95	Erbai misti	751,00 €	4.783,49 €
TOTALE	110.09.54			77.246,24 €

In totale si stima che per l'annata 2022 la produzione standard delle superfici coinvolte nel progetto sia stata pari a 77.246,22 € su una superficie agricola corrispondente a circa 110.09.54 Ha.

6.3 Agrivoltaico come sistema virtuoso per il finanziamento PAC delle aziende agricole

La politica agricola comune (PAC) sostiene gli agricoltori e garantisce la sicurezza alimentare dell'Europa. Questa politica, varata nel 1962, rappresenta una stretta intesa tra agricoltura e società, tra l'Europa e i suoi agricoltori. Persegue i seguenti obiettivi:

- sostenere gli agricoltori e migliorare la produttività agricola, garantendo un approvvigionamento stabile di alimenti a prezzi accessibili.
- tutelare gli agricoltori dell'Unione europea affinché possano avere un tenore di vita ragionevole.
- aiutare ad affrontare i cambiamenti climatici e la gestione sostenibile delle risorse naturali
- preservare le zone e i paesaggi rurali in tutta l'UE.
- mantenere in vita l'economia rurale promuovendo l'occupazione nel settore agricolo, nelle industrie agroalimentari e nei settori associati.

La PAC è una politica comune a tutti i paesi dell'Unione europea, gestita e finanziata a livello europeo con risorse del bilancio dell'UE.

L'agricoltura si distingue dalla maggior parte delle altre attività produttive per alcuni motivi specifici:

- nonostante l'importanza della produzione alimentare, il reddito degli agricoltori è inferiore di circa il 40% rispetto ai redditi non agricoli
- l'agricoltura dipende di più dal clima e dalle condizioni meteorologiche rispetto a molti altri settori
- vi è un inevitabile intervallo di tempo tra la domanda dei consumatori e la capacità degli agricoltori di soddisfarla.

Pur essendo efficaci sotto il profilo dei costi, gli agricoltori dovrebbero operare in modo sostenibile e rispettoso dell'ambiente e mantenere i nostri suoli e la biodiversità.

Le incertezze commerciali e l'impatto ambientale dell'agricoltura giustificano il ruolo significativo svolto dal settore pubblico per i nostri agricoltori. La PAC interviene in vari modi:

- fornendo sostegno al reddito attraverso pagamenti diretti che garantisce la stabilità dei redditi e ricompensa gli agricoltori per un'agricoltura rispettosa dell'ambiente e la fornitura di servizi pubblici normalmente non pagati dai mercati, come la cura dello spazio rurale
- adottando misure di mercato per far fronte a congiunture difficili, come un improvviso calo della domanda per timori sanitari o una contrazione dei prezzi a seguito di una temporanea eccedenza di prodotti sul mercato
- mettendo in atto misure di sviluppo rurale con programmi nazionali e regionali per rispondere alle esigenze e alle sfide specifiche delle zone rurali.

Per consolidare il ruolo dell'agricoltura europea nel futuro, la PAC si è evoluta nel corso degli anni per adattarsi alle mutevoli circostanze economiche e alle esigenze e necessità dei cittadini.

Con l'approvazione della nuova PAC 2023 -2027, diventata operativa dal 1° gennaio 2023, la Commissione intende promuovere un settore agricolo intelligente (SMART), resiliente (capace di adattarsi alle modifiche) e diversificato in grado di garantire la sicurezza alimentare ed al contempo rafforzare la tutela dell'ambiente per contrastare i cambiamenti climatici, e contribuire così al raggiungimento degli obiettivi fissati dall'Unione attraverso il Green Deal.

Trattasi di obiettivi molto ambiziosi, la cui declinazione determinerà profonde modifiche rispetto al quadro attualmente noto e comporterà la necessità da parte delle singole aziende di effettuare scelte significative e di grande valore strategico per il futuro.

La PAC dal 2023, non prevederà più il cosiddetto "Greening", i cui impegni (diversificazione delle colture, presenza di aree EFA e conservazione dei prati permanenti) diventeranno obblighi inseriti nella condizionalità (condizionalità rafforzata), come conseguenza di una svolta della Politica Agricola Comune più verde e più sostenibile da punto di vista ambientale.

Al posto del greening sono stati previsti i cosiddetti "Ecoschemi": ossia impegni aggiuntivi (oltre a quelli dettati dalla condizionalità), volontari e, in caso di adesione, remunerati. Agli Eco-schemi verranno riservati circa 907 milioni (pari al 25% delle risorse nazionali disponibili). Il Piano Strategico nazionale, prevede i seguenti 5 ecoschemi (la cui declinazione pratica dovrà trovare conferme in futuro):

ECO 1: prevede il pagamento di un premio finalizzato al benessere degli animali e alla riduzione degli antibiotici; sono previsti due livelli di impegno:

- a) il primo erogato se verranno rispettate e non superate soglie massime di impiego del farmaco veterinario (antibiotici);
- b) il secondo riservato agli allevamenti che si impegnano a praticare il pascolamento e allevamento semi brado delle mandrie (riservato solo ad allevamenti biologici e certificati SQNBA).

ECO 2: si intende favorire l'inerbimento delle colture permanenti, prevedendo un impegno di corretta gestione del suolo attraverso l'inerbimento, spontaneo o artificiale, e di non lavorazione del suolo dell'interfila, oltre ad una ulteriore limitazione dell'uso di fitosanitari per il controllo delle infestanti sull'intero campo. Il PSP ipotizza un premio dell'ordine di 135 €/ha.

ECO 3: riguarderà la salvaguardia degli olivi di particolare interesse paesaggistico.

ECO 4: intende favorire l'introduzione, in avvicendamento, di colture leguminose e foraggere, al fine di promuovere sistemi produttivi meno impattanti in termini ambientali. Sono ammissibili a questo ecoschema le superfici a seminativo in avvicendamento, sulle quali devono essere rispettati i seguenti impegni:

- coltivazione di leguminose da granella o da foraggio e di altre colture foraggere;
- non uso di prodotti fitosanitari e di diserbanti chimici.

ECO 5: è una misura per favorire gli insetti impollinatori; sono ammissibili all'ecoschema:

- le superfici a seminativo con colture a perdere di interesse mellifero e con divieto di impiego di diserbanti e di altri prodotti fitosanitari nel campo e nelle bordure;

- la coltivazione di colture a perdere di interesse mellifero nell'interfila delle colture permanenti, con l'impegno a non utilizzare diserbanti e altri prodotti fitosanitari nel campo e sulle bordure.

Il PSP ipotizza un premio di 500 € /ha per le superficie a seminativo e di 250 €/ha per le colture permanenti

ECO 1 – Pagamento per la riduzione dell'antimicrobicoresistenza e il benessere animale	
LIVELLO 1	
IMPEGNO	IM101: mantenimento impiego antimicrobici entro valori DDD come di seguito descritti:
	- Fase 1: allevamenti con valore DDD che supera il valore della MEDIANA regionale per ciascuna categoria animale allevata
	- Fase 0: allevamenti con valore DDD uguale o inferiore al valore della MEDIANA regionale per ciascuna categoria animale allevata
	Sono ammissibili al pagamento gli allevamenti, anche misti, che alla fine dell'anno solare della domanda di auto (31 dicembre), rispetto alla distribuzione della MEDIANA regionale calcolata per l'anno precedente:
	- Mantengono valori DDD entro il valore definito dalla mediana;
	- Mantengono valori DDD entro il valore soglia identificato dal terzo quartile, ma lo riducono del 20%
	- Hanno valori DDD che passano dal quarto al terzo quartile con una riduzione di almeno il 10%
SPECIFICHE	In caso di allevamenti misti, il rispetto dell'impegno è verificato con riferimento a ciascuna tipologia animale.
AMMISSIBILITÀ E PAGAMENTO	Per il livello 1 sono ammissibili le seguenti tipologie zootecniche
	- Bovini da latte: 66 €/Uba
	- Bovini da carne: 54 €/Uba
	- Bovini a duplice attitudine: 54 €/ Uba
	- Vitelli a carne bianca: 24€/Uba
	- Ovini da latte: 60 €/Uba
	- Ovini da carne: 60€/Uba
	- Caprini: 60€/Uba
	- Bufalini da carne: 66€/Uba
- Suini (tutte le tipologie): 24€/Uba	
LIVELLO 2	
IMPEGNO	IM201: Adesione al sistema SQNBA con pascolamento nel rispetto degli impegni previsti dal relativo disciplinare
DEROGHE	È ammessa la deroga all'adesione al sistema Sqnba:
	- per gli allevamenti bovini di piccole dimensioni (10 Uba), a condizione che i controlli relativi all'impegno del pascolamento siano attuati dalle amministrazioni (regionali/provinciali) territorialmente competenti

	- per gli allevamenti biologici, i cui impegni sono stabiliti dal rispettivo disciplinare
AMMISSIBILITÀ E PAGAMENTO	Per il livello 2 sono ammissibili le seguenti tipologie zootecniche
	- Bovini da latte: 240 €/Uba
	- Bovini da carne: 240 €/Uba
	- Bovini a duplice attitudine: 240 €/ Uba
	- Suini (tutte le tipologie): 300 €/Uba
BENEFICIARIO	Richiedere l'aiuto detentore dell'allevamento, agricoltore in attività

ECO 2 – Inerbimento delle colture arboree

IMPEGNO	IM01: Assicurare la presenza di copertura vegetale erbacea spontanea o seminata nel rispetto dell'impegno IM03 nell'interfila o, per colture non in filare all'esterno della proiezione verticale della chioma, tra il 15 settembre e il 15 maggio dell'anno successivo. La copertura vegetale deve essere assicurata su almeno il 70% della superficie oggetto di impegno
	IM02: Non effettuare il diserbo chimico nell'interfila o, per colture non in filare, all'esterno della proiezione verticale della chioma.
	IM03: Non effettuare lavorazioni del terreno nell'interfila o, per colture non in filare, all'esterno della proiezione verticale della chioma, durante tutto l'anno. È consentito qualsiasi metodo di semina che non implichi la lavorazione del suolo
	IM04: Durante tutto l'anno, gestire la copertura vegetale erbacea esclusivamente mediante operazioni meccaniche di sfalcio, trinciatura- sfibratura della vegetazione erbacea
SPECIFICHE	Sono fatte salve diverse disposizioni previste dai Servizi fitosanitari, finalizzate al contenimento o eradicazione di fitopatie o di parassiti (ad esempio Xylella fastidiosa)
PAGAMENTO	120 €/ha

ECO 3 – Salvaguardia degli olivi di particolare valore paesaggistico

AMMISSIBILITÀ	Sono ammissibili all'ecoschema le superfici olivetate di particolare valore paesaggistico e storico, anche in consociazione con altre colture arboree, sulle quali sono rispettati impegni specifici.
	Si considerano di particolare valore paesaggistico e storico gli oliveti con una densità mediamente inferiore a 300 piante per ettaro e quelli individuati dalla Regione o Provincia autonoma competente per il territorio, fino ad un massimo di 400 piante per ettaro, in base ad elementi oggettivi quali architettura degli impianti. Le tecniche di allevamento ed altre pratiche tradizionali
	La densità di impianto viene calcolata a livello di parcella agricola
	L'intervento pertanto si applica a quelle superfici che hanno una densità minima di piante a ettaro pari a 60 e fino ad un massimo di 400
IMPEGNO	IM01: Assicurare la potatura biennale delle chiome
	IM02: Divieto di bruciatura in loco dei residui di potatura, salvo diversa indicazione da parte delle competenti Autorità fitosanitarie
	IM03: Mantenere l'oliveto oggetto di impegno nel suo status quo, quale valore paesaggistico e divieto di conversione, anche attraverso infittimenti, in sistemi più intensivi; l'impegno deve essere

	mantenuto per almeno un anno successivo a quello di adesione dell'ecoschema.
PAGAMENTO	220 €/ha

ECO 4 – Sistemi foraggeri estensivi con avvicendamento

IMPEGNO	IM01: Assicurare nell'avvicendamento almeno biennale la presenza di colture leguminose e foraggere, o di colture da rinnovo, inserendo nel ciclo di rotazione, per la medesima superficie, almeno una coltura miglioratrice proteica o oleaginosa, o almeno una coltura da rinnovo.
	IM02: Sulle colture leguminose e foraggere non è consentito l'uso di diserbanti chimici e di altri prodotti fitosanitari nel corso dell'anno. Sulle colture da rinnovo è consentito esclusivamente l'uso della tecnica della difesa integrata
	IM03: Fatta eccezione per le aziende zootecniche, effettuare l'interramento dei residui
SPECIFICHE	L'eco-schema si applica alle colture principali e di secondo raccolto. Rientrano nell'avvicendamento anche i terreni a riposo per un massimo di quattro anni consecutivi. Sono escluse le colture di copertura nel rispetto di quanto previsto dalla Bcaa 7 e dal Cgo 2
PAGAMENTO	40 – 110 €/ha

ECO 5 – Misure specifiche per gli impollinatori

ARBOREE

IMPEGNO	IM101: Nelle coltivazioni arboree, superficie minima di almeno 0,25 ettari contigui, con una larghezza minima di 20 metri mantenimento nell'anno di impiego, di una copertura dedicata con piante di interesse apistico (nettarifere e pollinifere), spontanee o seminate nell'interfila o, per colture non in filare, all'esterno della proiezione verticale della chioma. Il mantenimento viene assicurato tramite la possibilità di effettuare la semina delle suddette piante. La copertura vegetale deve essere assicurata su almeno il 70% della superficie oggetto di impiego.
	IM102: Non eseguire operazioni di sfalcio, trinciatura o sfibratura delle piante di interesse apistico su tutta la superficie delle coltivazioni arboree, per tutto il periodo della germinazione al completamento della fioritura
	IM103: Non utilizzare diserbanti chimici ed eseguire il controllo esclusivamente meccanico o manuale di piante infestanti non di interesse apistico su tutta la superficie delle coltivazioni arboree oggetto di impiego
	IM104: Non utilizzare gli altri prodotti fitosanitari durante la fioritura sia della coltura arborea sia della coltura di interesse apistico su tutta la superficie delle coltivazioni arboree oggetto di impiego; durante il resto dell'anno applicare le tecniche di difesa integrata.
SPECIFICHE	Sono fatte salve diverse disposizioni previste dai Servizi fitosanitari finalizzate al contenimento o eradicazione di fitopatie o di parassiti (ad esempio Xylella fastidiosa)
PAGAMENTO	250 €/ha (plafond 10 milioni di euro)
SEMINATIVI	

IMPEGNO	IM201: Nei seminativi, mantenimento nell'anno di impiego di una copertura dedicata con piante di interesse apistico (nettarifere e pollinifere) spontanee o seminate su una superficie minima di almeno 0,25 ettari contigui, con una larghezza minima di 20 metri, e una distanza da 3 a 5 metri da colture limitrofe (fascia di rispetto) non soggette a limitazione dell'uso di prodotti fitosanitari. Il mantenimento viene assicurato tramite la possibilità di effettuare la semina delle suddette piante
DEROGHE	IM202: Non eseguire operazioni di sfalcio, trinciatura o sfibratura delle piante di interesse apistico sulla superficie oggetto di impegno, per tutto il periodo della germinazione al completamento della fioritura
	IM203: Fino al completamento della fioritura non utilizzare i diserbanti chimici e gli altri prodotti fitosanitari sulla superficie oggetto di impegno ed eseguire il controllo esclusivamente meccanico o manuale di piante infestanti non di interesse apistico sulla superficie oggetto di impegno
SPECIFICHE	Dopo il completamento della fioritura sulla superficie oggetto di impegno è possibile effettuare la semina di una coltura principale
PAGAMENTO	500 €/ha (plafond 10 milioni di euro)

Gli agricoltori si trovano ad affrontare una duplice sfida: produrre alimenti e contemporaneamente proteggere la natura e salvaguardare la biodiversità. Utilizzare con prudenza le risorse naturali è essenziale per la nostra produzione di alimenti e per la nostra qualità di vita - oggi, domani e per le generazioni future.

Il riassetto agro-ambientale che si potrebbe sviluppare a fronte degli investimenti disponibili con lo sviluppo del progetto Agrivoltaico può rappresentare un'opportunità per l'imprenditore agricolo per migliorare la produzione standard, introdurre colture dal valore economico più elevato, tutelare il suolo e la biodiversità e aderire agli ecoschemi previsti nella nuova PAC beneficiando così delle premialità previste. I pagamenti diretti potrebbero rappresentare un sostegno al reddito e ricompensare gli agricoltori per un'agricoltura rispettosa dell'ambiente e la fornitura di servizi ecosistemici.

6.4 Progettazione dell'Agrivoltaico avanzato "li Molimenti"

Con tale progetto ci si pone l'obiettivo di proiettare l'Azienda agricola, già presente sul fondo, verso una Agricoltura 4.0: tecnologica, naturale e sostenibile.

In concreto, il modello che si propone si basa su di una integrazione equilibrata sostenibile tra agricoltura, ambiente ed energia che sarà trattato di seguito nei prossimi paragrafi. Nello specifico verranno descritte le colture e le attività zootecniche che si intende sviluppare all'interno del sistema agrivoltaico indicando le aree predisposte ad ospitarle.

6.4.1 Piano di coltivazione

6.4.1.1 Oliveto

L'olivicoltura riveste in Sardegna un'importanza rilevante non solo sotto il profilo economico ma anche per alcuni aspetti legati alla storia, alle tradizioni, al paesaggio e alla complessiva salvaguardia del territorio.

In linea col trend nazionale, l'olivo rappresenta l'unica coltura arborea con tendenza espansiva, coprendo l'1,-1,8% della superficie regionale.

La coltivazione è presente in quasi tutti i comuni dell'Isola, con una diffusione "a macchie di leopardo" e con aree di concentrazione consolidate nel tempo come l'area vasta del Sassarese, il Parteolla, la zona di Oliena, il Montiferru, il Linas e altre ancora. L'olivo predilige i climi temperato-caldi con precipitazioni non abbondanti ma elevata illuminazione; mal sopporta gli abbassamenti di temperatura invernali, specie se duraturi, ed anche eccessiva siccità. Si adatta a tutti i tipi di terreno anche se fortemente calcarei, resiste fino al 20% di calcare attivo, purché senza ristagni idrici nelle zone esplorate dalle radici.

La gran parte degli oliveti sardi (85 % e oltre) rientra in una tipologia "tradizionale": ampie distanze di piantagione, presenza in coltura di varietà locali, gestione del suolo minimale con assenza di apporti irrigui estivi, forma di allevamento riconducibile ad un vaso più o meno espanso che, spesso, diventa un globo a causa dei mancati interventi di potatura. Il sesto di impianto pertanto varia da 8x8 a 10x10 metri e di conseguenza il numero di piante per ettaro risulta compreso tra 100 e 130 unità.

Negli impianti intensivi dell'olivicoltura più recente (quella sviluppatasi negli ultimi venti anni) il numero di piante per ettaro è più elevato (da 200 a oltre 400) e le forme di allevamento diverse; tra tutte quella che ha dato i migliori risultati in termini economici e gestionali è senza dubbio il vaso policonico.

In un contesto agricolo tradizionale la progettazione di un oliveto dipende solitamente dallo schema colturale che si intende adottare, influenzata a sua volta dalle disponibilità irrigue e dai caratteri pedo ambientali delle superfici agricole.

In un sistema ibrido come l'agro-voltaico entrano in gioco altre variabili da tenere in considerazione nelle fasi di pianificazione quali l'ingombro degli inseguitori solari e le esigenze di esposizione luminosa per la produzione energetica.

Nel seguente progetto la realizzazione della coltura arborea non verrà avvicinata agli inseguitori, ma sviluppata nelle superfici adiacenti dall'impianto incluse comunque all'interno del sistema

agrivoltaico avanzato.

Il modello colturale verrà impostato su bassi input sarà ecosostenibile e caratterizzato da soluzioni pratiche e semplici che possono essere soggette a modifiche in corso d'opera a seconda delle esigenze.

In considerazione delle caratteristiche pedo-morfologiche delle superfici, della cultivar e della forma di allevamento adottata si ritiene opportuno sviluppare un sesto di impianto di 6x6, pertanto con una distanza di 6 metri tra le fila e una distanza tra le piante di 6 metri. Nel complesso la superficie totale in cui potrà realizzarsi l'oliveto avrà una estensione pari a circa 2,94 ha con un investimento totale di piante compreso tra 810/820 unità circa 270/280 piante ad ettaro. In questa fase non si tiene conto della configurazione geometrica delle superfici interessate ma si prende in considerazione l'estensione delle superfici disponibili da indirizzare alla coltura. Pertanto, il numero di giovani esemplari da piantumare è ritenuto una stima approssimativa soggetta a variazioni. La forma di allevamento adottata dovrà essere il vaso policonico, la più adatta in base al contesto vigente, che consenta di tenere una forma bassa al fine di favorire la raccolta manuale o semimeccanizzata. La superficie olivetata sviluppata secondo questo sesto di impianto potrebbe essere conforme agli standard richiesti dall'ECO 3 della nuova PAC.

Come portainnesti possono essere utilizzati gli oleastri (da olivo selvatico, usati nel tempo) e gli olivastri (provenienti da cultivar rustiche e vigorose).

La varietà scelta dovrà essere autofertile capace di adattarsi al meglio nelle superfici interessate. Nella scelta delle varietà si propende all'utilizzo della bosana particolarmente diffusa in tutte le aree a vocazione olivicola del centro e del nord della Sardegna (Sassari, Alghero, Marghine, Planargia) È una cultivar di media vigoria, a portamento espanso, con foglie ellittico-lanceolate, piane, di medio sviluppo. Le olive sono di pezzatura media (2,5-3 g), forma leggermente ovoidale, abbastanza simmetrica, con il diametro maggiore verso lenticelle di piccole dimensioni. L'invasatura (colorazione della buccia del frutto) procede iniziando dall'apice ed è abbastanza scalare. La colorazione inizialmente rosso-violaceo, a maturità è nera. È una cultivar medio-tardiva. Tradizionalmente usata per l'estrazione dell'olio, in grado di dare buone rese e ottime caratteristiche dell'olio, ricco di polifenoli. Le drupe di maggiore pezzatura sono spesso destinate alla trasformazione come olive da mensa, sia verdi sia nere. È considerata un pregio la proprietà di non scolorire durante la lavorazione. È ritenuta una cultivar molto produttiva, adatta anche per l'impianto di oliveti intensivi anche con sestri abbastanza stretti. Ha una tendenza all'alternanza che si può limitare negli oliveti intensivi con le adeguate cure colturali. Ha una media autofertilità, pertanto si avvantaggia della presenza di impollinatori. Non presenta particolare sensibilità alle principali avversità, fatta eccezione per l'occhio di pavone, soprattutto nei comprensori più umidi della Sardegna centrosettentrionale, ha una alta resistenza al caldo e alla tignola.

Per quanto riguarda la gestione dell'irrigazione l'impianto sarà sviluppato in irriguo, questo potrà garantire alle piante un adeguato supporto anche nelle prime fasi di avviamento, le più critiche per quanto riguarda lo stress idrico. Sebbene l'olivo possa produrre anche in assenza di apporto idrico, la specie si giova enormemente di questa pratica agronomica che consente di incrementare in maniera importante le produzioni delle piante. L'olivo è particolarmente sensibile alla carenza idrica in fase di accrescimento dei nuovi rami al risveglio vegetativo, fioritura allegagione e accrescimento

dei frutti. Nella progettazione del sistema agro-voltaico si prevede l'allaccio alla rete idrica consortile.

Il sistema di irrigazione più adatto è quello a goccia con ala singola gocciolante, superficiale, auto compensante in PE su unica linea disposta sopra il piano di campagna, al centro del filare produttivo. La portata dell'ala sarà adeguata alla tessitura del terreno così come il numero e la distanza dei gocciolatoi con portata nominale da 0,7/3,5 litri/ora.

L'ala singola superficiale è una soluzione pratica poiché permette l'ispezione periodica del tubo e la tempestiva risoluzione di rotture accidentali o malfunzionamenti. Inoltre, la posizione centrale del tubo nella parete non disturba la macchina nelle operazioni colturali. Di contro si avrà una riduzione dell'efficienza irrigua rispetto ai sistemi di subirrigazione a seguito dell'evaporazione dell'acqua che non partecipa all'idratazione del terreno.

I volumi irrigui dipendono da un insieme di fattori quali le caratteristiche del terreno, il portinnesto, la cultivar, il microclima dell'areale di coltivazione, la fase fenologica della coltura, andamento climatico, presenza o meno dell'inerbimento, qualità dell'acqua, efficienza impiantistica e capacità gestionale, densità dell'impianto.

In linea generale possono essere raggiunti volumi irrigui compresi tra 700 e 2000 m³/ha per stagione irrigua. Il fabbisogno idrico dell'impianto arboreo potrà essere monitorato e calibrato su misura attraverso l'integrazione dei modelli di Agricoltura 4.0.

In fase di preimpianto, è richiesto un miglioramento fondiario mediante la rimozione dei clasti superficiali, seguirà una ripuntatura allo scopo di fessurare il terreno e facilitare l'eventuale sgrondo delle acque in caso di pioggia, con apposito attrezzo(ripper). Successivamente si prevede una prima aratura, una concimazione di fondo (concime NPK e letame maturo) e un passaggio di affinamento funzionale per rendere il terreno uniforme, libero da infestanti e per completare l'interramento della concimazione di fondo preimpianto.

Nella messa a dimora l'epoca di impianto deve permettere alla pianta il perfetto attecchimento e la lignificazione degli organi epigei, la certezza della immediata e continua disponibilità idrica per facilitare la colonizzazione delle radici del terreno, il corretto allineamento e l'adeguata profondità di piantagione.

Il periodo migliore per la messa a dimora è compreso tra marzo ed aprile onde evitare i freddi intensi. È importante che ogni pianta sia provvista di un protettore in policarbonato (shelter) e munita di un tutore di sostegno in bambù da 80cm fondamentali nei primi due anni durante la lignificazione del fusto. Lo shelter crea le condizioni ideali per lo sviluppo della pianta e la protegge da parassiti, roditori, trattamenti erbicidi e danneggiamenti meccanici. La messa a dimora potrà avvenire già dalle prime fasi di realizzazione dell'impianto agrivoltaico. Nelle fasi di post impianto si prevedono ispezioni periodiche finalizzate alla sostituzione delle fallanze, rinalzature e al ripristino di tutori e shelter.

Per quanto riguarda la gestione del suolo si prevede l'inerbimento artificiale in linea con la nuova PAC, in riferimento all'ECO 2. L'inerbimento è una tecnica colturale a basso impatto ambientale priva di lavorazioni meccaniche e prevede la crescita del cotico erboso a seguito di una semina con diverse specie auto riseminanti, che viene sottoposto a sfalcio periodico. La gestione del cotico erboso può essere effettuata con macchina trinciatrice nei primi anni di avviamento dell'impianto,

successivamente potranno anche essere pascolati dalle greggi. Gli sfalci possono assolvere alla funzione di pacciamante o utilizzati come foraggi per gli ovini.

Questa pratica porta molteplici vantaggi in ottica di miglioramento degli ecosistemi agricoli e di protezione del suolo poiché: migliora la struttura del suolo e la penetrazione dell'acqua perché l'aggiunta di materia organica e di radici aumenta l'aereazione e la percentuale di aggregati idrostabili; previene l'erosione del suolo, diffondendo e rallentando il movimento dell'acqua in superficie; migliora la fertilità del suolo, aggiungendo materia organica al terreno durante la decomposizione e rendendo i nutrienti più disponibili attraverso la fissazione dell'azoto; aiuta il controllo degli insetti dannosi, fornendo habitat a predatori e parassitoidi; modifica microclima e temperatura, mediante la riflessione della luce solare e calore, ed incrementando l'umidità nella stagione estiva; diminuisce la competizione tra coltura principale e malerbe; riduce la temperatura del suolo. La scelta del potenziale miscuglio delle sementi da adoperare è il medesimo di quello che verrà utilizzato per la realizzazione dei prati pascolo permanenti (paragrafo 6.4.1.4).

Nella gestione della nutrizione le analisi chimiche del terreno e i monitoraggi pedologici previsti saranno necessari per sviluppare all'occorrenza piani di concimazioni naturali adeguati l'uso di ed evitando di intervenire nei periodi di massimo sviluppo della flora spontanea che caratterizza il cotico erboso.

La raccolta delle olive potrà essere manuale o semimeccanizzata attraverso l'ausilio di ganci o pettini oscillanti che, azionati da compressori permettono di raddoppiare la resa oraria.

Al fine di garantire la conformità del paesaggio agricolo, aumentare la produttiva del sistema agrivoltaico e mitigare l'impatto visivo verrà realizzata nelle aree più idonee una fascia produttiva sempre ad ulivi lungo il perimetro del sistema agrivoltaico, secondo una struttura a doppia fila di esemplari di olivo cipressino. Utilizzato come frangivento questa varietà di olivo si caratterizza per avere una chioma folta e compatta con portamento assurgente, cui ramificazioni crescono verso l'alto come l'albero di cipresso, da cui il nome. La fascia verrà realizzata su una doppia fila sfalsata con una distanza tra le piante di 3m per un totale di piante pari a circa 990 /1000 unità e una distanza tra le fila di circa 4 metri. In questo caso la forma di allevamento adattata sarà il monocono. Tali misure potranno concorrere al raggiungimento di diversi obiettivi quali: la mitigazione dell'impatto visivo degli inseguitori solari; il mantenimento del paesaggio agrario; rafforzamento della connettività ecologica e produzione agricola.

6.4.1.2 Piante aromatiche e officinali

La definizione "pianta officinale" deriva da una tradizione culturale e storica del nostro paese inserita nel contesto normativo nel 1931.

Secondo la legge n.99 del 6 gennaio 1931, infatti, per piante officinali si intendono le piante medicinali, aromatiche e da profumo. Il termine "officinale" deriva dal latino officina, ossia il laboratorio dove le piante venivano sottoposte alle varie lavorazioni (essiccazione, triturazione, macerazione, estrazione di essenze, ecc.) in modo da renderle utilizzabili ai diversi scopi. Attualmente il termine piante officinali può assumere differenti accezioni e ciò è ancor più vero se si considera che l'innovazione dei prodotti e dei processi industriali implica una continua evoluzione anche delle trasformazioni alle quali queste piante sono sottoposte. Tale definizione non trova riscontro né nelle statistiche ufficiali né nella terminologia in uso in altri paesi, dove si parla di piante

medicinali, aromatiche e da profumo.

Le piante officinali, come detto, sono una categoria ampia di specie botaniche, che hanno in comune la proprietà di essere vettori di sostanze dotate di attività specifiche, sensoriali, biologiche e farmacologiche. Non è possibile farle rientrare in categorie nella maniera classica dell'agronomia (erbacee, leguminose, arboree, legnose, orticole, ecc.) per via della loro peculiarità, che le rende una classe di piante trasversali dal punto di vista botanico, agronomico ed ecologico. Si stima ricadano in questa categoria, fra le 20.000 (G. Penso) e le 100.000 (L. Craker) specie botaniche.

La pianta officinale come tale è da considerarsi un "prodotto primario", ossia un prodotto derivante dalla produzione primaria che comprende anche i prodotti della terra [Art. 2, comma 1, lettera b) – Reg. (CE) 852/2004]. La pianta officinale, pertanto, è una materia prima che, ad eccezione delle piante aromatiche vendute fresche per il consumo, per poter essere utilizzata deve essere adeguatamente trasformata. Le piante officinali possono essere utilizzate come alimenti, integratori alimentari, cosmetici, farmaci, mangimi e prodotti veterinari, prodotti per l'industria tintoria e conciaria, agrofarmaci e prodotti per la casa.

Una pianta di per sé non rientra, infatti, in uno specifico schema normativo in virtù della sua struttura, della sua composizione o proprietà; può essere usata come ingrediente o componente di un determinato prodotto se l'uso della stessa è compatibile con quella destinazione d'uso e rispecchia le regole applicabili al prodotto finito al quale è destinata.

Con riferimento all'Italia, tra le 296 specie censite, ben 142, corrispondenti al 48% del totale, sono coltivate o coltivabili nel nostro paese.

Inoltre, Assoerbe ha provveduto a stimare il consumo (utilizzo) da parte delle imprese operanti in Italia, espresso in kg/anno, nonché il valore all'ingrosso a prezzi 2012. Si stima che l'impiego di officinali ammonti a circa 25 mila tonnellate all'anno, per un valore alla fase di ingrosso di circa 115 milioni di euro. I volumi d'impiego potenziali per una produzione italiana ammonterebbero a quasi 18 mila tonnellate, pari al 73% del totale; in termini di valore, si stima un valore del mercato all'ingrosso di 74 milioni di euro, con un'incidenza inferiore rispetto ai volumi (64%).

È evidente come la coltivazione delle piante officinali diventerà strategica negli anni a venire rispetto alla raccolta di stock naturali. Due condizioni concorreranno ad orientare il fenomeno in tale direzione. Da una parte il prevedibile aumento degli impieghi di piante da parte della popolazione mondiale: circa 2,5 miliardi di individui, tra India e Cina, dipendono dalla medicina tradizionale per l'assistenza sanitaria di base. Dall'altra, l'inarrestabile fenomeno delle migrazioni verso le aree urbane della popolazione rurale, che causa il declino dei mestieri ad alto contenuto di lavoro manuale e di tempo, come la raccolta spontanea di piante.

È importante sottolineare come al momento una quantità compresa fra il 75% e il 90% delle piante officinali commercializzate al mondo derivi dalla raccolta spontanea e che la coltivazione, pur in costante incremento è ancora una realtà marginale. Sicuramente in Europa, per le specie di maggiore impiego, si sta sviluppando un sistema agricolo e agricolo-industriale, basato sulla coltivazione, ma in diverse parti del mondo, specie Africa e Asia, la coltivazione è ancora lungi dallo svilupparsi.

Tabella 3 - Elenco delle specie e superfici coltivate in Italia dalle imprese associate a FIPPO (anno 2012)

Specie	Superficie investita (ha)
menta (dolce e piperita)	253,54
lavanda	136,64
camomilla	123,10
finocchio	78,21
salvia	68,45
melissa	47,69
camomilla romana	45,05
passiflora	39,21
coriandolo	37,00
lavanda ibrida	32,13
origano	24,25
elicriso	22,44
rosmarino	20,97
assenzio (romano, pontico e gentile)	18,62
tarassaco	17,10
ortica	15,10
issopo	14,53
aloe vera e arborescens	12,08
timo	11,48
echinacea	7,52
sclarea	7,33
ribes nero	7,31
bardana	6,80
carciofo	5,20
achillea	4,38
escolzia	2,50
galega	2,26
viola odorata	2,25
calendula	2,11
iperico	1,62
dragoncello	1,25

maggiorana	1,10
mirto	0,52
lespedeza	0,50
diverse (superfici aziendali inferiori a 0,3 ettari)	379,94
Totale	1.503,38

Tabella 4 - Elenco delle principali specie coltivate o coltivabili in Italia ordinate per utilizzo annuo (kg), valore (€) e valore medio unitario*(€/kg). Fonte: Fippo, Siste Assoerbe

n. progr.	nome comune	parte commerciale	utilizzo	n. progr.	nome comune	parte commerciale	valore	n. progr.	nome comune	parte commerciale	valore medio unitario
1	mirtillo nero	frutto	3.614.400	1	mirtillo nero	frutto	15.035.904	1	zafferano	stigmi	1.170,00
2	vite rossa	seme	2.439.600	2	zafferano	stigmi	9.828.000	2	genepi maschio	parte aerea con fiori	58,50
3	ginkgo	foglia	2.160.000	3	vite rossa	seme	6.830.880	3	genepi femmina	parte aerea con fiori	58,50
4	cardo mariano	frutto	1.920.000	4	ginkgo	foglia	6.458.400	4	camomilla romana	fiore	33,80
5	finocchio	frutto	480.000	5	cardo mariano	frutto	3.494.400	5	echinacea angustifolia	radice	31,20
6	passiflora incarnata	parte aerea	432.000	6	passiflora incarnata	parte aerea	2.950.560	6	malva	fiore	19,50
7	camomilla	fiore	426.000	7	genziana	radice	2.106.000	7	viola mammola	fiore	15,60
8	cipolla	bulbo	360.000	8	camomilla	fiore	1.938.300	8	pepe rosa	frutto	13,33
9	origano	foglie	360.000	9	valeriana	radice	1.716.000	9	escholzia	parte aerea	13,00
10	rosmarino	foglia	351.600	10	cartamo	fiore	1.638.000	10	erba cipollina	parte aerea	12,68
11	liquirizia	radice	348.000	11	rabarbaro	radice	1.321.320	11	grindelia	parte aerea con fiori	12,55
12	assenzio romano	parte aerea con fiori	300.000	12	origano	foglie	1.170.000	12	e. pallida	radice	12,35
13	aglio	bulbo	240.000	13	aloe	succo	1.146.600	13	arancio amaro	fiore	11,70
14	coriandolo	seme	240.000	14	cipolla	bulbo	1.123.200	14	genziana	radice	11,70
15	valeriana	radice	240.000	15	finocchio	frutto	936.000	15	amamelide	foglia	10,40
16	anice	frutto	216.000	16	liquirizia	radice	814.320	16	lespedeza capitata	parte aerea	10,40
17	meliloto	parte aerea con fiori	205.200	17	anice	frutto	786.240	17	withania	radice	9,36
18	carciofo	foglia	192.000	18	aglio	bulbo	748.800	18	cartamo	fiore	9,10
19	rabarbaro	radice	184.800	19	echinacea angustifolia	radice	748.800	19	aglio orsino	foglia	8,45
20	aloe	succo	180.000	20	assenzio romano	parte aerea con fiori	585.000	20	angelica	radice	8,45
21	cartamo	fiore	180.000	21	coriandolo	seme	547.200	21	alchechengi	frutto	8,45
22	genziana	radice	180.000	22	rosa canina	frutto	546.000	22	rodiola	radice	8,45
23	ginepro	frutto	180.000	23	tarassaco	radici	514.800	23	trifoglio	sommità con fiori	8,06
24	fagiolo	baccello	123.600	24	angelica	radice	507.000	24	dragoncello	foglia	7,80
25	arancio amaro	pericarpo	120.000	25	malva	fiore	468.000	25	rafano nero	radice	7,80
26	rosa canina	frutto	120.000	26	rosmarino	foglia	457.080	26	luppolo	strobilo	7,15
27	assenzio gentile	parte aerea con fiori	109.200	27	carciofo	foglia	449.280	27	rabarbaro	radice	7,15
28	biancospino	fiori e foglie	108.000	28	meliloto	parte aerea con fiori	400.140	28	sambuco	fiore	7,15
29	melissa	foglia	72.000	29	escholzia	parte aerea	390.000	29	tarassaco	radici	7,15
30	menta piperita	foglia	72.000	30	arancio amaro	pericarpo	382.800	30	valeriana	radice	7,15
31	tarassaco	radici	72.000	31	amamelide	foglia	374.400	31	echinacea purpurea	radice	7,09
32	olivo	foglia	69.600	32	lino	seme	358.020	32	elicriso italico	fiore	6,96
33	timo volgare	foglia	66.600	33	assenzio gentile	parte aerea con fiori	354.900	33	parietaria	parte aerea	6,96
34	carvi	frutto	62.400	34	biancospino	fiori e foglie	351.000	34	erba stella	parte aerea	6,83
35	lino	seme	61.200	35	ginepro	frutto	351.000	35	gelsomino	fiore	6,83
36	altea	radice	60.000	36	sambuco	fiore	343.200	36	passiflora incarnata	parte aerea	6,83
37	angelica	radice	60.000	37	menta piperita	foglia	327.600	37	ortica	radice	6,83
38	iperico	parte aerea con fiori	60.000	38	grindelia	parte aerea con fiori	301.200	38	aloe	succo	6,37
39	salvia	foglia	60.000	39	echinacea pallida	radice	296.400	39	calendula	capolini	6,11
40	tarassaco	foglie	60.000	40	melissa	foglia	280.800	40	fiordaliso	fiore	5,98

La coltivazione delle piante officinali è un fatto abbastanza recente e in fase di espansione e non si presta ad una descrizione agronomica univoca, con i criteri dell'economia classica (erbacee da pieno campo, legnose, frutticole, ecc.). Ha tuttavia molte similitudini con la coltivazione delle orticole in pieno campo, quindi un sistema di cultura abbastanza intensivo, che prevede impianto, cure colturali frequenti e uno o più raccolti durante il ciclo di sviluppo della coltura durante la stagione produttiva. Più raramente la coltivazione delle piante officinali è simile al ciclo colturale tipico di cereali o i foraggi, in cui semina e raccolto sono le uniche pratiche salienti. Infine, ci sono specie legnose, arbustive, arboree o altre perenni che sono coltivate in sistemi non intensivi e che sono difficili da inquadrare nella sistematica agronomica tradizionale (ad es. ginkgo, biancospino, rosmarino, genziana, ecc.). Scarseggiano, per la gran parte delle specie, le nozioni tecniche e agronomiche su tutte le fasi del processo di coltivazione ed in particolare la qualità varietale, il materiale di propagazione, nutrizione, difesa, raccolta e post-raccolta. Per una gamma limitata di specie, fra cui menta piperita, passiflora, assenzio gentile, tarassaco, echinacea, melissa, origano, salvia, camomilla e lavanda esiste una consolidata prassi agronomica, che ne consente la produzione in un contesto avanzato e competitivo.

Le piante sono raccolte in campo verdi, in fioritura, o alla maturazione delle parti, e comunque, salvo alcuni e rari casi, si tratta di prodotto che contiene percentuali variabili di acqua di vegetazione e per cui non conservabile e non trasportabile, se non su breve raggio. La raccolta può avvenire a mano o a macchina a seconda del tipo di coltura e delle caratteristiche dell'azienda. Una volta raccolto, il materiale tal quale ha una vita breve, da poche ore a massimo mezza giornata, e necessita di immediata lavorazione o stabilizzazione. La raccolta è fatta con falciatrici, falcia raccoglitrice, mietilegatrici e simili.

Nel seguente progetto si predispongono, per le colture officinali una superficie pari a circa 1,84 Ha. Le piante non verranno avvicendate agli inseguitori, ma sviluppate nelle aree adiacenti del campo solare incluse comunque all'interno del sistema agrivoltaico.

Lo schema colturale dovrà essere impostato attraverso un sistema a rotazione al fine di utilizzare al meglio il terreno ed evitare le monosuccessioni che potrebbero causare la formazione di infestanti altamente specializzate, batteriosi o attacchi fungini. Un ipotetico disegno colturale può prevedere la coltivazione di una leguminosa da sovescio per il primo anno, una pianta officinale annuale per il secondo (calendula, malva, camomilla) e successivamente sviluppare una coltura poliennale a filare (elicriso, rosmarino, lavanda). Al termine del ciclo delle perenni si potrebbe reiterare lo stesso ciclo. Tale processo è uno schema ipotetico che potrà essere calibrato successivamente in corso d'opera sulla base di altre valutazioni.

Tenendo conto che il principale indirizzo produttivo delle aziende agricole coinvolte è quello zootecnico tali superfici potranno essere rese disponibili a coltivatori che hanno conoscenze e competenze in questo settore ma privi di mezzi o terreni a disposizione.

Di seguito si riporta la descrizione generale di due specie officinali perenni che potrebbero essere coltivate dopo attente valutazioni tecniche all'interno del sistema agrivoltaico.

6.4.1.2.1 *Elicriso*

L'elicriso è un suffrutice aromatico perenne appartenente alla famiglia delle *Compositae*. Il portamento della pianta è piuttosto compatto, con fusti legnosi contorti, alti 25-40 cm, rami arcuati, ascendenti rivestiti di peli lisci che al tatto tendono a staccarsi.

Le foglie sono fitte, lineari, verde-argentato, le inferiori patenti e tomentose, lunghe 1-5 cm e larghe circa 1 mm. I fiori sono prevalentemente tubulosi, di colore giallo chiaro, riuniti in capolini conici, con 12-23 fiori per capolino in cui prevalgono quelli maschili. I capolini sono a loro volta riuniti in corimbi densi di 25-35 infiorescenze. Le brattee dell'involucro florale sono caratteristiche, giallo-brunastre e alla fine brune. Il frutto è un achenio ovale-oblungo con la superficie corrugata da numerosi piccoli tubercoli. Nella sua parte superiore è inserito il pappo di peli semplici. Della specie *H. italicum* esistono due sottospecie: subsp. *italicum* (sinonimo *H. angustifolium* DC) e subsp. *microphyllum* (Willd.) Nyman.

La sottospecie *italicum* è presente in tutta Italia e si distingue dall'altra soprattutto per il maggiore sviluppo. La sottospecie *microphyllum* si ritrova soprattutto sui litorali e nelle aree interne di Sardegna e Corsica dove sono presenti anche altre specie endemiche di elicriso. I caratteri distintivi del genere *Helichrysum* sono però anche molto legati anche alle condizioni ambientali di crescita.

L'elicriso appartiene principalmente all'habitat del lauretum, è perciò pianta termofila, tipica negli ambienti aridi o comunque ben esposti e protetti dal freddo, dell'area mediterranea. È una delle specie tipiche della macchia e della gariga e si trova inoltre sulle pareti sporgenti sul mare, negli incolti, nelle pietraie, sulle scarpate e nei terreni aridi dell'entroterra costiero fino a 600-800 m s.l.m. Allo stato naturale l'elicriso è una specie perenne ma, in coltivazione, diventa una coltura "sarchiata" la cui massima performance produttiva viene raggiunta generalmente al 3° - 4° anno la cui durata economica si aggira sui 6 anni.

È preferibile allestire la coltura attraverso il trapianto di piantine ottenute da seme che consente di realizzare un impianto più uniforme e regolare anche se il suo costo è maggiore.

La scelta del sesto d'impianto dipende soprattutto dalla fertilità dell'ambiente agronomico, dalla disponibilità idrica e dalle modalità e intensità di sfruttamento che si intendono perseguire.

I tipi di coltivazione sono principalmente due:

- impianto fitto (45-50 x 15-20 cm) = 12-18 p./m²: produzione d'olio essenziale.
- impianto rado (70 x 25-30 cm) = 3-5 p./m²: produzione di droga secca (rametti fioriti) e/o di fiori secchi.

Durante la coltivazione possono essere effettuate delle sarchiature, con le quali si interra il concime, si arieggia il terreno e si controlla lo sviluppo delle infestanti.

In autunno si può intervenire con una rincalzatura, per proteggere le piante dal freddo, tanto più se la coltura è realizzata al di fuori del suo areale.

L'elicriso vive bene in ambienti naturali aridi, ma in un ambiente "artificiale" quale quello agronomico, in impianto più o meno denso dove l'obiettivo è quello di raggiungere buone rese, l'acqua diviene

elemento importante per elevarne la produttività. La pianta teme tuttavia il ristagno idrico che forse rappresenta il fattore più critico nella conduzione di questa coltura.

L'irrigazione, si rende necessaria solo nelle prime fasi del ciclo colturale per i primi due anni (semina, trapianto, prima fasi di sviluppo), eventualmente per favorire l'assorbimento del concime e in termini di "soccorso". Ad ogni modo il fabbisogno idrico dell'impianto arboreo potrà essere monitorato e calibrato su misura attraverso l'integrazione dei modelli di Agricoltura 4.0.

La droga dell'elicriso è costituita dai capolini, raccolti a fioritura, ma se l'obiettivo è di produrre olio essenziale, si raccoglie tutta la parte aerea, mediante sfalcio, oppure, per avere un prodotto più selezionato, solo le sommità fiorite, effettuando un taglio più alto. Nel secondo caso, potrebbe essere opportuno eseguire un 2° passaggio, per pareggiare le piante e contenerne lo sviluppo legnoso, favorendo l'emissione di nuovi getti.

Per la raccolta è preferibile intervenire con una falciatrice, in modo che la biomassa sfalciata non vada a contatto col suolo. Di seguito il raccolto deve essere avviato rapidamente all'essiccazione o alla distillazione.

Nel caso che l'elicriso venga coltivato per ottenere fiori secchi da ornamento, la raccolta è manuale e le infiorescenze da essiccare vanno raccolte in mazzetti da appendere all'interno di tunnel per circa 3 settimane.

In piena produzione si possono ottenere fino a 8-12 t/ha di biomassa verde pari a 2,5-4 t/ha di prodotto secco. Il contenuto di olio essenziale è pari allo 0,2-0,4%, con possibilità di ottenere da 5-6 fino a 14-15 kg/ha di olio essenziale. Se si raccolgono i fiori singoli, questi vengono disposti su dei graticci. La resa in soli fiori secchi è di 1,4-7 t/ha.

6.4.1.2.2 *Lavanda*

La Lavanda vera è un piccolo arbusto termofilo di medio sviluppo, con foglie verde chiaro di consistenza coriacea. I fiori sono portati alla sommità della pianta, in piccole infiorescenze, su corti steli privi di foglie. Fiorisce fra giugno e luglio, con fiori azzurri o violacei che emanano, se strofinati, un odore intenso e delicato. È originaria della regione mediterranea occidentale; sul territorio nazionale si trova allo stato spontaneo, raramente nella penisola ma più facilmente nelle isole. Gli ibridi della Lavanda si distinguono dalla Lavanda vera, in linea generale, per il loro maggior sviluppo vegetativo e per la notevole lunghezza degli steli che portano le infiorescenze. Caratteri differenziali più particolareggiati sono la presenza di infiorescenze secondarie inserite lateralmente allo stelo principale più o meno sviluppate e in numero di due o più, l'assenza di seme e il polline sterile, la brattea ascellare dei fiori più ampia, e infine il calice del fiore tubuloso più stretto rispetto alla Lavanda vera. Esistono numerosi ibridi selezionati per alcuni caratteri: produzione di infiorescenza, resa e qualità dell'olio essenziale, portamento che rende possibile la piena meccanizzazione, rusticità delle piante ecc. Questi ibridi selezionati assumono notevole importanza commerciale rispetto alla Lavanda vera per la loro maggior resa in olio essenziale, anche se da un punto di vista qualitativo sono notevolmente inferiori. In ogni caso, gli oli essenziali di entrambi (Lavanda e Lavandini) hanno un'interessante valutazione commerciale e vengono ritirati dalle industrie dei profumi e dei cosmetici e dall'erboristeria, settore che richiede anche una certa quantità di fiori sgranati. È opportuno

ricordare il ruolo di Lavanda e Lavandini come piante mellifere, per la produzione di mieli aromatici monoflora, particolarmente pregiati.

La Lavanda si propaga da seme e da talea, le Lavandinove solamente da talea. Generalmente la riproduzione agamica è la più conveniente. Le talee legnose si prelevano dalle piante madri di 2-3 anni e in periodo di assoluto riposo. Questo materiale può essere impiegato direttamente in pieno campo, se esistono le condizioni atmosferiche ideali (terreni soffici, piogge frequenti), oppure si renderà necessario irrigare nella fase della radicazione. In mancanza di acqua si possono avere fallanze superiori al 50%. Più spesso, considerati gli ambienti in genere aridi dove vengono impiantati i lavandeti, si preferisce far radicare le talee in cassoni o aiuole opportunamente preparati e irrigati e solo dopo trapiantare le barbatelle in pieno campo. La messa a dimora delle barbatelle si esegue alla fine della stagione vegetativa.

La densità d'impianto varia fra Lavanda vera e Lavandinove, in quanto fra queste ultime è maggiore lo sviluppo dell'apparato vegetativo. - Lavanda vera: 1,40-1,50 m tra le file e almeno due o tre piante sulla fila (0,33-0,50 m), per un totale di circa 15'000-20'000 piantine ad ettaro (densità da 1,4 a 1,8 piante/m²). Ovviamente, nella scelta definitiva delle distanze occorre considerare le possibilità di meccanizzazione dell'azienda, tenendo presente che nei primi tre anni l'impianto deve essere sarchiato per la gestione delle infestanti. Le piantine vengono messe a dimora molto fitte sulla fila, anche se questo ne sbilancia molto l'accrescimento, per accelerare la chiusura delle piante sulla fila e quindi la formazione di una siepe compatta. Questa operazione limita il numero di malerbe nei primi anni di vita dell'impianto, in modo da rendere economica la raccolta meccanica già al terzo anno.

È molto importante, in una coltura a lungo ciclo come il lavandeto, dotare il terreno di una sufficiente quantità di sostanza organica. In linea di massima occorre un apporto letamico di 500 q/ ha all'impianto. Al quarto anno di vita le piante hanno raggiunto le dimensioni ideali e, da questo momento fino alla fine del ciclo, occorre apportare solo azoto alla ripresa vegetativa, 2-3 q/ha di nitrato ammonico nell'interfila.

Della Lavanda si raccolgono le infiorescenze o i fiori e i semi per le specie fertili. La raccolta può essere eseguita a mano con falchetti o a macchina con l'ausilio di mietilegatrici. Queste macchine tagliano e affastellano, in piccoli covoni legati, i lunghi steli che portano le infiorescenze; successivamente questi covoni vengono caricati e trasportati con mezzi idonei al distillatore.

La raccolta viene fatta in periodi diversi a seconda della destinazione dei prodotti: fiori per l'erboristeria oppure infiorescenze per la distillazione. I fiori per l'erboristeria vanno raccolti all'inizio della fioritura, quando i tessuti fiorali hanno maggiore consistenza e colori più vivi.

6.4.1.3 Colture foraggere avvicendate irrigue

La rotazione delle colture è il sistema in cui diverse specie vengono coltivate sullo stesso terreno in successione ricorrente e rappresenta il mezzo primario per mantenere la fertilità del terreno, il controllo delle malerbe, dei fitofagi e dei patogeni in sistemi di agricoltura biologica che non prevedono l'utilizzo di fitofarmaci e diserbanti.

Tale sistema deve prevedere l'avvicendamento e il bilanciamento delle colture miglioratrici della fertilità (leguminose) e delle colture sfruttanti (cerealicole), al fine di promuovere sistemi produttivi meno impattanti in termini ambientali.

La superficie agricola utilizzabile in cui si prevede di indirizzare a tale orientamento colturale è pari a circa 62,2 ha.

La scelta delle colture, da avvicendare nell' aree preposte ricade tra: trifoglio, orzo, erba medica, veccia e favino da granella che potranno essere alternate durante la fase di esercizio dell'impianto anche sulla base delle esigenze degli allevatori che condurranno le terre. In particolare tra queste la coltura che fornisce alle aziende un beneficio importante in termini di produzione zootecnica è l'erba medica. La produzione potrà essere utilizzata come foraggiamento per gli ovini. Affinché possa essere garantita una produzione foraggera cospicua all'interno dell'agrigvoltaico dovrà prevedersi la realizzazione dell'impianto irriguo.

Il sistema di irrigazione più adatto è quello ad aspersione in cui si prevede la disposizione al di sotto di ogni fila dei moduli fotovoltaici un'ala singola superficiale. Ogni 3,5 metri verrà posizionato un irrigatore.

L'ala singola superficiale è una soluzione pratica poiché permette l'ispezione periodica del tubo e la tempestiva risoluzione di rotture accidentali o malfunzionamenti. Inoltre, la posizione centrale al di sotto dei tracker non disturba la macchina nelle operazioni colturali.

I volumi irrigui dipendono da un insieme di fattori quali le caratteristiche del terreno, la coltura, il microclima dell'areale di coltivazione, la fase fenologica, l'andamento climatico, presenza o meno dell'inerbimento, qualità dell'acqua, efficienza impiantistica e capacità gestionale, densità dell'impianto.

Le esigenze idriche potrebbero ridursi con la variazione dei parametri di evapotraspirazione, comunque sia il fabbisogno idrico delle colture potrà essere monitorato e calibrato su misura attraverso l'integrazione dei modelli di Agricoltura 4.0.

6.4.1.3.1 *Medicai*

L'erba medica appartiene alla famiglia delle leguminose e il suo nome ufficiale è quello di *Medicago sativa*. Questa pianta grazie alla sua ricchezza di proteine e vitamine, viene coltivata come foraggio per l'alimentazione del bestiame, ed è inoltre possibile conservarla sotto forma di fieno o farina.

La pianta dell'erba medica è costituita da numerosi steli eretti, le foglie sono trifogliate e costituiscono circa il 45% del peso dell'intera pianta, rappresentando di fatto le parti più nutrienti. I fiori dell'erba medica comune si formano in numero di 10-20 su piccoli racemi ascellari. È molto resistente al freddo in quanto in autunno, arresta progressivamente ogni attività vegetativa.

Le radici hanno la particolarità di arrivare molto in profondità e grazie a questo riescono ad assimilare molti minerali difficilmente raggiungibili da altre piante inoltre, contribuiscono al miglioramento delle proprietà strutturali del suolo.

Il terreno più idoneo alla coltivazione dell'erba medica è quello che va dal medio impasto all'argilloso di buona struttura, profondo, in modo da non ostacolare l'approfondimento delle radici. Nei confronti

del pH l'erba medica predilige una leggera alcalinità per cui non tollera l'acidità. Pur essendo forte consumatrice di acqua (700-800 litri per formare un chilogrammo di sostanza secca) l'erba medica è molto resistente alla siccità grazie al suo apparato radicale. Nello stesso tempo teme i ristagni idrici per cui risulta fondamentale una buona sistemazione idraulica dei terreni.

La resa media annua di fieno del prato di erba medica può giungere fino a 13t/ha, in condizioni più normali le rese si aggirano su 8-10 t/ha.

L'erba medica ha normalmente un ciclo produttivo di tre/quattro anni nella quale nel primo anno (anno di semina) la produzione è scarsa. Nel secondo anno la produzione si considera piena mentre nel terzo anno la produzione comincia a declinare per progressivo diradamento. Nel quarto anno la produzione si riduce drasticamente e qualora il numero di piante sia troppo basso il medicaio deve essere rotto perché ormai la sua resa si è esaurita.

Nel corso dell'anno la coltura fornisce il suo prodotto in parecchi tagli da un minimo di 2, nel caso di clima e terreno aridi fino ad un massimo di 4/5 tagli in condizione irrigua o di notevole freschezza.

6.4.1.4 Prati pascolo permanenti per gli ovini

Nelle superfici attualmente incolte e in alcune aree marginali si prevede la realizzazione di prati pascolo permanenti per una superficie complessiva pari a circa 23,4 Ha. Il sistema agrivoltaico permette infatti la piena compatibilità con le attività di pascolo ovino conciliando contemporaneamente in questo modo l'utilizzo agro-zootecnico con la produzione energetica.

Gli animali potranno pascolare liberamente tra i pannelli solari e disporre di strutture utili a proteggerli dalla pioggia, dal vento e soprattutto dall'eccessiva esposizione solare nel periodo estivo.

L'ombreggiamento dei pannelli facilita il mantenimento di valori di umidità maggiori, agevolando la crescita delle essenze erbacee, inoltre le attività di pascolo promuoveranno la concimazione naturale favorendo il mantenimento di un buon grado di fertilità dei suoli nel tempo.

L'erba del pascolo è un foraggio del tutto particolare, unico nel suo genere perché è un alimento vivo. A differenza dei foraggi conservati e delle granelle che sono costituite da cellule non vitali, l'erba, è invece costituita da cellule vive e vitali per tutta la stagione vegetativa (di crescita) e ciò fa di questo alimento una eccezionale fonte di nutrienti ad alto valore biologico per il bestiame: zuccheri, aminoacidi, fibre digeribili, minerali e vitamine. L'energia netta che viene estratta dall'erba è superiore rispetto agli altri foraggi. Per queste eccellenti caratteristiche, l'ingestione di essenze erbacee al pascolo dà luogo a produzioni di latte migliori.

Tutte le piante hanno le stesse molecole ma quello che varia è il loro contenuto, quindi, ogni giorno, l'animale può formare la sua dieta scegliendo e selezionando le piante in base alla stagione. Le erbe dei pascoli sono infatti in continua evoluzione. Con l'accrescimento, cambiano colore, i profumi si attenuano, la pianta diventa più legnosa e secca. Ogni erba ha un corredo polifenolico diverso e, quindi, più specie di erbe ci sono nel pascolo e nei fieni e più polifenoli ritroveremo nel latte e nella carne. L'animale avrà in tal modo una alimentazione meglio bilanciata.

La scelta di questo indirizzo d'uso è funzionale al raggiungimento di un terzo obiettivo legato alla conservazione e al mantenimento dei suoli nel tempo nelle aree che presentano severe criticità.

Infatti come descritto nei precedenti paragrafi e conseguentemente alle valutazioni effettuate attraverso il modello della Land capability si riscontrano delle criticità tali da suggerire la limitazione delle lavorazioni agricole e/o di evitarle totalmente orientando l'uso del suolo verso attività più eco-compatibili con il contesto riscontrato.

L'inerbimento è infatti una tecnica colturale a basso impatto ambientale priva di lavorazioni meccaniche e prevede la crescita spontanea e/o controllata del cotico erboso che viene consumato dal bestiame o sottoposto saltuariamente a sfalcio. La gestione del cotico erboso può essere effettuata con macchina trinciatrice. Gli sfalci periodici così ottenuti potranno essere utilizzati come foraggio fresco o stagionato per gli ovini.

Questa pratica porta molteplici vantaggi in ottica di miglioramento degli ecosistemi agricoli e di protezione del suolo. Infatti, consente di mantenere o incrementare il livello di sostanza organica del terreno, riduce la perdita di elementi nutritivi migliorandone la distribuzione e disponibilità e favorisce una maggiore e più rapida infiltrazione dell'acqua piovana. Il cotico erboso rappresenta una protezione contro l'erosione, riduce il compattamento causato dalla circolazione dei mezzi meccanici, può facilitare le operazioni di manutenzione degli inseguitori solari. Nei terreni inerbiti la temperatura dell'aria in prossimità della superficie del suolo tende ad abbassarsi rispetto ai terreni lavorati. L'inerbimento realizzato dalla consociazione delle specie erbacee diverse influisce positivamente sull'equilibrio tra insetti nocivi e i loro nemici naturali, crea degli habitat ideali per gli insetti pronubi con un aumento dei livelli di biodiversità favorisce il controllo naturale delle specie infestanti pertanto non è previsto l'utilizzo di fitofarmaci.

Per la realizzazione del prato pascolo permanente si prevede un miscuglio di graminacee, leguminose selezionate autoriseminate e compatibili con il contesto agro-ambientale attuale. Tale gestione del suolo permette l'assenza di lavorazioni meccaniche e ha come finalità il miglioramento dei pascoli, della qualità dei suoli e dell'ecosistema agricolo. Il successo di questa pratica dipenderà dal corretto insediamento del cotico erboso e dalla gestione del pascolamento.

La semina dovrà essere fatta all'inizio dell'autunno. La disponibilità di acqua nel letto di semina favorirà la germinazione dei semi e una rapida crescita delle radici. Nelle fasi preparatorie è richiesta una lavorazione minima del terreno con un'aratura leggera (10-20cm) seguita da una fresatura, tuttavia qualora possibile sarebbe preferibile attuare la semina su sodo. Si prevede una concimazione di fondo con stallatico adeguata ai valori chimici del terreno, che potrà essere ripetuta periodicamente in base al fabbisogno nutrizionale del cotico erboso. La quantità raccomandata di semenza è di 10-20 kg/ha ma potrà essere potenziata in base alle esigenze. La profondità di semina dovrà essere di 1,0-2,0 cm, al termine delle operazioni potrebbe essere necessaria una rullatura superficiale. Il miscuglio della semenza sarà così costituito: *Trifolium repens* (trifoglio bianco), *Trifolium pratense* (trifoglio violetto), *Vicia villosa* (Veccia villosa) *Trifolium incarnatum* (trifoglio incarnato), *Trifolium subterraneum* (trifoglio sotterraneo), *Hedysarum coronarium* (sulla), *Medicago sativa* (erba medica), *Lotus corniculatus* (ginestrino) *Lolium perenne* (loietto perenne), *Festuca arundinacea* (festuca falascona), *Poa pratensis* (erba fienarola) *Dactylis glomerata* (dattile).

Questo miscuglio di erbe consente di ottenere e garantire un foraggio misto di qualità per il pascolamento ed alto potenziale mellifero. Per quanto riguarda l'irrigazione anche i prati pascolo potranno essere irrigati e si prevede lo stesso schema d'impianto previsto nel paragrafo precedente

6.4.1.3. L'obiettivo principale della gestione nell'anno d'insediamento è di garantire una grande produzione di semi delle specie seminate che dovranno accumularsi nel suolo a costituire una ricca banca di seme. Questa garantirà una lunga persistenza del pascolo e la sua eccellente produttività negli anni successivi. Il carico di bestiame dovrà essere adeguato all'estensione delle superfici coinvolte e questo potrà garantire il ricaccio continuo e la sostenibilità dei pascoli nel lungo periodo evitando in tal modo i danni da calpestio e facilitando una ricrescita più regolare del cotico erboso.

6.4.2 Attività zootecniche

6.4.2.1 Apicoltura

In un'ottica di miglioramento territoriale si intende sviluppare un modello sinergico che possa generare un buon livello di integrazione tra sistemi produttivi e le attività degli insetti pronubi. In tal senso l'inserimento delle api nelle superfici dell'Agrivoltaico porterebbe ad una serie di vantaggi sotto l'aspetto agricolo e ambientale. Le api possono fornire un adeguato servizio di impollinazione in favore della biodiversità floristica locale. La gestione per inerbimento controllato sotto forma di prati pascoli perenni, la coltivazione dei medicaie e delle piante officinali rappresenta un aspetto migliorativo dell'agroecosistema poiché aumenta e creano dei microhabitat idonei per le fioriture ad alto potenziale mellifero. Inoltre, grazie all'ombreggiamento delle strutture FV e all'irrigazione le fioriture potranno prolungarsi per un tempo maggiore nei periodi tipicamente poveri. La gestione interfilare per inerbimento e la predisposizione di prati pascoli perenni rappresentano un aspetto migliorativo dell'agroecosistema poiché aumenta i livelli di biodiversità e le risorse trofiche per gli insetti pronubi. In più sono previste delle superfici specifiche pari a circa 1,03 Ha con piante mellifere dedicate esclusivamente alle api in cui non sono previste operazioni di sfalcio per tutto il periodo che si estende dalla germinazione alla completa fioritura.

La predisposizione degli alveari e il rispetto degli impegni previsti nella nuova PAC consentirebbe il recepimento dei premi previsti nell'ECO 5.

Nella disposizione delle arnie è preferibile un orientamento a sud/est, posizionando gli alveari in aree ben riparate, facilmente accessibili per agevolare le operazioni apistiche, in terreni cui strutture possano trovare una solida base senza affondare. In tal senso le aree ritenute idonee vengono individuate all'interno della particella catastale 139, nello specifico l'area esclusa dal sottosistema energetico ma incluso all'interno del sottosistema agricolo nella sezione centrale della particella. Le fasce vegetate naturali presenti nel progetto agiranno da frangivento naturali e le arnie potranno essere posizionate sotto le piante e nei prati.

Si prevedono in totale 50 arnie (una per ettaro) ma se ritenuto opportuno il numero potrebbe essere implementato o ridotto durante l'anno in funzione delle fioriture disponibili. Nella conduzione dell'attività si può prevedere la gestione nomade attraverso il posizionamento delle arnie degli apicoltori locali che possono sfruttare le fioriture disponibili con le proprie colonie. In alternativa potranno essere acquistate a date in gestione a contoterzisti attraverso una conduzione stanziale. Le arnie potranno essere dotate di sistemi di monitoraggio con acquisizione di dati da remoto utili per ottimizzare le operazioni e aumentare produttività ed efficienza.

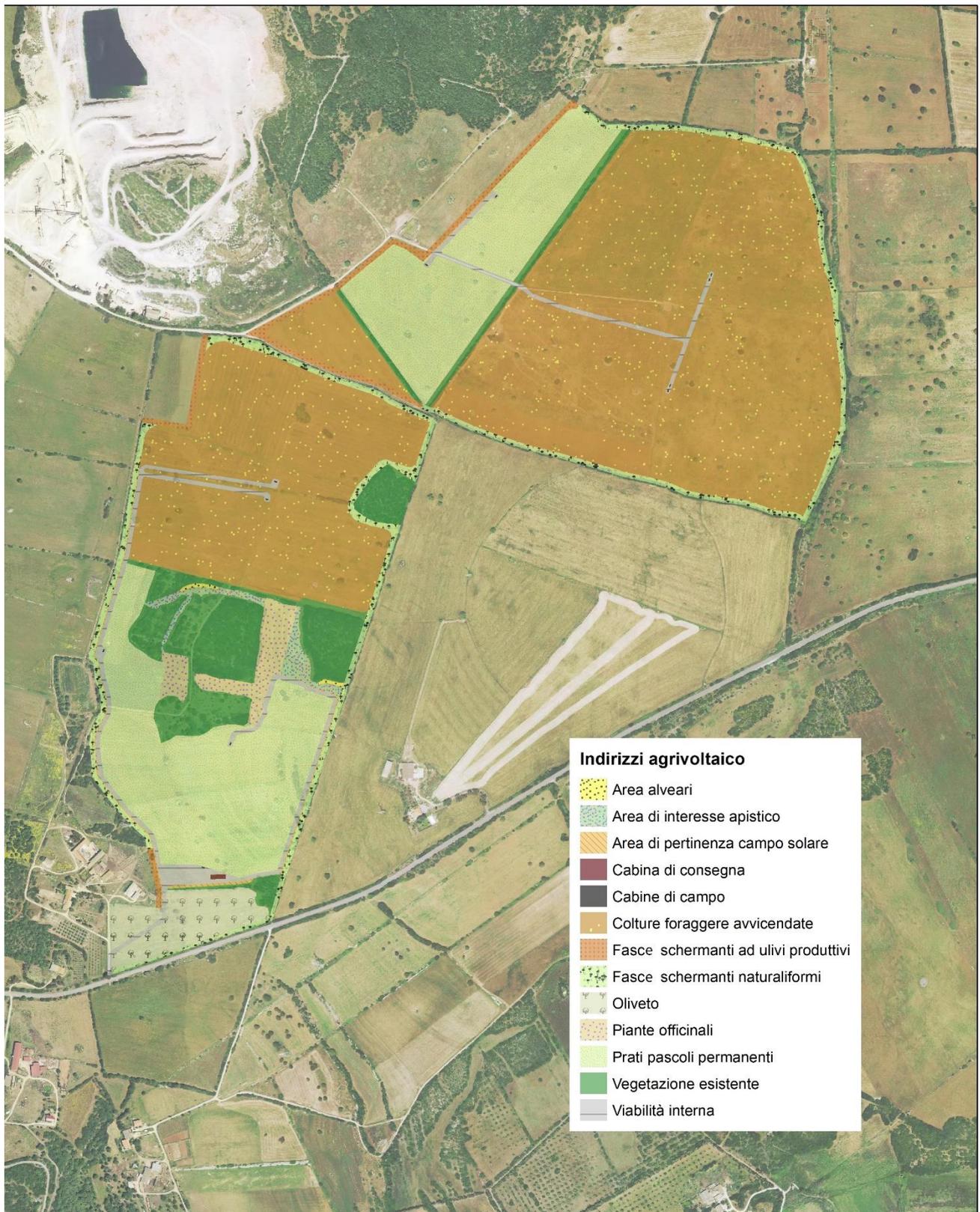


Figura 47 - Carta degli indirizzi d'uso del suolo e produttivi dell'agrivoltaico avanzato "Li Molimenti"

Tabella 5 - Computo metrico estimativo relativo alla realizzazione degli olivet.i In questa fase non si tiene conto della configurazione geometrica delle superfici interessate ma si prende in considerazione l'estensione delle superfici disponibili da indirizzare alla coltura pari a 2,94 ettari

Codice	Descrizione	Unità di misura	Prezzo unitario	Quantità	Prezzo totale
G	OPERE DI TRASFORMAZIONE AGRARIA				
G.005	Spietramento in terreni pietrosi con asportazione ed accatastamento del materiale in cumuli ai bordi dei campi o nelle tare, oppure con utilizzazione del pietrame.	m ³	€ 17,20	150	€ 2.580,00
G.008	Aratura, alla profondità di 30-40cm, per aminutamento del terreno e per l'interramento dei fertilizzanti utilizzati nella concimazione di fondo prima dell'impianto di fruttiferi in genere	Ha	€ 279,40	2,94	€ 821,44
S	COLTURE ARBOREE DA FRUTTO E OFFICINALI				
Da prezzi correnti	Acquisto di piante di olivo, portainnesto di olivastro, cultivar autofertile tipo: Bosana, Cipressino.	cad.	€ 8,50	820	€ 6.970,00
S.001	Messa a dimora di piante di olivo, per la realizzazione di frutteti in forme libere, fornite in contenitore fitocella o vaso, innestate o autoradicate, varietà da olio o da mensa, compresa squadratura del terreno, distribuzione in campo, scavo buca, messa a dimora della pianta, rinterro, la sostituzione delle falanze nella misura massima del 5% ed ogni altro onere. Escluso il costo di fornitura delle piante.	cad.	€ 7,30	820	€ 5.986,00
S.008	Realizzazione di concimazione ed eventuale intervento ammendante o correttivo, da eseguirsi in preimpianto sia con concimi chimici e/o di sintesi che con concimi organici, comprese le spese di miscelazione e spargimento; escluse le spese di acquisto e fornitura di concimi:				
S.008.001	a- per trasporto e distribuzione concime	Ha	€ 85,50	2,9	€ 247,95
S.008.002	b- Esecuzione di Analisi chimico-fisica di laboratorio del terreno, compreso prelevamento in campo	Ha	€ 201,90	1	€ 201,90
F	CONDOTTE DI ADDUZIONE E DISTRIBUZIONE PER IMPIANTI DI IRRIGAZIONE E PROVVISITA D'ACQUA				
F.016	Tubazioni in PE 40 bassa densità. PN10 a norma UNI 7990 tipo 312 fornito in rotoli da un minimo di 50 a 500 metri a seconda del diametro, stese sul piano di campagna, complete di raccordi per collegamento della tubazione principale, curve, riduzioni, tappi e pezzi speciali, eventualmente predisposte per l'inserimento dei gocciolatoi o nebulizzatori in opera:				

	TITOLO RELAZIONE AGROPEDOLOGICA	PAGINA 103 di 136
--	---	-----------------------------

F.016.006	Tube P.E. 40 B.D. PN10 norma UNI 7990 TIPO 312-diam. Esterno 50mm	m	€8,90	100m/ha	€2.616,60
F.018	Ali gocciolanti, integrale autocompensante antidrenaggio, in PE, con gocciolatore incorporato con portata nominale da 0,7 / 3,5 litri/ora, in rotoli indivisibili, stese sul piano di campagna complete di raccordi per collegamento tubazione principale, curve, riduzioni, tappi e pezzi speciali, in opera del diam. Esterno mm 20:				
F.018.001	Distanza dai gocciolatoi metri 1	m	€1,47	1600m/ha	€6.820,80
ZF.E	OPERE SUSSIDIARIE				
ZF.E.007	Fornitura e posa in opera di Shelter in polycarbonato o P.E., altezza cm 50, diametro cm 9-11, spessore mm. 1,5, completo in tutore in bambù da cm 120 e diametro minimo di mm 12+14, infisso nel terreno, ed eventuale rinalzata.	cad.	€4,70	820	€ 3.854,00
Totale importo lavori					€ 26.697,25

Tabella 6 - Computo metrico estimativo relativo alla realizzazione dell'impianto apiario. Il computo esclude il costo delle attrezzature apistiche, la gestione delle attività potrà essere affidata a contoterzisti.

Codice	Descrizione	Unità di misura	Prezzo unitario	Quantità	Prezzo totale
ZA	APICOLTURA				
ZA.003	Arnia in legno (tipo 1DB. o L.C. o D.B.) per nomadismo a fondo mobile antivarroa				
ZA.003.001	b- per n 10 telaini	cad.	€79,00	50	€3.950,00
ZA.1	FAMIGLIA DI API				
ZA.100	Famiglia composta da 10 telaini, costituita da popolazione diversificata, proveniente da allevamenti razionali e con certificato sanitario rilasciato dalla competente autorità sanitaria	cad.	€120,00	50	€6.000,00
Totale importo lavori					€ 9.950,00

	TITOLO RELAZIONE AGROPEDOLOGICA	PAGINA 104 di 136
--	---	-----------------------------

Tabella 7 - Computo metrico estimativo relativo alla realizzazione del prati pascolo perenni e di miglioramento fondiario dei seminativi

Codice	Descrizione	Unità di misura	Prezzo unitario	Quantità	Prezzo totale
U	MIGLIORAMENTO PASCOLO MONTANI E PRATI NATURALI				
U.003	Spietramento con mezzi meccanici (macchine spietratrici) idonei e accatastamento del pietrame, in cumuli misurabili, nelle tare, o comunque, fuori dai campi. È consigliato l'uso di lame frontali:				
U.003.002	b- per pietrosità fino a 150 mc/ha ed oltre con macchina spietratrici a noleggio	m ³	€8,30	675	€5.603
U.008	Concimazione eseguita con trattrice di adeguata potenza dotata di spandiconcime				
U.008.003	c- esecuzione di Analisi chimico-fisica del terreno, compreso prelevamento di campione in campo	ha	€201,90	4	€1.615,2
U.009	Semina e concimazione eseguita con trattrice di adeguata potenza e seminatrice o spandiconcime:				
U.009.001	a- per trasporto, miscelazione e distribuzione	ha	€137,90	23,4014	€3.723,3
U.009.002	b- per acquisto di seme e concimi, misura massima accessibile (la scelta del seme deve essere indirizzata verso specie di origine locale o quanto meno, di ambienti simili sotto l'aspetto pedologico e climatico)	ha	€461,20	23,4014	€12.452,40
F	CONDOTTE DI ADDUZIONE E DISTRIBUZIONE PER IMPIANTI DI IRRIGAZIONE E PROVVISTA D'ACQUA				
F.016	Tubazioni in PE 40 bassa densità. PN10 a norma UNI 7990 tipo 312 fornito in rotoli da un minimo di 50 a 500 metri a seconda del diametro, stese sul piano di campagna, complete di raccordi per collegamento della tubazione principale, curve, riduzioni, tappi e pezzi speciali, eventualmente predisposte per l'inserimento dei gocciolatoi o nebulizzatori in opera:				
F.016.007	Tubo P.E. 40 B.D. PN10 norma UNI 7990 TIPO 312-diam. Esterno 63mm	m	€12,60	100m/ha	€29.484,00
F.016.003	Tubo P.E. 40 B.D. PN10 norma UNI 7990 TIPO 312-diam. Esterno 25mm	m	€3,80	1600m/ha	€142.272,00
Totale importo lavori					€ 191.378,28

FONTI:

Regione autonoma della Sardegna, Assessorato dell'Agricoltura e riforma agro-pastorale. Prezziario regionale dell'Agricoltura, aggiornamento 2016.

	TITOLO RELAZIONE AGROPEDOLOGICA	PAGINA 105 di 136
--	---	-----------------------------

6.4.3 Calcolo della produzione standard post operam

Particella 00010			
S.A.U Ha	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
29.62.98	Colture foraggere avvicendate*	751,00 €	22.251,98 €
* l'erba medica corrisponderà alla coltura produttiva maggiormente impiegata nelle rotazioni colturali			

Particella 00032			
S.A.U Ha	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
10.63.64	Colture foraggere avvicendate*	751,00 €	7.987,94 €
* l'erba medica corrisponderà alla coltura produttiva maggiormente impiegata nelle rotazioni colturali			

Particella 00047			
S.A.U Ha	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
02.23.62	Colture foraggere avvicendate	751,00 €	1.679,39 €

Particella 00139			
S.A.U Ha / unità	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
12.89.44	Prati permanenti e pascoli	360,00 €	4.641,98 €
19.70.08	Colture foraggere avvicendate*	751,00 €	14.795,30 €
1.84.94	Piante aromatiche, medicinali e da condimento	28.890,00 €	53.595,61 €
2.94.96	Oliveti - per olive da olio	1.548,00 €	4.565,98 €
50	Api (alveari)	190,00 €	9.500,00 €
1.03.07	Aree di interesse apistico**	0 €	0 €
* l'erba medica corrisponderà alla coltura produttiva maggiormente impiegata nelle rotazioni colturali			
**A termine dell'antesi le essenze erbacee potranno essere sottoposte a sfalcio ed essere utilizzate come foraggio			

Particella 00198			
S.A.U Ha	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
02.69.58	Prati permanenti e pascoli	360,00 €	970,49 €

	TITOLO RELAZIONE AGROPEDOLOGICA	PAGINA 106 di 136
--	---	-----------------------------

Particella 00244			
S.A.U Ha	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
06.08.98	Prati permanenti e pascoli	360,00 €	2.192,33 €

Totale della produzione standard calcolata sulla base della nuova pianificazione agronomica

Produzione Standard (PS) post operam				
Particella	S.A.U Ha / unità	Indirizzo produttivo	€/Ha	Produzione standard
10	29.62.98	Colture foraggere avvicendate	751,00 €	22.251,98 €
32	10.63.64	Colture foraggere avvicendate	751,00 €	7.987,94 €
47	03.97.87	Colture foraggere avvicendate	360,00 €	1.432,33 €
139	12.89.44	Prati permanenti e pascoli	360,00 €	4.641,98 €
	19.70.08	Colture foraggere avvicendate	751,00 €	14.795,30 €
	1.84.94	Piante aromatiche, medicinali e da condimento	28.890,00 €	53.595,61 €
	2.94.96	Oliveti - per olive da olio	1.548,00 €	4.565,98 €
	50	Api (alveari)	190,00 €	9.500,00 €
	1.03.07	Aree di interesse apistico	0 €	0 €
198	02.69.58	Prati permanenti e pascoli	360,00 €	970,49 €
244	06.08.98	Prati permanenti e pascoli	360,00 €	2.192,33 €
TOTALE	89.71.29			127.222,71 €

In totale si stima una produzione standard pari 127.222,71 € su una superficie agricola utilizzabile pari a circa 89.71.27

7 MONITORAGGI

7.1 Monitoraggio pedologico

L'attività di monitoraggio pedologico acquisisce un ruolo importante durante la fase di esercizio dell'impianto poiché permette di valutare eventuali modifiche dei caratteri dei suoli nel tempo. La previsione di un piano di monitoraggio, dunque, è finalizzata alla raccolta di informazioni del suolo attraverso il controllo di pochi ma rappresentativi parametri. I dati dovrebbero essere acquisiti in alcune parcelle campione con il fine di comprendere se e quali tipologie di effetti potrebbero manifestarsi ed eventualmente pianificare, alla fine dell'esercizio, dell'azioni per il recupero. Per questo motivo dovranno seguire delle valutazioni del sito al termine delle operazioni di dismissione necessarie per ridefinire le condizioni di fertilità e di capacità d'uso.

In merito agli studi pedologici finalizzati alla realizzazione di impianti fotovoltaici, il numero di parcelle campione andrà determinato in funzione dell'estensione dell'impianto e delle differenti tipologie di suolo presenti.

Per ciascuna parcella deve essere previsto il prelievo di almeno due campioni (preferibilmente attigui ad eventuali punti già campionati nella fase ante operam), uno superficiale (topsoil) e uno sotto superficiale (sub-soil), indicativamente alle due profondità di 0-30 e 30-60 cm. I parametri indicatori più significativi da analizzare sono rappresentati da:

Parametri stazionali: Indice di qualità biologica QBS-ar:

L'indice si basa sull'assunto che i gruppi di microartropodi particolarmente adattati alla vita edafica sono presenti tanto più l'ecosistema del suolo è integro. Le attività antropiche riducono l'abbondanza e la diversità degli organismi edafici che svolgono un ruolo fondamentale nella decomposizione della materia organica. Su questa base il professor Vittorio Parisi, Ecologo del suolo dell'Università di Parma, ideò nel 2001 un indicatore in grado di esprimere la qualità biologica dei suoli sulla base del valore di biodiversità della micropedofauna presente. Questi organismi vivono nei primi centimetri di profondità, dove concentrano maggiormente la loro attività.

Il protocollo prevede il prelievo per ogni punto campionato di 3 zolle di terreno, con dimensioni di 10cm x10cm x 10cm, distanziate circa dieci metri l'una dall'altra. Le zolle vengono poi sottoposte ad una fonte graduale di calore che permette la migrazione dei microartropodi verso il basso. Quando le condizioni di umidità vengono a mancare gli insetti escono dalla zolla cadendo in una trappola. In seguito, vengono riconosciuti e valutati per la determinazione dell'indice. Ogni taxon avrà un punteggio differente. In base al punteggio ottenuto verrà stabilito il valore del QBS-ar. I punteggi che si ottengono nei diversi ambienti sono direttamente relazionati all'uso del suolo e vengono influenzati dalle operazioni di disturbo.

In linea generale la vulnerabilità di un sito è direttamente proporzionata al valore dell'indice, più alto sarà maggiore sarà la vulnerabilità in caso di disturbo.



Figura 48 - A sinistra fasi di prelievo di una zolla di terra per l'analisi del QBS-ar, a destra fase di essiccazione delle zolle e cattura dei microartropodi.

Parametri fisico-chimici: stabilità di struttura, densità apparente, porosità, carbonio organico e sostanza organica, microelementi e macroelementi sono alcuni dei parametri che possono essere rilevati. Attraverso gli stessi si potrà riscontrare se le funzioni del suolo sono state in qualche modo alterate. La raccolta dei dati richiede un'analisi e uno studio approfondito in laboratorio.

I campionamenti dovranno essere effettuati in parcelle che permettano il confronto tra i suoli interessati nell'impianto e quelli non disturbati. Gli intervalli temporali dovranno essere prestabiliti in anticipo, prevedendo un controllo a partire dalla fase di avvio dell'attività di produzione energetica sino alla fase di dismissione dell'impianto.

7.1.1 Piano di monitoraggio

Il Piano di monitoraggio dovrà essere articolato in quattro fasi rispettivamente: ante operam (prima del cantiere); in operam (fasi di cantiere), post operam (impianto in esercizio) e fase di dismissione dell'impianto. All'interno di ogni fase si prevedono le attività da mettere in atto riguardo i monitoraggi della risorsa suolo e della sua fertilità con le azioni preventive e/o correttive che si intende intraprendere qualora l'esito del monitoraggio evidenziasse criticità.

I campionamenti verranno svolti nei punti in cui sono stati effettuati i rilevamenti ispettivi in modo da ottenere delle informazioni coerenti e che siano il più rappresentative possibile considerando l'eterogeneità fisiografica dei suoli. Ci si riserva di valutare in seguito la possibilità di spostare i punti di campionamento qualora fosse necessario.

Il seguente monitoraggio è stato pianificato in accordo con: le indicazioni generali per gli studi pedologici in relazione alle istanze di autorizzazione di verifica di assoggettabilità a V.I.A. per la realizzazione di impianti fotovoltaici sviluppate dall'Agenzia Regionale AGRIS; delle Linee Guida per il monitoraggio del suolo su superfici agricole destinate ad impianti fotovoltaici a terra" redatte dalla Regione Piemonte, in collaborazione con IPLA; delle recenti linee guida (giugno 2022) in materia di impianti agrivoltaici; il protocollo dell'indice QBS-ar ideato dal professor Vittorio Parisi, Ecologo del

suolo dell'Università di Parma.

7.1.2 Fase ante operam

Preventivamente alla realizzazione delle opere dovranno essere raccolte tutte quelle informazioni necessarie alla caratterizzazione dei suoli fondamentali per la determinazione delle proprietà intrinseche dei terreni, finalizzate a stabilire le condizioni di partenza al tempo zero, nonché per pianificare le attività colturali all'interno del campo solare. I parametri stazionali sono stati già raccolti durante i sopralluoghi ispettivi. Il set di parametri fisico chimici ideali per raggiungere tale obiettivo sono: tessitura, stabilità di struttura, densità apparente, porosità, pH in H₂O, calcare totale e calcare attivo, carbonio organico e sostanza organica, azoto totale, basi di scambio (Ca, Mg, K, Na), capacità di scambio cationico (C.S.C.), microelementi (Fe, Mn, Cu, Zn), potassio totale e assimilabile, fosforo totale e assimilabile, contenuto idrico al punto di appassimento e alla capacità di campo (da cui dedurre il contenuto di acqua disponibile o AWC), conducibilità elettrica dell'estratto di saturazione (ECe) e indice di qualità biologica QBS-ar. L'acquisizione dei parametri chimici sarà funzionale inoltre per stabilire il grado di fertilità dei suoli prima dell'impianto all'interno delle superfici progettuali. I monitoraggi preliminari dovranno essere svolti una sola volta nella stagione autunnale, da un esperto pedologo prima dell'avviamento della fase di cantiere, mentre i campioni di suolo dovranno essere analizzati da un laboratorio accreditato. Il tecnico qualificato incaricato del monitoraggio redigerà un'apposita relazione tecnica in cui si riportano tutti i dati acquisiti.

7.1.3 Fase in operam

Durante la fase di cantiere dovranno essere messe in atto delle attività di monitoraggio funzionali ad accertare che i movimenti di terra previsti siano effettuati con terreno "in tempera" attraverso l'uso di macchinari idonei, al fine di minimizzare la miscelazione del terreno superficiale con gli strati profondi (dove presenti). Gli orizzonti più fertili e superficiali saranno asportati e accumulati ordinatamente in aree idonee, prestando particolare attenzione alla direzione del vento dominante in modo da ridurre la potenziale dispersione eolica della frazione fine (particelle limo-argillose) del terreno. Tutte le aree di accumulo del suolo vegetale saranno tenute lontane da impluvi e da superfici soggette da eccessivo dilavamento o erosione da parte delle acque di deflusso superficiale. Al termine dei lavori di movimento terra dovrà prevedersi il ricollocamento della terra vegetale precedentemente stoccata, con spandimento regolare ed omogeneo finalizzato alla ricostituzione dell'orizzonte A (orizzonte vegetale) del suolo.

7.1.4 Fase post operam

Saranno oggetto di monitoraggio nella fase di esercizio, in operam, i parametri chimici previsti nelle linee guida della regione Piemonte oltre a i caratteri e proprietà fisiche che si ritiene possano essere influenzati dalla presenza del campo fotovoltaico. Il campionamento verrà effettuato mediante trivella pedologica manuale in triplice copia (per il topsoil e per il subsoil) per garantire la rappresentatività del campione che verranno poi miscelati in fase di analisi. Nello specifico verranno monitorati: Carbonio organico %, pH, CSC, N totale, K sca, Ca sca, Mg sca, P ass (solo nell'orizzonte superficiale), CaCO₃ totale. Oltre a questo, la densità apparente, la resistenza alla penetrazione e la temperatura del suolo (manuale) sono dei parametri che insieme all'indice di QBS-ar dovranno essere monitorati durante la fase in itinere.

L'acquisizione dei parametri chimici sarà funzionale a valutare inoltre il grado di fertilità dei suoli nel tempo, per tutta la durata della fase di esercizio dell'impianto. I monitoraggi verranno svolti nel periodo autunnale a cadenza biennale da un esperto pedologo, mentre i campioni di suolo dovranno essere analizzati da un laboratorio accreditato. I dati e le elaborazioni risultanti verranno riportati all'interno di apposita relazione tecnica

7.1.5 Fase di dismissione

Al termine delle fasi di dismissione dell'impianto solare, dovranno essere necessariamente ridefinite le condizioni di fertilità e di capacità d'uso dei suoli attraverso un rilevamento pedologico analogo a quello condotto preliminarmente all'installazione dell'impianto. Dovranno pertanto essere ripetute le descrizioni dei profili pedologici, i campionamenti e le determinazioni di laboratorio sugli stessi parametri analizzati per la valutazione ex ante. A seguito di tali operazioni sarà possibile definire le azioni strategiche necessarie per un eventuale recupero della risorsa suolo a cui potrà seguire un ulteriore monitoraggio per verificare che tali interventi siano risultati efficaci. I dati derivati dalle osservazioni in campo, adeguatamente georiferiti nonché le interpretazioni dei dati nelle fasi ante, in operam, post operam verranno riportati nelle specifiche relazioni tecniche. Qualora il valore di fertilità dovesse essere inferiore al valore ex ante si procederà ad attuare delle azioni correttive prevedendo dei piani di concimazione adeguati con l'utilizzo di letame maturo e residui vegetali che apporteranno al suolo nuova sostanza organica. In seguito si prevedono dei sovesci di leguminose al fine di migliorare la qualità del terreno, contenere i patogeni, fissare l'azoto atmosferico e mobilitare le sostanze nel terreno.

Durante la fase di dismissione dovranno essere messe in atto delle attività di monitoraggio funzionali ad accertare che si provveda al corretto ripristino delle aree impermeabilizzate, alla rimozione del materiale estraneo e alla ristrutturazione del profilo pedologico. I movimenti di terra previsti dovranno essere effettuati con terreno "in tempera" attraverso l'uso di macchinari idonei. Inoltre si dovrà accertare la completa rimozione del materiale inerte di cava utilizzato per la realizzazione della viabilità.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i computi metrici estimativi approssimativi relativi alle attività di monitoraggio pedologico nelle tre fasi di sviluppo del progetto.

	TITOLO RELAZIONE AGROPEDOLOGICA	PAGINA 111 di 136
--	---	-----------------------------

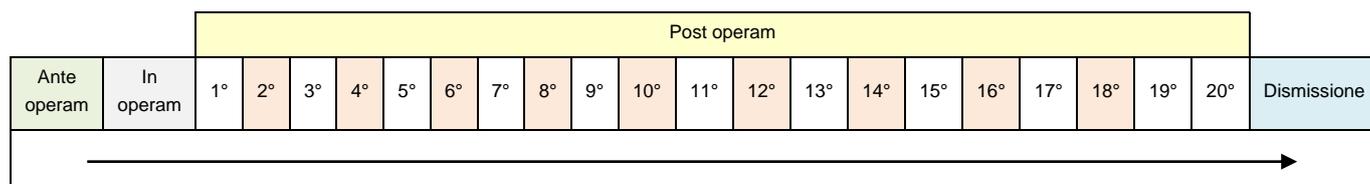


Figura 48 Monitoraggio pedologico nell'arco di tutte le fasi dell'opera

Tabella 8 – Computo estimativo del monitoraggio pedologico in fase ante operam

FASE DEL PRO-GETTO	DESCRIZIONE	CAMPIONI	PERIODO	PREZZO
Ante operam	PARAMETRI STAZIONALI: Indice QBS-ar			
	Raccolta campioni di top soil, nelle parcelle controllo da parte di un esperto pedologo secondo il protocollo dell'indice di qualità biologica QBS-ar	24 (3 per ogni parcella controllo)	Autunno (settembre- novembre)	480,00 €
	Preparazione del campione per l'estrazione dei microartropodi	24		480,00 €
	Riconoscimento dei microartropodi da parte di un esperto entomologo	24		2.320,00 €
	Calcolo dell'indice QBS-ar	8 (l'indice calcolato sulla parcella campione)		600,00 €
	Valutazione dell'indice QBS-ar alla condizione 0 prima della realizzazione dell'impianto			
Ante operam	PARAMETRI FISICO-CHIMICI			
	Analisi chimiche fisiche di laboratorio compreso il prelievo del campione	8		1.612,80 €
	Altri parametri: temperatura del suolo, resistenza alla penetrazione			
Ante operam	REPORT TECNICO			
	Acquisizione, elaborazione dei dati e relazione tecnica in fase pre-impianto			250,00 €
TOTALE				5.742,80 €

Tabella 9 – Computo estimativo del monitoraggio pedologico durante tutta la fase di esercizio dell'impianto agrivoltaico

FASE DEL PROGETTO	DESCRIZIONE	CAMPIONI	PERIODO	PREZZO
Post operam	PARAMETRI STAZIONALI: Indice QBS-ar			
	Raccolta campioni di top soil, nelle parcelle controllo da parte di un esperto pedologo secondo il protocollo dell'indice di qualità biologica QBS-ar	24 (3 per ogni parcella controllo)	Autunno (settembre- novembre)	480,00 €
	Preparazione del campione per l'estrazione dei microartropodi	24		480,00 €
	Riconoscimento dei microartropodi da parte di un esperto entomologo	24		2.320,00 €
	Calcolo dell'indice QBS-ar	8 (l'indice calcolato sulla parcella campione)		600,00 €
	Valutazione dell'indice QBS-ar e confronto con i dati rilevati durante la fase di esercizio			
Post operam	PARAMETRI FISICO-CHIMICI			
	Campionamento e analisi di laboratorio di carbonio organico, sostanza organica, densità apparente, resistenza alla penetrazione, temperatura del suolo, indice stabilità di struttura	8		1.612,80 €
Post operam	REPORT TECNICO			
	Acquisizione, elaborazione confronto dei dati ottenuti e relazione tecnica			250,00 €
TOTALE PARZIALE				5.742,80 €
TOTALE COMPLESSIVO			Biennale (per la durata dell'esercizio (di 20 anni))	51.685,20 €

Tabella 10 – Computo estimativo del monitoraggio pedologico in fase di post operam

FASE DEL PROGETTO	DESCRIZIONE	CAMPIONI	PERIODO	PREZZO
Dismissione	RILEVAMENTI PEDOLOGICI			
	Campionamenti e descrizioni dei profili pedologici da un esperto pedologo	8		800 €
Dismissione	PARAMETRI STAZIONALI: Indice QBS-ar			
	Raccolta campioni di top soil , nelle parcelle controllo da parte di un esperto pedologo secondo il protocollo dell'indice di qualità biologica QBS-ar	24 (3 per ogni parcella controllo)	Autunno (settembre- novembre)	480,00 €
	Preparazione del campione per l'estrazione dei microartropodi	24		480,00 €
	Riconoscimento dei microartropodi da parte di un esperto entomologo	24		2.320,00 €
	Calcolo dell'indice QBS-ar	8 (l'indice calcolato sulla parcella campione)		800,00 €
	Elaborazione dati confronto delle informazioni acquisite durante il monitoraggio pedologico. Valutazione d'impatto dell'impianto fotovoltaico basato sui parametri monitorati			
Dismissione	PARAMETRI FISICO-CHIMICI			
	Analisi chimiche di laboratorio	8		1.612,80 €
Dismissione	REPORT TECNICO			
	Report finale del monitoraggio pedologico			800 €
TOTALE				7.292,80 €

Il costo totale del monitoraggio pedologico, dalla fase pre-operam alla fase di post-operam, è stato stimato approssimativamente per un valore pari a 64.720,80 €

Il monitoraggio avrà un costo annuale di circa 3.236,04€.

7.2 Monitoraggio degli indirizzi produttivi e Agricoltura 4.0

7.2.1 Introduzione

Nella moderna azienda agricola tenere sotto controllo le colture sta diventando una prassi consolidata perciò l'attività di monitoraggio assume un ruolo sempre più importante nella pratica agronomica. Attraverso l'evoluzione tecnologica è oggi possibile utilizzare processi che consentono la raccolta automatica, l'integrazione e l'analisi di dati precisa e puntuale provenienti dal campo, da sensori o da altra fonte terza.

Di fatto quella che ad oggi viene definita Agricoltura 4.0 rappresenta l'insieme di strumenti e strategie che permettono all'azienda agricola di impiegare in maniera sinergica e interconnessa tecnologie avanzate con lo scopo di rendere più efficiente e sostenibile la produzione.

I vantaggi che si possono avere adottando queste soluzioni in campo agricolo sono molteplici:

Evitare gli sprechi calcolando in maniera precisa il fabbisogno idrico di una determinata coltura

Ottimizzazione dei fertilizzanti che vengono utilizzati in maniera puntuale nelle aree a maggior necessità.

Avere un maggior controllo sui costi di produzione e riuscire a pianificare con molta precisione tutte le fasi colturali monitorando lo stadio fenologico delle piante, con notevole risparmio di tempo e denaro.

Prevedere l'insorgenza di malattie o individuare in anticipo i parassiti che potrebbero attaccare le coltivazioni.

Nei pascoli collinari, non sempre si riesce a quantificare con precisione l'abbondanza della vegetazione: i risultati sono spesso negativi per l'immissione di troppi capi adulti rispetto al quantitativo di unità foraggere disponibili. A fronte di questo tipo di errore è oggi possibile monitorare l'andamento dello sviluppo vegetazionale e avere un'immagine ben precisa da poter utilizzare per pianificare con ratio i giorni di pascolamento delle mandrie.

7.2.2 Indici vegetazionali cosa sono, come vengono acquisiti e interpretati

Gli indici di vegetazione sono quei parametri nell'agricoltura 4.0 che raccolti ed elaborati permettono il monitoraggio delle colture. Il principio di base degli indici parte dal presupposto che la vegetazione assorbendo la radiazione solare in diverse bande ne riemette una percentuale differente in ciascuna di esse. Perciò questi valori sono una combinazione della percentuale di radiazione riflessa in diverse bande specifiche da cui è possibile trarre numerose informazioni riguardo lo stato di salute delle piante. Questi indici vengono calcolati a partire dai dati acquisiti da satellite o drone. L'informazione viene restituita sotto forma di immagine Raster. L'immagine si ottiene attraverso un processo definito "normalizzazione" in cui si identifica il valore minimo e il valore massimo dell'indice rilevato nel campo assegnando il colore rosso al primo e verde al secondo. La variazione nella gradazione del colore genera uno strato informativo che potrà essere così interpretato. Pertanto, le zone del campo visibili in rosso saranno quelle in cui la pianta si trova maggiormente in stress, viceversa per le zone del campo verdi.

Esistono svariati tipi di indici che descrivono diversi aspetti della vegetazione:

Indici di vigoria, sono influenzati dallo sviluppo delle piante in termini di biomassa. L'indice più comune è l'NDVI, ma ne esistono tanti altri di questo tipo, e permettono di riconoscere le zone del campo che presentano problemi di sviluppo.

I valori dell'indice NDVI variano tra -1 e 1, quelli compresi tra -1 e 0 sono tipici di aree non coltivate come suolo nudo, corsi d'acqua e roccia affiorante. Mentre i valori compresi tra 0 e 1 indicano il livello medio di vigoria raggiunto dalla pianta che varierà in funzione dello stadio fenologico.

Indici di stress idrico (NDMI) influenzati dallo stress idrico della pianta o dal contenuto d'acqua nel suolo. L'indice descrive il livello di stress idrico della coltura, e dalla sua interpretazione è possibile riconoscere immediatamente le zone dell'azienda o del campo che presentano problemi di stress idrico.

I valori dell'indice così come per l'NDVI vanno da -1 a 1. I valori compresi tra -1 e -0.8 danno informazioni legate alla presenza di suolo nudo. Mentre i valori compresi tra -0.8 e 1 danno informazioni di stress progressivamente inferiori. Anche l'NDMI medio varierà in funzione dello stadio fenologico della coltura.

Indici di clorosi (OSAVI) influenzati dalla presenza di clorofilla. La clorosi è una disfunzione che colpisce gli organi verdi delle piante causando una mancata o insufficiente formazione di clorofilla o di una sua degradazione. Gli effetti sono evidenti soprattutto sulle foglie che subiscono l'ingiallimento, si presentano di dimensione ridotta e spesso sono soggette a caduta anticipata. La causa può essere riconducibile ad una malattia di natura infettiva oppure non infettiva (fisiopatia), come una carenza nutrizionale (ferro) o un eccesso di ristagno idrico.

L'interpretazione dei valori permette di verificare in tempo reale il corretto sviluppo della coltura. Spesso la lettura avviene in più fasi sfruttando la correlazione degli indici per ottenere maggiori informazioni e una diagnosi di eventuali problemi in corso.

Una prima analisi consiste nell'identificazione di aree con stress vegetativo mediante gli indici di vigoria.

Se sono state rilevate aree con stress vegetativo verrà analizzato l'indice di clorosi per le aree in questione. Se l'indice ha un valore basso (assenza di clorosi) la bassa vigoria sarà un problema di sviluppo causato da: scarsa emergenza, compattazione del suolo, ritardo nella crescita.

Al contrario se ad un basso indice di vigoria corrispondesse un alto indice di clorosi potrebbe essere in corso un grave problema alla coltura causato da: malattie, insetti, ristagno idrico, carenze nutrizionali.

Infine, si confronta l'indice di vigoria con quello di stress idrico. Se l'indice di stress idrico è alto e quello di vigoria lo è altrettanto lo stress recente non ha influito sullo sviluppo della pianta; al contrario se la vigoria è bassa, si hanno piante poco sviluppate con stress idrico.

In ogni caso quando la vigoria delle piante è bassa, qualunque sia la causa, gli indici di stress idrico non raggiungeranno mai valori molto elevati.

7.2.3 *Strumenti di acquisizione: Droni e satelliti*

Gli strumenti che vengono utilizzati nell'agricoltura di precisione 4.0 sono fondamentalmente droni e satelliti. I dati ottenuti da drone e satellite sono molto variabili tra loro e si caratterizzano in particolare per la diversa frequenza della disponibilità del dato nel tempo e per la diversa risoluzione spaziale (la dimensione del pixel a terra). Ad esempio, un dato con una risoluzione spaziale di 10m significa che ciascun pixel rappresenta un'area di 10m x 10m a terra. Le differenze non dipendono ovviamente solo dal mezzo di acquisizione, ma anche dal sensore che viene utilizzato.

7.2.4 *I droni*

I droni volano ad altezze di decine di metri. Le immagini ottenute sono comunemente ad alta risoluzione spaziale (qualche cm): permettono quindi di visualizzare in modo nitido l'interfila delle piante, di identificare la chioma degli alberi o la presenza di un pozzo o di un edificio in un campo.

Il volo da drone viene effettuato su richiesta ma è subordinato alle condizioni meteo e all'orario della giornata. Tali voli hanno di conseguenza una risoluzione temporale irregolare.

I sensori multispettrali più comuni installati sul drone rilevano la riflettanza nelle bande del visibile, del red-edge e del vicino infrarosso. Raramente includono bande nella lunghezza d'onda dello SWIR.

Ciò significa che è possibile calcolare gli indici di vigoria da drone, così come visualizzare una mappa RGB del proprio appezzamento, mentre è raro che si possano calcolare indici multispettrali di clorofilla e di stress idrico. È possibile invece valutare lo stress idrico mediante rilievi con termocamera.

7.2.5 *I satelliti*

Esistono numerosi satelliti che acquisiscono immagini multispettrali dallo spazio. Tra i più comuni troviamo Sentinel-2, Landsat 8, Planetscope, Sky Sat.

Le immagini ottenute da satellite hanno una risoluzione spaziale di qualche metro: Landsat 8 fornisce dati con risoluzione spaziale di 30m, mentre Sentinel-2 di 10, 20 o 60 m (a seconda della banda), Planetscope di 3m e SkySat di 1m. La risoluzione temporale invece è nella maggior parte dei casi regolare. Ad esempio, Landsat 8 è disponibile ogni 16 giorni, mentre Sentinel-2 ogni 3/5 giorni (a seconda delle zone). Planetscope e Skysat hanno una risoluzione giornaliera.

La risoluzione temporale regolare determina una disponibilità del dato in più fasi della stagione colturale; ma bisogna anche ricordare che nei giorni di transito del satellite, in cui l'area in esame è coperta da nuvole, il dato non è utilizzabile.

Alcuni satelliti hanno la possibilità di acquisire molte bande spettrali. Ad esempio, Sentinel-2 acquisisce 12 bande spettrali che permettono di calcolare non solo gli indici di vigoria ma anche quelli di stress idrico e di clorofilla. In modo simile, anche Landsat 8 consente il calcolo di indici di vigoria e di clorofilla.

7.2.6 *La scelta dello strumento*

La scelta dello strumento che permetta l'acquisizione del dato risulta fondamentale nello sviluppare

un corretto piano di monitoraggio. In funzione della tipologia di coltura la precisione e la frequenza dell'informazione richiesta saranno differenti. Tutto dipende dal rapporto costi benefici che può essere sostenuto.

Dal punto di vista organizzativo, il volo da drone è un servizio su richiesta che può essere fornito in fasi fenologiche specifiche della coltura garantendo un'alta risoluzione spaziale (qualche centimetro). Per contro, meteo e specifici orari della giornata comportano una risoluzione temporale irregolare lungo la stagione colturale. Inoltre, è raro calcolare indici di clorosi e stress idrico a patto che il drone non sia munito di specifici sensori (termocamera stress idrico).

Il dato satellitare, invece, in stagioni non particolarmente nuvolose, fornisce immagini in modo continuativo e con una maggiore frequenza; anche se non per forza sincrono con le fasi più delicate della coltura. In più il satellite acquisendo molte bande spettrali può calcolare tutti gli indici vegetazionali. Di contro, la risoluzione spaziale è più bassa rispetto al drone (metri).

Tra gli altri fattori da valutare vanno considerati le caratteristiche specifiche delle colture: quelle con interfilare molto stretto, come i cereali, non hanno particolari vantaggi nell'utilizzare indici ad alta risoluzione spaziale, specialmente su campi grandi e regolari.

È invece molto utile verificare l'andamento nel tempo dell'indice. Studi scientifici come (Benincasa et al., 2018) hanno confrontato l'NDVI da drone con quello calcolato da satellite su frumento tenero, ed hanno concluso che i risultati sono sostanzialmente equivalenti.

La necessità di un dato con risoluzione spaziale migliore si ha invece con interfilare ampio, gestione del terreno variabile (ad esempio con sfalci alternati a lavorazioni), campi piccoli. L'azienda può anche valutare l'utilizzo del dato da satellite integrato con uno o più voli da drone.

7.2.7 Piano di monitoraggio

L'attività di monitoraggio delle colture nel progetto in questione seguirà i modelli dell'agricoltura 4.0, interesserà circa 83 ha e verrà avviata durante la fase di esercizio.

Gli obiettivi del monitoraggio saranno diversi a seconda delle attività previste e avranno tra le varie finalità anche la verifica degli effetti associati alla presenza dei pannelli fotovoltaici.

Si rimanda alle schede tecniche prodotte e sviluppate per ogni singolo obiettivo da raggiungere, in accordo con le disposizioni vigenti in materia di Agrivoltaico.

Gli obiettivi del monitoraggio saranno diversi a seconda delle attività previste e avranno tra le varie finalità anche la verifica del risparmio idrico e il monitoraggio del microclima potenzialmente mutevole a seguito dell'interazione tra pannelli fotovoltaici e superfici agricole.

Per ogni obiettivo da raggiungere viene è stata sviluppata una scheda tecnica corredata di indicatori, modalità e frequenze del monitoraggio.

Affinché il progetto agrivoltaico possa avere successo dovrà essere verificata la continuità delle attività agricole e la messa in opera delle attività agricole pianificate in accordo con le disposizioni vigenti in materia di Agrivoltaico.

7.2.7.1 Monitoraggio del risparmio idrico

I sistemi agrivoltaici possono rappresentare importanti soluzioni per l'ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica, in quanto il fabbisogno di acqua può essere talvolta ridotto per effetto del maggior ombreggiamento del suolo. È importante tenere in considerazione se il sistema agrivoltaico prevede specifiche soluzioni integrative che pongano attenzione all'efficientamento dell'uso dell'acqua in particolare per le aziende con colture irrigue.

Il monitoraggio sull'efficienza del consumo idrico può essere efficacemente monitorato in caso di autoapprovvigionamento tramite la: misurazione dei volumi di acqua dei serbatoi/autobotti prelevati attraverso pompe in discontinuo, tramite sensori posti su pozzi aziendali o tramite la conoscenza della portata concessa presente sull'atto della concessione.

Qualora ci si avvalga di un servizio di irrigazione: l'utilizzo di acqua può essere misurato attraverso contatori/misuratori fiscali di portata in ingresso all'impianto dell'azienda agricola o sul by-pass dedicato all'irrigazione del sistema agrivoltaico. In questo progetto l'approvvigionamento irriguo avviene dal consorzio di bonifica della Regione Sardegna. Sulle superfici sono presenti le bocchette irrigue da cui si potrà attingere l'acqua per l'irrigazione. Tramite apposita richiesta sarà possibile presentare la domanda di utenza irrigua stabilendo in anticipo la portata d'acqua in concessione.

Gli utilizzi idrici a fini irrigui sono quindi in funzione del tipo di coltura, della tecnica colturale, degli apporti idrici naturali e dall'evapotraspirazione così come dalla tecnica di irrigazione, per cui per monitorare l'uso di questa risorsa bisogna tener conto che le variabili in gioco sono molteplici e non sempre prevedibili.

7.2.7.1.1 Piano di monitoraggio

Il Piano di monitoraggio dovrà essere articolato in quattro fasi rispettivamente: ante operam (prima del cantiere); in operam (fasi di cantiere), post operam (impianto in esercizio) e fase di dismissione dell'impianto. All'interno di ogni fase, se necessarie, si prevedono le attività da mettere in atto insieme alle azioni preventive e/o correttive che si intende intraprendere qualora l'esito del monitoraggio evidenzia criticità.

7.2.7.1.1.1 Fase ante operam

In questa fase non sono previsti monitoraggi

7.2.7.1.1.2 Fase in operam

In questa fase non sono previsti monitoraggi

7.2.7.1.1.3 Fase post operam

Durante la fase di esercizio dell'impianto il monitoraggio del risparmio idrico verrà monitorato attraverso un numero definito di contatori lungo la linea di adduzione del consorzio di bonifica che acquisiranno in tempo reale il volume di acqua utilizzata.

Inoltre per evidenziare il potenziale miglioramento di utilizzo dell'acqua conseguente all'aumento dall'ombreggiamento, dato dei moduli solari, si prevede un monitoraggio orientato alla comparazione delle superfici agricole dell'agrivoltaico con coltivazioni attigue, esterne al progetto, di pari indirizzo

	TITOLO RELAZIONE AGROPEDOLOGICA	PAGINA 119 di 136
--	---	-----------------------------

colturale ed irrigue. Il confronto sul consumo idrico, che avverrà tramite i dati registrati dai contatori disposti nelle linee di adduzione, dovrà tenere conto delle difficoltà di valutazione relative alla variabile climatica (esposizione solare).

Oltre al monitoraggio dell'efficienze delle acque consortili si ritiene opportuno predisporre un piano che possa valutare in tempi rapidi le esigenze effettive delle colture, agendo tempestivamente all'occorrenza. Il fabbisogno idrico pertanto potrà essere efficacemente monitorato e calibrato con l'applicazione dei modelli di agricoltura 4.0. L'indicatore prescelto è l'indice NDMI (indice di stress idrico) che verrà acquisito da satellite ogni 5 giorni ad una risoluzione spaziale di 3metri/pixel. I dati consentiranno ad esperti tecnici di agricoltura di precisione, di sviluppare delle mappe utili ad accertare le aree che presentano problemi di stress idrico. Attraverso questa procedura sarà possibile identificare il momento migliore per irrigare le colture agendo in maniera precisa e puntuale ottimizzando la quantità di acqua utilizzata.

Tabella 11 - Scheda monitoraggio delle precipitazioni e dell'evapotraspirazione

CHECK 01a	
Oggetto	Risparmio idrico
Obiettivo	<u>Monitoraggio fabbisogno idrico delle colture</u>
Fase (AO, CO, PO)	Post operam
Modalità	Le informazioni telerilevate verranno acquisite da satellite ad una risoluzione spaziale di 3 metri/pixel. I dati consentiranno di sviluppare delle mappe utili ad accertare le aree che presentano problemi di stress idrico. Attraverso questa procedura sarà possibile identificare il momento migliore per irrigare le colture agendo in maniera precisa e puntuale ottimizzando la quantità di acqua utilizzata.
Indicatori	Indici vegetazionale NDMI
Frequenza (PO)	L'acquisizione temporale del dato satellitare è prevista ogni 5 giorni

7.2.7.1.1.4 Fase di dismissione

In fase questa fase non sono previsti monitoraggi, ma si ritiene necessario la redazione di una relazione tecnica finale asseverata da un esperto agronomo o agrotecnico.

7.2.7.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola

Al fine di valutare statisticamente gli effetti dell'attività concorrente energetica verrà accertata la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di installazione di sistemi agrivoltaici.

Tale attività verrà effettuata attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo o agrotecnico con una cadenza biennale. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari).

7.2.7.3 Monitoraggio della fertilità del suolo

La fertilità è la risultante della combinazione e della interazione dinamica delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo in relazione alla produttività delle piante, alla protezione dell'ambiente ed alla conservazione delle risorse pedologiche.

Per favorire il mantenimento della fertilità dei suoli è indispensabile conoscere l'asportazione degli elementi nutritivi operate dalle colture, in modo da integrarli con adeguate concimazioni. Di qui l'importanza di definire, prima di ogni coltivazione, un bilancio o "piano di concimazione" che tiene appunto conto dei quantitativi di elementi nutritivi presenti nel terreno e della necessità della coltura.

Per verificare la fertilità dei suoli è necessario monitorare nel tempo, con specifici rilevamenti pedologici, il contenuto dei principali elementi nutritivi del terreno quali: azoto, fosforo, potassio e sostanza organica, che potrebbero essere soggetti a variazioni a causa di potenziali mutamenti microclimatici e dalla gestione delle pratiche agricole. Inoltre attraverso i dati telerilevati sarà possibile sviluppare delle mappe di prescrizione di concimazione in funzione della vigoria delle piante, che messe in pratica consentiranno di mantenere buoni livelli di fertilità per tutta la durata di esercizio dell'impianto.

6.2.7.2.1 Piano di monitoraggio

Il Piano di monitoraggio dovrà essere articolato in quattro fasi rispettivamente: ante operam (prima del cantiere); in operam (fasi di cantiere), post operam (impianto in esercizio) e fase di dismissione dell'impianto. All'interno di ogni fase, se necessarie, si prevedono le attività da mettere in atto dettagliate delle azioni preventive e/o correttive che si intende intraprendere qualora l'esito del monitoraggio evidenzia criticità.

6.2.7.2.1.1 Fase ante operam

In questa fase non sono previsti monitoraggi i valori di fertilità sono validati dai monitoraggi pedologici

6.2.7.2.1.2 Fase in operam

In questa fase non sono previsti monitoraggi

6.2.7.2.1.3 Fase post operam

Il grado di fertilità potrà essere efficacemente monitorato, oltre ai monitoraggi pedologici, anche con l'applicazione dei modelli di agricoltura 4.0. L'indicatore prescelto è l'indice NDVI (indice di vigoria)

che verrà acquisito da satellite ogni 5 giorni ad una risoluzione spaziale di 3metri/pixel. In base a questo processo esperti tecnici di agricoltura di precisione potranno definire le aree omogenee che potranno ricevere una dose di concime naturale personalizzata. Intervendendo in maniera diretta, sarà possibile aumentare l'apporto di fertilizzanti nelle aree a bassa vigoria ottimizzando la quantità adoperate e di conseguenza la resa.

Dalla combinazione dei dati acquisiti nel rilevamento pedologico e quelli telerilevati potranno essere attuate delle azioni correttive elaborando dei piani di concimazione che consentano il mantenimento della fertilità all'interno del sistema agrivoltaico.

Tabella 12 - Scheda monitoraggio degli elementi nutritivi del suolo e ottimizzazione della fertilizzazione

CHECK 02a	
Oggetto	Produttività agricola
Obiettivo	<u>Ottimizzazione della fertilizzazione</u>
Fase (AO, CO, PO)	Post operam
Modalità	Le informazioni telerilevate verranno acquisite sia da satellite ad una risoluzione spaziale di 3 metri/pixel. I dati consentiranno di sviluppare delle mappe di prescrizione di concimazione in funzione della vigoria delle piante nelle superfici coltivate. In base a questo processo si potranno definire delle aree omogenee che potranno ricevere una dose di concime personalizzata. Intervendendo in maniera diretta sarà possibile aumentare l'apporto di fertilizzanti nelle aree a bassa vigoria ottimizzando la quantità adoperate e di conseguenza la resa.
Indicatori	Indice vegetazionale NDVI
Frequenza (PO)	L'acquisizione temporale del dato satellitare è prevista ogni 5 giorni
Azioni correttive	

6.2.7.2.1.4 Fase di dismissione

In fase di dismissione le informazioni ottenute dai rilevamenti pedologici consentiranno di valutare il valore di fertilità dei suoli. Qualora il valore dovesse essere inferiore allo stato ex ante si procederà ad attuare delle azioni correttive prevedendo dei piani di concimazione adeguati, elaborati da un esperto agronomo o agrotecnico, adoperando letame maturo e residui vegetali che apporteranno al suolo nuova sostanza organica. In seguito si prevedono dei sovesci di leguminose al fine di migliorare la qualità del terreno, contenere i patogeni, fissare l'azoto atmosferico e mobilitare le sostanze nel terreno.

Infine si ritiene necessario la redazione di una relazione tecnica finale asseverata da un esperto agronomo o agrotecnico.

7.2.8 Monitoraggio degli alveari 4.0 da remoto

L'avanzata dell'Agricoltura 4.0 anche nel settore apistico risponde all'esigenza di ottimizzare la gestione del lavoro in apiario consentendo di migliorare così il benessere e la tutela delle api.

Da questi insetti pronubi dipende circa il 70% delle colture di interesse alimentare e quasi il 90% delle piante selvatiche. I pericoli che corrono le api sono dovuti a cambiamenti climatici, malattie, parassiti, impoverimento degli habitat naturali e distruzione degli ecosistemi.

La tecnologia fornisce un significativo contributo agli apicoltori per far fronte a queste minacce sempre più preoccupanti ideando degli alveari 4.0 che prevedono il monitoraggio di alcuni essenziali parametri.

Installando dei sensori sull'alveare, l'apicoltore ha la possibilità di raccogliere preziosi dati da un semplice dispositivo mobile, connesso da remoto con un'unità centrale, sui principali parametri biologici dell'alveare. Misurare la temperatura, sia interna che esterna, il livello di umidità, il peso e l'intensità sonora dà informazioni importanti sullo stato di salute delle api.

La temperatura interna dell'arnia indica se le api si trovano in stato di riposo o in covata interna consente di capire se la regina è presente nell'alveare e se sta deponendo uova. La deposizione, infatti, si associa a una temperatura costante all'interno dell'alveare, che rimane sempre vicina ai 34-35°C e non segue le oscillazioni della temperatura esterna. Questo è un dato importante, soprattutto per capire le fasi di sviluppo dell'alveare e individuare il momento migliore per intervenire contro la varroa, un pericolosissimo parassita che minaccia costantemente la sopravvivenza dell'alveare.

Il peso dell'arnia è un indicatore importante per conoscere lo stato di salute della colonia o il livello di produzione. Ad esempio, un aumento in peso può significare che la regina sta deponendo le uova e/o che le altre api stanno producendo il miele. Una riduzione potrebbe significare una perdita di produzione o un blocco della covata.

Quindi conoscere questi valori in tempo reale è fondamentale per organizzare e razionalizzare il lavoro dell'apicoltore.

Inoltre, attraverso delle nuove metodiche di ricerca biomolecolare è possibile utilizzare il miele prodotto dalle api come strumento di monitoraggio degli ecosistemi e degli agroecosistemi. L'analisi del DNA consente di definire il grado di biodiversità rilevando la ricchezza entomologica dell'ambiente; tracciare la presenza di insetti dannosi per le piante e misurare la concentrazione degli elementi in traccia per valutare il livello di inquinamento ambientale.

Si rimanda alla scheda tecnica prodotta e sviluppata per raggiungere questo obiettivo.

Tabella 13 - Scheda monitoraggio degli alveari

CHECK 03a	
Oggetto	Produttività dell'apicoltura
Obiettivo	<u>Monitoraggio da remoto degli alveari</u>
Fase (PO)	Post operam
Modalità	Per ogni arnia verrà installato uno strumento a doppia slitta antiscivolo costituito da una bilancia e un sensore interno. I dati verranno trasmessi da remoto e saranno consultabili da qualsiasi dispositivo mobile. Le informazioni permetteranno agli apicoltori di gestire meglio il loro lavoro, intervenendo solo quando necessario, aumentando la produttività e l'efficienza.
Indicatori	temperatura interna, peso dell'arnia, livelli di umidità
Frequenza (AO, CO, PO)	Acquisizione del dato ogni 2 ore

	TITOLO RELAZIONE AGROPEDOLOGICA	PAGINA 124 di 136
--	---	-----------------------------

7.2.8.1 Monitoraggio del microclima

Le potenziali variazioni diurne e stagionali del microclima associate alle differenti condizioni di irraggiamento solare, a seguito dell'installazione dei tracker, potrebbe comportare la variazione di alcuni parametri del suolo quali: temperatura, umidità, tasso di degradazione della sostanza organica e attività della micropedofauna.

Il microclima presente nella zona ove viene svolta l'attività agricola è importante ai fini della sua conduzione efficace. Infatti, l'impatto di un impianto tecnologico parzialmente in movimento sulle colture sottostanti e limitrofe è di natura fisica: intercetta la luce, le precipitazioni e crea variazioni alla circolazione dell'aria.

Tali variazioni potrebbero potenzialmente incidere sulle caratteristiche pedologiche delle superfici progettuali e allo stesso tempo potrebbe variare il normale sviluppo della pianta, favorendo l'insorgere ed il diffondersi di fitopatie così come potrebbe mitigare gli effetti di eccessi termici estivi associati ad elevata radiazione solare determinando un beneficio per la pianta (effetto adattamento).

Ecco perché si ritiene opportuno integrare dei sistemi di monitoraggio che consentano l'acquisizione di dati agrometeorologici al fine di studiare le interazioni (positive o negative) che si possono instaurare all'interno dell'agroecosistema indagando costantemente le relazioni tra il mondo biologico, il mondo agricolo e quello fisico-climatico.

L'automatizzazione della raccolta, dell'integrazione e dell'analisi dei dati che provengono direttamente dai campi grazie all'utilizzo di sensori e droni e satelliti.

In riferimento alla sensoristica l'impianto sarà dotato di un sistema di monitoraggio, che sfrutta tali tecnologie costituito da una stazione principale, dotata dei tradizionali sensori meteo-climatici (pioggia, vento, radiazione solare, pressione atmosferica), e di più unità wireless dotate di sensori micro-climatici (temperatura, umidità dell'aria, bagnatura fogliare, umidità del terreno); le unità wireless, posizionate all'interno degli appezzamenti, acquisiscono i dati micro-climatici e li trasmettono via radio alla stazione principale. Gli utenti possono quindi visualizzare tutti i dati (sia in tempo reale che storici) ed utilizzare i modelli ottenuti dall'elaborazione del dato per fare fronte alle diverse esigenze agronomiche. Tali dati modelli possono essere utili non solo per la pianificazione agronomica ma anche per il monitoraggio del suolo. Infatti, attraverso la restituzione giornaliera dei valori di umidità e di temperatura del suolo sarà possibile correlare questi dati con i parametri biologici (QBS-ar) e fisico-chimici, pianificare correttamente i rilevamenti pedologici e infine valutare l'insorgere di eventuali impatti a carico della risorsa suolo.

I risultati di tale monitoraggio verranno registrati e registrati essere tramite una relazione biennale redatta da parte del proponente.

Si rimanda alla scheda tecnica prodotta e sviluppata per raggiungere questo obiettivo.

6.2.7.3.1 Piano di monitoraggio

Il Piano di monitoraggio dovrà essere articolato in quattro fasi rispettivamente: ante operam (prima del cantiere); in operam (fasi di cantiere), post operam (impianto in esercizio) e fase di dismissione dell'impianto. All'interno di ogni fase, se necessarie, si prevedono le attività da mettere in atto

insieme alle azioni preventive e/o correttive che si intende intraprendere qualora l'esito del monitoraggio evidenzia criticità.

6.2.7.3.1.1 Fase ante operam

In questa fase si prevede l'installazione di una stazione meteo principale, dotata dei tradizionali sensori meteo-climatici (pioggia, vento, radiazione solare, pressione atmosferica), e di più unità wireless dotate di sensori micro-climatici (temperatura, umidità dell'aria, bagnatura fogliare, umidità del terreno). Le unità wireless, posizionate all'interno degli appezzamenti agricoli, acquisiranno le informazioni trasmettendoli via radio alla stazione principale. Il set di dati sarà funzionale allo studio preliminare del microclima dell'area a cui dovranno essere affiancati i dati storici rilevati dalla stazione meteo più vicina che è quella di Olmedo.

6.2.7.3.1.2 Fase in operam

In questa fase per quanto riguarda il microclima le attività di monitoraggio vengono ricondotte a quelle previste nella fase di ante operam

6.2.7.3.1.3 Fase post operam

Nella fase di esercizio dell'impianto attraverso i sensori installati all'interno del campo solare disposti sotto e fuori pannello sarà possibile monitorare regolarmente nel tempo i parametri microclimatici quali pioggia, intensità del vento, pressione atmosferica, umidità del suolo, temperatura terreno-aria e bagnatura fogliare. I valori acquisiti da remoto consentiranno di verificare l'effetto dei pannelli fotovoltaici sul suolo e sulle colture e dovuta alla potenziale variazione dei parametri agrometeorologici

A questi dati potranno essere integrate le informazioni telerilevate relative alla banda dell'infrarosso termico ad una risoluzione spaziale di 3-5 metri/pixel che consentiranno di sviluppare delle mappe termiche in grado di fornire un'informazione a vista sulla variazione della temperatura all'interno del campo solare. La registrazione del dato consentirà di verificare gli effetti della variazione termica sulle colture e sul suolo realizzando delle tendenze stagionali per tutta la fase di esercizio dell'impianto.

Come azione preventiva alle variazioni microclimatiche le colture di copertura previste, quali sono i prati pascoli permanenti, potranno garantire ai suoli una protezione ad eventuali fluttuazioni delle temperature.

6.2.7.3.1.4 Fase di dismissione

In fase questa fase non sono previsti monitoraggi, ma si ritiene necessario la redazione di una relazione tecnica finale asseverata da un esperto agronomo o agrotecnico

Tabella 14 - Scheda Monitoraggio delle variazioni microclimatiche

CHECK 04a	
Oggetto	Impatto sulle colture
Obiettivo	<u>Monitoraggio delle variazioni microclimatiche</u>
Fase (AO, CO, PO)	Ante opera, In operam, Post opera
Modalità	<p>Le informazioni utili per il monitoraggio verranno acquisite sia da satellite ad una risoluzione spaziale di 3-5 metri/pixel che da stazioni meteo e sensoristica annessa.</p> <p>Le informazioni telerilevate consentiranno di sviluppare delle mappe termiche in grado di registrare le variazioni di calore dell'impianto. L'interpretazione del dato consentirà di verificare gli effetti della variazione termica sulle colture e sul suolo.</p> <p>I dati agrometeorologici verranno acquisiti da un numero definito di stazioni meteo e una rete di sensori disposti a terra sotto e fuori pannello. I valori acquisiti da remoto consentiranno di verificare l'effetto dei pannelli fotovoltaici sulle colture attraverso la variazione dei parametri agrometeorologici. In questo modo si potranno sviluppare dei modelli previsionali creare statistiche ed evidenziare dei trend.</p>
Indicatori	<p>Satellite: infrarosso termico (TIR)</p> <p>Sensori: pioggia, intensità del vento, pressione atmosferica, umidità del suolo, temperatura terreno- aria, bagnatura fogliare.</p>
Frequenza (AO, CO, PO)	<p>L'acquisizione temporale del dato satellitare è prevista a cadenza giornaliera.</p> <p>I sensori acquisiscono le informazioni in tempo reale.</p>
Azioni correttive	<p>In caso non sia possibile acquisire il dato satellitare ad una frequenza giornaliera verranno utilizzati dei dati con frequenza temporale di 5 giorni.</p>

8 VERIFICA REQUISITI DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO "LI MOLIMENTI"

REQUISITO A.1 - Superficie minima per l'attività agricola		
S_{tot}	<i>Area totale di progetto nella disponibilità della proponente: comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico. Quindi sono incluse anche tutte le aree che non ricadono all'interno della recinzione.</i>	110,98 ha
S_{pv}	<i>Somma delle superfici individuate dall'area recintata. Include l'area occupata dai pannelli e tutte le opere connesse all'impianto: cabine, viabilità, piazzole, etc.</i>	97,54 ha
S_{agricola}	<i>Superficie minima coltivata: comprende le aree destinate alla coltivazione dei prati stabili permanenti irrigui tra e sotto le file dei pannelli, così come le colture foraggere irrigue che verranno alternate dall'agricoltore nel corso delle stagioni e dei cicli produttivi. Include la mitigazione perimetrale destinata alla coltivazione ad ulivo da olio così come l'impianto arboreo ad ulivo da realizzare nel settore sud esterno dal campo solare. Viene inclusa la superficie di interesse apistico e le arnie. Infine, le colture aromatiche ubicate anch'esse al di fuori del sottosistema energetico.</i>	89,9 ha
S_{agricola} ≥ 0,7 · S_{tot}		
VERIFICATO		

REQUISITO A.2 - Percentuale di superficie complessiva coperta da moduli (LAOR)		
LAOR (Land Area Occupation Ratio) = S_{pv}/S_{tot}	<i>Il LAOR (Land Area Occupation Ratio) rappresenta la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli e ha un limite massimo pari al 40% della superficie totale di impianto.</i>	26,7 %
LAOR ≤ 40%		
VERIFICATO		

	TITOLO RELAZIONE AGROPEDOLOGICA	PAGINA 128 di 136
--	---	-----------------------------

REQUISITO B.1 - Continuità dell'attività agricola		
	<i>Ante operam</i>	<i>Post operam</i>
Indirizzo produttivo	Pascoli magri	Prati permanenti e pascoli
Indirizzo produttivo	Erbai misti	Colture foraggere avvicendate
Indirizzo produttivo	Orzo Fave, semi, granello	Oliveto per olive da olio
	Veccia	Piante aromatiche, medicinali e da condimento
	Trifoglio	Api (alveare)
	Erba medica	/
a) coincidenza di indirizzo produttivo: valore medio della produzione agricola registrata sull'area (€/ha) (valori produzione standard 2017 Sardegna, fonte RICA)	132,00 €	360,00 €
	751,00 €	751,00 €
	862,00 € (valore medio PS)	1.548,36 €
	751 €	28.890,00 €
	751 €	190,00 €
	751 €	/
Sup. (ha) * valore medio	1.460,63 €	12.846,51 €
	41.202,78 €	46.714,60 €
	10.981,36 €	4.565,98 €
	10.165,01 €	53.595,61 €
	10.710,39 €	9.500,00 €
	2.726,05 €	/
PS - Produzione Standard	77.246,24 €	127.222,71 €
VERIFICATO		

REQUISITO B.2 - Verifica della producibilità elettrica minima			
Modulo	Modulo FV in silicio monocristallino del tipo bifacciale JKM570N-72HL4-BDV della Jinko Solar®	Potenza nominale [W]	
		Dimensioni	L [mm] = 2384
			P [mm] = 1303
	Sup. impianto	Spv [ha] = 97,54	
Impianto agrivoltaico presentato in VIA Potenza = MW	Producibilità elettrica annua dell'impianto agrivoltaico [GWh/anno] =		118,26
	FV _{agri} = Producibilità elettrica annua per ha dell'impianto agrivoltaico [GWh/ha/anno] =		1,2

	TITOLO RELAZIONE AGROPEDOLOGICA	PAGINA 129 di 136
--	---	-----------------------------

Impianto fotovoltaico standard* Potenza = 36,54 MW	Producibilità elettrica annua dell'impianto standard [MWh/anno] =	117,240
	$FV_{standard}$ = Producibilità elettrica annua per ha dell'impianto standard [GWh/ha/anno] =	1,2
*moduli con efficienza 22,07% su supporti fissi con inclinazione a Sud di 12°		
$FV_{agricola} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$		
VERIFICATO		

REQUISITO C - Adottare soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra				
TIPO 1	l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto ai moduli fotovoltaici	<i>doppio uso del suolo</i>	Attività Zoo- tecnica	Hmin
		<i>moduli fotovoltaici svolgono funzione sinergica alla coltura</i>		1,30 m
Attività zootecnica - Hmin = 1,3 m		Attività colturale - Hmin = 2,1 m		
VERIFICATO				

REQUISITO D.1 - Monitoraggio del risparmio idrico	
Aziende con colture irrigue: analisi dell' efficienza d'uso dell'acqua consortile per evidenziare un miglioramento conseguente alla riduzione dovuta all'ombreggiamento causato dalla presenza del sistema agrivoltaico	<p>Monitoraggio periodico dell'umidità di 2 tipologie di terreni attigui:</p> <ul style="list-style-type: none"> - uno con medicaio senza pannelli - uno con medicaio con pannelli FV. <p>L'analisi e la comparazione dei dati evidenzierà come, grazie alla minor evapotraspirazione legata alla presenza dei pannelli FV, il terreno con l'impianto presenti un contenuto d'acqua maggiore rispetto a quello senza l'impianto, con conseguente beneficio per le colture.</p>
Redazione Relazione Triennale redatta da parte del proponente.	
VERIFICATO	

REQUISITO D.2 - Monitoraggio della continuità dell'attività agricola
<i>Redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza biennale. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari).</i>
Redazione Relazione Tecnica Asseverata di un Agronomo
VERIFICATO

	TITOLO RELAZIONE AGROPEDOLOGICA	PAGINA 130 di 136
--	---	-----------------------------

REQUISITO E.1 - Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo

Il miglioramento diretto della fertilità del suolo sarà garantito da: opportuna scelta di essenze in grado di fissare l'azoto atmosferico per il miscuglio costituente le colture foraggere il prato di leguminose e il pascolamento controllato. Inoltre attraverso i monitoraggi pedologici a cadenza biennali si potrà monitorare nel tempo il valore della sostanza organica del carbonio organico e dei microelementi (P, K, N). In fase di dismissione qualora il valore di fertilità dovesse essere inferiore allo stato ex ante si procederà ad attuare dei piani di concimazione adeguati, elaborati da un esperto agronomo o agrotecnico, adoperando letame maturo e residui vegetali che apporteranno al suolo nuova sostanza organica. In seguito si prevedono dei sovesci di leguminose al fine di migliorare la qualità del terreno, contenere i patogeni, fissare l'azoto atmosferico e mobilitare le sostanze nel terreno.

Redazione Relazione Tecnica Asseverata o Dichiarazione del proponente

VERIFICATO

REQUISITO E.2 - Monitoraggio del microclima

L'impatto di un impianto tecnologico fisso o parzialmente in movimento sulle colture sottostanti può alterare il normale sviluppo della pianta, favorire l'insorgere ed il diffondersi di fitopatie così come può mitigare gli effetti di eccessi termici estivi associati ad elevata radiazione solare determinando un beneficio per la pianta (effetto adattamento).

Monitoraggio tramite sensori per la misura di:

- **temperatura;**
- **umidità relativa;**
- **velocità dell'aria;**
- **radiazione;**

posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto.

Temperatura ambiente esterno e retro-modulo misurata con sensore PT100

Umidità dell'aria ambiente esterno e retro-modulo misurata con misurata con igrometri/psicrometri

Velocità dell'aria ambiente esterno e retro-modulo misurata con anemometri

Radiazione solare fronte e retro-modulo misurata con un solarimetro

Relazione Triennale redatta dal Proponente

VERIFICATO

9 CONCLUSIONI

Il contesto territoriale su cui si propone la realizzazione del progetto Agrivoltaico avanzato denominato “*Li Moliment’*”, ricade nella regione storica della Nurra in un contesto geologico contraddistinto dalla successione sedimentaria mesozoica. Il paesaggio in cui si prevede l’installazione del campo solare presenta una morfologia principalmente pianeggiante caratterizzata dalla presenza di suoli poco o mediamente profondi che attualmente vengono utilizzati come seminativi per la produzione cerealicola foraggera oltre che all’attività di pascolo ovino. Le evidenti limitazioni pedologiche non permettono a questi suoli di rientrare nelle classi migliori della Land capability. Tali limiti sono rappresentati principalmente da: potenza ridotta, pietrosità superficiale e rocciosità affiorante.

Lo scopo principale della valutazione della capacità d’uso è la pianificazione agricola, sebbene possa trovare applicazione in altri settori. In questo studio il modello di valutazione delle terre è stato particolarmente utile, oltre che alla pianificazione agricola, anche per stabilire il potenziale impatto a carico della risorsa suolo derivato dall’installazione degli inseguitori solari.

L’analisi svolta conferma la suscettività di questi suoli all’uso agricolo tuttavia le moderate e severe limitazioni restringono lo spettro colturale nonché le tipologie di meccanizzazione adottabili in ambito colturale. Alcune di queste limitazioni possono essere superate attraverso opere di miglioramento fondiario altre sono permanenti e relegano queste superfici ad usi prettamente pastorali.

Questo, ad esempio, è il caso delle superfici in cui è stato condotto il rilievo N1 che ricadono in VII – VI classe. Le restanti superfici vengono classificate principalmente in IV classe di Land Capability con criticità meno severe tali da renderle adatte agli usi agricoli.

Considerando le proprietà pedologiche rilevate si ritiene che la realizzazione degli interventi proposti non possa generare nuovi processi degradativi o aggravare in modo apprezzabile quelli esistenti a carico delle risorse pedologiche. È pur vero che per favorire questo risultato, le movimentazioni di terra e l’azione dei mezzi dovrebbero essere limitate il più possibile.

Nelle aree interessate da locali operazioni di sistemazione morfologica le operazioni di scavo saranno condotte in accordo con procedure orientate a scongiurare rischi di compromissione delle proprietà agronomiche dei suoli, in termini di sostanza organica e funzionalità biologica.

In merito alle superfici in cui si dovranno realizzare le power station l’impermeabilizzazione del suolo e il conseguente movimento di terra porterebbe alla perdita di buona parte dei servizi ecosistemici, che comunque risulterebbero assai limitate, pari a 0,12 ha, rispetto alle superfici complessive. In fase di dismissione si prevede il completo ripristino delle aree con la rimozione del materiale estraneo e la ristrutturazione del profilo. Per quanto riguarda le superficie coinvolte nella realizzazione della viabilità il cambio d’uso comporterà un’occupazione di suolo pari a 3,6ha.

L’effetto previsto, benché riduca buona parte delle funzioni ecosistemiche nelle superfici interessate, non può essere considerato come irreversibile in quanto le aree non saranno impermeabilizzate. Gli effetti diretti riconducibili a tali interventi riguarderebbero l’aumento della pietrosità, e indirettamente il grado di compattazione, originabile dal passaggio dei mezzi nell’arco della durata dell’impianto e infine la sottrazione di aree agricole.

La copertura dei pannelli potrebbe apportare diversi vantaggi, come l'attenuazione delle piogge durante le precipitazioni limitando l'erosione laminare (sheet erosion) e soprattutto quella da impatto (splash erosion), salvaguardando in parte la risorsa suolo. Inoltre, considerando la tipologia di pannelli che verranno posizionati (tracker) è possibile che una minore esposizione omogenea all'irraggiamento solare riduca i livelli di evapotraspirazione generando un livello di umidità maggiore nel suolo, che favorirebbe un incremento della sostanza organica e un potenziale beneficio per le colture. Per verificare tale fenomeno e monitorare come gli altri parametri del suolo possano variare nel tempo sarebbe opportuno avviare le attività di monitoraggio proposte e descritte.

Analizzando la situazione sotto il profilo paesaggistico e agricolo, come più diffusamente analizzato nelle altre sezioni dello studio di impatto ambientale, l'estesa occupazione di suolo ad opera del campo solare induce a delle modifiche percettive del paesaggio. Tuttavia considerando il riassetto territoriale previsto attraverso la realizzazione delle opere di rinaturalizzazione e del piano agronomico si ritiene che possano comportare un riassetto delle relazioni tra gli elementi dell'ecosistema promuovendo l'aumento della complessità e dell'interazione dell'agroecosistema nonché della biodiversità e dei servizi ecosistemici annessi (produzione agricola, protezione dall'erosione, stoccaggio carbonio, supporto attività umane ecc).

La possibilità di coltivare i terreni durante la fase di esercizio dell'impianto permetterà di conseguire contemporaneamente un utilizzo agricolo ed energetico. Le coltivazioni foraggere interfilari come l'erba medica, potrebbero avere effetti positivi sulle caratteristiche intrinseche dei suoli in termini di struttura e fertilità e consentire un miglioramento della produzione standard aziendale. La predisposizione di prati pascoli perenni rappresenta un aspetto compatibile e migliorativo dell'agroecosistema poiché: permette la non lavorazione delle superfici favorendo in tal modo l'applicazione di azioni conservative della risorsa suolo nell'area maggiormente critiche; aumenta i livelli di biodiversità e le risorse trofiche per gli insetti pronubi; infine, consente di avere un coticco erboso pabulare per gli ovini per buona parte dell'anno.

La realizzazione dell'impianto arboreo e delle fasce produttive ad ulivo, l'inserimento degli alveari e la piantumazione di specie ad alto potenziale mellifero, la possibilità di coltivare piante officinali e la prosecuzione del pascolo ovino permettono di mitigare gli effetti dovuti alla parziale sottrazione di uso del suolo nel medio e lungo periodo e possono creare un modello produttivo sinergico.

Le attività di pascolo, infatti, potranno essere mantenute anche nelle aree predisposte per le colture cerealicole/foraggere prima o dopo il ciclo colturale. L'inserimento delle api porterebbe ad una serie di vantaggi fornendo un adeguato servizio di impollinazione per le specie floristiche spontanee in tutta l'area. Il riassetto degli indirizzi produttivi se sviluppati in linea con la nuova PAC consentirebbero inoltre l'accesso agli imprenditori agricoli l'accesso alle remunerazioni comunitarie previste con gli ecoschemi.

La prevista integrazione di sistemi di monitoraggio secondo i modelli dell'agricoltura 4.0 può favorire il raggiungimento di importanti obiettivi a partire dall'ottimizzazione delle fertilizzazioni e del raccolto, il risparmio idrico, verificare gli effetti dei moduli fotovoltaici sulle colture erbacee, pianificazione della ratio delle greggi e il monitoraggio da remoto degli alveari.

In merito ai requisiti inerenti agli aspetti agronomici necessari a soddisfare il progetto di agrivoltaico

	TITOLO RELAZIONE AGROPEDOLOGICA	PAGINA 133 di 136
--	---	-----------------------------

avanzato si ritengono verificati in quanto:

- la superficie minima per le attività agricole corrisponderà a circa 89.9 ettari superiore al 70% dell'intero sistema agrivoltaico pari a 110,98 ettari.
- la percentuale di superficie occupata dai moduli (LOAR) è pari a circa il 26,7% perciò al di sotto del 40% limite imposto dalle linee guida.
- in merito alla prosecuzione delle attività agricole questa verrà garantita nel progetto attraverso la realizzazione dei prati pascoli permanenti all'interno del sottosistema energetico, la coltivazione di colture foraggere avvicendate, a scelta dell'allevatore, ma principalmente orientate verso la produzione di erba medica. Al di fuori del sottosistema energetico le colture che verranno sviluppate nelle restanti aree del sistema agrivoltaico avranno una resa economica più elevata rispetto allo stato di ante operam. Sulla base della pianificazione agronomica, si avrà infatti un aumento potenziale di produzione standard stimato per un valore pari a 127.222, 71 € rispetto alla fase ante operam stimata per un valore pari a 77.246,24 € basata sull'uso del suolo riportato nei fascicoli aziendali per il 2022 e delle informazioni fornite dagli imprenditori agricoli. I dati sono stati ottenuti calcolando la produzione standard per ettaro, facendo riferimento ai coefficienti di produzione standard del 2017 (i più recenti disponibili) per la regione Sardegna riportati dalla RICA (Rete di Informazione Contabile Agricola). Per i seminativi interessati dalla rotazione delle colture è stato ottenuto un dato economico medio espresso sempre in termini di €/ha.
- L'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto ai moduli fotovoltaici con un'altezza media dei moduli installati pari a 2,40 m e un'altezza minima da terra nel caso di massima inclinazione della struttura (55°) pari a 1,30 m.
- In riferimento al risparmio idrico trattandosi di superfici potenzialmente irrigue, questo parametro potrà essere monitorato mediante l'utilizzo di contatori posizionati lungo le linee di adduzione dell'acqua consortile. Inoltre per valutare l'efficienza d'uso dell'acqua nel tempo e verificare un eventuale miglioramento verranno messe a confronto aree adiacenti, esterne al sistema agrivoltaico, condotte con la medesima coltura e facenti parte di aziende irrigue incluse nella rete consortile dotate anch'esse di contatori d'acqua. Tale comparazione sul consumo irriguo dovrà tenere conto delle difficoltà di valutazione relative alla variabile climatica (esposizione solare).
- Il monitoraggio delle attività agricole verrà garantito attraverso l'integrazione dei modelli di agricoltura 4.0 che potranno: favorire e supportare l'ottimizzazione del raccolto, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo; agire tempestivamente nei periodi di stress idrico delle piante mediante irrigazioni di soccorso, o fornire l'acqua solo nei momenti del bisogno; verificare lo stato di salute delle piante e degli effetti dei moduli fotovoltaici sulle colture; pianificare con accuratezza il ratio del pascolo ovino e ottimizzare le concimazioni in base agli indici vegetazionali monitorati da satellite. A cadenza biennale verrà redatta una relazione tecnica asseverata da un agronomo. Alla relazione potranno essere allegati i risultati dei piani di monitoraggio, i piani annuali di coltivazione recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, la superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, le condizioni di crescita delle piante e le tecniche di coltivazione attuate.
- Il miglioramento della fertilità potrà essere garantito attraverso la scelta di essenze in grado di

	TITOLO RELAZIONE AGROPEDOLOGICA	PAGINA 134 di 136
--	---	-----------------------------

fissare l'azoto atmosferico per il miscuglio costituente i prati stabili permanenti. Il cambio di indirizzo colturale, l'ottimizzazione delle concimazioni naturali, la riduzione delle lavorazioni nelle aree più critiche, nonché le variazioni microclimatiche all'interno del campo solare potrebbero consentire un aumento della sostanza organica e della qualità biologica dei suoli che potrà essere indagata nel tempo attraverso i monitoraggi pedologici previsti.

- Il monitoraggio del microclima verrà garantito attraverso l'acquisizione dei dati agrometeorologici mediante stazioni meteo, una rete di sensori disposti a terra e fuori pannello e informazioni telerilevate che consentiranno di sviluppare delle mappe termiche in grado di registrare le variazioni di calore dell'impianto. I valori acquisiti consentiranno di verificare l'effetto dei pannelli fotovoltaici sulle colture e sull'ambiente circostante.

In un'ottica di valorizzazione del territorio, questi investimenti possono contribuire a creare ricchezza aggiuntiva non solo dal punto di vista economico, sotto forma di produzione energetica sostenibile e produzione alimentare, ma anche dal punto di vista ecologico, agronomico e sociale.

10 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

ALTIERI M.A., NICHOLLS C.I, PONTI L., 2022. Agroecologia, una via percorribile per un pianeta in crisi.

ARU A., BALDACCINI P., VACCA A., 1991. Carta dei suoli della Sardegna alla scala 1:250:000.

AGRIS, LAORE, UNIVERSITA DEGLI STUDI DI CAGLIARI, UNIVERSITA DEGLI STUDI DI SASSARI, 2014. Carta delle unità delle terre e della capacità d'uso dei suoli - 1° lotto.

AGRIS: MOLLE G., DECANDIA M., 2005. Buone pratiche di pascolamento delle greggi di pecore e capre

AGRISIAN,2007. Manuale per la fotointerpretazione di immagini satellitari multispettrali e multitemporali

BIFFI S. Lavanda e i suoi ibridi (o lavandini) Erboristeria Domani | 408 maggio-giugno 2018

BRADY N.C., WIEL R.R., 2002. The nature and proprieties of soils.

BURROUGH P.A., 1983 Multiscale sources of spatial variability in soil.

CARMIGNANI L., OGGIANO G., FUNEDDA A., CONTI P. PASCI S., BARCA S, 2008. Carta geologica della Sardegna in scala 1:250.000. Litogr. Art. Cartog. S.r.l., Firenze.

COMMISSIONE EUROPEA, 2012. Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo.

COSTANTINI, E.A.C., 2006. La classificazione della capacità d'uso delle terre (Land Capability Classification).

COUTO E.G. STEIN A., KLAMT E., 1997. Large area spatial variability of soil chemical properties in centraò Brazil.

DOKUCHAEV, 1885 Russian Chernozems.

JENNY H.,1941. Factors of Soil Formation.

ISPRA: CAMARDA I., CARTA L., LAURETI L., ANGELINI P., BRUNU A., BRUNDU G, 2011. Carta della Natura della Regione Sardegna: Carta degli habitat alla scala 1:50.000.

ISPRA: AGABBIO M., ANSALDI N. et al. 2015 Frutti dimenticati e biodiversità recuperata: Il germoplasma frutticolo e viticolo delle agricolture tradizionali italiane. Casi studio: Piemonte e Sardegna.

ISPRA SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA G. OGGIANO, A. AVERSANO, A. FORCI, M.R. LANGIU et al "Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 foglio 459 "Sassari".

ISMEA, 2013. Piante officinali in Italia: un'istantanea della filiera e dei rapporti tra i diversi attori

LAORE, MATTA G., PES I., ARCA G., FANCELLO F., et al. Olio extra vergine Sardegna, l'agroalimentare a marcio di qualità

MELIS A.M.R, DETTORI D., PORQUEDDU C. et al, 2006. Semina di pascoli permanenti a base di leguminose

PHILLIPS J.D., 2000 Divergent evolution and the spatial structure of soil landscape variability

RASIO R. VIANELLO G, 1990. Cartografia pedologica nella pianificazione e gestione del territorio

REGIONE PIEMONTE, Linee guida per il monitoraggio del suolo su superfici agricole destinate ad impianti fotovoltaici a terra

RIBANI A., UTZERI J. U. TAURISANO V., GALLUPPI R. FONTANESI L., 2021. Analysis of honey environmental DNA indicates that the honey bee (*Apis mellifera* L.) trypanosome parasite *Lotmaria passim* is widespread in the apiaries of the North of Italy.

SALDANA A., STEIN A., ZINCK J.A., 1998. Spatial variability of soil properties at different scales within three terraces of the Henares River (Spain)

SIERRA J., 1996. N mineralization and its error of estimation under field conditions related to the light fraction of soil organic matter

WARRICK A.W, NIELSEN D.R. 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field

YOU DEN W.J., MEHLICH A., 1937. Selection of efficient methods for soil sampling

SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993 Soil Survey Manual. USDA-NRCS. U.S. Gov. Print Office Washington D.C.

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELLA TUSCIA, CONFAGRICOLTURA, ENEL GREEN POWER, CONSIGLIO E L'ANALISI DELL'ECONOMIA AGRARIA, SOLARFIELDS, CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE, EF SOLARE ITA-LIA, LE GREENHOUSE, S.E.A TUSCIA S.R.L, CONSIGLIO NAZIONALE DEI DOTTORI AGRONOMI E DOTTORI FORE-STALI, FEDERAZIONE DOTTORI AGRONOMI E FORESTALI DEL LAZIO, 2021. Linee guida per l'applicazione dell'agro-fotovoltaico in Italia.

VOLTOLINA G. Elicriso (*Helichrysum italicum* (Roth) Don. Piante officinali 1-schede di divulgazione Veneto Agricoltura, 2001.

<https://www.agricolus.com/>

https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-glance_it

<https://www.3bee.com/>

<https://rica.crea.gov.it/>

<https://terraevita.edagricole.it/pac-e-psr/eco-schemi-le-scelte-dellitalia/>
