

Impianto agrivoltaico  
**GR \_ M A N D A S**  
della potenza di 26,576 MWp DC  
(26,025 MW AC in immissione)

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA  
COMUNI DI GESICO E MANDAS

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Elaborato:

Settembre 2023

Relazione Agronomica

PROPONENTE:



GREENERGY RINNOVABILI 10 S.R.L.  
Via Borgonuovo, 9 - 20121 Milano  
P.IVA 11892590966

REDATTORE SIA - CAPOGRUPPO:



**EGERIA**  
ingegneria per l'ambiente

Corso V. Emanuele II, 90 Cagliari  
P.Iva 03528400926  
Tel. +39 328 82 88 328  
info.egeria@gmail.com - www.egeriagroup.net

GRUPPO DI LAVORO: Dott.ssa Ing. Barbara Dessì (EGERIA)  
Dott.ssa Arch. Elisabetta Erika Zucca (EGERIA)  
Dott.ssa Ing. Elisa Mura (EGERIA)  
Dott. Ing. Marco A. L. Murru (Ingegnere elettrico)  
Dott. Archeol. Marco Cabras (Archeologo)  
Dott. Geol. Nicola Demurtas (Geologo)  
Dott. Nat. Francesco Mascia (Botanico e Agrotecnico)  
Dott. Nat. Maurizio Medda (Faunista)  
Dott. Agr. Pasqualino Tammaro (Agronomo)  
Dott. Piero Angelo Salvatore Rubiu (Tecnico compet. in Acustica Ambientale)

firma digitale PADES

<b>Premessa .....</b>	<b>3</b>
1 Inquadramento generale area intervento .....	4
1.1 Inquadramento catastale.....	9
1.2 Aspetti agronomici e pedologici.....	10
1.3 Inquadramento climatico .....	12
2 Agricoltura in Sardegna .....	16
2.1 Superfici coltivazioni ed altre attività agricole.....	16
2.2 Prodotti di qualità .....	17
2.3 Allevamento della pecora Sarda .....	18
2.4 Pecorino Sardo “DOP” .....	19
2.5 Agnello di Sardegna IGP .....	20
3 Modalità di conduzione ed attività agricola – stato di fatto.....	22
4 Progetto Agrivoltaico.....	22
4.1 Componente fotovoltaica .....	22
4.2 Componente agronomica.....	24
5 Monitoraggio agro-zootecnico.....	42
6 Sostenibilità del sistema produttivo.....	44
6.1 Stato di fatto.....	44
7 Conformità del progetto alla Linee Guida del MiTE.....	45
8 Conclusioni.....	49

## Premessa

La società Grenergy Rinnovabili 10 S.r.l., parte del gruppo Grenergy Renovables SA, attivo nel campo delle energie rinnovabili dallo sviluppo alla costruzione, fino alla gestione degli impianti, ha incaricato la società Egeria S.r.l. per la progettazione dell'impianto agrivoltaico denominato "GR\_MANDAS" e lo studio delle interazioni attese tra il progetto e le componenti ambientali secondo gli approfondimenti dovuti nello Studio di Impatto Ambientale (ai sensi dell'allegato VII alla parte seconda del D.lgs 152/06 e ss.mm.ii).

L'area agricola di intervento insiste in un contesto basso-collinare, posto tra i 331 ed i 412 m. s.l.m., escluso dalla perimetrazione delle aree non idonee per il fotovoltaico di cui alla DGR 59/90 del 27/11/2020, e risulta distribuita a destra e sinistra del "Riu Anguiddas" nelle località denominate "Nureci" e "Tintillonis" ricadenti nel comune di Mandas, nonché nelle località di "Cuccuru Venugu" e "Sarriu Sullinu" in territorio comunale di Gesico.

Il progetto ricerca la coesistenza tra gli interventi necessari alla produzione di energia da fonti rinnovabili, la salvaguardia dei servizi ecosistemici e la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica agropastorale locale; con questo intento e assumendo come riferimento programmatico le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici (pubblicate il 27 giugno 2022 dal MITE), prevede che la superficie interessata dall'installazione dei pannelli fotovoltaici, per una potenza installata di 26,576 MWp DC integrata a un sistema di accumulo di 10 MW, sia destinata alla semina di un prato-pascolo polifita stabile per il pascolamento libero degli ovini (prato-pascolo) ed erbai di graminacee per fienagione alternati a sulla. **La coltivazione dedicata di essenze scelte per l'ottenimento di unità foraggere e la conduzione dei terreni con metodologie e pratiche agricole accurate e specifiche per il territorio, mirano a migliorare significativamente la qualità delle colture e conseguentemente, la qualità nutrizionale delle stesse. Il risultato va raffrontato con quanto si ottiene ad oggi mediante una conduzione dei fondi che si affida esclusivamente alla "buona stagione", intesa come il verificarsi delle condizioni ottimali in assenza di interventi appropriati basati su tecniche di coltivazione volte ad esaltare le potenzialità produttive in termini quantitative e qualitative dei pascoli (minimum tillage, fertilizzazione organica, spietramento superficiale, trasemine di miscugli di prato).**

I pannelli fotovoltaici sono inseriti in tale contesto attraverso tracker a inseguimento monoassiale orientati nord-sud distanziati su file parallele in loc. Cuccuru Venugu, adeguata per questioni morfologiche ad accogliere questo tipo di strutture dinamiche. La restante parte di impianto è prevista su strutture fisse orientate in direzione est-ovest; il layout d'insieme e la distanza tra le file di pannelli è funzionale alla semina e conduzione del prato polifita stabile e al pascolo e pertanto alla prosecuzione delle attività agro-pastorali già in essere, oggetto di miglioramento attraverso le soluzioni argomentate nella relazione agronomica.

La connessione dell'impianto prevede la posa di un cavidotto interrato posato parallelamente alla SS 128, della lunghezza di circa 2 km e il collegamento a una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) a 150/36 kV nel comune di Mandas.

## 1. Inquadramento dell'area di intervento

L'area identificata, per l'installazione dell'impianto agrivoltaico (Figura 1), è localizzata nei comuni di Gesico e Mandas, (SU). Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico installato a terra con perpetrazione dell'uso agro-zootecnico delle superfici.

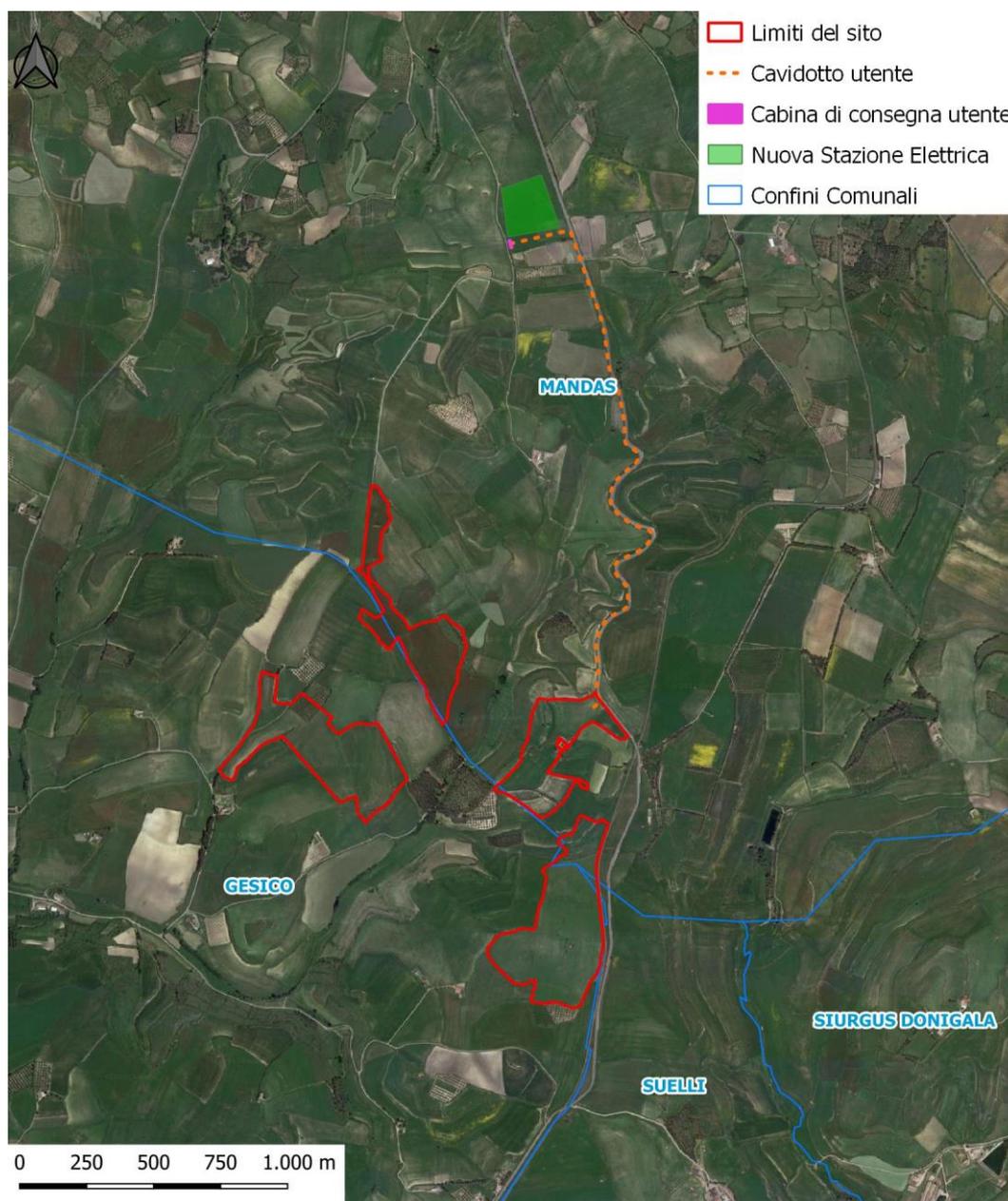


Figura 1. Localizzazione dell'area di intervento su foto satellitare: linea rossa= superficie occupata dall'impianto – (Fonte cartografica di base: Google Earth).

Entrando nel merito del contesto territoriale, l'area di progetto si inserisce in uno scenario subpianeggiante/collinare in una compagine territoriale dove la macchia mediterranea/gariga, dominante nelle aree a maggior acclività, si alterna, invece, ad appezzamenti agricoli estesi nelle zone ad andamento pianeggiante, dove

i lotti appaiono ben delimitati da fasce arboree/arbustive disposte, di tanto in tanto lungo muretti a secco. La componente agricola, tipica della zona, è costituita da prati/erbai intervallati a pascoli e seminativi destinati alla coltura di *cereali* e *sulla* in avvicendamento.

L'alternanza leguminose – cereali garantisce il mantenimento di un buon livello di fertilità organica dei suoli grazie anche al fatto che il pascolamento turnato dei vari appezzamenti si alterna agli sfalci per la produzione di fieno; si avrà quindi una parte residuale delle stoppie pascolate e rinterrate con le successive lavorazioni, con perduranza della sostanza organica che rimane in loco.



Figura 2



Figura 3



Figura 4



Figura 5

Nel sito di impianto i terreni sono destinati in prevalenza a seminativi da foraggio e prato-pascolo, attività che sarà proseguita anche ad impianto realizzato. L'area designata per la produzione energetica solare confina con altri campi agricoli o con aree destinate al pascolo, fatte salve alcune formazioni arbustive-arboree tipiche della macchia mediterranea.

L'impianto di produzione energetica sarà collegato alla rete di E-distribuzione attraverso la realizzazione di una cabina di consegna collegata alla nuova SE RTN a 150/36 kV, tramite elettrodotto in cavo interrato, passante in traccia, interamente su viabilità esistente.

L'impianto si caratterizza per essere costituito da due settori distinti per collocazione geografica e tipologia di pannelli su struttura fissa, nel comune di Mandas, per una superficie catastale di ha 41.71.84 (figura 6),

Installazione 2V FISSO AGRO (hmin=0,5)

(\*) NOTE: il pitch è funzione del tilt  
 con tilt = 23° pitch = 10.1 m  
 con tilt = 30° pitch = 9.5 m

Hmin [m]	0.5
Row Spacing [m]	5.96
Pitch [m]	9.9

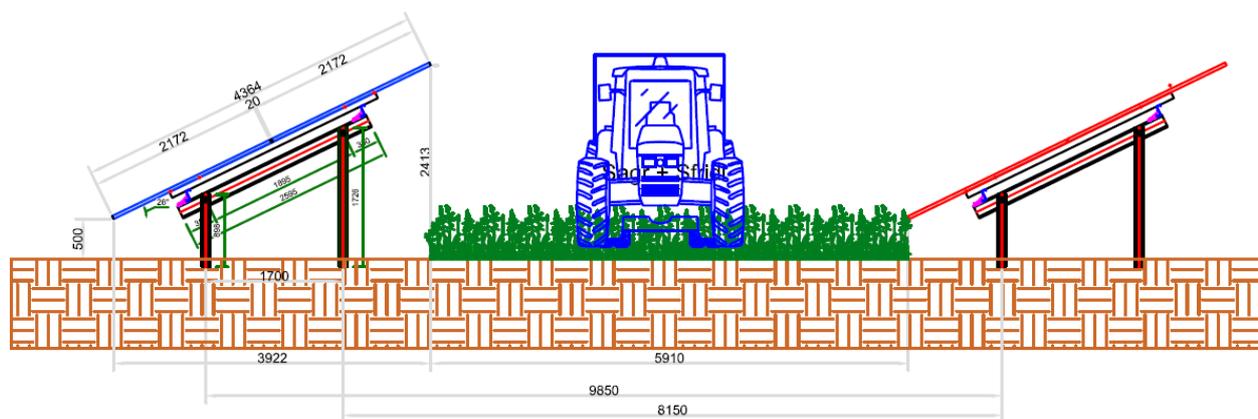


Figura 6 – Schema installazione sistema fisso

TRACKER 2V (hmed > 2,1 m GCR < 0.4)

Hmed [m]	2.188
Row Spacing [m]	6.65
Pitch [m]	11

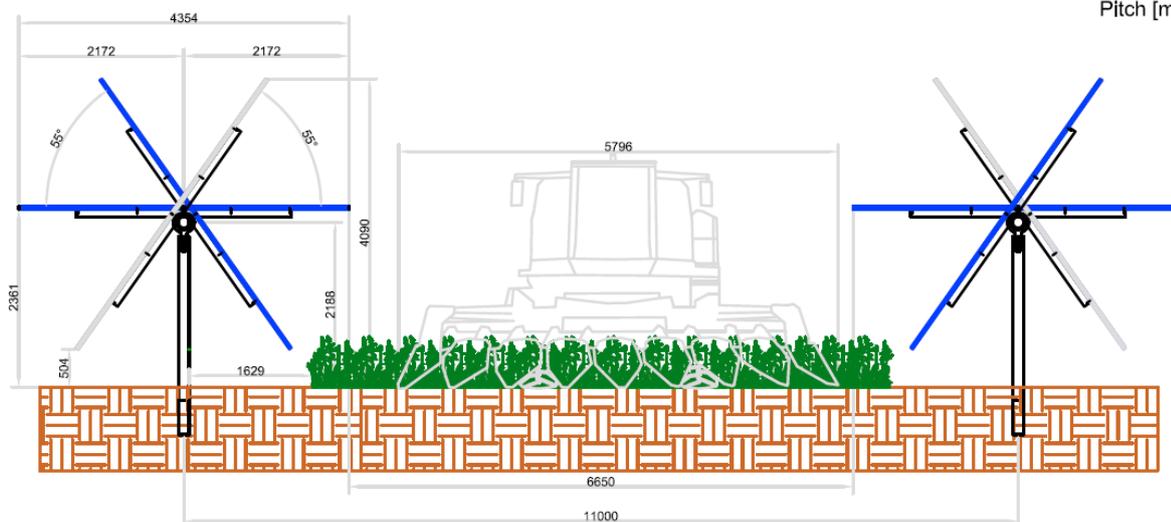


Figura 7 – Schema installazione sistema a inseguimento

Per la parte nel comune di Gesico, l'impianto è strutturato con pannelli a inseguimento (tracker) ed occupa una superficie catastale complessiva di ha 16.79.90



Figura 8 Layout dell'impianto Agrivoltaico  
Pannelli fissi \_\_\_\_\_  
Pannelli a inseguimento \_\_\_\_\_

### 1.1. Inquadramento catastale

I fondi rustici interessati dall'intervento - riferibile all'area di impianto - sono distinti in Catasto Terreni dei Comuni di Gesico e Mandas (SU), di cui alla Tabella 1.

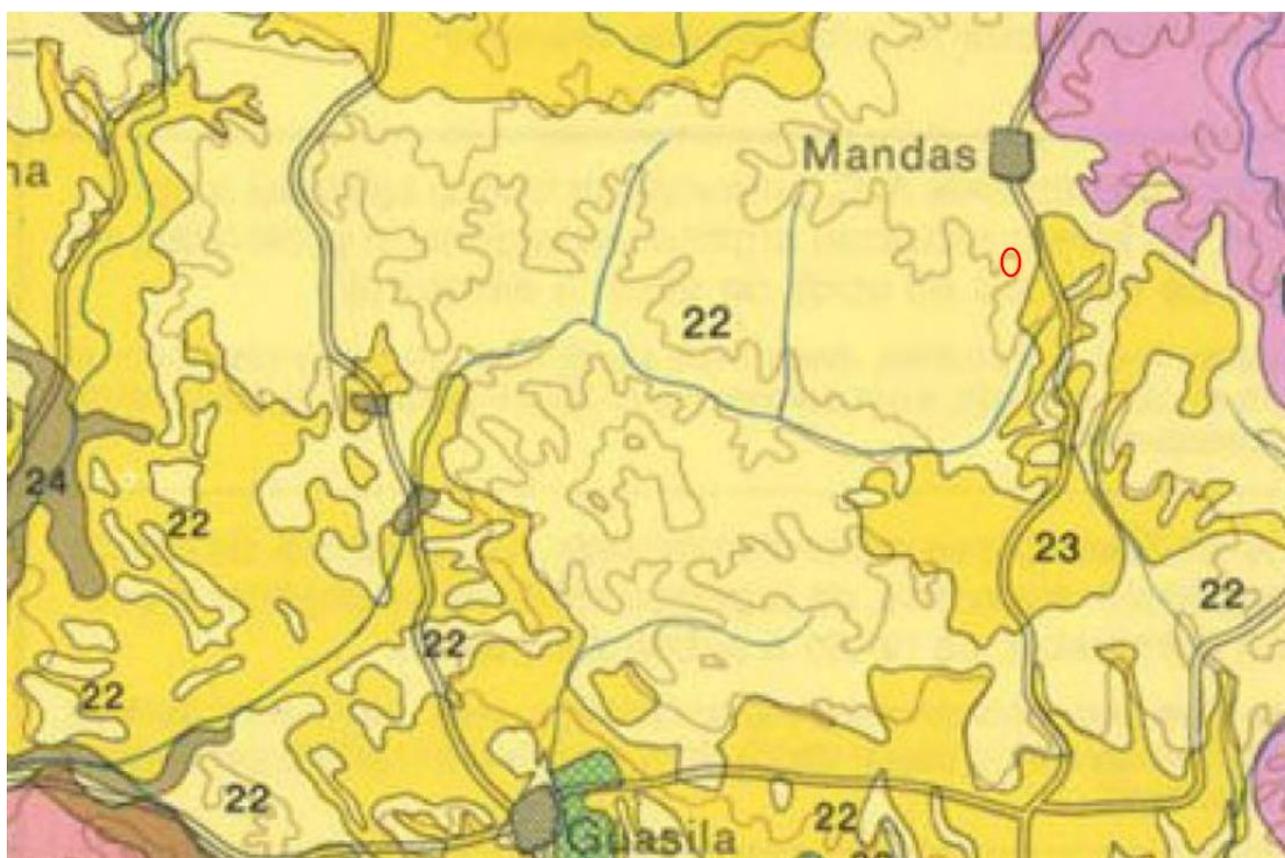
COMUNE	Catastale		Superficie Catastale [Ha]
	Foglio	Mappale	
Gesico	16	4	0,9995
		16	5,0520
		17	1,7660
		18	2,0200
		25	0,4250
		57	1,0710
		72	0,8230
		73	0,1270
		76	0,5435
		81	0,5780
		98	3,4917
	130	0,6927	
	17	2	1,5665
		12	4,0705
		13	0,7015
		14	0,8265
		15	4,2795
22		1,4305	
53	1,6800		
Mandas	36	116	1,8700
	42	1	0,4150
		2	0,5635
		15	3,2320
		16	1,1615
		34	1,5465
		35	4,2910
		46	0,4560
		47	0,9700
		50	1,8140
		58	1,2120
		59	1,1425
		65	0,8375
		66	0,9360
		69	0,1990
		72	0,1895
		82	0,0820
	86	0,6425	
	87	1,0825	
	89	1,4495	
91	0,9820		
109	1,2985		

Tabella 1. Particellare dell'area oggetto di intervento.

## 1.2. Aspetti agronomici e pedologici

Dal punto di vista pedologico, i suoli sardi sono generalmente caratterizzati da una notevole variabilità tipologica, un elevato grado di pietrosità e rocciosità, e un'intensa erosione superficiale. Tali caratteristiche, che li rendono non particolarmente elevati in termini qualitativi, sono principalmente legate alle caratteristiche geologiche, morfologiche e climatiche della regione, ma sono anche il risultato di una prolungata e non sempre accorta gestione del territorio (i.e. sovra-pascolamento, disboscamento).

I suoli della regione sono stati analizzati e mappati nella “Carta dei suoli della Sardegna in scala 1:250.000” (Aru et al., 1991), dalla cui consultazione emerge che l'area di studio ricade nell'ambito D, ovvero in “*Paesaggi su marni, arenarie e calcari marnosi del Miocene e relativi depositi colluviali*” e più nello specifico nell'unità cartografica 22 come “Lithic Xerorthents” (Figura 10).



G Paesaggi su marni, arenarie e calcari marnosi del Miocene e relativi depositi colluviali Landscapes on marls, sandstones and marly limestones of the Miocene and their colluvial deposits		
22	Lithic Xerorthents Rock outcrop	Eutric e Lithic Leptosols Calcaric Regosols Rock outcrop
23	Typic e Vertic Xerochrepts Calcixerollic Xerochrepts Typic Xerorthents	Calcaric e Vertic Cambisols Haplic Calcisols Calcaric Regosols
24	Typic Pelloxererts Entic Pelloxererts	Eutric e Calcic Vertisols

Figura 9. Estratto della Carta dei Suoli 1:250.e inquadramento dell'area di progetto, con relativa legenda di lettura.

### **Caratteristiche dei suoli unità 22\*:**

Substrato: marne, arenarie e calcari marnosi del Miocene e relativi depositi colluviali

Forme: ondulate, sulle sommità collinari e in corrispondenza dei litotipi più compatti

Suoli predominanti: Lithic Xerorthents, Rock outcrop

Suoli subordinati : Xerorthents

Caratteristiche dei suoli : poco profondi, da franco sabbiosi a franco-argillosi con struttura poliedrica subangolare, permeabili, con elevata erodibilità a reazione subalcalina con elevati carbonati, scarsa S.O. con media capacità di scambio cationico, saturati in basi.

Questi suoli, diffusi su superfici ondulate ed in particolare sulle sommità, sono caratterizzati da un profilo del tipo A-C, A-Bw-C, una profondità inferiore ai 50 cm, pietrosità e rocciosità elevata e talvolta prevalente rispetto al suolo, accumuli di carbonati ed elevata saturazione di basi. Essi sono soggetti a rischi di erosione elevati e dove questa agisce incontrollata, l'asportazione del suolo può essere totale. L'utilizzazione agronomica di queste aree è generalmente ostacolata da gravi limitazioni che ne impediscono la messa a coltura. La destinazione ottimale è il pascolo, migliorato con specie idonee ai suoli a reazione subalcalina ad i rimboschimenti con specie resistenti all'aridità\*

(\*cfr.: “Carta dei suoli della Sardegna in scala 1:250.000 - Aru et al., 1991)

Riguardo alla capacità d'uso dei suoli interessati dalle opere in progetto, dalla “Carta della Capacità d'Uso dei Suoli 1:10.000” (Tav. 6 - PUC di Gesico) si evince come le aree oggetto dell'intervento ricadono interamente nella zonizzazione geologica della Trexenda caratterizzata dal profilo “mi”: *dall'alto in basso: calcarei fossiliferi, marne +/- arenacee +/- argillose con ultrastratificazioni calcaree, conglomerati basali.*

Secondo la classificazione dell'uso del suolo di Corine<sup>1</sup> del 2018, l'area ricade interamente all'interno della classe “seminativi non irrigui” individuata con il codice 211 (Figura 11). Tuttavia, allo stato attuale, il fondo è destinato alla produzione di foraggio e a pascolo.

<sup>1</sup> Programma CORINE (COoRdination of INformation on the Environment – Decisione 85/338/EEC)

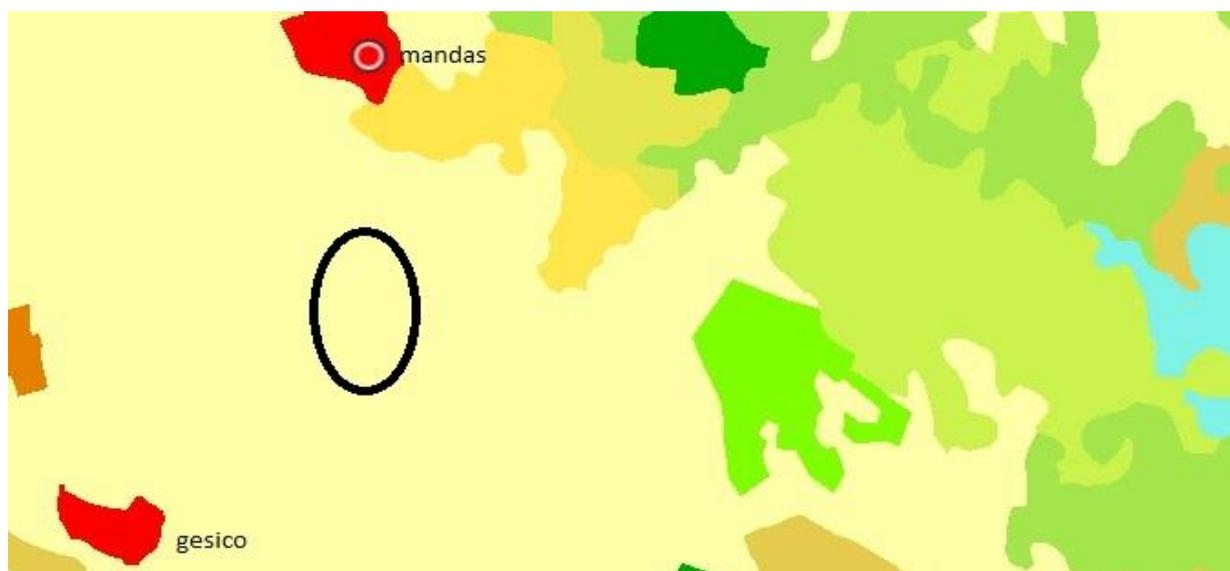
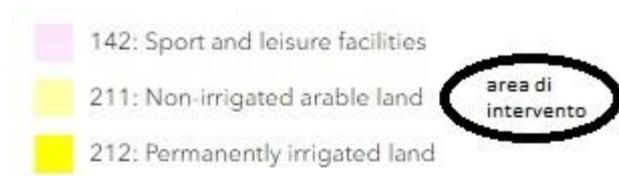


Figura 10 – Estratto Carta CORINE



### 1.3. Inquadramento climatico

#### (dati stazione meteo di Mandas che monitora anche il confinante territorio di Gesico)

La Sardegna, al centro del Mediterraneo Occidentale è un'isola caratterizzata da un clima mediterraneo, con estati calde e inverni miti e con precipitazioni piovose di entità modesta.

Le temperature nelle zone costiere di rado scendono sotto gli zero gradi nella stagione invernale e le estati sono calde e secche, mitigate dai venti marini che mantengono le temperature intorno ai 30°C, con picchi di 35°C.

Nelle aree centrali dell'isola in estate si possono raggiungere i 40°C, mentre in inverno la temperatura può scendere occasionalmente al di sotto dello zero.

L'isola è esposta alle correnti calde dell'Africa e fredde delle zone continentali, con escursioni termiche tra il giorno e la notte più accentuate nelle zone interne degli altipiani o dei rilievi, dove in inverno possono verificarsi precipitazioni nevose.

Al netto di tali trend di macro-scala, limitando l'analisi ai dati relativi al comune di Mandas, è possibile sintetizzare quanto segue:

- i) la temperatura media annuale è pari a 16°C,
- ii) agosto è il mese più caldo dell'anno, con una temperatura media di 23,8 °C,
- iii) luglio è il mese più secco, con 9 mm di pioggia,
- iv) febbraio è il più freddo (T media 9,2 °C)<sup>2</sup>.

In termini di precipitazioni, invece, il cumulato medio annuale si attesta normalmente sui 637 mm, con una distribuzione mensile maggiore in inverno e in autunno e un minimo nel periodo estivo.

Il dettaglio delle temperature e delle precipitazioni viene riportato nella Figura 12

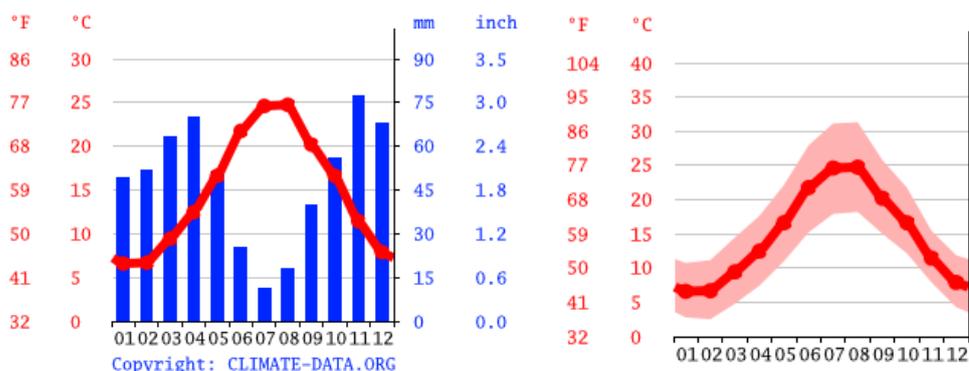


Figura 11 – Dettaglio temperature e precipitazioni

La quantità di pioggia di 11 mm si riferisce al mese di Luglio, che è il mese più secco. Il mese di Novembre è quello con maggiori piogge, avendo una media di 77 mm 24.7 °C è la temperatura media di Agosto, il mese più caldo dell'anno. Durante l'anno Gennaio ha una temperatura media di 6.6 °C. Si tratta della temperatura media più bassa di tutto l'anno.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	6.6	6.7	9.4	12.5	16.6	21.7	24.6	24.7	20.2	16.6	11.4	7.9
Temperatura minima (°C)	2.8	2.5	4.8	7.4	11	15.2	17.9	18.2	15	12.1	7.9	4.3
Temperatura massima (°C)	10.7	11.2	14.5	17.6	22.1	27.9	31.1	31.3	25.8	21.8	15.4	11.9
Precipitazioni (mm)	49	52	63	70	51	25	11	18	40	56	77	68
Umidità(%)	84%	81%	76%	72%	64%	53%	48%	49%	64%	73%	82%	84%
Giorni di pioggia (g.)	7	7	7	8	6	3	2	3	5	6	8	8
Ore di sole (ore)	5.1	5.8	7.4	9.0	10.8	12.5	12.8	11.9	9.7	7.7	5.7	5.1

Figura 12 -Distribuzione dati climatici medi nei mesi dell'anno

In Mandas il clima è caldo e temperato. Esiste maggiore piovosità in inverno che in estate. La classificazione del clima è Csa secondo Köppen e Geiger. Mandas ha una temperatura media di 14.9 °C. 580 mm è il valore di piovosità media annuale.

## VENTO

Questa sezione copre il vettore medio orario dei venti su un'ampia area (velocità e direzione) a 10 metri sopra il suolo. Il vento in qualsiasi luogo dipende in gran parte dalla topografia locale e da altri fattori, e la velocità e direzione istantanee del vento variano più delle medie orarie.

La velocità oraria media del vento a Mandas subisce *significative* variazioni stagionali durante l'anno.

Il periodo *più ventoso* dell'anno dura 6,7 mesi, dal 21 ottobre al 13 maggio, con velocità medie del vento di oltre 14,1 chilometri orari. Il mese *più ventoso* dell'anno a Mandas è febbraio, con una velocità oraria media del vento di 16,5 chilometri orari.

Il periodo dell'anno *più calmo* dura 5,3 mesi, da 13 maggio a 21 ottobre. Il giorno *più calmo* dell'anno a Mandas è agosto, con una velocità oraria media del vento di 11,7 chilometri orari.

Velocità media del vento a Mandas

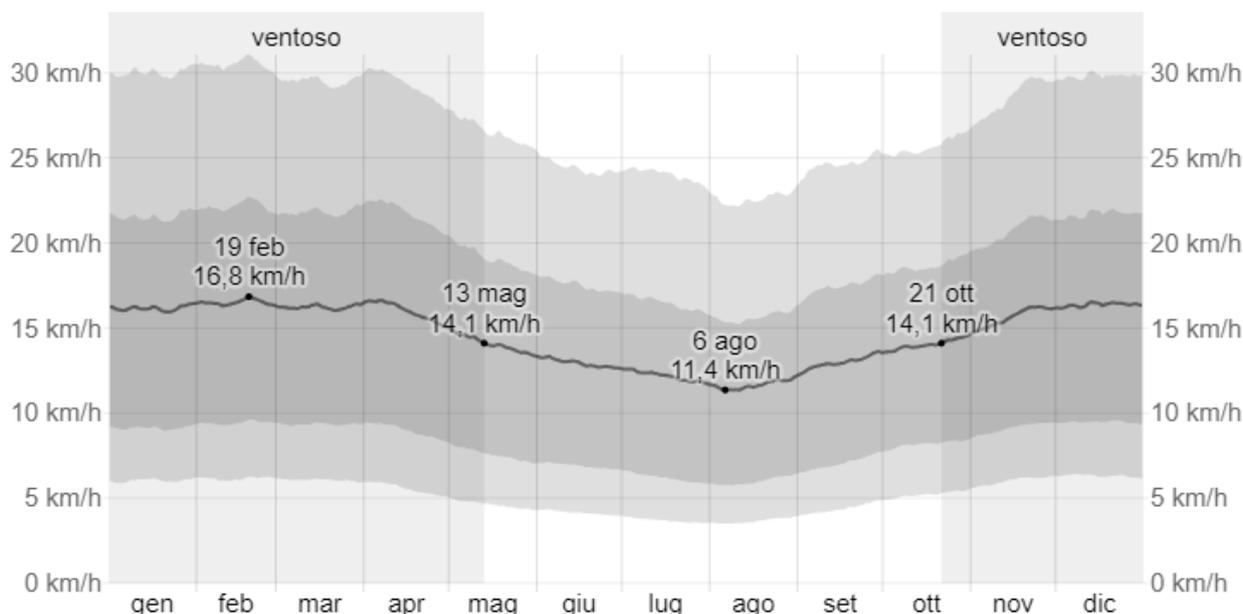


Figura 13 - Media delle velocità del vento orarie medie (riga grigio scuro), con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile.

Velocità del vento (kph)	16.2	16.5	16.2	15.9	14.0	12.9	12.1	11.7	13.0	14.1	15.7	16.4
--------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

La direzione oraria media del vento predominante a Mandas è da *ovest* durante l'anno.

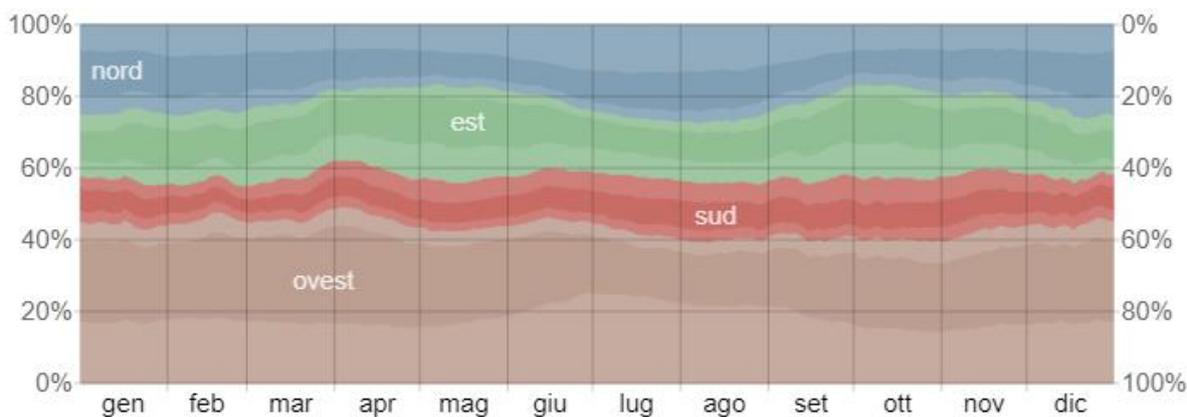


Figura 14 – Distribuzione dei venti

La percentuale di ore in cui la direzione media del vento è da ognuna delle quattro direzioni cardinali del vento, tranne le ore in cui la velocità media del vento è di meno di  $1,6 \text{ km/h}$ . Le aree leggermente colorate ai bordi sono la percentuale di ore passate nelle direzioni intermedie implicite (nord-est, sud-est, sud-ovest e nord-ovest).<sup>3</sup>

## ENERGIA SOLARE

Questa sezione discute l'energia solare a onde corte incidente totale giornaliera che raggiunge la superficie del suolo in un'ampia area, tenendo in considerazione le variazioni stagionali nella lunghezza del giorno, l'elevazione del sole sull'orizzonte e l'assorbimento da parte delle nuvole e altri elementi atmosferici. La radiazione delle onde corte include luce visibile e raggi ultravioletti.

L'energia solare a onde corte incidente giornaliera media subisce *estreme* variazioni stagionali durante l'anno.

Il periodo *più luminoso* dell'anno dura *3,1 mesi*, dal *13 maggio* al *18 agosto*, con un'energia a onde corte incidente giornaliera media per metro quadrato di oltre  $6,8 \text{ kWh}$ . Il mese *più luminoso* dell'anno a Mandas è *luglio*, con una media di  $7,8 \text{ kWh}$ .

Il periodo *più buio* dell'anno dura *3,6 mesi*, dal *28 ottobre* al *14 febbraio*, con un'energia a onde corte incidente giornaliera media per metro quadrato di meno di  $3,2 \text{ kWh}$ . Il mese *più buio* dell'anno a Mandas è *dicembre*, con una media di  $2,0 \text{ kWh}$ .

---

<sup>2</sup> <https://it.climate-data.org/europa/italia/sardegna/mandas-117330/>

<sup>3</sup> <https://it.weatherspark.com/y/58858/Condizioni-meteorologiche-medie-a-mandas-Italia-tutto-l'anno>

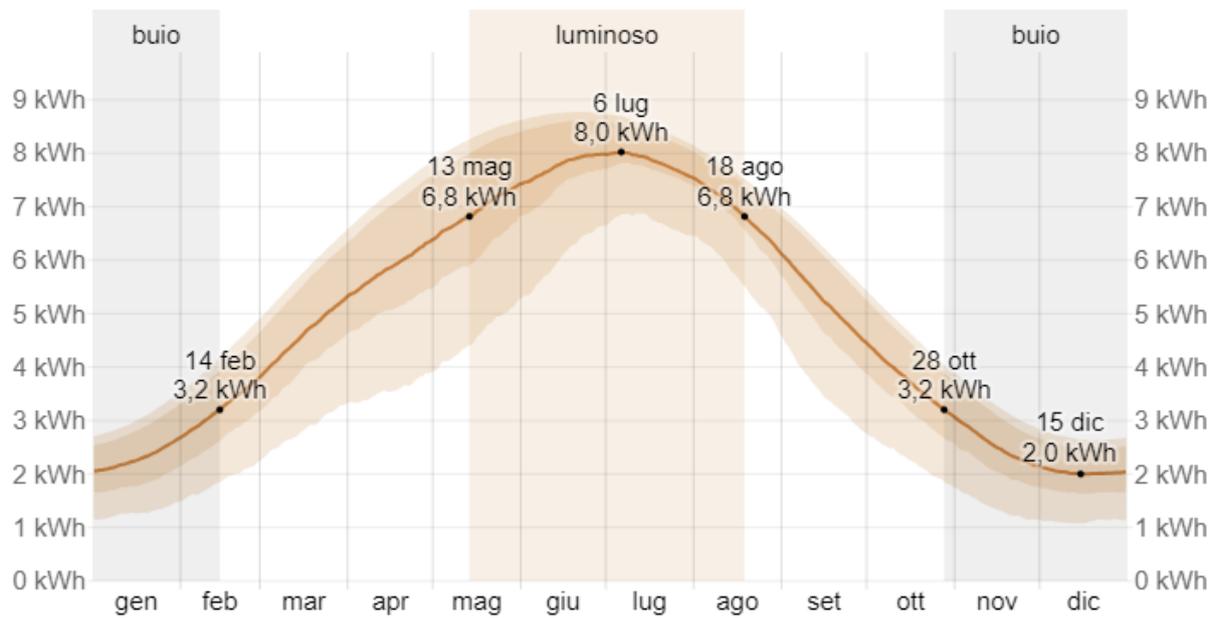


Figura 15 Energia solare a onde corte incidente media che raggiunge il suolo per medio quadrato (riga arancione), con fasce di percentili dal 25° al 75° e dal 10° al 90°.

## 2. Agricoltura in Sardegna

### 2.1. Superfici, coltivazioni ed altre attività agricole

La Regione Sardegna ha un'estensione totale di ha 2409945, di cui poco più del 49% (ha 1187624) rappresentata dalla SAU (superficie agricola utilizzata, la cui suddivisione è espressa in termini percentuali in **Figura 12**), contro il 42% della media italiana. Tali superfici rappresentano rispettivamente circa l'8% e il 9,5% del totale nazionale.

L'ISTAT nel 2016<sup>4</sup> ha censito 48511 aziende agricole presenti sul territorio regionale, pari al 4% del totale nazionale.

Il 60% della SAU (circa ha 715000) risulta destinata alle **specie foraggere di tipo permanente**, che contribuisce a soddisfare il fabbisogno alimentare del comparto zootecnico regionale; nello specifico circa ha 418000 costituiti da pascoli naturali, circa ha 217000 da pascoli magri e circa ha 77000 da prati permanenti utilizzati.

Il 35% della SAU (ha 411242) è coltivata a **seminativi**, quali foraggere avvicendate, cereali da granella, legumi, ortive e (tra le più rappresentative: foraggere temporanee avvicendate, circa ha 221.000 - frumento duro da granella, circa ha 44000 - avena e orzo da granella, circa ha 35000 - legumi secchi, circa ha 20000 – ortive varie, ha circa 18000).

Il restante 5% della SAU (circa ha 59000) è investito a **specie legnose agrarie perenni** (olivicoltura, ha circa 31.000 - viticoltura, circa ha 20000 e da altre specie arboree quali agrumi, pomacee e drupacee, ha circa 8000).<sup>5</sup>

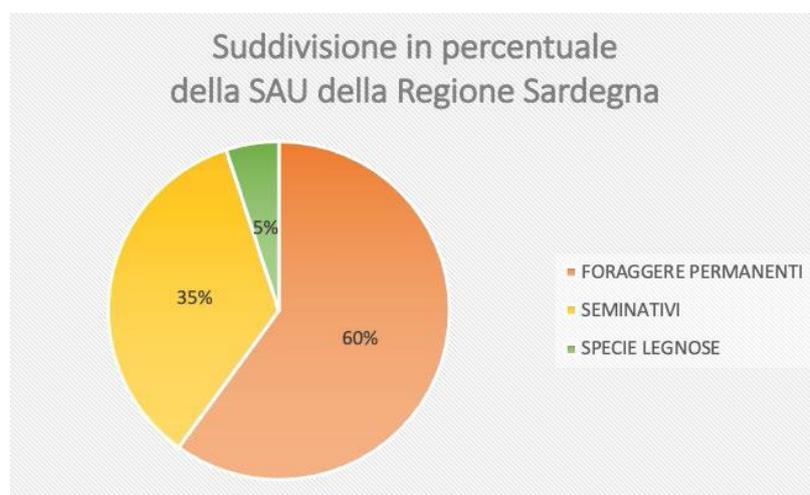


Figura 16. Ripartizione percentuale della Superficie Agricola Utilizzata della Regione Sardegna  
Elaborazione su base dei Dati ISTAT, 2016.

Per quanto concerne l'**attività zootecnica**, il comparto regionale mostra una varietà nella consistenza del bestiame, sia in termini di numerosità sia di specie animali (la cui suddivisione è espressa in termini percentuali in **Figura 13**).

Nel 2016 la **consistenza zootecnica regionale risultava pari a poco meno di 5 M di capi allevati**, corrispondente al 2,6% del totale nazionale (poco più di 187,5 M di capi allevati).

Tale consistenza zootecnica è rappresentata in particolar modo dalle specie ovine con oltre 3,35 M di capi allevati sul territorio regionale (48% del dato nazionale), seguito dal numero di capi riferito alle specie bovine con poco

<sup>4</sup> Dati 6° censimento agricoltura. I dati del 7° censimento effettuato nel 2022 non sono ancora stati pubblicati.

<sup>5</sup> Elaborazione su base dei Dati ISTAT riferiti all'anno 2016 - <http://dati.istat.it/> - Dati estratti il 20 luglio 2022

più di 280000 unità (5% del dato nazionale) e da quello riferito alle specie caprine (27% del dato nazionale), con poco più di 260000 unità.<sup>6</sup>

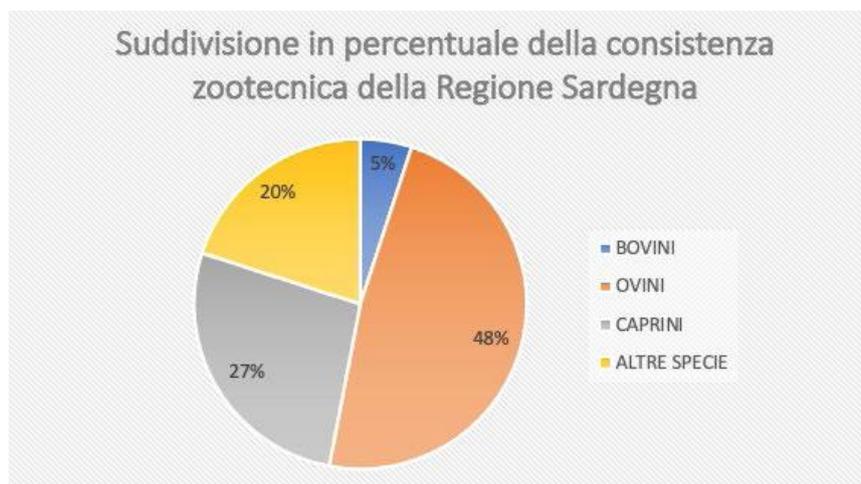


Figura 17. Ripartizione percentuale della consistenza zootecnica della Regione Sardegna  
Elaborazione su base dei Dati ISTAT, 2016.

## 2.2. Prodotti di qualità

La Regione Sardegna vanta dati significativi in valore relativi al comparto delle produzioni agro-alimentari certificate DOP e IGP: l'isola conta 8 prodotti a marchio comunitario (Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, 2022). Tra i più rinomati ricordiamo:

- per il comparto formaggi il “**Pecorino Sardo**” (DOP);
- per il comparto carni fresche l’“**Agnello di Sardegna**” (IGP);
- per il comparto delle produzioni orto-frutticole il “**Carciofo di Sardegna**” (DOP).

Al 2016, il numero di produttori sul territorio nazionale impegnati nel comparto dei prodotti a marchio comunitario risultava essere di 11970 unità per la tipologia “carni” e 26964 per la tipologia “formaggi”:

rispettivamente il 38% ed il 42% del totale nazionale per le suddette tipologie di prodotto era rappresentato da produttori della Regione Sardegna (CREA,2018).

Tali dati risultano dunque molto esplicativi circa il potenziale economico delle produzioni e del coinvolgimento delle aziende agro-zootecniche regionali nel settore dei prodotti di qualità.

Secondo le rilevazioni del Sistema d'informazione Nazionale sull'Agricoltura Biologica, la Sardegna è regione di eccellenza nell'ambito della conduzione in regime biologico, detenendo il quarto posto nella classifica nazionale - dopo la Sicilia, Puglia e Calabria. La SAU vocata a questa tipologia di agricoltura ammonta a quasi ha 140648, corrispondente al 12,3% della SAU totale regionale, impiegando oltre 2230 unità operative in aziende di estensione media di ha 32.

<sup>6</sup> Elaborazione su base dei Dati ISTAT riferiti all'anno 2016 - <http://dati.istat.it/> - Dati estratti il 20 luglio 2022

Il 73% della SAU condotta in regime biologico (**Figura 14**) è investita a prati pascolo e pascoli magri, destinati al foraggiamento della consistenza zootecnica per la produzione di carni e latte BIO; a seguire il 17,5% della SAU è investita a colture foraggere in rotazione, con la medesima destinazione produttiva.

**Ripartizione della superficie agricola sarda certificata in biologico - 2016**

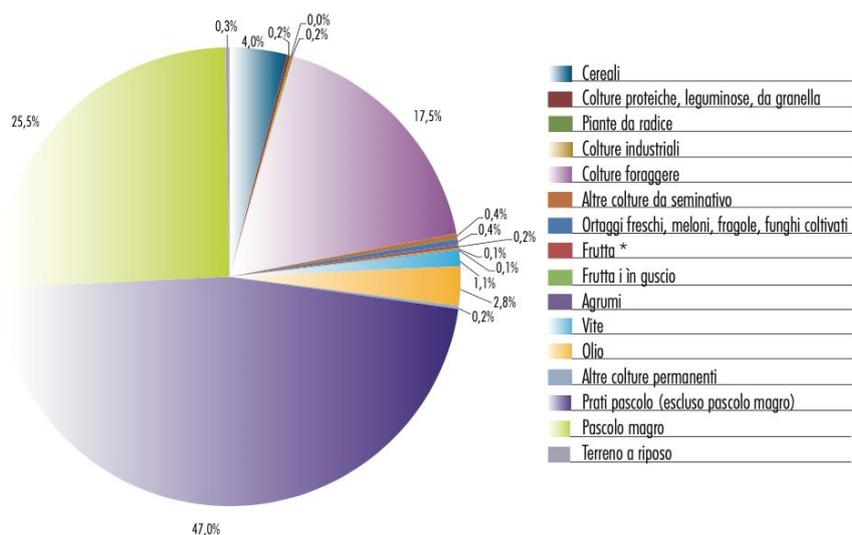


Figura 18. Ripartizione della superficie agricola della Regione Sardegna certificata in biologico (CREA,2018).

### 2.3. Allevamento della pecora “Sarda”

Le superfici regionali investite a pascoli e prati permanenti sono risorsa agricola ed ambientale dall’elevato peso specifico nel contesto rurale dell’isola; tali formazioni vegetali sono infatti il **fulcro dell’attività agropastorale**, oltre al fatto che costituiscono una parte integrante del paesaggio e dell’ambiente.

Il settore zootecnico regionale è incentrato sull’allevamento della pecora “**Sarda**” - razza autoctona dall’**elevato valore culturale ed economico** - che costituisce il pilastro della filiera lattiero casearia della Regione.



Figura 19. Esemplari di pecore di razza *Sarda* al pascolo.

Fonte: <https://www.ruminantia.it/la-razza-ovina-sarda/>

[https://www.sardegnaagricoltura.it/documenti/1\\_422\\_20210427083828.pdf](https://www.sardegnaagricoltura.it/documenti/1_422_20210427083828.pdf)

La selezione genetica della razza è stata per anni incentrata all’**esaltazione dell’attitudine lattifera** - dal punto di vista quantitativo e qualitativo delle produzioni - oltre che al miglioramento della morfologia della mammella, carattere importante per eseguire le mungiture in maniera meccanizzata; questa razza ha conservato nel corso del tempo le sue caratteristiche di rusticità ed attitudine al pascolamento, il che le ha permesso di sfruttare a pieno le caratteristiche morfologiche ed ambientali del territorio della Sardegna.

#### 2.3.1. Caratteristiche morfologiche

Gli ovini di razza *Sarda* presentano una taglia media: l’altezza al garrese non supera i cm 70, con pesi che oscillano tra i kg 65 e 70 per gli esemplari femmina e i kg 45 e 50 per gli esemplari maschi.

La testa ha un profilo leggermente allungato, con corna assenti o poco sviluppate negli esemplari femmine ed assenti o rudimentali nei maschi. La faccia è di colore bianco uniforme, con orecchie portate orizzontalmente e di media grandezza. L’addome è largo, con tronco allungato dal garrese serrato. La groppa risulta leggermente spiovente, che termina con una coda lunga ed esile. Il vello è di colore bianco e liscio.

#### 2.3.2. Caratteristiche produttive

Come detto precedentemente, la razza *Sarda* è prettamente vocata alla produzione del latte.

La capacità produttiva media di un esemplare primiparo<sup>7</sup> è di 120-150 litri (con lattazione della durata di 100 giorni) e di 200-225 litri per l'esemplare pluriparo<sup>8</sup> (con lattazione della durata di 180 giorni), tra i prodotti della tipologia “formaggi”.

Il latte prodotto ha un contenuto in grasso del 6-7% ed un contenuto in proteine del 5-6%.<sup>9</sup> La maggior parte del latte prodotto è destinato all'industria di trasformazione lattiero-casearia per la produzione di “**Pecorino Sardo**” DOP (focus nel **paragrafo 2.4**).

La produzione di carne, garantita dagli agnelli da latte (peso vivo di circa kg 10 o inferiore), va a soddisfare anch'essa in parte il comparto delle produzioni agro-alimentari certificate comunitarie: la commercializzazione degli agnelli, infatti, è tutelata dal Consorzio di tutela dell’“**Agnello di Sardegna**” IGP (focus nel **Capitolo 2.5**).

La produzione di lana risulta invece di scarso valore economico e produttivo, attestandosi su una resa media di kg 1-2 ad anno per capo ed andando a soddisfare l'industria di produzione dei materassi, dei pannelli termoisolanti e della tappezzeria.

#### 2.4. “Pecorino Sardo” DOP

Il **Pecorino Sardo** ha ottenuto la Denominazione di Origine nel 1991 (**D.P.C.M. del 4 novembre 1991**), per poi conseguire il riconoscimento comunitario DOP nel 1996 (**Regolamento (CE) n. 1263/96 del 1° luglio 1996**).

Il Pecorino Sardo è un prodotto lattiero-caseario (formaggio) ottenuto con latte di pecora intero prodotto unicamente nella zona di origine ricadenti nell'area del Consorzio di tutela.

L'alimentazione degli ovini da cui si produce il latte si basa in prevalenza sull'**utilizzo diretto dei pascoli naturali, prati ed erbai**: tali condizioni alimentari si traducono in un'elevata qualità della materia prima con conseguente conferimento di caratteristiche organolettiche uniche al prodotto trasformato.

Questo formaggio si presenta in due tipologie distinte, le quali differiscono per tecnica di lavorazione, stagionatura, dimensione e proprietà organolettiche: dolce e maturo.

Il processo di caseificazione prevede il trattamento termico della materia prima, successivamente inoculata con ceppi autoctoni di batteri lattici (riferibili anche alla specie *Streptococcus thermophilus*) ed ottenendo la cagliata dopo l'aggiunta di caglio di vitello. La cagliata viene sottoposta a rottura fino al raggiungimento di granuli “*delle dimensioni di una nocciola per la tipologia dolce, e di un chicco di mais per la tipologia maturo*”<sup>10</sup> per poi essere semicotta a temperatura non superiore ai 43° C. La pasta viene poi inserita in appositi stampi di forma circolare, pressata, fatta spurgare e salata. In seguito le forme di formaggio vengono fatte maturare e stagionare in appositi locali climatizzati, a temperature e tassi di umidità controllati dettati dal Disciplinare di produzione.

<sup>7</sup> Esemplare in gravidanza per la prima volta nella vita.

<sup>8</sup> Esemplare che ha già avuto un parto in precedenza nella vita.

<sup>9</sup> <https://www.ruminantia.it/la-razza-ovina-sarda/>

<sup>10</sup> Disciplinare di Produzione D.O.P. “Pecorino Sardo” - <http://www.dopigp.eu/flex/AppData/Redational/pdf/Pecorino%20Sardo.pdf>



Figura 20. Forme di Pecorino Sardo DOP in fase di stagionatura. Fonte: <https://www.pecorinosardo.it/onore-al-gusto/>

## 2.5. “Agnello di Sardegna” IGP

L’**agnello di Sardegna** ha conseguito il riconoscimento comunitario IGP nel 2010 (**Reg. UE n° 1166 del 9 dicembre 2010**), tra i prodotti della tipologia “carni fresche (e frattaglie)”.

La denominazione “Agnello di Sardegna” IGP è riservata agli agnelli nati, allevati e macellati nell’area dell’area di produzione, corrispondente all’intero territorio regionale.

Gli agnelli vivono in un ambiente naturale, esposti a livelli di insolazione, vento e clima del territorio sardo, prevalentemente allo stato brado; è consentita tuttavia la stabulazione esclusivamente nel periodo invernale.

L’alimentazione dei capi avviene esclusivamente mediante suzione naturale del latte materno (*agnello da latte*), integrato con **l’attività pascolativa su superfici prative spontanee od in linea con le essenze tipiche del territorio regionale** (*agnello leggero e da taglio*).

Il capo macellato corrispondente alla denominazione “Agnello di Sardegna” IGP può essere distinto nelle seguenti **tre tipologie**, a seconda della rispondenza alle caratteristiche dettate dal Disciplinare di Produzione<sup>11</sup>:

1. **da latte**: proveniente dalla sola razza *Sarda*, alimentato con il solo latte materno in maniera naturale, con peso della carcassa a freddo pari a **kg 5-7**;
2. **leggero**: proveniente da razza *Sarda* o generazione F1 da incrocio di parentali di razza *Sarda* con altre razze da carne (*Ile De France, Berrichon Du Cher*, ecc.), alimentato con latte materno e alimenti naturali (prato, foraggio, cereali freschi o essiccati), con peso della carcassa a freddo pari a **kg 7-10**;
3. **da taglio**: proveniente da razza *Sarda* o generazione F1 da incrocio di parentali di razza *Sarda* con altre razze da carne (*Ile De France, Berrichon Du Cher*, ecc.), alimentato con latte materno e alimenti naturali (prato, foraggio, cereali freschi o essiccati), con peso della carcassa a freddo pari a **kg 10-13**.

Il capo macellato secondo le normative nazionali e comunitario oltre a quelle dettate dal disciplinare, deve rispondere alle seguenti caratteristiche chimico-fisiche-organolettiche:

- **pH:** maggiore di 6;
- **proteine:** 13-20%;
- **estratto etereo:** inferiore al 3%;
- **caratteristiche visive della carne:** colore bianco, tessitura fine, compatta e morbida alla cottura, leggermente infiltrata di grasso, masse muscolari non troppo sviluppate, giusto equilibrio fra scheletro e muscolatura;
- **caratteristiche organolettiche:** tenerezza, succulenza, aroma delicato e presenza di odori tipici della carne giovane e fresca.

<sup>11</sup> <http://www.dop-igp.eu/flex/AppData/Redational/pdf/Agnello%20di%20Sardegna.pdf>

### **3. Modalità di conduzione ed attività agricola - stato di fatto**

L'area oggetto di studio è attualmente condotta da tre soggetti differenti: la “ditta individuale Marcello Marcello”, che conduce in comodato i terreni, intestataria di regolare fascicolo aziendale AGEA e titolare di regolare partita IVA n° 04045750926 - Codice ATECO 01-11-40 “coltivazioni miste di cereali, legumi da granella e semi”, iscritta alla Camera di Commercio di Cagliari con n° REA 359294 ; la “ditta individuale Schirru Giovanna”, proprietaria dei terreni, intestataria di regolare fascicolo aziendale AGEA e titolare di regolare partita IVA n°03609690924 - Codice ATECO 01-11-40 “coltivazioni miste di cereali, legumi da granella e semi”, iscritta alla Camera di Cagliari e la “Mattu Diego” attraverso la S.S. Agricola Carboni e Mattu, intestataria di regolare fascicolo aziendale AGEA e titolare di regolare partita IVA n°01228870950 - Codice ATECO 01-45-00 “allevamento di ovini e caprini”, iscritta alla Camera di Commercio di Oristano con n° REA OR 140431.

L'indirizzo produttivo è quello della coltivazione di colture foraggere destinate al foraggiamento degli animali per la produzione di latte, nonché al mantenimento di superfici investite a pascolo. Attualmente le particelle su cui si svilupperà l'intervento proposto risultano destinate alla coltivazione di specie erbacee (prevalentemente sulla, avena, prato e pascolo).

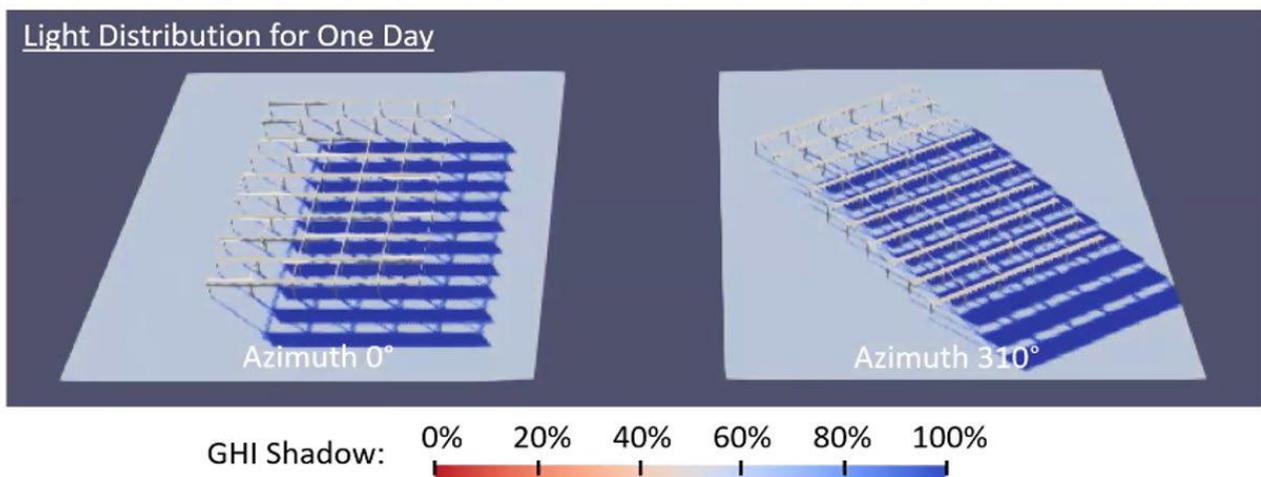
## 4. Progetto Agrivoltaico

La progettazione di un impianto agrivoltaico parte dall'analisi combinata dell'esigenze agronomico-colturali con quelle tecnologico-energetiche dell'installazione fotovoltaica, per addivenire ad un progetto finale che valorizzi le rese di entrambe le componenti, nel rispetto dell'ambiente in cui si inserisce e delle relative risorse.

### 4.1. Componente fotovoltaica

Per la scelta della soluzione tecnica da impiegare nel presente progetto si è optato dove l'orografia e le condizioni generali lo consentono, si è optato per l'utilizzo di moduli di nuova generazione, posizionati su sistemi di supporto ad inseguimento (*tracker*), in ragione del fatto che:

- consentono di coltivare la superficie interessata dall'installazione fotovoltaica, poiché non si creano zone d'ombra concentrata, grazie alla lenta rotazione da est a ovest permessa dal sistema ad inseguimento solare (**Figura 17**);
- il distanziamento utilizzato in questo tipo di progetti permette il passaggio delle normali macchine ed attrezzature agricole: a titolo di esempio, l'omologazione dei trattori consente una larghezza massima della macchina di 2,55 m e la distanza tra le file di pannelli, ancorché variabile, è superiore;
- è possibile regolare l'inclinazione dei tracker in relazione sia alle eventuali esigenze delle colture (in funzione dello stadio fenologico), sia alla necessità di effettuare operazioni colturali che richiedano il passaggio di attrezzi con altezza superiore alla minima distanza del pannello dal suolo.



25 | Source: Fraunhofer CSET | [https://www.youtube.com/watch?v=P\\_UC7g5sBbs](https://www.youtube.com/watch?v=P_UC7g5sBbs)

© Fraunhofer



Figura 21 Distribuzione della zona d'ombra sotto i pannelli durante il giorno. FCR CSET: Light Simulation for Agrivoltaics plant with azimuth of 0° and -30° (Central Chile).

Le strutture metalliche di supporto sono disposte lungo l'asse nord-sud su file parallele opportunamente distanziate tra loro di minimo 11 m (distanza palo-palo) al fine di ridurre gli effetti degli ombreggiamenti e consentire l'agevole passaggio delle macchine operatrici necessarie all'attività agricola. L'altezza del nodo di rotazione è pari a 2,188 m dal suolo.

L'utilizzo di pannelli su tracker garantirà un irraggiamento delle colture migliori rispetto ai sistemi fissi che comportano la presenza di parti di superficie costantemente ombreggiate. La scelta dei tracker consente di avere, nel momento di massima apertura -zenith solare- una fascia di larghezza superiore ai 6,65 m (**Figura 22**) completamente libera dalla copertura dei pannelli tra le stringhe (di seguito denominata gap).

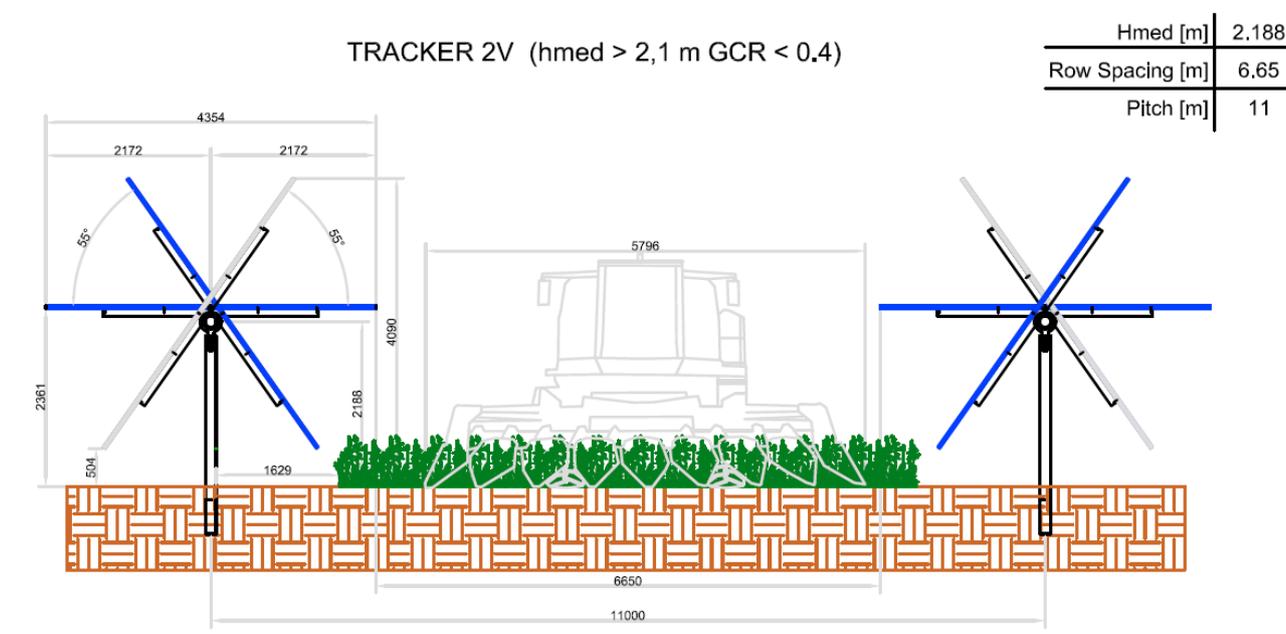


Figura 22- Schema impianto su Tracker

Ciascuna struttura è ancorata a supporti sorretti da pali infissi nel terreno senza l'utilizzo di plinti/fondazioni in cemento.

Prima e dopo il mezzogiorno, la superficie libera e conseguentemente la zona di ombra si modificherà in base all'inclinazione dei moduli (che varia in funzione della posizione del sole).

Il gap disponibile risulta quindi ampiamente sufficiente per le ordinarie attività agricole e per la movimentazione dei relativi mezzi meccanici.

Il progetto in esame prevede inoltre la realizzazione di una fascia compresa tra la recinzione perimetrale e i tracker fotovoltaici finalizzata a consentire un agevole spazio di manovra anche dei mezzi meccanici più ingombranti.

Il sistema fotovoltaico proposto con l'utilizzo di *pannelli fissi*, dove le condizioni orografiche non hanno consentito l'utilizzo dei tracker, avrà strutture metalliche di supporto disposte lungo l'asse nord-sud su file parallele con un pitch di 9,9 m che consente di ridurre gli effetti degli ombreggiamenti e rende agevole il passaggio delle macchine operatrici necessarie all'attività agricola. L'altezza è pari a 0,500 m dal suolo nel punto basso e 2,413 m nella parte alta.

L'utilizzo di pannelli fissi comporta la presenza di parti di superficie costantemente ombreggiate. La fascia libera per la coltivazione sarà di larghezza pari a 5,910 m (**Figura 23**) completamente libera dalla copertura dei pannelli tra le stringhe (di seguito denominata gap).

Installazione 2V FISSO AGRO (hmin=0,5)

(\*) NOTE: il pitch è funzione del tilt  
 con tilt = 23° pitch = 10.1 m  
 con tilt = 30° pitch = 9.5 m

Hmin [m]	0.5
Row Spacing [m]	5.96
Pitch [m]	9.9
Tilt [°]	26°

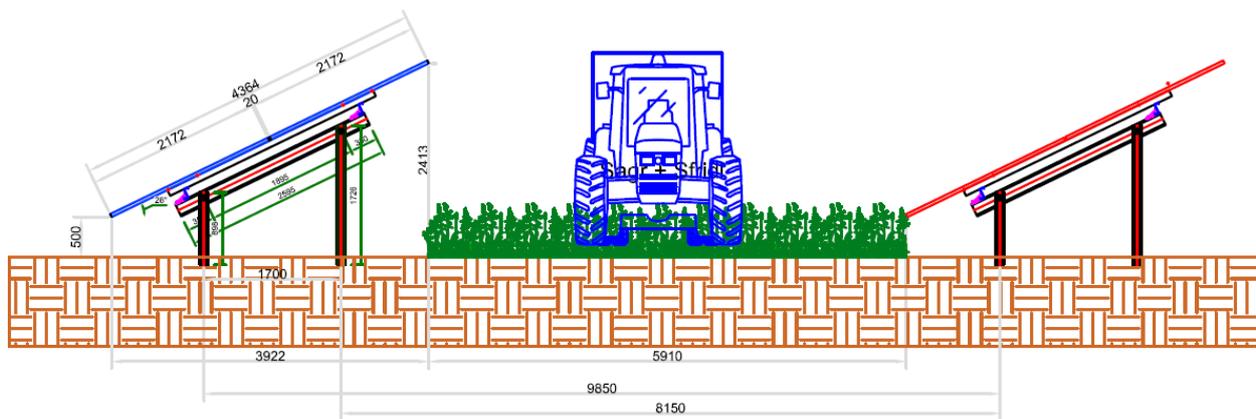


Figura 23 - - Schema impianto su strutture fisse

L'utilizzo di entrambe le soluzioni tecnologiche consente la realizzazione di un impianto che sfrutta al meglio le caratteristiche intrinseche e caratterizzanti dei luoghi ove si va a collocare, senza modificarne o alterarne le specifiche che lo caratterizzano esaltando l'attuale produttività e mantenendo l'indirizzo produttivo evitando di impiantare colture e tecniche colturali mai praticate prima che potrebbero portare ad uno stravolgimento delle condizioni di coltivazione compromettendone il delicato equilibrio che negli anni si è raggiunto.

## 4.2. Componente agronomica

Al fine di soddisfare la salvaguardia dei servizi ecosistemici, il fabbisogno di energia da fonti rinnovabili e la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica agropastorale locale, si prevede che l'intera superficie interessata dai pannelli sia destinata alla **semina di un prato-pascolo polifita stabile** per il pascolamento libero degli ovini (prato-pascolo) ed erbai di graminacee per fienagione alternati a sulla (*Hedysarum coronarium* L. - leguminosa miglioratrice)

### 4.2.1. Proposta progettuale

Le superfici oggetto di studio sono attualmente destinate alla coltivazione di specie per l'alimentazione animale, nonché al pascolamento libero dei capi allevati per la produzione di latte.

Il presente progetto propone:

- A. il miglioramento delle superfici a seminativo con la gestione turnata dei fondi;
- B. il mantenimento ed il miglioramento delle superfici a pascolo permanente.

La gestione dei seminativi in rotazione di graminacee con leguminose **(A)** garantirà:

- il mantenimento della fertilità naturale del suolo dopo anni di coltivazione di specie depauperanti;

- il miglioramento della micro/macro porosità, della capacità di ritenzione idrica e del microbiota naturali del suolo attraverso la tecnica del minimum tillage;
- la riduzione della compattazione degli strati più superficiali del terreno causata dal ricorrente passaggio dei mezzi impiegati nelle lavorazioni dei fondi rustici con le tecniche tradizionali.

Il miglioramento ed il mantenimento delle superfici già investite a pascolo permanente garantiscono:

- l'aumento delle superfici pascolive nella disponibilità dei capi attualmente allevati in azienda;
- l'aumento della qualità e della quantità di foraggio fresco nella disponibilità dei capi che pascolano le superfici.

#### 4.2.2. Scelta delle specie (prato pascolo)

Per il popolamento erbaceo si ipotizza un mix di **60% leguminose e 40% graminacee**, al fine di mantenere una elevata biodiversità vegetale. Tale inerbimento favorisce una maggiore biodiversità microbica e della mesofauna del terreno, nonché quella della fauna selvatica che trova rifugio nel prato e contribuisce al miglioramento dei suoli in virtù delle proprietà anti-erosive del manto erboso, all'utilizzo di piante azotofissatrici e alla riduzione della diffusione di specie infestanti. Inoltre, si prevede un miglioramento della struttura del suolo in virtù degli apparati radicali fittonanti e molto sviluppati in profondità che sono capaci di sviluppare alcune specie designate (leguminose).

Il prato-pascolo permanente è definibile **polifita** poiché il mix da impiegare sarà composto da **cinque o più specie** - come già accennato appartenenti al patrimonio floristico spontaneo regionale, integrato con specie che possano conferire allo stesso anche un alto valore foraggero. La soluzione proposta, oltre ai vantaggi già elencati, favorisce la stabilità del biota e la conservazione/aumento della sostanza organica del terreno, poiché non prevede, per definizione, alcuna rotazione e lavorazioni annuali (come avviene invece nei seminativi tradizionali); allo stesso tempo, consente la produzione di foraggio verde utile al pascolamento. Il cotico erboso permanente consentirà infine un agevole passaggio dei mezzi meccanici che verranno utilizzati per la pulizia periodica dei pannelli fotovoltaici anche in condizioni di elevata umidità del suolo.

Tra le specie più adatte alle condizioni pedoclimatiche del sito in esame, nonché ad alto valore foraggero ed in linea con le essenze spontanee tipiche del territorio regionale, sono state selezionate le seguenti:

- **Trifoglio brachicalicino** (*Trifolium brachycalycinum* Katzn e Morley) cv. **Antas** (semi-tardiva) - 20%;
- **Trifoglio squarroso** (*Trifolium squarrosum* Savi) - 5%;
- **Erba medica polimorfa** (*Medicago polymorpha* L.) cv. **Anglona** (medio-tardiva) - 10%;
- **Meliloto d'India** (*Melilotus indicus* L.) - 5%;
- **Erba mazzolina** (*Dactylis glomerata* L.) cv. **Hyspanica** (di origine mediterranea) - 20%;
- **Loglio rigido** (*Lolium rigidum* Gaudin) cv. **Nurra** (selezionata in Sardegna) - 10%;
- **Orzo distico** (*Hordeum distichum* L.) - 10%.

Per le **leguminose** sono state selezionate specie appartenenti ai pascoli mediterranei, con varietà selezionate localmente, appartenenti prevalentemente ai **trifogli sotterranei** (*Trifolium subterraneum* L.), così chiamati per il loro geocarpismo<sup>2</sup> e all'**erba medica polimorfa** (molto diffusa e apprezzata nei pascoli sardi).

Tutte le specie identificate fan parte del gruppo delle leguminose annuali autoriseminanti le quali, grazie al loro ciclo congeniale ai climi mediterranei, alla loro persistenza in coltura (dovuta al fenomeno dell'autorisemina), all'adattabilità a suoli poveri (che arricchiscono grazie alla loro capacità di azotofissazione) e a pascolamenti continui e severi, sono chiamate a svolgere un ruolo importante in molte regioni Sud-europee, non solo come risorsa fondamentale dei sistemi prato-pascolivi, ma anche in utilizzazioni non convenzionali (ad esempio in sistemi multiuso: agrivoltaico, aree viticole, aree forestali).

Il manto vegetale - soprattutto quello dei trifogli che rappresentano nel loro insieme la percentuale maggiore del miscuglio - è per lo più contenuto in altezza, estremamente compatto, con il grosso della fitomassa vicina al suolo (5-15 cm), con foglie situate in alto e steli ed organi riproduttivi allocati in basso, e ben funzionante anche quando sottoposto a frequenti defogliazioni.

Ai trifogli brachialicino e ianninico è stata associata anche una piccola percentuale di trifoglio squarroso, di erba medica polimorfa e di meliloto d'india, anch'essi comuni della flora Sarda e idonei alle condizioni climatico-edafiche esistenti con ampi margini di tolleranza.

Il prato formato da queste specie risulta di lunga durata, capace di superare le estati siccitose e tollerare anche una condizione di semi-ombreggiamento dovuta alla coesistenza della coltura con i moduli fotovoltaici.

Per quanto concerne le graminacee sono state selezionate tre specie di caratteristiche sinergiche tra di loro e in consociazione con le leguminose. Nello specifico, il miscuglio ha previsto una piccola percentuale di orzo distico a ciclo annuale autunno-vernino, caratterizzato da germinazione precoce e crescita rapida (funzionale a instaurare una subitanea copertura al suolo con funzione anti-erosiva e coadiuvante all'insediamento del prato perennante ma privo di persistenza negli anni successivi a quello di semina), unitamente a erba mazzolina e loglio rigido.

L'erba mazzolina, in particolare (con specifico riferimento alla varietà mediterranea designata presenta insediamento lento, producendo cotici inizialmente non serrati, ma caratterizzata da pronto ricaccio, grande adattamento, lunga persistenza ed elevata produttività. Il loglio rigido, invece, è una graminacea annuale a ciclo autunno-primaverile dotata di buona persistenza, autoriseminante di grande capacità, con elevate produzioni foraggere.

Il cotico erboso derivante dal mix ipotizzato sarà caratterizzato da:

- biomassa in continua evoluzione e fioriture scalari durante tutto il periodo di pascolamento delle greggi;
- sfruttamento di tutta la colonna di terra per la radicazione, avendo le varie specie diverse caratteristiche degli apparati radicali;
- scarsa competitività delle varie essenze l'una con le altre in termini di risorsa idrica e nutrienti, nonché capacità di alcune di arricchire il terreno favorendo lo sviluppo di altre;

<sup>2</sup> Il geocarpismo è la proprietà degli organi vegetali di alcune specie di piante di orientarsi verso il terreno al fine ad esempio di interrare i semi prodotti dai fiori.

- una buona capacità di risemina il che concorrerà a garantire una certa persistenza delle specie nel tempo, da gestire ad hoc con risemine e trasemine.

#### 4.2.3. Scelta delle specie (foraggiere da fienagione)

##### Sulla - *Hedysarum coronarium* L.

Famiglia: Leguminosae

Specie: *Hedysarum coronarium* L.

Altri nomi comuni: Lupinella selvatica, Lupinellone, Erba lupina, Guadarulio.

La sulla è una leguminosa appartenente alla tribù delle Hedysareae. È spontanea in quasi tutti i Paesi del bacino del mediterraneo, che viene pertanto ritenuto come il centro di origine della specie. L'Italia tuttavia, è l'unico Paese mediterraneo e della UE, ove la sulla viene sottoposta a coltivazione su superfici significative e dove viene inserita negli avvicendamenti colturali. Aree di nuova diffusione della coltura sono la Tunisia, la Spagna, il Portogallo, la parte occidentale del Nord America, l'Australia e la Nuova Zelanda; in quest'ultimo Paese la specie viene utilizzata prevalentemente per la produzione di insilato e come coltura di copertura per la conservazione del suolo.



Sulla - *Hedysarum coronarium* L. (foto24)



Fiore di Sulla (foto 25)

- Portamento semi-eretto
- Durata 12-18 mesi
- Buona tolleranza alla siccità ma non al freddo (muore a -6 / -8°)
- Grande adattabilità ai suoli pesanti e sodici
- Indicata per sovescio o rotazione tra cereali per i benefici che apporta in termini di strutturazione del suolo e arricchimento in azoto
- Buon potenziale e foraggio appetibile se sfalcato entro inizio fioritura

*Caratteri botanici:*

La sulla ha radice fittonante, unica nella sua capacità di penetrare e crescere anche nei terreni argillosi e di pessima struttura, come ad esempio le argille plioceniche. Gli steli sono eretti, alti da 0,80 a 1,50 m, grossolani sì da rendere difficile la fienagione, che rapidamente si significano dopo la fioritura. Le foglie sono imparipennate, composte da 4-6 paia di foglioline, leggermente ovali. Le infiorescenze sono racemi ascellari costituiti da un asse non ramificato sul quale sono inseriti con brevi peduncoli i fiori in numero di 20-40. i fiori sono piuttosto grandi, di colore rosso vivo caratteristico. La fecondazione è incrociata, assicurata dalle api. Il frutto è un lomento con 3-5 semi, cioè un legume che a maturità si disarticola in tanti segmenti quanti sono i semi; questo seme vestito si presenta come un discoide irto di aculei, contenente un seme di forma lenticolare, lucente, giallognolo. 1000 semi vestiti pesano 9 g, nudi 4,5. è spesso presente un'alta percentuale di semi duri. La pianta di sulla è molto acquosa, ricca di zuccheri solubili e abbondantemente nettariifera, per cui è molto ricercata dalle api.

*Esigenze ambientali e tecnica colturale:*

La sulla è resistente alla siccità, ma non al freddo: muore a 6-8 °C sotto zero. Quanto al terreno si adatta meglio di qualsiasi altra leguminosa alle argille calcaree o sodiche, fortemente colloidali e instabili, che col suo grosso e potente fittone riesce a bonificare in maniera insuperabile, rendendole atte ad ospitare altre colture più esigenti: è perciò pianta preziosissima per bonificare, stabilizzandole e riducendone l'erogazione, le argille anomale dei calanchi, delle crete, ecc. La sulla è un'ottima coltura miglioratrice, per cui si inserisce tra due cereali. La semina in passato di solito si faceva in bulatura, in autunno con 80-100 Kg/ha di seme vestito, o in primavera con 20-25 Kg/ha di seme nudo. Attualmente una tecnica d'impianto assai seguita è quella di seminare, a fine estate sulle

stoppie del frumento, seme nudo. Alle prime piogge la sulla nasce, cresce lentamente durante l'autunno e l'inverno e dà la sua produzione al 1° taglio, in aprile-maggio. Gli eventuali ributti, sempre assai modesti, possono essere pascolati prima di lavorare il terreno per il successivo frumento. Se il terreno non ha mai ospitato questa leguminosa ed è perciò privo del rizobio specifico, non è possibile coltivare la sulla, che senza la simbiosi col bacillo azotofissatore non crescerebbe affatto o crescerebbe stentatissima. In tal caso è necessario procedere all'"assullatura", inoculando il seme al momento della semina con coltura artificiali del microrganismo.

*Varietà e utilizzazione*

Il sullaio produce un solo taglio al secondo anno, nell'anno d'impianto e dopo il taglio fornisce solo un eccellente pascolo. L'erba di sulla è molto acquosa (circa 80-85%) e piuttosto grossolana: ciò che ne rende la fienagione molto difficile. Le produzioni di fieno sono variabilissime, con medie più frequenti di 4-5 t/ha. Il foraggio si presta bene ad essere insilato e pascolato. Un buon fieno di sulla ha la seguente composizione: s.s. 85%, protidi grezzi 14-15% (su s.s.), U.F. 0,56 per Kg di s.s. Attualmente vi sono quattro varietà iscritte al registro nazionale: "Grimaldi", "Sparacia", "Bellante" e "S. Omero"

**Loietto italico o Loiessa - *Lolium multiflorum* Lam.**

Famiglia: Poaceae o Gramineae o Graminaceae

Specie: *Lolium multiflorum* Lam.

Sinonimo: *Lolium italicum* L.

Altri nomi italiani: Loiessa

Il *Lolium multiflorum* L. (nomi comuni: loietto italico, loiessa) è una graminacea di origine mediterranea; la loiessa è stata introdotta in coltura proprio in Italia, nella Valle padana, da cui si è diffusa in Europa ed anche in

altri continenti, divenendo una delle graminacee di maggior impiego



Loietto italico - Loiessa - *Lolium multiflorum* Lam. (foto [www.agraria.org](http://www.agraria.org)) (foto 26)

#### *Caratteri botanici*

Specie annua o biennale, alta 40-100cm, a cespi eretti che non fanno tappeto, si differenzia dal loietto perenne per il maggior vigore, per le foglie più larghe con orecchiette e ligule più pronunciate, e per le spighe aristate. Accanto a forme tipicamente annuali indicate per erbai, esistono forme biennali adatte anche per prati di breve durata.

#### *Esigenze ambientali e tecnica culturale:*

Le caratteristiche salienti del loietto italico sono, la rapidità di insediamento e aggressività che lo portano a dominare nei miscugli, precocità di produzione, scarsa resistenza al freddo, attitudine a rispiegare ripetutamente con conseguente facilità di disseminazione a vantaggio della persistenza della coltura. Talvolta viene consociato con il trifoglio violetto; più spesso nei prati irrigui, con il trifoglio bianco, ma in genere tende a prendere il sopravvento sulle leguminose. Per questo nei miscugli polifiti, dove la loiessa viene di solito impiegata per rinforzare il primo ciclo produttivo, conviene limitarla nella quantità. Si adatta al pascolamento meno del loietto inglese.

#### *Varietà e utilizzazione*

Le numerose varietà oggi disponibili (circa 250 in Europa, di cui 54 iscritte al Catalogo italiano) provengono dai più disparati Paesi, coprono una gamma di precocità di circa 2 settimane, e si distinguono in alternative e non alternative. Alcune sono tetraploidi.

***Avena - Avena sativa L. e Avena byzantina C. Koch.***

Classe: Monocotyledones

Ordine: Glumiflorae

Famiglia: Graminaceae (Gramineae o Poaceae)

Tribù: Aveneae

Genere: Avena

Specie: sativa L. (avena comune) - byzantina C. Koch. (avena rossa)

Nel Mondo si coltivano circa 15 milioni di ettari di avena con una produzione di quasi 26 milioni di tonnellate di granella: l'avena è al 7° posto nella graduatoria dei cereali, ma con una generale tendenza alla diminuzione. In Italia la superficie è scesa da 500.000 ettari nel 1948 a circa 150.000. La generale, spettacolare regressione dell'avena in Italia e nel mondo è dovuta alla diminuzione degli allevamenti equini, alla minor produttività dell'avena in Unità Foraggiere rispetto all'orzo, ai limiti d'impiego dell'avena nei mangimi bilanciati causati dall'alto contenuto di cellulosa della granella (che è abbondantemente vestita). L'avena si trova ancora soprattutto diffusa nelle regioni meridionali d'Italia dove forse più per spirito di tradizione che di razionalità non cede il posto a cereali che potrebbero convenientemente sostituirla (frumento e orzo). Tuttavia l'avena presenta un innegabile vantaggio, importante, in avvicendamenti sfruttanti: che è meno sensibile del frumento e dell'orzo al mal del piede e alla septoriosi. L'avena, oltre che cereale la cui granella è la "biada" per eccellenza e viene consumata in vario modo anche dall'uomo, è coltura foraggera molto importante sotto forma di erbaio.



Avena - Avena sativa L. (foto [www.agraria.org](http://www.agraria.org))- (foto 27)

*Caratteri botanici*

Il 90% circa delle forme coltivate sulla Terra è da ascrivere alla specie Avena sativa (o **avena comune**), il restante quasi esclusivamente ad Avena byzantina (o **avena rossa**). Specie progenitrice dell'A. sativa sarebbe l'Avena fatua, dell'A. byzantina, l'A. sterilis. Queste specie selvatiche dell'A. fatua e A. sterilis sono temibilissime erbe infestanti.

L'avena presenta un apparato radicale di sviluppo notevole, superiore agli altri cereali per profondità ed espansione; culmi robusti, costituiti da un numero di nodi in genere superiore a quello degli altri cereali del gruppo; foglie con lamina larga, verde bluastrò, con ligula sviluppatissima, mentre le agricole mancano. L'infiorescenza è un pannicolo tipico, spargolo, con numerose ramificazioni portanti spighette con due (meno frequentemente tre) fiori; le cariossidi a maturazione sono vestite; le glumelle talora sono ristate, con caratteristica resta ginocchiata, inserita sul dorso della giumenta stessa. La fecondazione è autogamia. Il peso di 1000 semi si aggira sui 25-35 grammi, quello dell'ettolitro su 40-60 Kg. Il valore nutritivo è alquanto basso a causa della notevole quantità di fibra: in media 0,7 UF/Kg.

#### *Esigenze ambientali:*

L'avena ha i consumi idrici più alti di tutti i cereali, escluso il riso, per cui è particolarmente suscettibile al danno del caldo e del secco, specialmente durante la granigione: è per questo che è specie ben adatta ai climi freschi e umidi. Delle due specie l'A. byzantina sopporta la siccità e le alte temperature molto meglio dell'Avena sativa, per cui le troviamo distribuite in ambienti nettamente differenziati: nei climi (Mediterraneo, Medio Oriente) la byzantina, in quelli freschi (Centro e Nord Europa) la sativa. Anche le avene selvatiche che si trovano a infestare i cereali hanno habitat differenziati: nell'Italia settentrionale predomina l'A. fatua, in quella Centro meridionale l'A. sterilis. L'avena è pochissimo resistente al freddo, per cui quasi tutta l'avena del mondo è coltivata in semina primaverile, con l'eccezione dei climi caldo-aridi dove si semina in autunno. Temperature minime dell'ordine di -10°C sono fatali per le varietà primaverili, mentre per quelle autunnali la soglia è di -14°C. Quanto al terreno l'avena è molto più adattabile di ogni altro cereale: a terreni magri o sub-acidi, molto compatti o molto sciolti (purché in questi l'umidità non manchi), troppo soffici perché ricchi di sostanza organica mal decomposta (quindi ottima su dissodamento di lande, boschi, prati, ecc.). È meno adattabile del frumento alla salinità del terreno. Essendo molto resistente al mal del piede, l'avena si adatta bene ai ristoppi.

#### *Varietà*

I principali obiettivi del miglioramento genetico dell'avena sono la resistenza all'allettamento, per forzare la concimazione azotata, e al freddo, per poter fare la semina autunnale. Il miglioramento genetico dell'avena non è stato in Italia sviluppato come quello del frumento. Pertanto poche e ancora non soddisfacenti sono le varietà italiane oggi disponibili; la maggior parte delle varietà di avena iscritte al Registro nazionale sono straniere, di provenienza Nord-europea: ma queste, essendo selezionate in Paesi nordici dove la semina è sempre primaverile, non resistono al freddo e quindi non si prestano a semine autunnali, e per di più sono inaccettabilmente tardive.

#### *Tecnica colturale:*

La semina autunnale va fatta anticipata rispetto al frumento e allo stesso orzo: quindi in ottobre; quella primaverile, in marzo-aprile. La quantità di seme più consigliabile è di 120-150 Kg/ha, adottando le densità inferiori nel caso di semine precoci. La concimazione azotata va commisurata, oltre che alla fertilità, del terreno e al clima, alla resistenza all'allettamento delle varietà impiegate. Le dosi massime applicabili alla cv. Ava, sono di 60-80 Kg/ha di azoto; sulle altre varietà, più allettabili, 30-40 unità sono il massimo che si può dare. La risposta dell'avena alla

concimazione azotata è ancora più spettacolare che negli altri cereali. Il diserbo ricalca quello del frumento (ovviamente con esclusione degli avenicidi).

#### *Raccolta e utilizzazione*

Con buone cultivar si possono raggiungere, in ottime condizioni, 4-5 t/ha. Buone sono da considerare rese di 3,5-4 t/ha. Si consideri che la granella nel migliore dei casi, cioè di regolare riempimento delle cariossidi, è costituita per il 25-30% dalle giumelle che le rivestono: nel caso molto frequente che la granigione sia stata ostacolata dalla deficienza di acqua, la quota di rivestimento può aumentare anche di molto oltre le percentuali indicate.

#### *Avversità e parassiti:*

Le principali avversità non parassitarie sono le seguenti: il gelo invernale che quando arriva presto o bruscamente, può provocare la distruzione delle semine d'autunno; l'allettamento al quale la maggior parte delle varietà disponibili non resiste in maniera soddisfacente; la stretta, frequente data la tardività della specie e i suoi elevati consumi idrici, tuttavia l'effetto "stretta" non è percepito in tutta la sua gravità, dato che la granella è vestita. Le principali avversità parassitarie dell'avena sono il carbone (*Ustilago avenae*), le ruggini (*Puccinia coronata avenae* e *P. graminis avenae*), l'oidio (*Erysiphe graminis*) e i nematodi: *Ditylenchus dipsaci* o anguillula dei culmi, e *Heterodera avenae* o anguillula delle radici. Contro le malattie crittogamiche bisogna puntare sulla resistenza genetica; contro i nematodi non c'è che da evitare di far tornare l'avena di seguito sullo stesso campo.

### **Trifoglio sotterraneo - *Trifolium subterraneum* L.**

Famiglia: Leguminosae

Specie: *Trifolium subterraneum* L.

Il trifoglio sotterraneo, così chiamato per il suo spiccato geocarpismo, fa parte del gruppo delle leguminose annuali autoriseminanti che comprende anche altre specie appartenenti ai generi *Trifolium* e *Medicago*. Grazie al suo ciclo congeniale ai climi mediterranei, alla sua persistenza in coltura dovuta al fenomeno dell'autorisemina, all'adattabilità a suoli poveri (che fra l'altro arricchisce di azoto) e a pascolamenti continui e severi, il trifoglio sotterraneo è chiamato a svolgere un ruolo importante in molte regioni Sud-europee, non solo come risorsa fondamentale dei sistemi prato-pascolivi, ma anche in utilizzazioni non convenzionali, ad esempio in sistemi multiuso in aree viticole o forestali. Per tali motivi attualmente va considerato come una leguminosa emergente. Originario del bacino del mediterraneo e delle aree costiere dell'Europa occidentale, dove si spinge fino all'Inghilterra, è diffuso, come componente dei pascoli naturali, su oltre 17,5 milioni di ettari. È presente anche nell'Australia meridionale, dove fu introdotto casualmente nel XIX secolo, e qui il trifoglio sotterraneo ha assunto la massima diffusione, interessando circa 20 milioni di ettari. In Italia il trifoglio sotterraneo, come le altre leguminose autoriseminanti, è ancora immeritabilmente sottovalutato. La sua area di coltura (escludendo gli infittimenti) è stimata in appena 15.000 ha, per l'80% situati in Sardegna e per la restante parte nell'Italia centro-meridionale, dalla Toscana alla Sicilia. La notevole diversità di forme biologiche porta oggi a inquadrare sistematicamente il trifoglio in tre distinte specie: - **Trifoglio sotterraneo** (*T. subterraneum* L.), il più diffuso, il

meno sensibile al freddo, il più adatto a terreni acidi e sciolti, il più attivo nell'interramento dei semi; - **Trifoglio brachicalicino** (*T. brachycalycinum* Katzn e Morley), più adattabile ai terreni subalcalini e argillosi, caratterizzato da scarsa penetrazione degli organi riproduttivi nel terreno; - **Trifoglio ianninico** (*T. yanninicum* Katzn e Morley), adatto a zone umide, limitatamente diffuso nell'Europa Sud-orientale e, sporadicamente, in Sardegna. Recentemente è stata identificata anche una quarta specie, da considerare minore: *T. israeliticum* D. Zoh e Katzu.



Trifoglio sotterraneo - *Trifolium subterraneum* L (foto 28)

#### *Caratteri botanici*

Il trifoglio sotterraneo è una leguminosa autogamica, annuale, a ciclo autunno-primaverile, di taglia bassa (15-30 cm) con radici poco profonde, steli striscianti e pelosi, foglie trifogliate provviste di caratteristiche macchie (utili per il riconoscimento varietale), peduncoli fiorali che portano capolini formati da 2-3 fiori di colore bianco che, dopo la fecondazione, si incurvano verso il terreno e lo penetrano per qualche centimetro, deponendovi i legumi maturi (detto “glomeruli”) che, molto numerosi, finiscono per stratificarsi abbondantemente entro e fuori terra. Il manto vegetale è singolarmente molto contenuto in altezza ed estremamente compatto, con il grosso della fitomassa appressato al suolo (5-10 cm), con foglie situate in alto e steli ed organi riproduttivi allocati in basso, e ben funzionante anche quando sottoposto a frequenti defogliazioni. I glomeruli contengono semi subsferici di colore bruno (lilla in certe varietà). Alla maturazione, la percentuale di semi duri è rilevante (da 65 a 90% a seconda delle cultivar) ma, dopo le forti escursioni termiche estive, tale percentuale si riduce al 20-30%. La proporzione di semi duri è molto importante per il futuro della coltura: se è troppo alta, si rischia di compromettere l'autorisemina del primo anno; se è troppo bassa, si rischiano “false partenze”, per l'esaurimento di tutti i semi germinabili alle prime piogge autunnali, con conseguente compromissione delle successive nascite, peraltro molto utili in caso di fallimenti per ritorni di siccità. In genere il tasso di semi duri deve essere tanto maggiore quanto più gli ambienti sono aridi e più accentuati sono gli sbalzi termici. La perdita di durezza può avvenire anche in maniera rapida per effetto del passaggio del fuoco (di qui gli incendi pastorali appositamente attuati per arricchire i pascoli di leguminose).

La persistenza del trifoglio sotterraneo è strettamente legata al destino dei semi prodotti e alla dinamica dello stock

dei semi nel suolo. Naturalmente, il destino dei semi è condizionato da molti fattori, fra i quali appaiono preminenti, la durezza iniziale (in genere maggiore nelle varietà precoci), il grado di approfondimento dei glomeruli nel terreno (minore nel tipo brachicalicino), le dimensioni dei semi (quelli piccoli germinano prima in quanto richiedono meno acqua); la presenza di insetti predatori. In genere, in condizioni di corretta gestione, il tasso di autorisemina (rapporto fra il n. di piantine presenti in autunno e il n. di semi prodotti nell'estate precedente) tende ad aumentare nei primi 3-4 anni per poi diminuire negli anni successivi.

*Esigenze ambientali e tecnica colturale:*

Il trifoglio sotterraneo è una tipica foraggera da terreni acidi (con le differenze già dette per le diverse specie) e da climi mediterranei caratterizzati da estati calde e asciutte e inverni umidi e miti (media delle minime del mese più freddo non inferiori a +1 °C). Nella sua forma tipica (*T. subterraneum* L.), è specie particolarmente eliofila e quindi assai sensibile all'ombreggiamento delle graminacee, ma spesso anche alla competizione intraspecifica che si instaura quando non viene adeguatamente utilizzato. In pratica sono proprio le modalità di utilizzazione a condizionare la sua persistenza. È stato riscontrato che Lai, CGR, di produzione areica di sostanza secca, e produzione di seme aumentano quando il trifoglio viene pascolato (preferibilmente con ovini) in maniera continua e severa, anche durante il periodo di fioritura (che, contrariamente a quanto ritenuto in passato, non richiede una sospensione, ma solo un piccolo alleggerimento del carico) e, talvolta, anche in estate quando il calpestamento degli animali può favorire l'autorisemina per il miglior interrimento dei glomeruli. In genere il trifoglio sotterraneo viene avvicendato a cereali e mantenuto in coltura per 3-5 anni. Talvolta (ma raramente in Italia), non vi è bisogno di riseminarlo dopo il cereale, è il caso del sistema del "ley-farming" australiano che consiste nel far seguire a 3-4 anni di trifoglio sotterraneo, un cereale per 1-2 anni e nel lasciare poi che il pascolo a trifoglio si rigeneri spontaneamente ad opera dei semi duri accumulatisi nel suolo. Più frequentemente il trifoglio sotterraneo è usato per infittire, o costituire ex novo, pascoli permanenti fuori rotazione di durata indefinita. L'impianto come pascolo monofita viene effettuato in autunno eseguendo lavorazioni poco profonde e impiegando, in genere a spaglio, 25-35 Kg/ha di seme, previo controllo della presenza del rizobio specifico, che altrimenti va inoculato. In certi casi, per migliorare la stabilità produttiva, si impiegano miscugli di varietà di diverse precocità. Consociazioni con *Lolium rigidum* (graminacea annuale autoriseminante) o con *Phalaris aquatica* (perenne) possono essere attuate per meglio utilizzare l'azoto prodotto dal trifoglio, ma, ad evitare il sopravvento delle graminacee, occorrono utilizzazioni frequenti. Per prolungare il pascolamento a quasi tutto l'anno, sono state provate con successo consociazioni con specie a offerta estiva come "warm season grasses" o arbusti (es. *Morus alba*). Un altro modo di impiantare il trifoglio sotterraneo è dato dalla tra semina diretta in cotici degradati, da attuare a spaglio, con le stesse dosi di seme usate per la coltura pura, all'inizio dell'autunno. Talvolta, subito dopo la tra semina, conviene far pascolare i residui del cotico pre-esistenti, allo scopo di facilitare con il calpestamento il contatto dei semi con il suolo e di ridurre la competizione iniziale. La non trascurabile fissazione di azoto (valutata da diversi autori, fra i 100 e i 200 Kg/ha all'anno) consiglia di non somministrare questo elemento. Sono invece molto utili apporti fosfatici, purché non troppo abbondanti (40-60 Kg/ha) onde evitare l'eccessivo sviluppo del trifoglio con

conseguente esagerata immissione di azoto ed esasperato ombreggiamento da parte delle graminacee spontanee. In Spagna vengono indicate dosi di equilibrio anche inferiori a 30 Kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Il trifoglio sotterraneo fornisce di solito ragguardevoli quantità di seme (0,3-1,0 t/ha) che, con l'interramento, formano un'abbondante coltre nei primi strati del suolo. La raccolta comporta l'uso di speciali macchine pneumatiche che aspirano i glomeruli dal suolo. La presenza di alcuni insetti può portare a consistenti riduzioni delle rese e, talvolta, compromettere la stessa autorisemina. Attualmente non esistono in Italia gravi avversità per il trifoglio sotterraneo. In Australia sono però temibili: *Kabatiella caulivora*, *Phytophthora clandestina* e *Pythium irregolare*.

*Varietà e utilizzazione:*

In Italia non esiste un Registro Ufficiale delle varietà di trifoglio sotterraneo. Attualmente, le varietà reperibili sul mercato sono in prevalenza australiane: le più diffuse sono: per il trifoglio sotterraneo “Geraldton” (precoce), “Seaton Park” (semi-precoce), “Woogenellup” (media), “Mount Barker” (semi-tardiva), “Leura” (da materiale sardo, tardiva); per il brachicalicino: “Clare” (media); per lo ianninico: “Trikkala” (da germoplasma greco, semi-precoce). Non sempre il materiale australiano è di perfetto adattamento ai nostri ambienti. Più promettenti appaiono le cv. Spagnole di trifoglio sotterraneo “Orellana” (precoce) e “Areces” (media) e quelle di trifoglio brachicalicino “Valmoreno” (semi-tardiva) e “Gaitan” (tardiva). Ancora più adatte le recenti cultivar italiane ottenute in Sardegna, come “Losa” (semi-precoce), “Campeda” (media) e “Limbara” (semi-tardiva) per il trifoglio sotterraneo, e “Antas” (semi-tardiva) per il trifoglio brachicalicino. Altre azioni di miglioramento sono condotte in Sicilia e nell'Italia centrale. L'orientamento del miglioramento genetico è verso tipi dotati di: resistenza al freddo, crescita invernale, rapido insediamento, precocità differenziata, elevata produzione di seme, equilibrato contenuto in semi duri per avere nel contempo una rapida autorisemina e una stabile banca di semi nel suolo. Più recentemente, ad opera dell'Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere sono state selezionate linee di ridotto vigore ed elevata fittezza adatte ad usi non convenzionali (inerbimenti tecnici). Il pascolamento, specie se continuo e intenso, è la forma di utilizzazione più congeniale al trifoglio sotterraneo. Per non compromettere l'insediamento, non deve iniziare prima di 3-4 settimane dal reinsediamento autunnale, ma successivamente può continuare, come già detto, fino all'estate. La resa delle colture monolite varia da 4 a 8 t di s.s./ha, in cui sono da aggiungere 0,1-0,4 t di glomeruli pascolabili. Certe varietà ad alto contenuto di estrogeni (principalmente formononetina, appartenente al gruppo degli isoflavoni) possono compromettere la fecondità degli animali, ma il miglioramento genetico ha ormai ridimensionato il problema. Per la sua eccezionale plasticità, il trifoglio sotterraneo, al pari di altre leguminose annuali autoriseminanti, trova ampi spazi di impiego anche in utilizzazioni non convenzionali. Ad esempio: come cover crop in impianti arborei o vigneti, il ciclo delle cultivar più precoci, ideale per il controllo dell'erosione in autunno-inverno e per l'azione mulching (copertura del suolo con residui vegetali secchi) in estate, appare del tutto indipendente da quello della vite, inoltre, nel periodo di dormienza di questa, è possibile il pascolamento da parte degli ovini, con un non trascurabile valore aggiunto nel quadro di sistemi multiuso viticoli-pastorali; come cover crop in avvicendamenti fra colture erbacee (ad esempio mais-girasole) per migliorare la sostenibilità e conservare, con limitati input, la fertilità del suolo; per inerbimenti di bande parafuoco in aree forestali, per limitare le perdite

di suolo e, con il pascolamento, ridurre i rischi di incendio; per la costituzione di cotici sotto copertura forestale per consentire agli animali di tenere pulito e meno combustibile il sottobosco, per la maggiore resistenza all'ombreggiamento, a questo ruolo sembra particolarmente adatto il trifoglio brachicalicino.

### **Veccia - *Vicia sativa* L.**

Famiglia: Leguminosae – Papilionaceae

Specie: *Vicia sativa* L.

Nomi comuni: Veccia, Veccia dolce, Veccia comune.



Veccia - *Vicia sativa* L. (foto [www.agraria.org](http://www.agraria.org)) (foto 29)

Oltre alla sottospecie nominale, sono presenti in Italia diverse sottospecie, tutte collegate da intermedi ed ibridabili fra loro:

- *Vicia sativa* subsp. *amphicarpa* (Dorthes) Batt.
- *Vicia sativa* subsp. *cordata* (Hoppe) Batt.
- *Vicia sativa* subsp. *incisa* (M. Bieb.) Arcang.
- *Vicia sativa* subsp. *macrocarpa* (Moris) Arcang.
- *Vicia sativa* subsp. *nigra* (L.) Ehrh.

La sottospecie nominale comprende inoltre numerose varietà ed ecotipi, che si differenziano fra loro per la forma e le dimensioni delle foglie, il colore e la grossezza dei semi, la rapidità di sviluppo e la precocità della ripresa primaverile.

#### *Caratteri botanici*

Pianta alta 10-80 cm con fusti ascendenti generalmente con peli appressati. Le foglie sono di 4-7 cm con 10-14 (raramente 8-16) segmenti obcuneati o quasi lineari di 5-6 x 10-13 (raramente 1 x 12 mm), mucronati, all'apice generalmente tronchi o retusi. È presente un cirro ramoso; le stipole sono dentate, generalmente con una chiazza scura. I fiori sono isolati oppure a 2 (raramente 4), subsessili all'ascella delle foglie superiori; il calice ha fauce perpendicolare all'asse e denti subeguali; la corolla è purpureo-violacea. Il legume è di 35-68 x 6-9 mm, da bruno a nero, lineare-oblungo, compresso, ristretto tra i semi, glabro o più o meno pubescente, con margini cigliati. Contiene 4-9 semi (ma anche 12), oblungo-ellissoidi o subcubici, di 4-5 mm, leggermente compressi, lisci, di colore bruno-scuro o nerastri a maturazione; ilo occupante 1/6-1/5 della circonferenza e strofioli non sempre evidenti. Si propaga per seme. Il peso di 1000 semi variabile dai 40 ai 120 g. T scap - Terofite scapose Antesi: marzo-giugno.

#### 4.2.4. Operazioni colturali

Le operazioni necessarie alla messa in atto della proposta progettuale cominceranno verosimilmente appena ultimata la fase di posa dei moduli fotovoltaici, riassumibili come di seguito:

- 1- concimazione;
- 2- lavorazione superficiale;
- 3- semina.

La **concimazione d'impianto** (1) verrà effettuata apportando al terreno una quantità massima di 90 kg/ha di unità di fosforo totale, mediante spandiconcime granulare. In virtù del fatto che le superfici sono già attualmente soggette parzialmente a pascolamento post raccolta delle specie da foraggio, si ipotizza che l'apporto di potassio non supererà i 50 kg/ha. Tale elemento è infatti ampiamente restituito al terreno attraverso le deiezioni e le orine degli animali che vi pascolano. Non è prevista concimazione azotata in quanto l'equilibrio di tale elemento nel terreno sarà garantito dal fatto che il mix di essenze foraggere scelto comprende specie azotofissatrici (leguminose). La **lavorazione meccanica superficiale** (2) consisterà in un'erpatura leggera (5-15 cm), al fine di sminuzzare le zolle superficiali, rendere piana la superficie dell'arativo ed interrare il concime minerale precedentemente distribuito, predisponendo così il terreno alla successiva semina. Tale lavorazione verrà eseguita da un erpice a dischi indipendenti di modeste dimensioni (3 metri circa) trainato da trattore anch'esso di modeste dimensioni (larghezza di 1,65 metri circa - tipologia da frutteto): la scelta di tali macchine si rende necessaria al fine di garantire un agevole passaggio tra le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici.

La **semina** (3) delle essenze foraggere - vedasi **paragrafo 4.2.2** - avverrà nel mese di settembre mediante seminatrice da frumento (con una densità di semina di 80 kg/ha). L'epoca di semina è ipotizzata in settembre - mese ottimale per la semina del prato stabile in considerazione della zona designata per l'intervento, caratterizzato da un clima mediterraneo con inverni miti, che possono consentire una buona germinazione autunnale anche per le leguminose.

Mantenimento del prato pascolo:

- 4- strigliatura;
- 5- semina.

La **strigliatura** (4) verrà effettuata con l'utilizzo di attrezzo strigliatore o erpice a catena al fine di migliorare l'aerazione superficiale del suolo, consentendo inoltre di spargere le feci dei capi ovini che pascolano le superfici in modo da evitare eccessi e carenze nutritive nelle varie zone e favorendo l'assimilazione delle stesse da parte del terreno.

La **semina** (5) delle essenze foraggere - vedasi **Capitolo 4.2.2** - avverrà nel mese di settembre mediante seminatrice da frumento (con una densità di semina di 80 kg/ha). L'epoca di semina è ipotizzata in settembre - mese ottimale per la semina del prato stabile in virtù considerazione della zona designata per l'intervento, caratterizzato da un clima mediterraneo con inverni miti, che possono consentire una buona germinazione autunnale anche per le leguminose.

#### 4.2.5. Gestione delle superfici

Il prato permanente destinato al pascolo è un'entità biologica quasi sempre inizialmente eterogenea per la diversità delle piante componenti, ma che varia nel tempo in base all'insieme delle condizioni ambientali e antropiche e, in particolare, alle modalità di utilizzazione da parte del bestiame (più o meno ben controllato e gestito).

Tra le operazioni previste per il mantenimento del manto erboso si ipotizza una **trasemina** al terzo anno, impiegando una quantità di seme dimezzata rispetto a quella utilizzata alla semina di impianto. Tale pratica consiste l'apporto periodico di un'ulteriore quantità di sementi per rivitalizzare il prato e ristabilizzarne la qualità e la quantità in percentuale di ogni specie impiegata. Il mix sarà stabilito sulla base dei risultati del monitoraggio agro pastorale. Sempre in riferimento ai dati raccolti con il monitoraggio, ci si riserva la possibilità di ricorrere a lavorazioni più profonde quali l'**arieggiatura**, da effettuare con ripper o ripuntatore, al fine di decompattare meccanicamente il suolo, aumentandone l'arieggiamento e la capacità di infiltrazione delle acque.

La composizione floristica dei pascoli e, conseguentemente, il loro valore foraggero, è infatti molto variabile non solo in dipendenza delle condizioni ambientali, ma anche della modalità di sfruttamento. Accanto a pascoli caratterizzati da residui secchi erbacei di vegetazioni precedenti, la cosiddetta necromassa (spesso ricca di infestanti ed il cui decadimento è anche dovuto alla mancata od errata utilizzazione per un insufficiente carico di bestiame), ne esistono altri degradati a seguito del sovraccarico di bestiame e del sovra pascolamento protratto nel tempo, che non permette la ricostituzione del cotico erboso. In particolare, il sovra pascolamento può portare ad un continuo e sistematico impoverimento delle specie più appetite e alla diffusione di quelle di minor pregio o addirittura infestanti/dannose. Gli animali esercitano una notevole pressione sulle essenze da essi maggiormente gradite, pascolandole con intensità superiore, mentre utilizzano in minima parte le essenze non pabulari: ciò determina una propagazione eccessiva di queste ultime a discapito delle prime. Il risultato di questo insieme di condizioni è il degrado lento, costante ed inesorabile dei cotici erbosi, con l'invasione di infestanti erbacee poliennali e arbustive ed il diradamento delle essenze pabulari.

Sulle zone che risulteranno meno pascolate ci si riserva la possibilità di eseguire la **raccolta del seme in loco** - mediante aspirazione o spazzolamento<sup>13</sup> - al fine di creare una scorta di sementi utili per le successive trasemine, risparmiando il costo di acquisto delle stesse.

<sup>13</sup> La raccolta del seme mediante aspiratori portatili permette l'effettuazione di tale operazione su prati ripidi ed irregolari. La raccolta del seme mediante spazzolamento è effettuata da apposito ed economico macchinario trainato, con una resa che raggiunge il 75%.

Per una gestione ottimale del prato, è prevista una gestione del **pascolamento in rotazione** (Figura 30), suddividendo l'area in appositi settori.

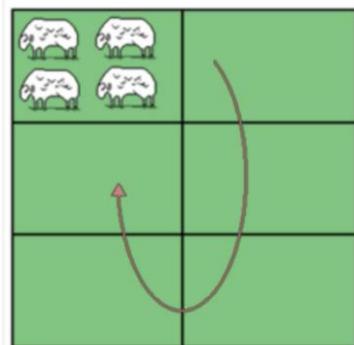


Figura 30 – Pascolamento in rotazione

Questo sistema consente al gregge di utilizzare un'area o un settore di pascolo (tanca) per un periodo controllato di tempo per poi essere dislocato su altri settori fino a tornare su quello di partenza.

Tale gestione è inoltre già di per sé agevolata dal fatto che l'area di impianto risulta progettualmente suddivisa in diversi lotti (aree confinate) grazie al disallineamento dei pannelli fissi, che andranno a creare percorsi obbligati modificabili secondo le esigenze del pascolo potendoli chiudere, in cui il gregge può muoversi secondo percorsi prestabiliti, traendone i seguenti benefici:

- possibilità di scegliere l'epoca ottimale per il consumo delle specie vegetali presenti: le graminacee vanno pascolate quando sono ancora nella fase di accestimento o da inizio levata, per evitare un evidente decadimento della qualità (più fibra, meno protidi, minore appetibilità, maggiori scarti) e compromettere il futuro ricaccio (la presenza di steli blocca lo sviluppo di nuovi germogli di accestimento);
- la quantità di foraggio consumato è più elevata, cosa che fa salire notevolmente il coefficiente di utilizzazione;
- il bestiame può essere diviso in gruppi omogenei per esigenze alimentari (animali in produzione, animali giovani, ecc.), esercitando quindi un certo controllo sul razionamento dei singoli individui.

Il pascolo così condotto porterà alla creazione di un **sistema estensivo a elevata biodiversità** e qualità e rispetto allo stato attuale, l'intervento consentirà di:

- prevenire le situazioni di degrado ed erosione, grazie all'infittimento del cotico con piante perenni e auto riseminanti (es. trifoglio);
- incrementare la disponibilità di foraggio fresco ed il valore nutritivo dello stesso (rispetto allo stato di fatto);
- migliorare la qualità foraggera del pascolo, consentendo quindi una probabile riduzione della necessità di ricorrere all'uso di mangimi concentrati.

Il pascolamento, al contempo, favorirà l'incremento della produzione e l'emissione di nuovi steli (riducendo la taglia), contenendo di fatto i fenomeni di allettamento, senescenza e marcescenza del cotico erboso, oltre a sopperire alle esigenze nutritive del prato grazie alle deiezioni dei capi, che saranno periodicamente sparse (in quanto la presenza di deiezioni concentrate in certi punti del campo è un ostacolo ad un corretto ributto del cotico erboso).

L'installazione fotovoltaica si integrerà quindi in modo sinergico al contesto rurale sopra descritto, consentendo la continuazione dell'utilizzo agro-zootecnico dell'intera area sottesa ai pannelli, **garantendo riparo ai capi** (dalle alte temperature estive e dalle più basse della stagione invernale) che pascoleranno l'area e migliorando la qualità e la quantità del foraggio fresco nella disponibilità degli stessi.

Per quanto riguarda le colture foraggere, considerate le caratteristiche tecniche dell'impianto agrivoltaico (ampi spazi tra le interfile, ma maggiore ombreggiamento in prossimità delle strutture di sostegno, con limitazione per gli spazi di manovra), si opterà per un tipo di inerbimento pressoché totale: il cotico erboso occuperà quasi tutta la fascia di terreno tra un tracker e l'altro.

L'inerbimento tra le file sarà di tipo artificiale, ottenuto dalla semina di miscugli di 4 specie autunno-vernine ben selezionate, che richiedono pochi interventi per la gestione. In particolare si opterà per le seguenti specie:

- *Trifolium subterraneum* (comunemente detto trifoglio) o *Vicia sativa* (veccia) per quanto riguarda le leguminose;
- *Lolium multiflorum* var. *italicum* (loietto italico) o *Avena sativa* L. (avena) per quanto riguarda le graminacee.

L'impianto degli erbai avverrà all'inizio dell'autunno. A seguito delle lavorazioni preparatorie del terreno (aratura, erpicatura, rullatura ecc.), la semina verrà effettuata mediante l'impiego di seminatrici di precisione avente una larghezza di massimo 4,00 m dotata di serbatoi distinti per le varie specie foraggere da impiantarsi.

Gli erbai autunno-vernini e primaverili-estivi verranno condotti per la produzione di fieno da destinare all'alimentazione animale attraverso la pratica della fienagione.

La fienagione consiste in una serie di operazioni volte a favorire una parziale eliminazione dell'acqua contenuta nella pianta verde e a permettere la trasformazione dell'erba in fieno. L'essiccazione del foraggio può avvenire completamente in campo (fienagione tradizionale), oppure può essere effettuata parzialmente in campo e completata successivamente in fienili dotati di apposite attrezzature per permettere la ventilazione forzata della massa con aria calda (fienagione in due tempi). la fienagione tradizionale prevede la permanenza in campo del foraggio per 3-4 giorni fino al raggiungimento di acqua pari al 20% circa. La scelta del momento più opportuno per il taglio dell'erba rappresenta uno dei punti essenziali della fienagione, in quanto condiziona la produzione sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo. Le epoche di taglio maggiormente indicate sono l'inizio della fioritura per le leguminose e la spigatura per le graminacee e per i prati polifiti. Per facilitare la fuoriuscita dell'acqua il taglio viene effettuato con falciacondizionatrici che falciano il foraggio e ne degradano meccanicamente, attraverso dei rulli, gli steli per favorire la perdita di acqua così da far avvicinare il loro essiccamento a quello delle foglie e ottenere andane più aerate. Durante la permanenza del foraggio in campo è necessario procedere a rivoltamento del

prodotto per facilitare l'eliminazione dell'acqua. La raccolta e l'immagazzinamento del foraggio deve avvenire quando l'umidità del prodotto è inferiore al 20% in modo da evitare un eccessivo riscaldamento della massa dovuto alla fermentazione aerobica creando notevoli danni alla stessa. La raccolta del fieno avviene mediante raccogli-imballatrici a balle cilindriche (rotoballe). L'insilamento è un sistema di conservazione che si basa su processi chimico-biologici dovuti a specifiche fermentazioni, finalizzati alla formazione di un ambiente adatto alla proliferazione di microrganismi degenerativi della massa organica. I motivi per cui si ricorre all'insilamento sono molteplici, conservare alcuni foraggi non affienabili come il mais, condizioni atmosferiche avverse è certamente più facile avere 1-2 giorni di tempo buono, sufficienti per l'insilamento, piuttosto che 4-5 necessari per la fienagione, conseguire una intensificazione nella produzione di foraggi, ad esempio ampliando la scelta delle colture inseribili nell'ordinamento colturale, contenere le perdite di foraggio rispetto alla fienagione tradizionale. La raccolta dei foraggi destinati all'insilamento è un'operazione che prevede diversi interventi, eseguiti con un unico passaggio di falciatrinciataratrice che prevedono la trinciatura del foraggio, indispensabile per ottenere il compattamento della massa all'interno del silo e per provocare la fuoriuscita di succhi cellulari utilizzati dai microrganismi come substrato alimentare. La conservazione del foraggio mediante insilamento è basata su una serie di modificazioni chimiche del materiale vegetale, operate da microrganismi secondo uno schema piuttosto lungo e complesso. La massa viene posta in opportuni silos, all'interno dei quali essa va incontro alle trasformazioni enzimatiche. La tecnica dell'insilamento richiede maggiori precauzioni rispetto alla fienagione perché grossolani errori possono provocare fermentazioni anomale durante la conservazione e compromettere la qualità del prodotto finale con notevoli problemi sanitari agli animali.

L'intera superficie catastale verrà gestita escludendo il ricorso a prodotti chimici di sintesi - fertilizzanti e fitofarmaci - garantendo il mantenimento del regime biologico ed offrendo ai capi che pascoleranno le superfici un ambiente quanto più naturale possibile.

Risulta significativo infine rilevare che è previsto per ogni lotto di intervento una piantumazione perimetrale; la scelta delle specie arboree e arbustive da impiantare per realizzare questa fascia di mitigazione/compensazione ambientale è stata guidata dai seguenti requisiti generali:

- impiego di esemplari di specie arboree e arbustive tipiche del contesto in cui ricade l'area oggetto di intervento;
- scelta di piante autoctone, sia arbustive che arboree tipiche della "macchia mediterranea";
- velocità di accrescimento e sviluppo;
- studio delle caratteristiche pedoclimatiche dell'area oggetto di intervento;
- buona resistenza a condizioni di aridità-siccità e facilità di attecchimento.

La fascia verde perimetrale avrà una larghezza pari a 3,00 m di schermatura, sarà posizionata in aderenza ai confini perimetrali e sarà composta come riportato nell'immagine seguente.

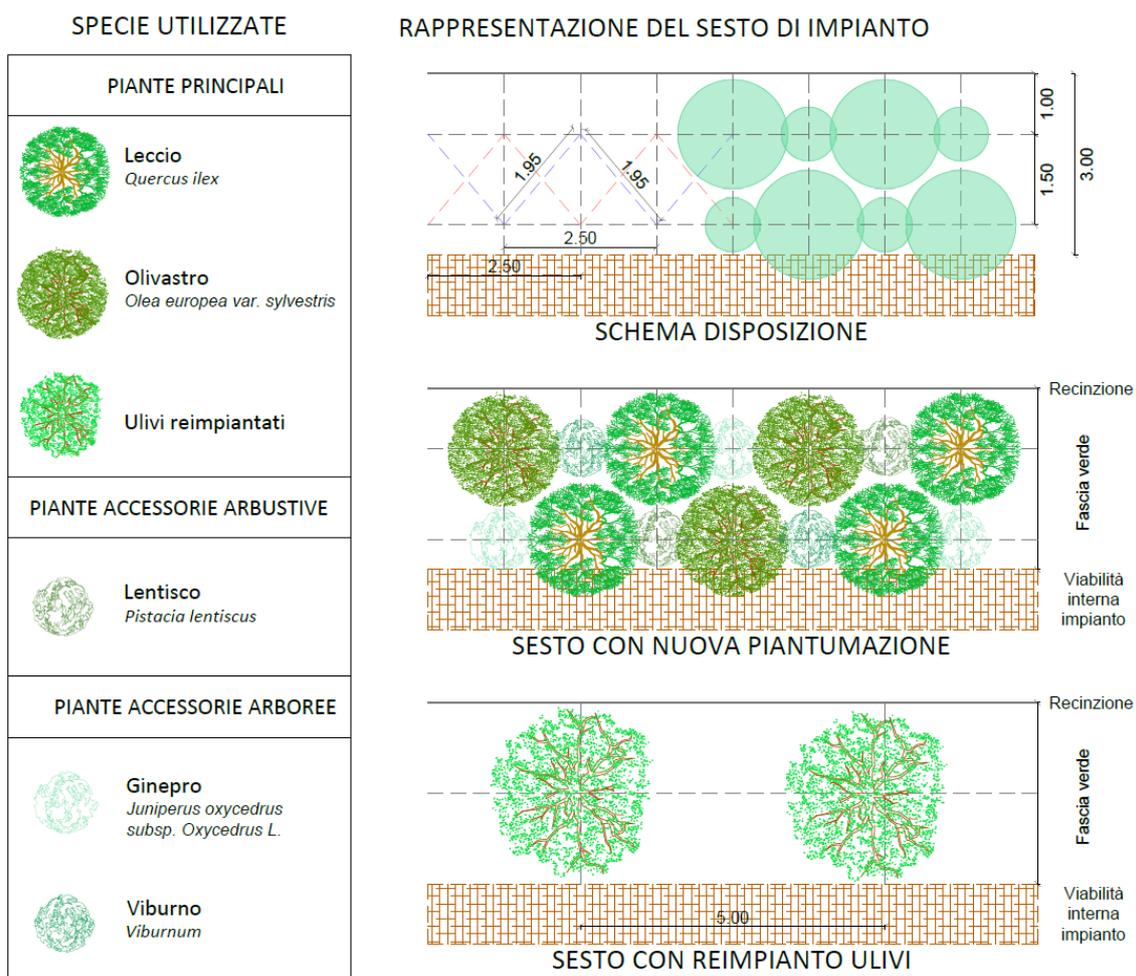


Figura 31 Dettaglio del verde di mitigazione

La fascia verde svolge diverse funzioni:

- favorisce l'integrazione rispetto alle componenti flora e fauna locale e la continuità dei corridoi ecologici;
- mitiga visivamente l'intervento nel paesaggio laddove visibile;
- svolge un'azione compensativa e di valorizzazione del contesto apportando un incremento significativo di specie arboree e arbustive essendo previste piantumazioni estremamente consistenti in termini di numero e varietà di specie (circa n. 5736 nuove piantumazioni in tutto);
- preserva la presenza degli ulivi, che attualmente occupano una parte del lotto a Nord Ovest e che verranno esclusivamente spostati;
- mitigazione dell'accumulo di calore, con riferimento ai periodi particolarmente caldi e mitigazione del rischio incendi, attraverso l'irrigazione.

Si ritiene infine significativa ai fini antincendio la continuità su tutti i perimetri della fascia verde larga 3 m (per la quale è stata predisposta l'irrigazione fissa), (in una prima fase verrà irrigata con irrigazione di soccorso nei mesi

più caldi con: viabilità interna di impianto per una larghezza di 4 metri; canale di smaltimento delle acque meteoriche di 0,85 metri; superficie destinata a prato pascolo per una profondità variabile.

In linea con quanto disposto dalla Regione Autonoma della Sardegna - con opportuna delibera della Giunta Regionale n° 15/7 del 23 aprile 202114 - la fascia libera da interventi sarà non inferiore a m 5 - (vedasi Art. 22).

---

<sup>14</sup> Prescrizioni di contrasto alle azioni determinanti, anche solo potenzialmente, l'innescio di incendio boschivo ai sensi dell'art. 3, comma 3, della Legge 21 novembre 2000, n. 353 e della legge regionale n. 8 del 27 aprile 2016. Fonte: <https://delibere.regione.sardegna.it/protected/54987/0/def/ref/DBR54958/>

## 5. Monitoraggio agro-zootecnico

Per poter controllare lo stato quali-quantitativo della componente/fattore ambientale biota, nonché la sua evoluzione nello spazio e nel tempo, è di fondamentale importanza la conoscenza dei parametri ambientali. A tale scopo, l'impianto sarà dotato di una stazione meteorologica dotata dei seguenti sensori di controllo: temperatura e umidità del suolo e dell'aria, precipitazione, velocità e direzione del vento, radiazione solare totale, evapotraspirazione e bagnatura fogliare. La raccolta dei dati meteo proseguirà anche durante la fase di esercizio dell'impianto (corso d'opera).

La disponibilità di tali dati consentirà anche di monitorare l'andamento delle produzioni in termini di benessere animale.

Per quanto concerne il **benessere degli ovini** e la conseguente qualità delle produzioni, si prevede di:

- utilizzare i dati meteo per il monitoraggio dell'**indice di disagio** (THI -Temperature Humidity Index), al fine di prevedere eventuali rischi di stress termico;
- effettuare rilievi vegetazionali per la stima del **valore pastorale (VP)** del pascolo, al fine di garantire la corretta alimentazione dei capi.

Il monitoraggio dell'**indice di disagio** si basa sul fatto che le temperature elevate possono compromettere il benessere animale. Ciò è dovuto agli effetti dello stress termico (Heat stress - HS), che si manifesta con alterazioni delle funzioni fisiologiche (riproduzione, accrescimento) con conseguente peggioramento della qualità e quantità delle produzioni (Pena *et al.*, 2006a; Cannas, 2015 Lowe *et al.*, 2002; Di Giuseppe *et al.*, 2008).

Lo stress termico sta diventando un problema sempre più diffuso a livello mondiale, non solo per le zone caratterizzate da climi caldi, ma anche per le zone temperate a causa delle sempre più frequenti ondate di calore. Nel 2018 in Australia l'HS, dovuto al progressivo innalzamento della temperatura, ha causato la morte di 2900 pecore<sup>33</sup> evento che ha portato la comunità scientifica a prestare sempre più attenzione a questo aspetto e allo sviluppo di strategie utili alla sua mitigazione.

La valutazione dello stress termico può essere valutata attraverso quello che viene definito l'indice di disagio THI -Temperature Humidity Index, calcolato sui valori orari di temperatura e umidità relativa, secondo la formula di Kelly e Bond:

$$THI = (1.8 * T + 32) - (0.55 - 0.55 * (H) / 100) * ((1.8 * T + 32) - 58)$$

Dove: T=temperatura [°C]; H=umidità dell'aria [%]

Valori crescenti dell'indice individuano livelli di stress crescente e una maggiore condizione di disagio e rischio per gli animali. Per gli ovini, sono stati considerati i seguenti valori: THI < 68 termoneutralità; 68 ≤ THI < 72 lieve disagio; 72 ≤ THI < 75 disagio; 75 ≤ THI < 79 allerta; 79 ≤ THI < 84 pericolo e THI ≥ 84 emergenza (Di Giuseppe *et al.*, 2008; Pena *et al.*, 2006b).

Il monitoraggio in continuo delle condizioni meteo e dell'indice THI risulterà un supporto utile per valutare il rischio dell'incorrere di situazioni rischiose per gli animali.

Zhang *et al.*, 2020 riportano tra le misure utili a prevenire l'HS la creazione di zone ombreggiate e protette e strategie nutrizionali.

Nell’ottica di **monitorare e migliorare le proprietà del prato-pascolo polifita** non solo in termini di proprietà foraggere, ma anche di conservazione del cotico e di potenziamento della biodiversità, verrà periodicamente effettuato uno studio della vegetazione finalizzato a descrivere la stessa dal punto di vista floristico e bioecologico e a evidenziarne i dinamismi e le relazioni con l’attività pastorale (Gusmeroli e Pozzoli, 2003).

I risultati dei rilievi consentiranno di mettere in atto le operazioni necessarie al miglioramento della composizione specifica.

Il campionamento del manto erboso verrà effettuato una prima volta in fase ante-operam solo sulle aree attualmente a pascolo, al fine di valutare esattamente le specie da impiegare per la prima trasemina, e poi una volta ogni 2-3 anni sull’intera superficie. Il rilievo verrà condotto con il metodo indicato da Bolzan (2009) che prevede di effettuare un rilievo in primavera (maggio) e uno in autunno (ottobre) di ciascun anno di campionamento, in modo da consentire una valutazione più approfondita di eventuali variazioni stagionali nella composizione floristica. La metodologia fitopastorale impiegata è quella dell’ **analisi lineare**: il metodo dell’analisi lineare prevede il censimento delle specie presenti all’interno di un’area definita come una porzione di terreno di estensione contenuta in cui le condizioni ecologiche sono omogenee e caratterizzate da una vegetazione uniforme, proposta da Daget & Poissonet (1969), che prevede il rilevamento della composizione vegetazionale delle risorse pascolive su 2 transetti di 25 m. Dalla composizione vegetazionale, con opportuni coefficienti, si otterrà il **Valore Pastorale** (VP): per il calcolo di VP viene utilizzato l’indice specie specifico ISi che varia da 0 (specie di nessun interesse foraggero) a 5 (specie ottima per qualità, appetibilità e produttività) (Roggero et al., 2002). Il VP può variare da 0 a 100 e sulla base di tale valore le aree prative possono essere classificate in tre categorie: pascoli di scarsa qualità ( $PV \leq 5$ ), media qualità ( $15 < PV < 25$ ), buona qualità ( $PV > 25$ ) (Bolzan, 2009), esso si è rilevato essere un buon indice della qualità complessiva della prateria, sia dal punto di vista produttivo che della composizione floristica (Daget & Poissonet, 1969; Baldoni e Giardini, 2002). Rispetto ad altri metodi, quali la valutazione foraggera o la capacità di carico, presenta infatti migliore rappresentatività e minore onerosità operativa (Baldoni e Giardini, 2002). Tale indice fornisce indicazioni sull’adeguatezza foraggera del prato e consente di valutare la necessità di riequilibrare la presenza delle specie attraverso operazioni di trasemina.

Riepilogo costi:

Monitoraggio stazione monitoraggio (€)		Raccolta e gestione dati	Monitoraggio qualità pascolo	Importo totale
Installazione stazione	€ 3.500,00			€ 3.500,00
Manutenzione e licenza SW	€ 6.500,00	€ 8.750,00	€ 11.000,00	€ 26.250,00
TOTALE				€ 29.750,00

## 6. Sostenibilità del sistema produttivo

Il progetto proposto ha come obiettivo il mantenimento dell'indirizzo produttivo aziendale, ovvero la conduzione dei fondi rustici oggetto di intervento per il foraggiamento - attraverso pascolamento diretto - degli animali allevati in azienda (come esposto nel **Capitolo 4.2.4**) e la produzione di fieno da utilizzare negli allevamenti ovini dei proprietari dei fondi. L'intervento propone il mantenimento delle superfici attualmente coltivate a seminativo per la produzione di fieno, nonché un miglioramento di quelle già destinate al pascolamento diretto attraverso scelte di natura tecnica ed agronomica nella zona dove si collocheranno le strutture fisse, nella restante parte, occupata da pannelli ad inseguimento si realizzeranno coltivazione di colture dedicate alla fienagione per l'alimentazione animale, con ottenimento di fieno di miscugli di graminacee ed in avvicendamento fieno di sulla come leguminosa miglioratrice per garantire la fertilità organica dei suoli.

### 6.1. Stato di fatto

L'indirizzo produttivo delle società proprietarie dei terreni agricoli è quello dell'allevamento zootecnico per la produzione di latte ovino.

La produzione unitaria media calcolata in **UF** (Unità Foraggiere)<sup>15</sup> derivante dalle diverse tipologie di colture in atto sulle superfici oggetto di studio è stata calcolata come di seguito, utilizzando i dati forniti dal RICA in **Tabella 5**.

PRODUZIONE UNITARIE MEDIE E CORRISPONDENTI UNITA' FORAGGERE PER Q.LE DELLE PRINCIPALI COLTURE FORAGGERE								
FORAGGI VERDI	Q.li/ha		UF/q	UFL/q	UFC/q	Estensione Aziendale Ha	UF aziendali	UFL aziendali
	min	Max						
Prato naturale	20	60	18	20	16	8.71.20	3.136	3.484
Prato polifita non irriguo	180	240	13	16	15	41.93.75	98.133	120.780
FIENI	Q.li/ha		UF/q	UFL/q	UFC/q			
	min	Max						
Prato pascolo	30	60	43	45	36	7.86.79	10.149	10.621
Totale						58.51.74	111.418	134.885

**Tabella 5.** Produzioni unitarie medie e corrispondenti unità foraggiere per quintale delle principali colture foraggiere - Fonte: dati RICA

Allo stato attuale, le superfici garantiscono una resa in Unità Foraggiere Latte pari 134.885 (i valori di resa utilizzati sono i più bassi in quanto la coltura non viene praticata con le più opportune tecniche di coltivazione che ne possano esaltare le potenzialità produttive): considerando che il fabbisogno alimentare di una pecora da latte (espresso in UFL) è pari mediamente a 558,5 UFL (min 508 – max 609) tale resa in Unità Foraggiere garantisce alimento per  $(134.885/558,5)$  **241 capi**.

<sup>15</sup>In zootecnica, l'UF (Unità Foraggiere) è un'unità di misura convenzionale basata sull'equivalenza del valore nutritivo dei foraggi rispetto a 1kg di amido, orzo o avena. Può essere catalogata anche in UF (tradizionale), UFL (Latte – esprime il valore nutritivo degli alimenti per i capi destinati alla produzione di latte) e UFC (Carne - esprime il valore nutritivo degli alimenti per i soggetti in accrescimento rapido all'ingrasso).

In seguito all'intervento si avrà la seguente situazione:

PRODUZIONE UNITARIE MEDIE E CORRISPONDENTI UNITA' FORAGGERE PER Q.LE DELLE PRINCIPALI COLTURE FORAGGERE								
FORAGGI VERDI	Q.li/ha		UF/q	UFL/q	UFC/q	Estensione Aziendale Ha	UF aziendali	UFL aziendali
	min	Max						
Prato polifita non irriguo	180	240	13	16	15	43.97.69,21	137.208	168.871
FIENI	Q.li/ha		UF/q	UFL/q	UFC/q			
	min	Max						
Prato pascolo	30	60	43	45	36			
totale						43.97.69,21	137.208	168.871

**Tabella 6.** Produzioni unitarie medie e corrispondenti unità foraggiere per quintale delle principali colture foraggiere - Fonte: dati RICA

le superfici garantiscono una resa in Unità Foraggiere Latte pari 169.006 (240 x 16 x 43,9769) considerando che le coltivazioni vengono effettuate con miscugli di semi selezionati e perfettamente bilanciati in percentuali tali da garantire la massima espressione della potenzialità nutrizionali per il pascolamento e per la fienagione, operando con le migliori tecniche colturali e con interventi tempestivi garantiti dal sistema di monitoraggio e controllo che fornisce tutte le informazioni per poter intervenire tempestivamente per correggere, ove possibile, o intervenire in anticipo rispetto al verificarsi di eventi avversi alla coltura o alle esigenze delle greggi in pascolamento; il fabbisogno alimentare di una pecora da latte (espresso in UFL) è pari mediamente a 558,5 UFL (min 508 – max 609) tale resa in Unità Foraggiere garantisce alimento per **302 capi**.

La migliore qualità delle produzioni foraggiere garantite da una conduzione dei seminativi più attenta e mirata alla massimizzazione del potenziale produttivo dei terreni attraverso l'adozione di tecniche colturali che preservano il suolo grazie alle opportune rotazioni con alternanza di specie depauperanti con specie che arricchiscono il terreno di elementi nutritivi; l'utilizzazione di miscugli (graminacee-leguminose) per il pascolamento; lavorazioni che salvaguardano la composizione fisico-strutturale del terreno, vanno tutte a concorrere ad un aumento della capacità produttiva del prodotto finale potendo garantire alimento adeguato per un maggior numero di capi a parità di superficie.

## 7. Conformità del progetto alle Linee Guida del MiTE

In questo capitolo si analizza la conformità del progetto rispetto alle Linee Guida del MiTE.

Al fine di agevolare la comprensione si riportano di seguito come sono stati calcolati i parametri utilizzati per la valutazione per il progetto proposto:

- **Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (Spv):** è stata considerata l'area riferibile alla somma di tutte le superfici dei moduli fotovoltaici proiettate ortogonalmente al terreno. Il numero dei moduli fotovoltaici impiegati per ogni tessera è stato moltiplicato per l'area proiettata del singolo modulo, coincidente con l'estensione del modulo stesso in quanto il progetto proposto prevede l'impiego di tracker.
- **Tessere:** le tessere sono state identificate considerando la proiezione ortogonale dei tracker inclinati di 90° e un offset perimetrale pari al gap, e la proiezione ortogonale dei pannelli fissi
- **Superficie di un sistema agrivoltaico (Stot):** per ottenere tale parametro si è fatto riferimento alla superficie delle singole tessere che vanno a comporre la totalità del Sistema Agrivoltaico proposto.
- **Superficie agricola (Sagr):** per ciascuna tessera, l'area effettivamente utilizzata per l'attività agricola è stata calcolata sottraendo alla Stot la superficie "agricola non utilizzabile" calcolata come la superficie che si ottiene moltiplicando la larghezza delle strutture di supporto (0,20 m) per la lunghezza di ciascuna stringa. Corrisponde alla zona non interessata dalle lavorazioni agricole e pertanto esclusa dalla pratica agricola. L'attività agricola continuerà anche al di sotto dei moduli, avendo impiegato strutture di sostegno di tipo "tracker" e dunque orientabili all'occorrenza per l'esecuzione delle operazioni colturali, con un pitch minimo a garantire il passaggio delle macchine agricole più ingombranti.

L'impianto agrivoltaico proposto risulta composto:

Superficie Moduli su strutture fisse	Pannelli da 610 W	Numero strutture fisse da 28 pannelli	Cabine Inverter	P <sub>DC</sub> totale su strutture fisse	P <sub>AC</sub> totale strutture fisse
[m <sup>2</sup> ]	[n]	[n]	[n]	[kW]	[kW]
61'628,97	27'468	981	6	16'755,48	16'560,00

Superficie Moduli su tracker	Pannelli da 610 W	Numero tracker da 28 pannelli	Cabine Inverter	P <sub>DC</sub> totale tracker	P <sub>AC</sub> totale tracker
[m <sup>2</sup> ]	[n]	[n]	[n]	[kW]	[kW]
47'678,54	16'100	575	3	9'821,00	9'465,00

Superficie Moduli Totali	Pannelli da 610 W	Numero strutture totali da 28 pannelli	Cabine Inverter totali	P <sub>DC</sub> totale	P <sub>AC</sub> totale
[m <sup>2</sup> ]	[n]	[n]	[n]	[kW]	[kW]
109.307,51	43'568	1'556	9	26'576,48	26'025,00

**Tabella 7** - Campi, Sottocampi, P<sub>DC</sub>, P<sub>AC</sub>, e Cabine

I moduli insistono su una superficie complessiva, messa a disposizione, di circa 45 ettari, i pannelli occupano una superficie netta di circa 11 ettari.

Di seguito la tabella riepilogativa

Superficie totale del terreno (SAU)	<b>circa 45 ettari</b>
Superficie totale moduli (proiezione al suolo (orizzontale))	<b>109'307,51 m<sup>2</sup></b>
Numero totale moduli	<b>43'568</b>
Potenza totale pannelli	<b>26'576,48 kW</b>
Numero totale cabine inverter	<b>9</b>
Potenza totale uscita inverter AC	<b>26'025 kW</b>
Energia totale annua	<b>42'309'499 kWh</b>

**Tabella 8** - Dati riepilogativi Impianto fotovoltaico GR Mandas

**Requisito A - L'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"**

Dati generali delle superfici del sistema agrivoltaico			
	Superficie Catastale [m <sup>2</sup> ] (585.174)	Fissi	Tracker
1	Sup.totale di intervento [m <sup>2</sup> ]	417.184	167.990
1a	Sup. intervento entro la recinzione	283.100	164.700
1b	Sup. intervento fuori dalla recinzione	134.084	3.290
2	Skid (con inverter centralizzato) [m <sup>2</sup> ]	6 x 58,562= 351,37	3 x 58,562= 175,68
	Cabina raccolta e trasmissione [m <sup>2</sup> ]	298,15	
	16+2 Container batterie [m <sup>2</sup> ]	610	
	Strade [m <sup>2</sup> ]	23.083	9.229
	Fascia alberata mitigazione [m <sup>2</sup> ]	5.474,72 x 3 = 16.424,16	2085,72 x 3 = 6.257,16
3 (1-2)	S.A.U. tot [m <sup>2</sup> ]	<b>376.768,69</b>	<b>152.328,16</b>
4	S.A.U. sotto i pannelli FV [m <sup>2</sup> ] (fissi 28°- tracker 55°)	61.628,97	27.347,29
5 (3-4)	S.A.U. coltivata destinata allo sfalcio per foraggio e pascolamento [m <sup>2</sup> ]	315.139,72	124.980,87
6	Superficie stringa [m <sup>2</sup> ]	71,15	82,91
7	N. stringhe	981	575
8 (6*7)	Superficie pannelli FV [m <sup>2</sup> ] (proiezione al suolo)	<b>61.628,97</b>	<b>47.678,54</b>
5/1	<b>SAU sulla superficie totale in % (S agricola ≥ 70 % S totale)</b>	<b>75 %</b>	<b>74 %</b>
8/1a	<b>(LAOR) % di Superficie complessiva coperta dai moduli</b>	22%	29 %

**A.1 Superficie minima coltivata (S agricola ≥ 0,7 x Stot):**

**Calcolo S agricola**

$$= (315.139,72 + 124.980,87) / 5851.74 * 100 = 75,21$$

Il prosieguo dell'attività agricola sarà garantito su una superficie agricola (espressa per singola tessera) di:

- FISSI: *Sagr* ha 31.51.39, 72, pari al **75%** della *Stot* (ha 41.71.84)
- TRACKER: *Sagr* ha 12.49.80,87, pari al **74%** della *Stot* (ha 16.79.90)

**A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR - Land Area Occupation Ratio ≤ 40%):**

Il progetto Agrivoltaico proposto è caratterizzato da una configurazione (distanza tra i moduli, tipologia dei moduli, ecc.) tale da garantire la continuità dell'attività agricola. Le scelte progettuali e la componente fotovoltaica impiegata consentono di avere nello specifico le seguenti occupazioni di superfici, considerando la proiezione al suolo delle strutture fisse poste a 28° e i tracker in posizione orizzontale:

- Spv FISSI 61.628,97 m<sup>2</sup> pari al % **22** della *Stot1a* 283.100 m<sup>2</sup>
- Spv TRACKER 47.678,54 m<sup>2</sup> pari al % **29** della *Stot1a* 164.700 m<sup>2</sup>

**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**

Come più volte descritto, l’impianto agrivoltaico è stato progettato per perseguire l’obiettivo di realizzare una condizione di integrazione tra il sistema agricolo ed il sistema di produzione di energia elettrica, massimizzando il potenziale produttivo dei due sottosistemi.

Nello specifico:

- **B.1.a Esistenza e resa della coltivazione:** la proposta progettuale consentirà un aumento considerevole (+16%) della produzione unitaria media espressa in unità foraggiere producibile dalle superfici oggetto di studio (vedasi **Capitolo 6**);
- **B.1.b Mantenimento dell’indirizzo produttivo o passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato:** il presente progetto garantirà il prosieguo dell’indirizzo produttivo dei fondi oggetto di intervento (foraggiamento della consistenza zootecnica aziendale), andando a migliorare le condizioni necessarie per il mantenimento della produzione DOP del “Pecorino Sardo”, ovvero aumentando la disponibilità di superfici direttamente pascolabili in termini temporali (presenza di cotico erboso per un tempo maggiore) ed il valore foraggero delle specie presenti su di esse.

• **B.2 Producibilità elettrica minima:**

Il criterio B2 è significativamente rispettato

Potenze installabili/installate			Sulle potenze		
AREA STRUTTURE FISSE:	17,51 ha				
AGRIVOLTAICO	957,02 kWp/ha	16.755,48 kW			
TRADIZIONALE	1067,16 kWp/ha	18.683,88 kW			
			<b>RAPPORTO</b>	<b>AGRI/TRAD</b>	<b>0,896788</b>
AREA TRACKER:	12,02 ha				
AGRIVOLTAICO	817,05 kWp/ha	9.821,00 kW			
TRADIZIONALE	980,22 kWp/ha	11.782,25 kW			
			<b>RAPPORTO</b>	<b>AGRI/TRAD</b>	<b>0,833542</b>
TOTALE AREA [ha]:	29,53 ha				
TOTALE AGRIVOLTAICO	900,04 kWp/ha	26.576,48 kW			

**o Requisito D ed E - i sistemi di monitoraggio**

L’attività di monitoraggio è necessaria a garantire la continuità dell’attività agricola proposta, nello specifico:

- **D.2 Monitoraggio della continuità dell’attività agricola:** l’andamento produttivo ed il mantenimento dell’attività agro-zootecnica proposta verrà monitorata annualmente attraverso l’elaborazione dei dati meteo e la redazione di relazioni tecniche asseverata da parte di un agronomo abilitato.

## 8. Conclusioni

Considerata la necessità urgente di produzione da fonti rinnovabili, il progetto agrivoltaico qui proposto si pone l'obiettivo di integrare il nuovo impianto fotovoltaico all'attività agro-pastorale, perseguendo la massimizzazione dei benefici derivanti dalla sinergia delle due attività.

In termini **agro-zootecnici** si è proceduto alla strutturazione di un piano finalizzato a:

- **assicurare una continuità all'indirizzo produttivo dell'area di intervento**, ovvero la produzione di alimento per l'attività zootecnica, mantenendo le superfici attualmente vocate alla produzione di specie da foraggio annuali per la produzione di foraggi per l'alimentazione degli animali ed il mantenimento e miglioramento di quelle già destinate a prato-pascolo permanente, per il medesimo utilizzo, il pascolo degli ovini. L'intervento assicurerà inoltre il mantenimento della produzione di latte biologico per la caseificazione del "Pecorino Sardo DOP", ben adattandosi al contesto dell'areale di riferimento - migliorando le superfici attraverso una gestione orientata e maggiormente efficace del ciclo "agro - energetico";
- **migliorare le condizioni di vita e di alimentazione degli animali** che attualmente già pascolano parzialmente la zona oggetto di studio (post raccolta degli erbai da foraggio), garantendo loro un aumento della qualità e della quantità di foraggio verde disponibile. Inoltre, al netto di una diminuzione dell'area utile - ovvero quella riferibile all'installazione dei pali di sostegno dei moduli fotovoltaici e alla superficie sotto i pannelli, - gli animali potranno giovare dei benefici che l'installazione delle strutture per la produzione di energia fotovoltaica apporteranno (in termini di ombreggiamento e raffrescamento nelle stagioni più calde, ricovero e protezione dagli agenti atmosferici durante il periodo più freddo);
- **concretizzare il mutuo beneficio tra la componente agrivoltaica e l'ecosistema**: le scelte agronomiche previste per il prato-pascolo permanente (essenze mellifere quali leguminose) favoriranno il mantenimento dell'equilibrio in termini di presenza dell'entomofauna oltre a ripristinare un habitat naturaliforme per il riparo per altre specie animali quali uccelli, roditori, rettili, ecc. (specie arboree ed arbustive delle fasce di mitigazione, nonché i pannelli stessi).
- L'azione di copertura esercitata dai pannelli fotovoltaici concorrere alla salvaguardia della risorsa suolo, favorendo l'attenuazione delle piogge durante le precipitazioni limitando l'erosione laminare (protezione dovuta ai pannelli e al cotico erboso) e soprattutto quella da impatto. Inoltre, la tipologia delle strutture di sostegno previste (*tracker*) comporta una minore esposizione omogenea all'irraggiamento solare, con conseguenti moti convettivi sotto i pannelli che portano a una riduzione dei livelli di evapotraspirazione (addolcimento del microclima con caratteristiche più costanti ed omogenee) generando un livello di umidità maggiore al suolo e favorendo l'incremento della sostanza organica. Questi fenomeni saranno monitorati insieme agli altri parametri del suolo attraverso l'attività di monitoraggio prevista.