



# IMPIANTO AGRIVOLTAICO E OPERE DI CONNESSIONE

## PACIFICO DOLOMITE S.R.L.

POTENZA IMPIANTO 83,19 MW - COMUNE DI NORAGUGUME (NU)

### Proponente

**PACIFICO DOLOMITE S.R.L.**

PIAZZA WALTER VON VOGELWEIDE 8 - 39100 BOLZANO - P.IVA: 03158110217 – PEC: [pacificodolomitesrl@legalmail.it](mailto:pacificodolomitesrl@legalmail.it)

### Progettazione

**Ing. Antonello Rutilio**

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: [incico@pec.it](mailto:incico@pec.it)  
Tel.: +39 0532 202613 – email: [a.rutilio@incico.com](mailto:a.rutilio@incico.com)

### Collaboratori

**P.ind. Michele Lambertini**

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: [incico@pec.it](mailto:incico@pec.it)  
Tel.: +39 0532 202613 – email: [m.lambertini@incico.com](mailto:m.lambertini@incico.com)

### Coordinamento progettuale

**SOLAR IT S.R.L.**

VIA ILARIA ALPI 4 – 46100 - MANTOVA (MN) - P.IVA: 02627240209 – PEC: [solarit@lamiapec.it](mailto:solarit@lamiapec.it)  
Tel.: +390425 072 257 – email: [info@solaritglobal.com](mailto:info@solaritglobal.com)

### Titolo Elaborato

#### RELAZIONE AGRONOMICA

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	PD_REL25	22SOL08_PD_REL25.00-Relazione agronomica.docx	20/12/2022

### Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	20/12/22	EMISSIONE PER PERMITTING	BGB	MLA	ARU



**COMUNE DI NORAGUGUME (NU)**  
**REGIONE SARDEGNA**



**PACIFICO**

# RELAZIONE AGRONOMICA

## INDICE

1. GENERALITA' DEI TECNICI CONSULENTI .....	1
2. GENERALITA' DEL PROPONENTE .....	1
3. PREMESSE .....	1
4. ACCESSO AL SITO .....	15
5. OROGRAFIA.....	15
6. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE PEDOLOGICHE .....	15
Caratteri delle classi di capacità di uso utilizzati per la Sardegna.....	19
Definizione delle classi di capacità d'uso .....	19
7. ASPETTI CLIMATICI.....	21
8. RIFERIMENTI URBANISTICI E PIANIFICATORI .....	27
9. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO.....	28
10. SOLUZIONE AGRIVOLTAICA .....	30
11. EFFETTI MICROCLIMATICI E SULLE PIANTE NEL SISTEMA AGRI-VOLTAICO .....	32
Radiazione solare .....	32
Temperatura .....	32
Evapotraspirazione .....	33
12. ESPERIENZE DI COLTIVAZIONE IN CONDIZIONE DI OMBREGGIAMENTO .....	34
13. STATO ATTUALE AREA AGRICOLA INTERESSATA DALL'IMPIANTO AGRI- VOLTAICO.....	34
14. VALUTAZIONI ECONOMICHE AZIENDALI .....	35
15. DESCRIZIONE AZIENDALE .....	38
Coltivazione futura .....	38
Coltivazione del prato polifita permanente.....	39
Integrazione coltura-fotovoltaico .....	40
Analisi multicriterio .....	40
Gestione idraulica e irrigua.....	42
Realizzazione del prato polifita.....	43
Sviluppo aziendale futuro .....	43
16. SOSTENIBILITÀ ECONOMICA DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA.....	43
17. CONCLUSIONI .....	48
18. BIBLIOGRAFIA .....	49

## 1. GENERALITA' DEI TECNICI CONSULENTI

I professionisti:

- Dottore Agronomo Beppe Giuseppe Bullegas, iscritto all'ordine dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali di Cagliari con n. 478, nato a Narcao il 20/10/1970, Codice Fiscale BLLBPG70R20F841D in qualità di libero professionista titolare dello studio con sede in Selargius CA alla Via Aldo Moro n° 19, - assicurato per la responsabilità civile professionale, per eventuali danni provocati nell'esercizio della propria attività ovvero nell'espletamento dell'incarico conferito con polizza "Collettiva" CONAF – Consiglio dell'Ordine Nazionale dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali/XL INSURANCE COMPANY SE N. IT00024030EO20A a copertura della Responsabilità Civile Professionale dei danni derivanti dall'attività di Dottore Agronomo/Forestale, in ottemperanza all'art. 5, comma 1, del D.P.R. n. 137 del 07/08/2012;
- Dottore Agronomo Marco Vinicio Concu, iscritto all'ordine dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali di Cagliari con n. 374, nato a Samassi il 25/11/1962, Codice Fiscale CNCMCV62S25H738V in qualità di libero professionista titolare dello studio con sede in Samassi alla Piazza Costituzione, n.4 - assicurato per la responsabilità civile professionale, per eventuali danni provocati nell'esercizio della propria attività ovvero nell'espletamento dell'incarico conferito, con polizza "Collettiva" CONAF – Consiglio dell'Ordine Nazionale dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali/XL INSURANCE COMPANY SE N. IT00024030EO20A a copertura della Responsabilità Civile Professionale dei danni derivanti dalla sua attività di Dottore Agronomo/Forestale, in ottemperanza all'art. 5, comma 1, del D.P.R. n. 137 del 07/08/2012.

Sono i tecnici incaricati a redigere la presente Relazione Agronomica a supporto del progetto di miglioramento fondiario "Realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza complessiva di 83,19 MW", del proponente Pacifico Dolomite s.r.l con sede in Piazza Walther Von Vogelweide 8 (BZ), in agro del Comune di Noragugume (NU).

## 2. GENERALITA' DEL PROPONENTE

Il proponente per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico di seguito descritto è PACIFICO DOLOMITE S.R.L. PIAZZA WALTER VON VOGELWEIDE 8 - 39100 BOLZANO - P.IVA: 03158110217 – PEC: [pacificodolomitesrl@legalmail.it](mailto:pacificodolomitesrl@legalmail.it)

## 3. PREMESSE

PACIFICO DOLOMITE S.R.L dispone dei seguenti terreni ad uso agricolo, ricadenti in agro del Comune di Noragugume (NU) alle località (Sa Tanca e Mesu, Montrigu e Ferulas, Sas Chessas, Cruccuriga).

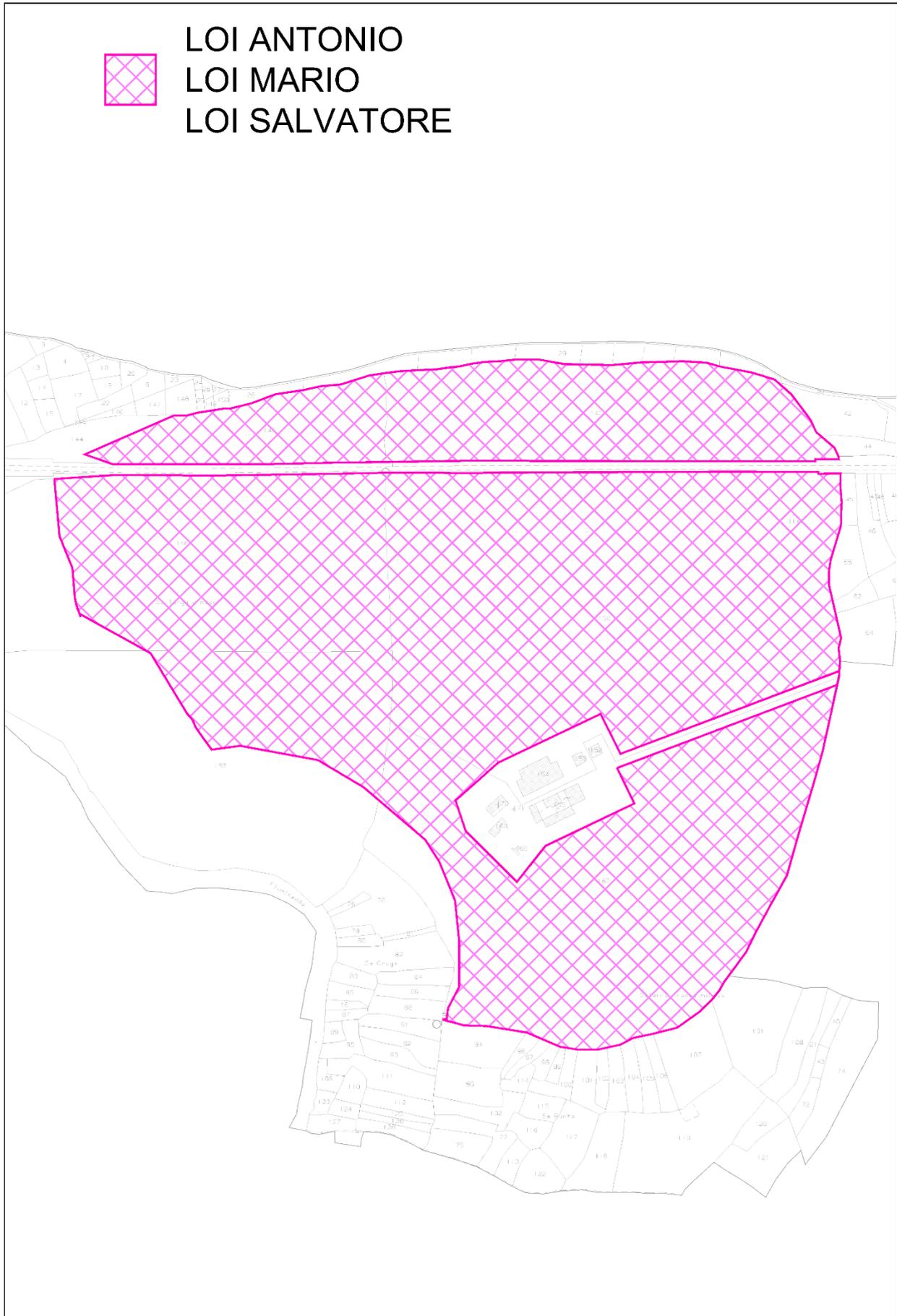


Tutte le particelle a disposizione vanno a formare un appezzamento unico tutto accorpato di circa 150 ettari nei quali sono presenti attualmente e anche dopo il miglioramento fondiario, quattro aziende agricole che conducono regolarmente la loro attività di allevamento di ovini da latte e il pascolo semibrado.

Tutte le particelle sono allibrate al NCT del Comune di Noragugume NU come di seguito evidenziato:

Foglio	Particelle	Catasto	Superficie (mq)
16	140	Terreni	26.475
16	141	Terreni	61.560
16	156	Terreni	115.932
16	157	Terreni	110.348
16	158	Terreni	184.190
16	167	Terreni	157.300
<b>TOTALE mq</b>			<b>655.805</b>

PROPRIETARI			
Nominativo o denominazione	Codice fiscale	Titolarità	Quota
LOI ANTONIO nato a FONNI (NU) il 04/08/1973	LOINTN73M04D665F	Proprieta'	1/3
LOI MARIO nato a FONNI (NU) il 01/01/1977	LOIMRA77A01D665P	Proprieta'	1/3
LOI SALVATORE nato a FONNI (NU) il 29/04/1978	LOISVT78D29D665U	Proprieta'	1/3
LOI ANTONIO nato a FONNI (NU) il 04/08/1973	LOINTN73M04D665F	Proprieta'	9/30
LOI MARIO nato a FONNI (NU) il 01/01/1977	LOIMRA77A01D665P	Proprieta'	9/30
LOI SALVATORE nato a FONNI (NU) il 29/04/1978	LOISVT78D29D665U	Proprieta'	9/30



Foglio	Particelle	Catasto	Superficie (mq)
16	21	Terreni	2.445
16	40	Terreni	915
16	43	Terreni	560
16	72	Terreni	1.260
16	74	Terreni	7.930
16	77	Terreni	2.710
16	94	Terreni	4.735
16	95	Terreni	3.865
16	96	Terreni	790
16	98	Terreni	825
16	99	Terreni	585
16	100	Terreni	1.595
16	102	Terreni	1.110
16	103	Terreni	1.670
16	104	Terreni	1.710
16	105	Terreni	1.650
16	106	Terreni	1.570
16	107	Terreni	7.295
16	113	Terreni	1.310
16	114	Terreni	915
16	115	Terreni	1.530
16	116	Terreni	1.635
16	117	Terreni	4.010
16	118	Terreni	4.395
16	119	Terreni	15.755
16	120	Terreni	1.945
16	121	Terreni	4.745
16	122	Terreni	2.570
16	131	Terreni	9.795
16	132	Terreni	2.550
22	9	Terreni	2.769
22	10	Terreni	1.952
22	12	Terreni	5.310
22	13	Terreni	1.295
22	14	Terreni	1.545
22	15	Terreni	2.445
22	16	Terreni	5.060
22	17	Terreni	6.670
22	26	Terreni	2.133
22	27	Terreni	1.338
22	28	Terreni	2.505
22	29	Terreni	1.715
22	30	Terreni	2.705
22	31	Terreni	2.285
22	32	Terreni	5.230
22	33	Terreni	7.800
22	35	Terreni	8.535
22	49	Terreni	3.160
22	50	Terreni	7.175
22	55	Terreni	2.920
22	56	Terreni	2.755
22	57	Terreni	6.025
22	58	Terreni	3.410

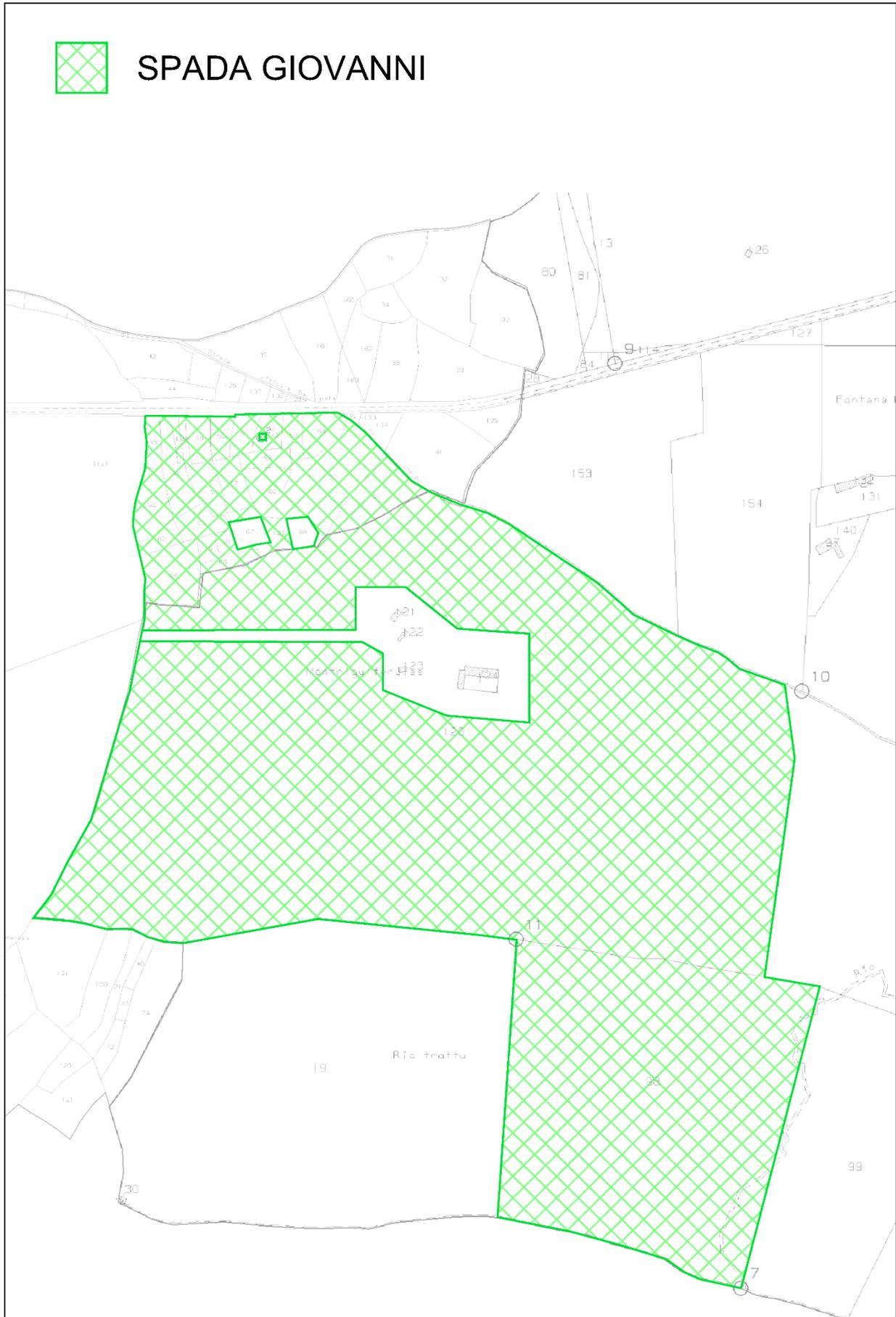
22	59	Terreni	1.955
22	60	Terreni	9.210
22	61	Terreni	620
22	62	Terreni	4.510
22	63	Terreni	7.080
22	64	Terreni	1.900
22	65	Terreni	630
22	66	Terreni	645
22	68	Terreni	675
22	69	Terreni	880
22	70	Terreni	7.165
22	71	Terreni	835
22	73	Terreni	1.745
22	74	Terreni	915
22	75	Terreni	970
22	179	Terreni	3.685
22	180	Terreni	3.350
22	181	Terreni	3.250
22	182	Terreni	9.935
22	183	Terreni	1.895
22	184	Terreni	1.590
22	185	Terreni	1.600
22	186	Terreni	655
22	187	Terreni	765
22	188	Terreni	625
<b>TOTALE mq</b>			<b>24.8197</b>

<b>PROPRIETARI</b>			
<b>Nominativo o denominazione</b>	<b>Codice fiscale</b>	<b>Titolarità</b>	<b>Quota</b>
NIEDDU LUIGI nato a ORISTANO (OR) il 23/02/1967	NDDLGU67B23G113R	Proprieta'	1/2
NIEDDU SERGIO nato a ORISTANO (OR) il 24/02/1963	NDDSRG63B24G113B	Proprieta'	1/2



Foglio	Particelle	Catasto	Superficie (mq)
16	45	Terreni	1.235
16	46	Terreni	2.975
16	47	Terreni	480
16	48	Terreni	505
16	49	Terreni	1.645
16	50	Terreni	1.345
16	51	Terreni	1.410
16	52	Terreni	1.356
16	53	Terreni	1.215
16	54	Terreni	2.235
16	55	Terreni	3.110
16	56	Terreni	2.480
16	57	Terreni	2.260
16	58	Terreni	1.395
16	59	Terreni	3.210
16	60	Terreni	8.745
16	61	Terreni	5.010
16	62	Terreni	1.155
16	63	Terreni	1.860
16	64	Terreni	5.030
16	65	Terreni	770
16	66	Terreni	620
16	69	Terreni	780
16	70	Terreni	665
16	129	Terreni	1.080
17	98	Terreni	126.019
17	120	Terreni	38.4103
<b>TOTALE mq</b>			<b>562.693</b>

PROPRIETARI			
Nominativo o denominazione	Codice fiscale	Titolarità	Quota
SPADA GIOVANNI nato a NUORO (NU) il 07/06/1971	SPDGNN71H07F979X	Proprieta'	1/1

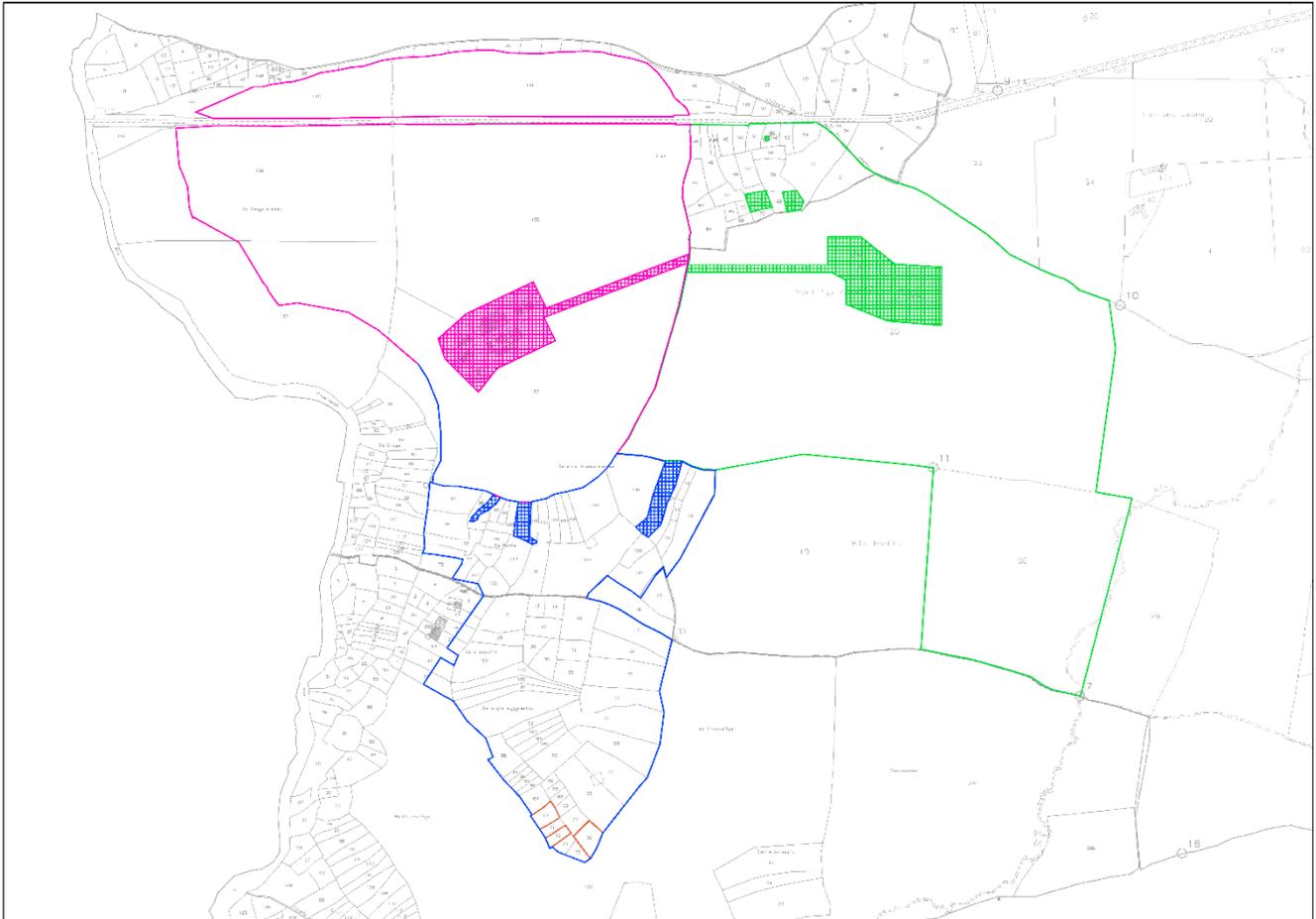


Foglio	Particelle	Catasto	Superficie (mq)
22	67	Terreni	1.555
22	72	Terreni	935
22	76	Terreni	1.995
TOTALE mq			4.485

PROPRIETARI			
Nominativo o denominazione	Codice fiscale	Titolarità	Quota
PIRAS GIOVANNA MARIA nata a NORAGUGUME (NU) il 09/03/1933	PRSGNN33C49F933R	Proprieta'	1000/1000



<b>TOTALE ETTARI DISPONIBILI</b>	<b>147.118</b>
----------------------------------	----------------



L'area di Progetto è ubicata, come già evidenziato, nell'agro del Comune di Noragugume NU. Il centro abitato più prossimo all'area è quello di Noragugume, posto a circa 2200 metri a Ovest dal sito. Noragugume confina coi Comuni di Bolotana, Dualchi, Ottana, Sedilo e Silanus. Le caratteristiche dell'area di progetto in relazione al suo intorno paesaggistico e urbano sono illustrate nell'immagine sotto, si evidenzia:

#### USO DEL SUOLO

Il settore di progetto, caratterizzato da colture di suolo ridotto e discontinuo, è coperto, in parte da rada vegetazione a pascolo, residuo degradato di una macchia a perastro lentisco e/o olivastro, ed in parte da vegetazione pioniera, di ambiti estrattivi (Inula viscosa etc.). La gran parte delle superfici presenti sono dei pascoli naturali e/o lievemente cespugliato con costante presenza di ovini al pascolo.

#### COMPONENTI BIOTICHE

L'area interessata dall'opera rientra completamente all'interno di un sito abbondantemente compromesso per la presenza di cave dismesse, per cui l'assetto naturale del paesaggio è stato profondamente alterato dalla antropizzazione delle aree circostanti. Il presente studio, quindi, tende a dare una descrizione a carattere generale dell'area vasta in cui si incentra il settore in studio, poiché uno studio di dettaglio delle componenti biotiche esula dagli scopi del presente lavoro.

#### LA VEGETAZIONE

Nel sito in oggetto la tipologia vegetazionale più presente è il pascolo naturale con presenza di formazione vegetazionale formata per lo più da arbusti o da alberi ridotti allo stadio di arbusti (perastro, lentisco, mirto), costituita da particolari associazioni vegetali che si instaurano a seconda delle zone geografiche e in base alle condizioni esistenti.

#### LA FAUNA

L'analisi della fauna ha messo in evidenza l'esiguità del numero di specie presenti nell'area, non sembrano esistere condizioni ecologiche indispensabili per la sussistenza o la nidificazione di tali specie protette.

Su tutti i fondi agricoli, attualmente, viene praticato il pascolo di ovini in quanto le aree sono prati pascolo magri. Le produzioni realizzate vengono utilizzate direttamente dalle aziende agricole che conducono i terreni in oggetto.



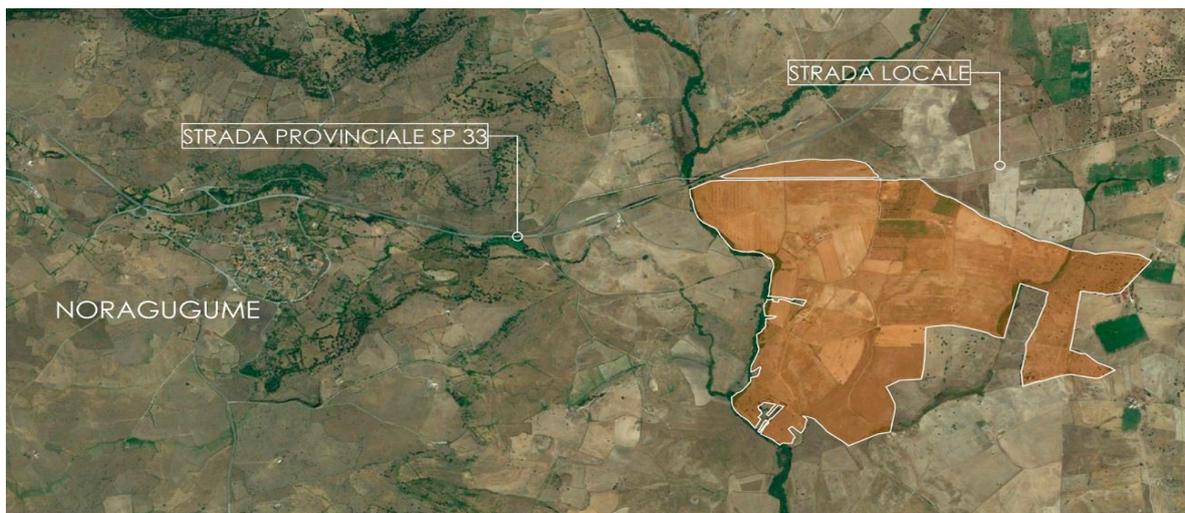


#### 4. ACCESSO AL SITO

L'accesso all'area di progetto è garantito attraverso la Strada Statale 131 (denominata anche Strada Europea E25). Uscendo a Borore è possibile imboccare la Strada Provinciale SP 33, che conduce allo svincolo con la Strada Statale SS 129, nel Comune di Illorai. Giunti all'altezza del sito, posto tra il centro abitato di Dualchi e l'insediamento produttivo di Su Nura, si svolta a destra per imboccare una strada locale, che seca in due parti disuguali la parte più a Nord dell'area.



Primi percorsi di avvicinamento e inquadramento rispetto ai principali centri abitati limitrofi.



Inquadramento infrastrutture stradali di collegamento al sito in relazione al centro abitato di Noragugume.

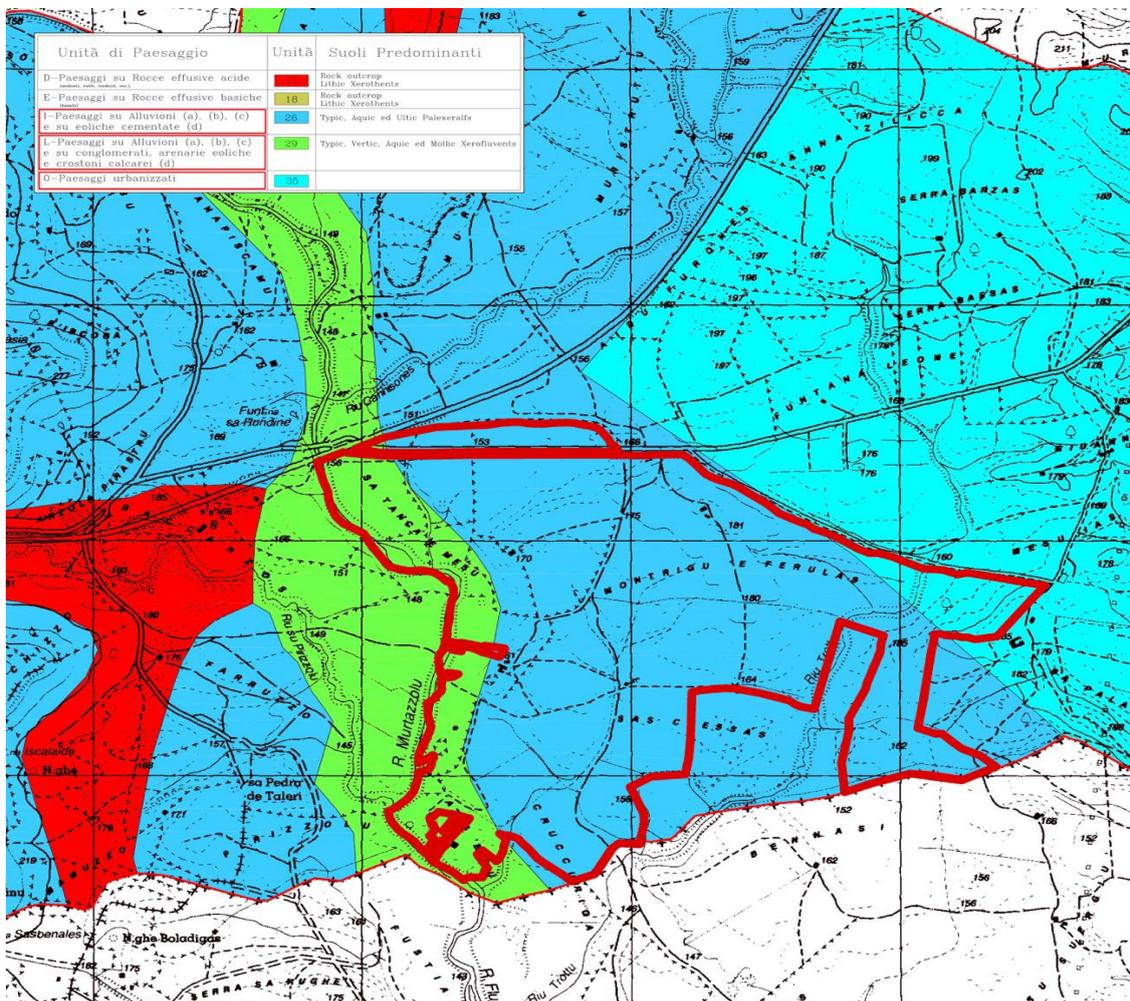
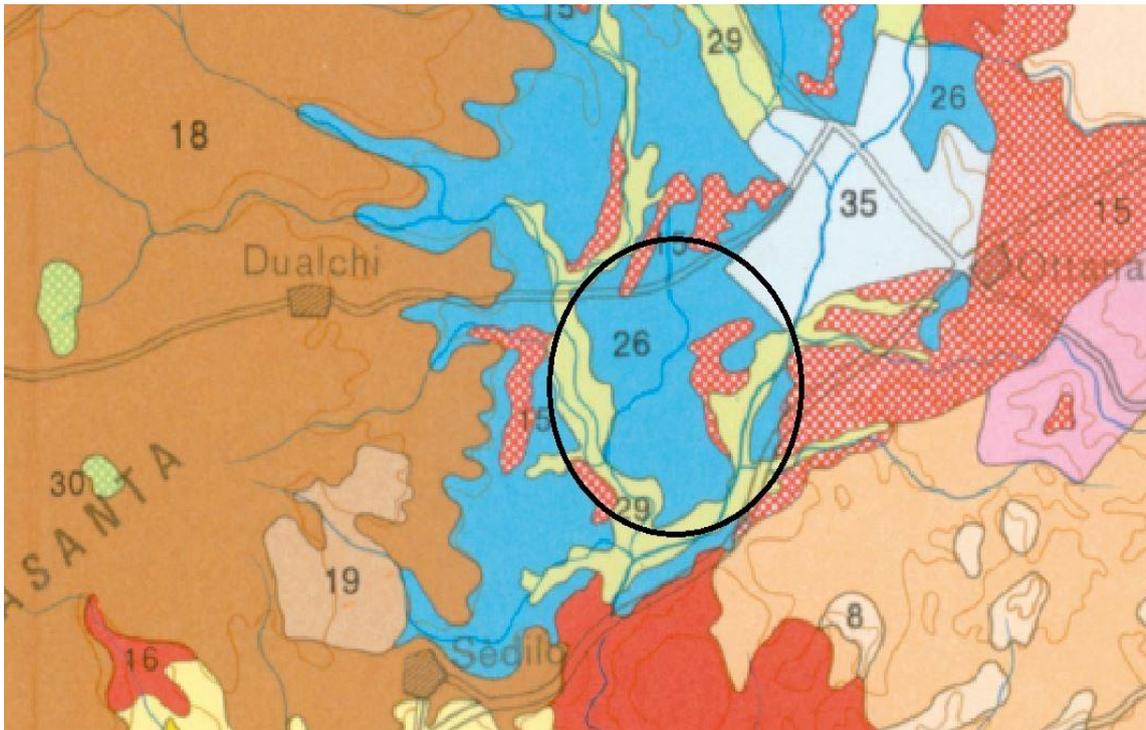
#### 5. OROGRAFIA

L'area di progetto presenta una inclinazione piuttosto importante, discendente da Est verso Ovest, tuttavia non asprissima. Presenta alcune gibbosità di rilevante consistenza delle quali sarà necessario tener conto in fase di progettazione e posa in opera dei pannelli. La variazione delle quote da Est a Ovest è di circa 26 metri (minore in ogni caso del 10%).

#### 6. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE PEDOLOGICHE

Si riporta una descrizione dei più rilevanti aspetti di caratterizzazione abiotica e biotica delle aree in oggetto al fine di delineare in maniera essenziale il quadro conoscitivo di base all'interno del quale contestualizzare l'area oggetto di miglioramento fondiario. Aspetti morfologici: La morfologia del territorio dell'area in oggetto è caratterizzata da suoli pianeggianti sub pianeggianti e moderatamente collinari con un'ottima esposizione a sud. Tutta l'area ricade nelle zone storiche di pascoli per l'allevamento di ovini da latte e/o bovini da carne caratterizzata da una discreta presenza di

disponibilità di acqua ai fini irrigui. Sulla base della Carta dei suoli della Sardegna l'area di progetto ricade principalmente nell'Unità 26 ed in minima parte nell'Unità 29 e nell'Unità 35.



**Caratteristiche UNITA'26:**

DIFFUSIONE: Campidano, Cixerri, Ottana, Nurra, piana del Coghinas, pianure Costiere.

SUBSTRATO: Alluvioni ed arenarie eoliche cementate del Pleistocene.

FORME: Da sub pianeggianti a pianeggianti.

QUOTE: m. 0-300 s.l.m.

USO ATTUALE: Prevalentemente agricolo.

SUOLI PREDOMINANTI: Typic, Aquic ed Ultic Palexeralfs.

SUOLI SUBORDINATI: Xerofluvents, Ochraqualfs.

CARATTEI DEI SUOLI: Profondità: profondi. Tessitura: da franco-sabbiosa a franco-sabbioso-argillosa in superficie, da franco-sabbiosa-argillosa ad argillosa in profondità. Struttura: poliedrica angolare e sub angolare. Permeabilità: da permeabili a poco permeabili. Erodibilità: moderata. Reazione: da subacida ad acida. Carbonati: assenti. Sostanza organica: scarsa. Capacità di scambio cationico: da bassa a medio. Saturazione in basi: da saturi a desaturati.

LIMITAZIONI D' USO: Eccesso di scheletro, drenaggio da lento a molto lento, moderato pericolo d'erosione.

ATTITUDINI: Colture erbacee e, nelle aree più drenate, colture arboree anche irrigue.

CLASSE DI CAPACITA' D' USO: III – IV.

COMMENTO: L'unità caratterizza un'ampia parte delle are di pianura della Sardegna e si riscontra sui substrati quaternari antichi (Pleistocene). L'evoluzione dei suoli è molto spinta con formazione di profili A-Bt-C e A-Btg-Cg, ossia con orizzonti argillici ben evidenziati. A tratti sono commentati per la presenza di ferro, Alluminio e Silice in relazione alla maggiore o minore età del suolo stesso. Anche la saturazione è in rapporto all'età ed alle vicende paleoclimatiche. Nonostante l'abbondanza di scheletro questi suoli presentano problemi più o meno rilevanti di drenaggio, che costituiscono una delle principali limitazioni dell'uso agricolo. La permeabilità è condizionata dalla illuvazione di materiali argilliformi, dalla cementazione e talvolta dall'eccesso di sodio nel complesso di scambio. La stessa destinazione d'uso è condizionata da questi caratteri, talvolta difficilmente modificabili. La messa a coltura e l'irrigazione comportano necessariamente degli studi approfonditi e cartografia di dettaglio, per la scelta, caso per caso, degli interventi e degli ordinamenti produttivi. Questi problemi sono particolarmente importanti per gli Aquic ed Utic Palexeralfs, che necessitano di interventi massicci per migliorare la struttura, la permeabilità ed il drenaggio. In assenza di tali interventi appare difficile una loro idoneità alle colture, soprattutto a quelle arboree. Questi problemi permangono nei Typic Palexeralfs, ma in misura minore. Tuttavia, anche in questi è opportuno intervenire per il miglioramento dei caratteri fisici, soprattutto nelle aree irrigabili.

**Caratteristiche UNITA' 29:**

**DIFFUSIONE:** Lungo tutti i principali corsi d'acqua dell'Isola, in aree allungate ma relativamente strette.

**SUBSTRATO:** Alluvioni dell'Olocene, a varia granulometria.

**FORME:** Pianeggianti o leggermente depresse.

**QUOTE:** m. 0-400 s.l.m.

**USO ATTUALE:** Prevalentemente agricolo, spesso intensivo, asciutto ed irriguo.

**SUOLI PREDOMINANTI:** Typic, Vertic, Aquic e Mollic Xerofluvents.

**SUOLI SUBORDINATI:** Xerochrepts.

**CARATTERI DEI SUOLI:** Profondità: profondi. Tessitura: da sabbioso-franca a franco-argillosa, con contenuto in scheletro assai vario ma che, in alcuni casi, può essere anche molto abbondante. Struttura: poliedrica sub angolare ed angolare. Permeabilità: da permeabili a poco permeabili, con idromorfia temporanea. Erodibilità: bassa. Reazione: neutra. Carbonati: da assenti a medi. Sostanza organica: da scarsa a media. Capacità di scambio cationico: da media ad elevata. Saturazione in basi: saturi.

**LIMITAZIONI D'USO:** A tratti eccesso di scheletro in tutto il profilo od in alcuni sub orizzonti, drenaggio limitato nelle zone più depresse, pericolo di inondazione.

**ATTITUDINI:** Agricola intensiva con colture erbacee ed arboree, anche irrigue.

**CLASSE DI CAPACITA' D'USO:** I – II.

**COMMENTO:** L'unità è caratteristica delle pianure alluvionali recenti della maggior parte della Sardegna ed occupa superfici in prossimità delle foci e lungo la parte finale di corsi d'acqua (Tirso, Cedrino, Flumini Mannu, Temo, Flumendosa), ma si può riscontrare anche su brevi tratti lungo tutta la rete fluviale dell'isola. La morfologia, quasi sempre pianeggiante, diviene leggermente depressa in alcune zone particolari ed in prossimità della costa, creando problemi allo smaltimento delle acque. I suoli presentano sempre una evoluzione piuttosto modesta, con profili del tipo A-C o, in maniera molto subordinata, A-Bw-C in corrispondenza delle alluvioni meno recenti. Essi sono caratterizzati da una profondità notevole (spesso superiore a 100 m.) e da una tessitura assai varia. Si passa infatti da classi sabbioso-franche a franco-argillose, talvolta con caratteri vertici ben evidenti. Lo scheletro può essere presente in quantità modeste oppure raggiungere valori superiori al 50\60% dell'intero suolo. Pertanto, anche la permeabilità è assai differente e varia da buona a lenta (sottogruppi Acquici, con segni più o meno evidenti di idromorfia). La loro fertilità è piuttosto elevata; in quale caso (Bassa Valle del Tirso) è presente anche un buon tenore in sostanza organica che conferisce agli orizzonti Ap un colore scuro ed una aggregazione quasi grumosa, stabile (sottogruppi Mollici) l'unità, pur con la sua notevole variabilità pedologica, ha una elevata attitudine all'agricoltura, soprattutto per quella intensiva, adattandosi, di volta in volta, ad una ampia gamma di colture erbacee ed arboree di maggiore interesse economico e più adatte all'ambiente. Molti territori in essa compresi sono già da tempo interessati dalla irrigazione o possono comunque essere convenientemente irrigati. Si tratta quindi di aree ad elevata produttività e con notevole capacità d'uso poiché quasi prive di fattori limitanti. Localmente possono richiedere opere di drenaggio e di sistemazione idraulica; in qualche caso saranno necessari interventi per evitare inondazioni o fertilizzazioni di fondo più intense quando lo scheletro è eccessivo. In tutti i casi l'unità andrà difesa dalla urbanizzazione disordinata o dalle escavazioni di inerte, perché rappresenta una risorsa di elevato valore nel contesto socioeconomico della Sardegna.

**Caratteristiche UNITA'35 - Aree urbanizzate e principali infrastrutture.**

**Caratteri delle classi di capacità di uso utilizzati per la Sardegna**

Caratteristiche	I	II	III	IV
<b>Scheletro %</b>	assente	da scarso a comune	da comune ad elevato	elevato
<b>Tessitura</b>	tutte eccetto sabbiosi, sabbioso-franchi grossolani ed argilloso molto fine	tutte eccetto sabbiosi, sabbioso-franchi grossolani ed argilloso molto fine	tutte eccetto sabbiosi grossolani	sabbiosi grossolani argillosi molto fini
<b>Drenaggio</b>	nomale	nomale	lento	molto lento o rapido
<b>Profondità (cm) del suolo</b>	>80	80-60	60-40	<40
<b>Profondità dell'orizzonte petrocalcico</b>	>100	80-40	40-20	<20
<b>Profondità della roccia madre:</b>				
<b>A) rocce tenere</b>	>80	80-50	50-30	<30
<b>B) rocce dure</b>	>100	100-60	60-30	<30
<b>Salinità</b>	assente	assente	assente	moderata
<b>Pietrosità</b>	assente	comune	comune	elevata
<b>Rocciosità</b>	assente	assente	assente	comune
<b>Pericolo di erosione</b>	assente	moderato	da moderato ad elevato	elevato
<b>Pendenze</b>	0-5%	5-15%	5-15%	15-30%

**Definizione delle classi di capacità d'uso**

**Classe I**

I suoli di questa classe non hanno od hanno poche limitazioni che ne diminuiscono il loro uso. Possono essere coltivati intensivamente od utilizzati per pascolo o per forestazione. Si tratta di suoli profondi, ben drenati e con giacitura pianeggiante. Sono naturalmente fertili oppure danno ottimi risultati con l'applicazione di dosi normali di fertilizzanti. La capacità di trattenuta per l'acqua è alta e si prestano assai bene all'irrigazione. Richiedono pratiche ordinarie per mantenere la loro produttività.

**Classe II**

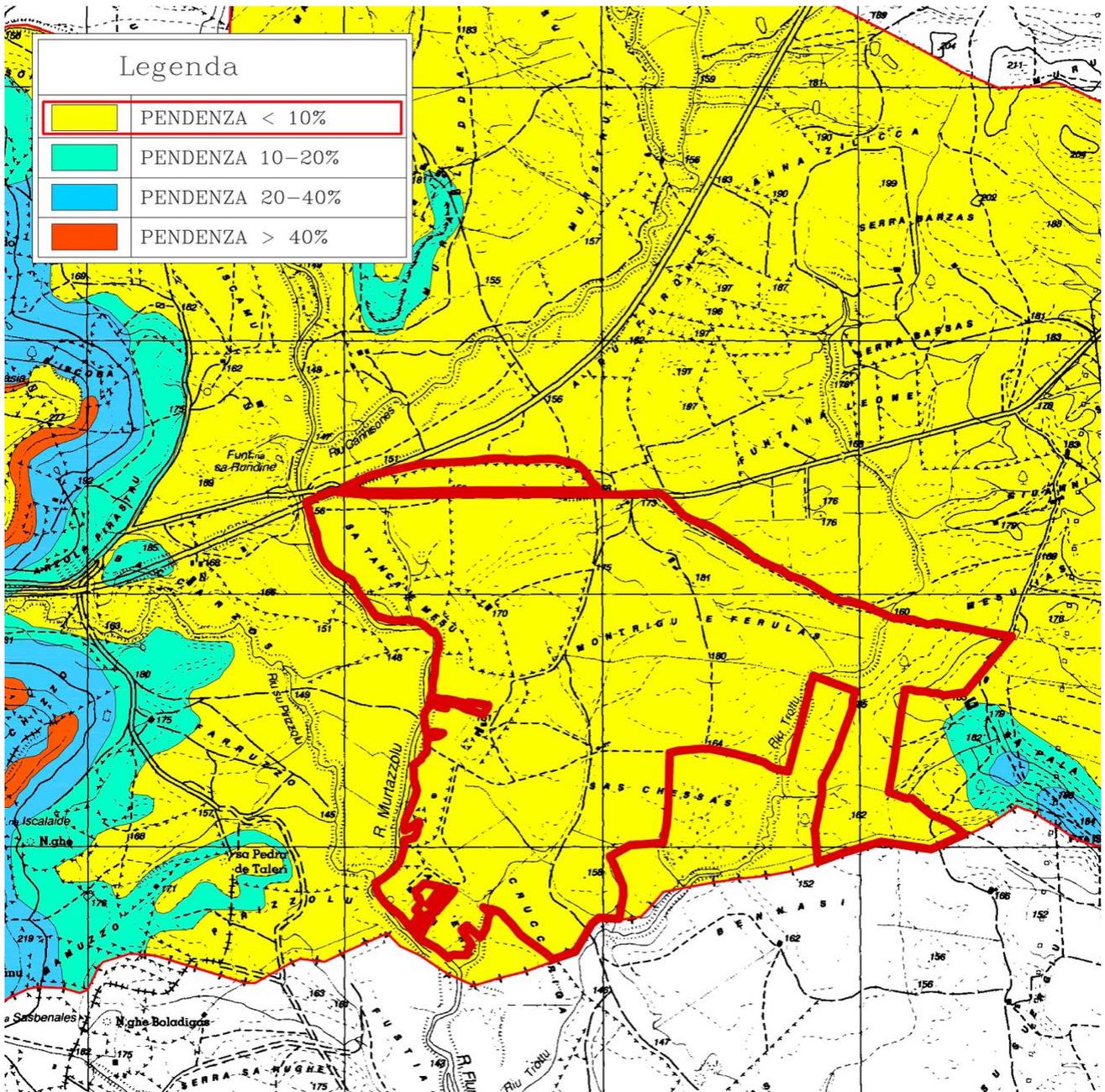
I suoli di questa classe hanno qualche limitazione che riduce la scelta delle colture e richiede moderate pratiche di conservazione. Possono essere utilizzati con le stesse colture della classe I, ma con una minore intensità. Richiedono inoltre una accurata conduzione per prevenire il deterioramento del suolo o per migliorare gli scambi con l'aria o con l'acqua. Le limitazioni sono comunque poche e le pratiche di facile applicabilità.

**Classe III**

I suoli di questa classe hanno severe limitazioni che riducono la scelta delle colture o richiedono speciali pratiche di conservazione. Le limitazioni principali sono rappresentate da pendenze relativamente modeste, forte pericolo d'erosione, debole permeabilità, ridotta profondità del suolo, bassa fertilità scarsa capacità di trattenuta per l'acqua, struttura instabile.

**Classe IV**

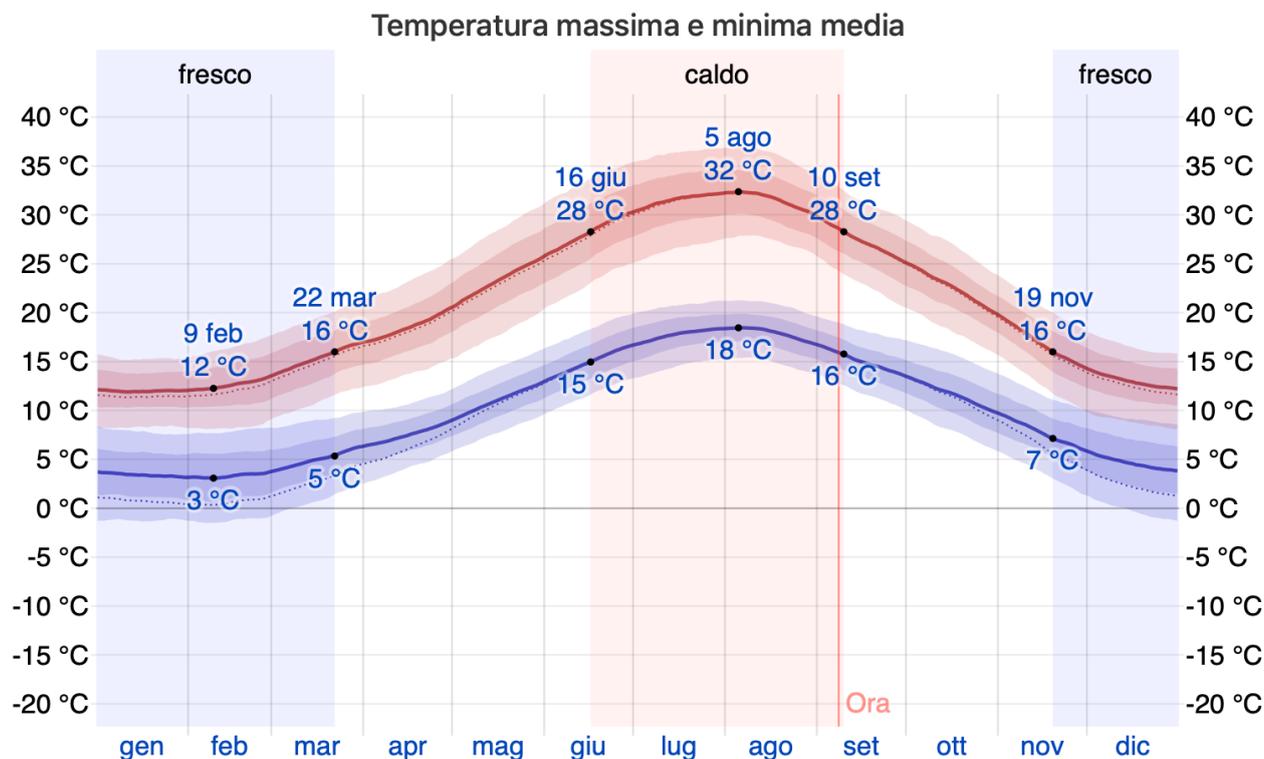
Hanno limitazioni molto forti che restringono la scelta delle colture e richiedono una conduzione assai accurata. Gli usi alternativi per questi suoli sono più limitati che per la classe III.



Carta delle Acclività

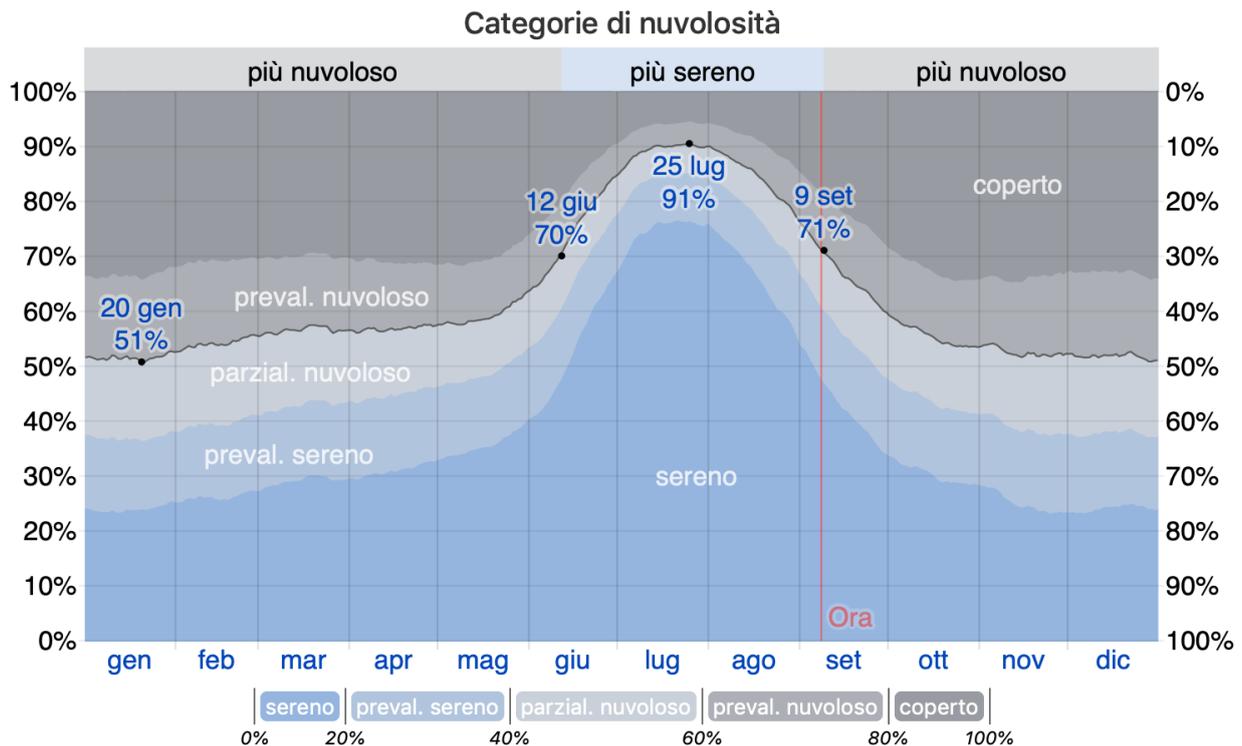
## 7. ASPETTI CLIMATICI

A Noragugume, le estati sono brevi, calde, asciutte e prevalentemente serene, mentre gli inverni sono lunghi, freddi, ventosi e parzialmente nuvolosi. Durante l'anno, la temperatura in genere va da 3 °C a 32 °C ed è raramente inferiore a -2 °C o superiore a 37 °C. La stagione calda dura 2,8 mesi, dal 16 giugno al 10 settembre, con una temperatura giornaliera massima di oltre 28 °C. Il giorno più caldo dell'anno è il 5 agosto, con una temperatura massima di 32 °C e minima di 18 °C. La stagione fresca dura 4,1 mesi, dal 19 novembre al 22 marzo, con una temperatura massima giornaliera media inferiore a 16 °C. Il giorno più freddo dell'anno è il 9 febbraio, con una temperatura minima media di 3 °C e massima di 12 °C.



La temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) giornaliera medie, con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile. Le righe sottili tratteggiate rappresentano le temperature medie percepite.

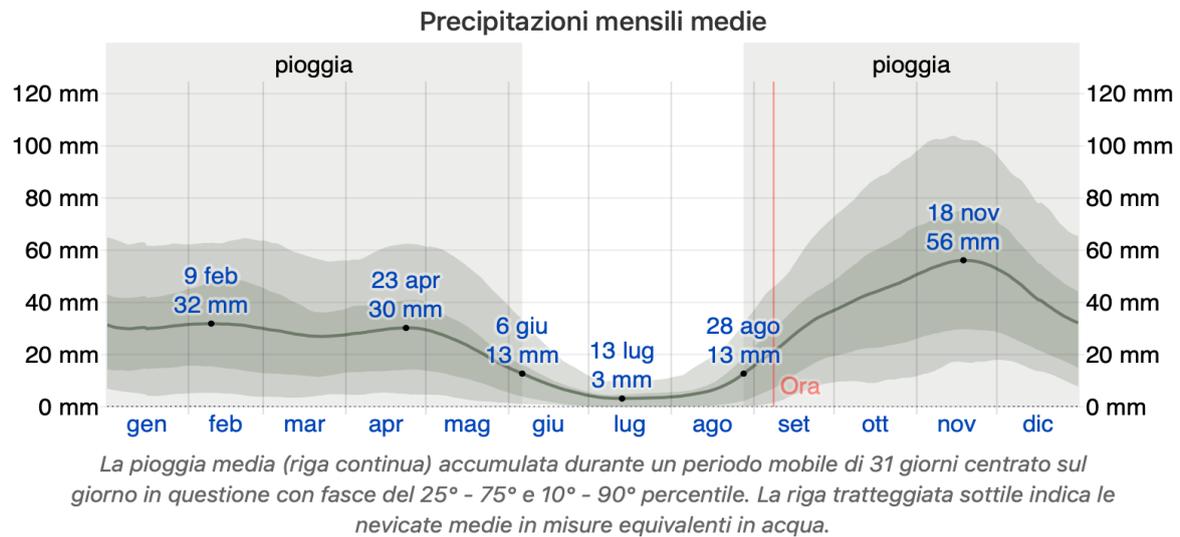
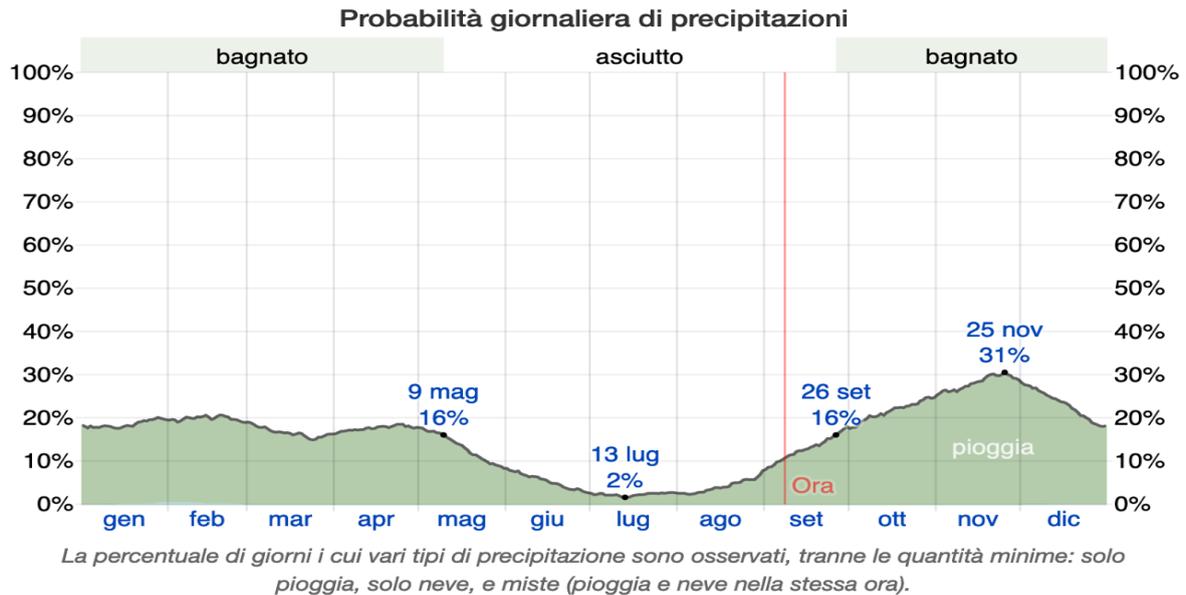
**Nuvolosità:** A Noragugume, la percentuale media di cielo coperto da nuvole è accompagnata da variazioni stagionali moderate durante l'anno. Il periodo più sereno dell'anno a Noragugume inizia attorno al 12 giugno, dura 2,9 mesi e finisce alla fine della prima settimana di settembre. Il 25 luglio, nel giorno più sereno dell'anno, il cielo è sereno, prevalentemente sereno o parzialmente nuvoloso per il 91% del tempo, e nuvoloso o prevalentemente nuvoloso per il 9% del tempo. Il periodo più nuvoloso dell'anno inizia attorno al 9 settembre, dura 9,1 mesi e finisce attorno al 12 giugno. Il 20 gennaio è il giorno più nuvoloso dell'anno: il cielo è nuvoloso o prevalentemente nuvoloso per il 49% del tempo, e sereno, prevalentemente sereno, o parzialmente nuvoloso per il 51% del tempo.



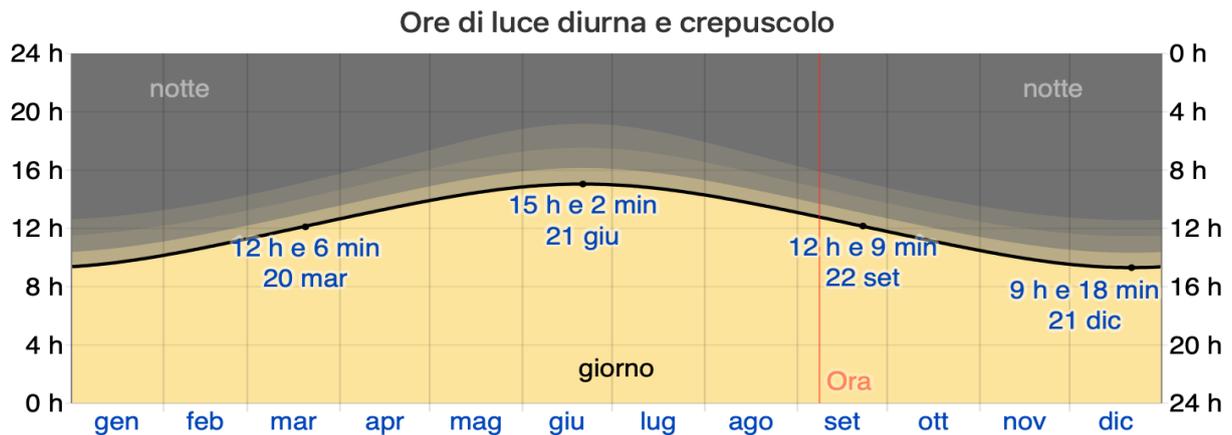
La percentuale di tempo trascorso in ciascuna fascia di copertura nuvolosa, categorizzata secondo la percentuale di copertura nuvolosa del cielo.

**Precipitazioni:** Un giorno umido è un giorno con al minimo 1 millimetro di precipitazione liquida o equivalente ad acqua. La possibilità di giorni piovosi a Noragugume varia durante l'anno. La stagione più piovosa dura 7,5 mesi, dal 26 settembre al 9 maggio, con una probabilità di oltre il 16% che un dato giorno sia piovoso. La probabilità di un giorno piovoso è al massimo il 31% il 25 novembre. La stagione più asciutta dura 4,5 mesi, dal 9 maggio al 26 settembre. La minima probabilità di un giorno piovoso è il 2% il giorno 13 luglio. Fra i giorni piovosi, facciamo la differenza fra giorni con solo pioggia, solo neve, o un misto dei due. In base a questa categorizzazione, la forma più comune di precipitazioni durante l'anno è solo pioggia, con la massima probabilità del 31% il giorno 25 novembre. Pioggia Per mostrare le variazioni nei mesi e non solo il totale mensile, mostriamo la pioggia accumulata in un periodo mobile di 31 giorni, centrato su ciascun giorno. Noragugume ha significative variazioni stagionali di piovosità mensile.

Il periodo delle piogge nell'anno dura 9,3 mesi, da 28 agosto a 6 giugno, con un periodo mobile di 31 giorni di almeno 13 millimetri. La maggior parte della pioggia cade nei 31 giorni attorno al 18 novembre, con un accumulo totale medio di 56 millimetri. Il periodo dell'anno senza pioggia dura 2,7 mesi, dal 6 giugno al 28 agosto. La quantità minore di pioggia cade attorno al 13 luglio, con un accumulo totale medio di 3 millimetri.

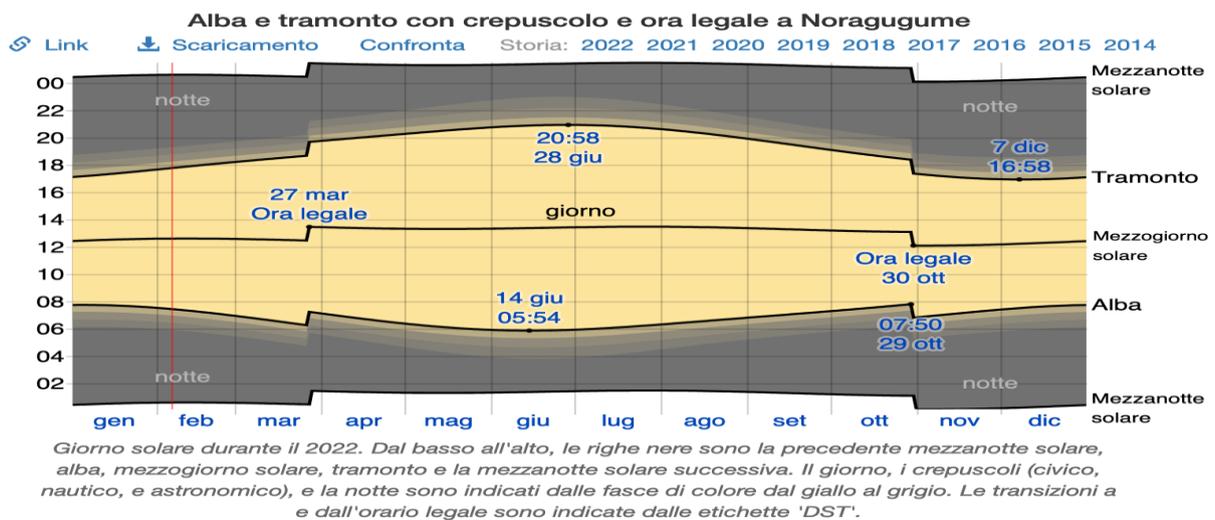


**Sole:** La lunghezza del giorno a Noragugume cambia significativamente durante l'anno. Nel 2022, il giorno più corto sarà il 21 dicembre, con 9 ore e 18 minuti di luce diurna mentre il giorno più lungo sarà il 21 giugno, con 15 ore e 2 minuti di luce diurna.

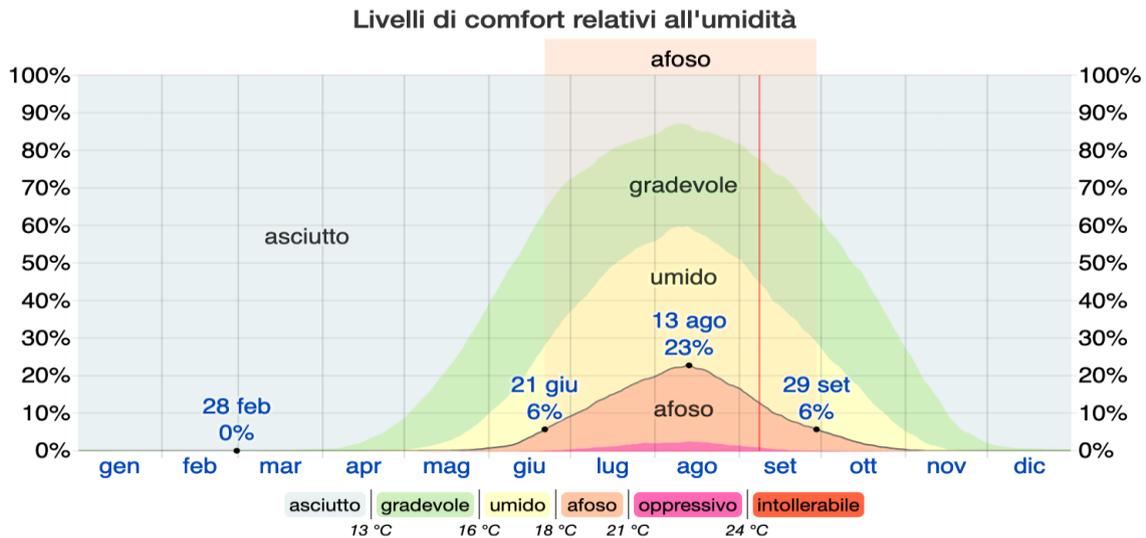


Il numero di ore in cui il sole è visibile (riga nera). Dal basso (più giallo) all'alto (più grigio), le fasce di colore indicano: piena luce diurna, crepuscolo (civico, nautico e astronomico) e piena notte.

La prima alba si verificherà alle 05:54, il giorno 14 giugno, mentre l'ultima alba si manifesterà 1 ora e 57 minuti più tardi alle 07:51 del giorno 30 ottobre. Il primo tramonto avverrà alle 16:58 del giorno 8 dicembre, mentre l'ultimo tramonto si verificherà 4 ore e 0 minuti dopo alle 20:58, il giorno 27 giugno. L'ora legale (DST) viene osservata a Noragugume durante il 2022, inizierà in primavera il 28 marzo, durerà 7,1 mesi, per terminare in autunno, il giorno 31 ottobre.

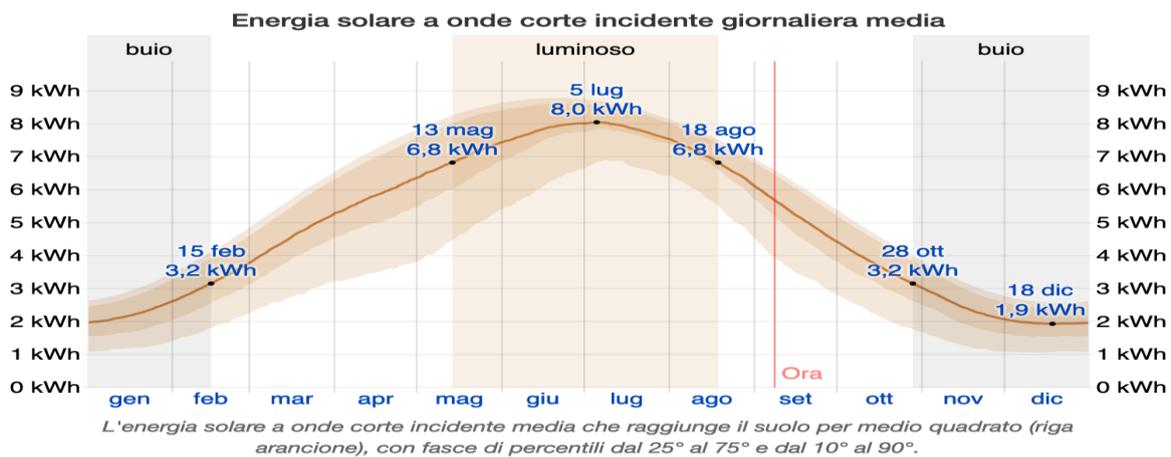


**Umidità:** Basiamo il livello di comfort sul punto di rugiada, in quanto determina se la perspirazione evaporerà dalla pelle, raffreddando quindi il corpo. Punti di rugiada inferiori danno una sensazione più asciutta e i punti di rugiada superiori più umida. A differenza della temperatura, che in genere varia significativamente fra la notte e il giorno, il punto di rugiada tende a cambiare più lentamente, per questo motivo, anche se la temperatura può calare di notte, dopo un giorno umido la notte sarà generalmente umida. Noragugume vede alcune variazioni stagionali nell'umidità percepita. Il periodo più umido dell'anno dura 3,2 mesi, dal 21 giugno al 29 settembre, e in questo periodo il livello di comfort è basso, essendo il clima afoso, oppressivo, poco intollerabile almeno per il 6% del tempo. Il giorno più umido dell'anno è il 13 agosto, con condizioni umide per il 23% del tempo. Il giorno meno umido dell'anno è il 28 febbraio, con condizioni di umidità praticamente assenti.

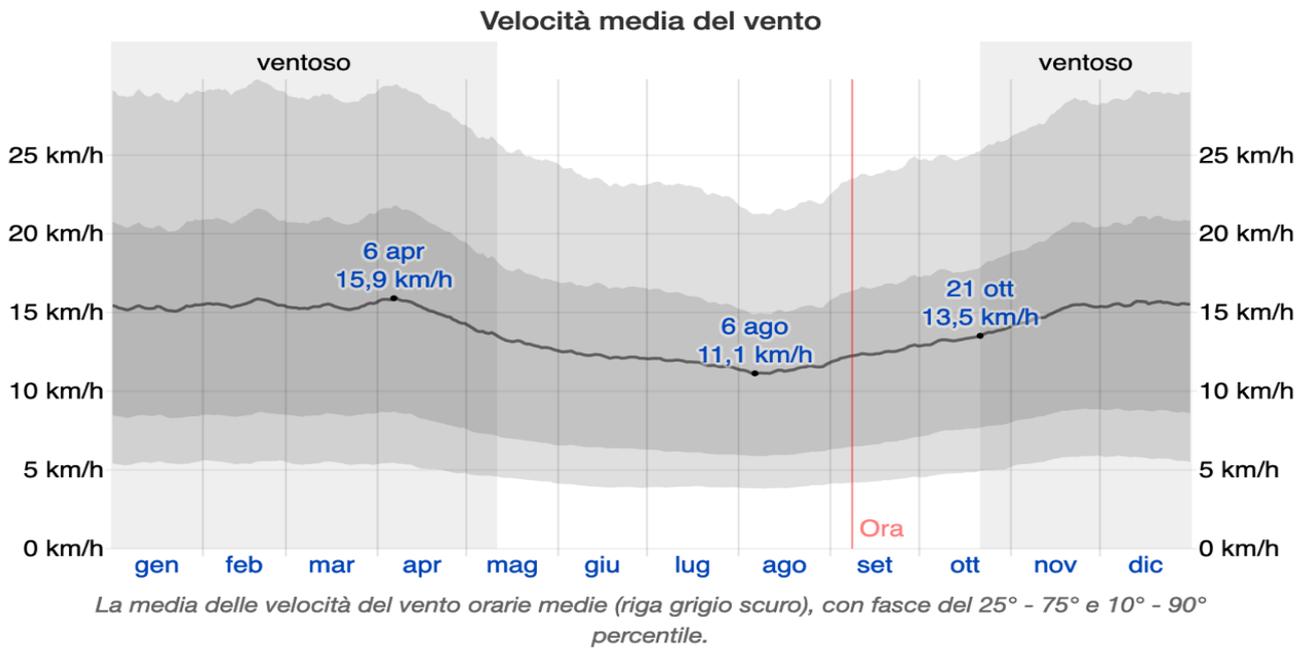


La percentuale di tempo a diversi livelli di comfort umidità, categorizzata secondo il punto di rugiada.

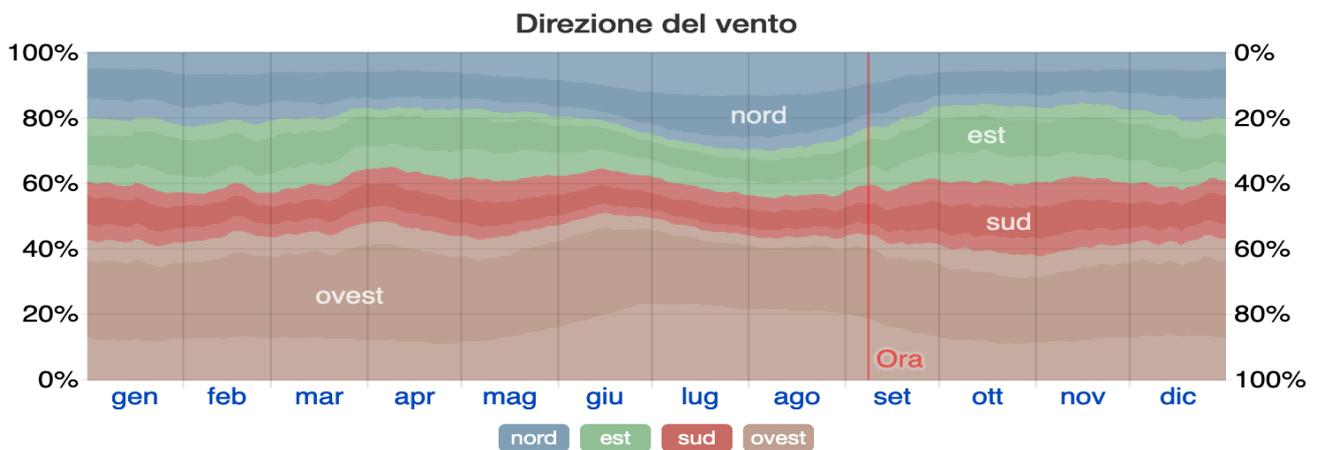
**Energia solare:** Questa sezione discute l'energia solare a onde corte incidente totale giornaliera che raggiunge la superficie del suolo in un'ampia area, tenendo in considerazione le variazioni stagionali nella lunghezza del giorno, l'elevazione del sole sull'orizzonte e l'assorbimento da parte delle 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 kWh. Il giorno più luminoso dell'anno è il 5 luglio, con una media di 8,0 kWh. Il periodo più buio dell'anno dura 3,5 mesi, dal 28 ottobre al 15 febbraio, con un'energia a onde corte incidente giornaliera media per metro quadrato di meno di 3,2 kWh. Il giorno più buio dell'anno è il 18 dicembre, con una media di 1,9 kWh.



**Anemometria:** 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 Noragugume subisce moderate variazioni stagionali durante l'anno. Il periodo più ventoso dell'anno dura 6,7 mesi, dal 21 ottobre al 11 maggio, con velocità medie del vento di oltre 13,5 chilometri orari. Il giorno più ventoso dell'anno è il 6 aprile, con una velocità oraria media del vento di 15,9 chilometri orari. Il periodo dell'anno più calmo dura 5,3 mesi, da 11 maggio a 21 ottobre. Il giorno più calmo dell'anno è il 6 agosto, con una velocità oraria media del vento di 11,1 chilometri orari.

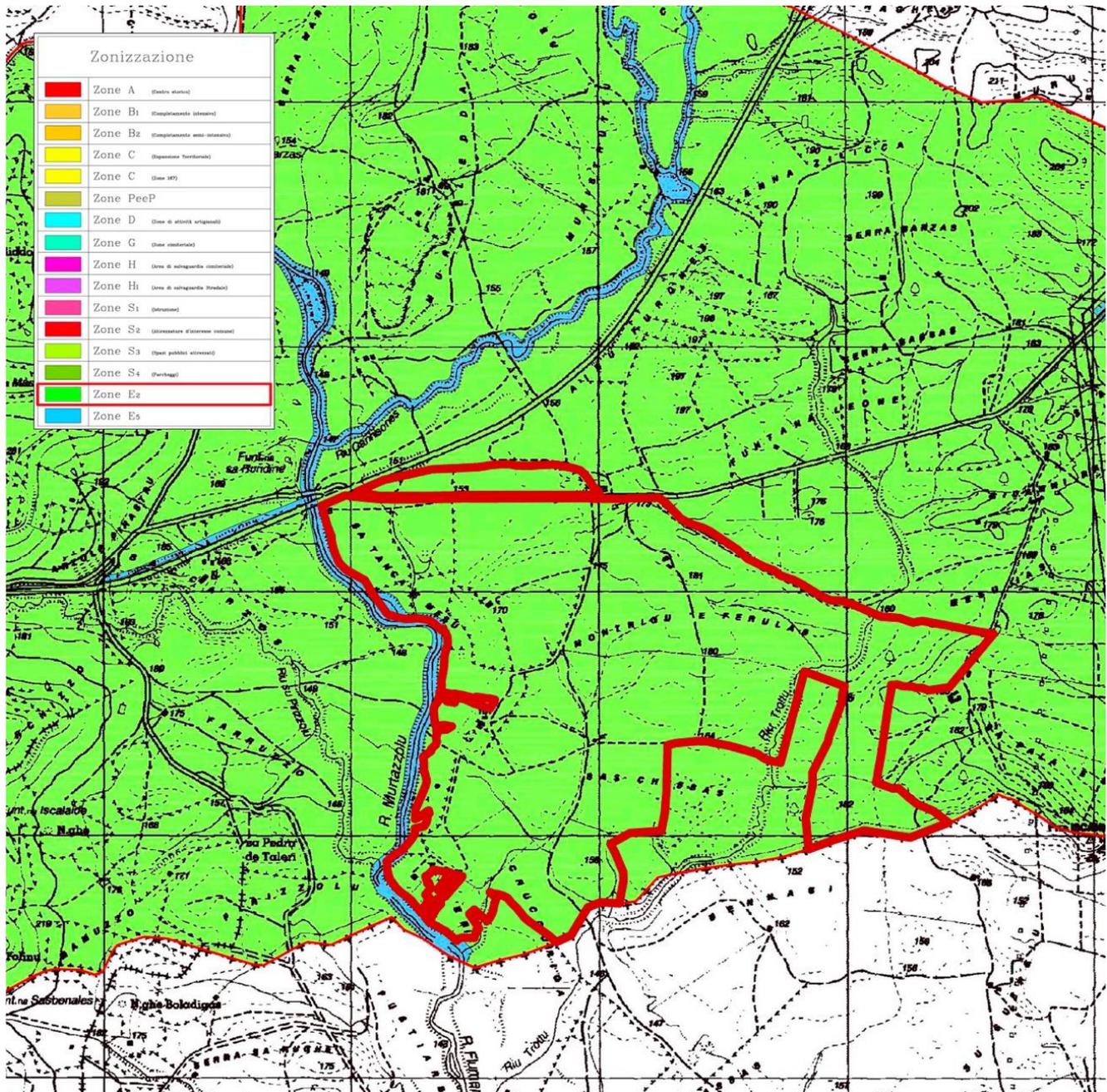


La direzione oraria media del vento predominante a Noragugume è da ovest durante l'anno.



## 8. RIFERIMENTI URBANISTICI E PIANIFICATORI

Con riferimento al P.U.C. del Comune di Noragugume l'area di progetto rientra in Zona Agricola E, Sottozona E2, ovvero aree di primaria importanza per la funzione agricolo-produttiva, anche in relazione all'estensione, composizione e localizzazione dei terreni (pagina 9 delle Norme di Attuazione e pagina 15 della Relazione Agricola).



PUC – Carta Urbanistica del Territorio <https://www.comune.noragugume.nu.it/>

Secondo il P.U.C. di Noragugume, sono definite zone agricole le parti del territorio destinate all'agricoltura, alla pastorizia e alla zootecnia. In queste zone agricole sono presenti le aree caratterizzate da una produzione agricola tipica e specializzata, frammista ad aree di primaria importanza per la funzione agricolo produttiva. Secondo le direttive per le zone agricole impartite dal Decreto del Presidente della Giunta Regionale 03.08.1994 n. 228, si sono previste sottozone E2 ed E5.

## 9. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Il generatore fotovoltaico si estenderà su una superficie di terreno a destinazione agricola insistente nel territorio del comune di Noragugume (NU). Di seguito si riportano le caratteristiche principali per ciascun impianto:

<b>SUPERFICIE RECINTATA (Ha)</b>	130,67
<b>POTENZA NOMINALE DC (kWp)</b>	83.192
<b>POTENZA PRODUZIONE AC (kWac)</b>	76.230
<b>POTENZA IMMISSIONE LIMITATA AC (kWac)</b>	76.200
<b>MODULI INSTALLATI</b>	125.100
<b>TOTALE STRINGHE INSTALLATE</b>	5.004
<b>NUMERO INVERTER DI STRINGA</b>	381

I moduli fotovoltaici installati avranno potenza nominale (@STC) pari a 665 W, saranno del tipo bifacciali e installati "a terra" su strutture a inseguimento solare (tracker) con asse di rotazione Nord/Sud ed inclinazione massima di circa 60°.

I moduli fotovoltaici scelti per la realizzazione dell'impianto oggetto della presente relazione sono di tipo bifacciale in grado cioè di captare la radiazione luminosa sia sul fronte che sul retro del modulo, avranno dimensioni pari a (2384 H x 1303 L x 35 P) mm e sono composti da 132 celle per faccia (22x6) in silicio monocristallino tipo P. Essi saranno fissati su ciascuna struttura in modalità Landscape 2xN, ovvero in file composte da due moduli con lato corto parallelo al terreno, le strutture utilizzate nel presente progetto saranno essenzialmente di un tipo individuato in funzione della loro lunghezza ovvero 2x30 moduli a cui corrispondono strutture di lunghezza complessiva di circa 40 metri. La struttura sarà collegata a pali di sostegno verticali infissi nel terreno senza l'ausilio di opere in calcestruzzo. I moduli saranno collegati tra di loro in serie a formare stringhe ciascuna delle quali composta da 25 moduli, la lunghezza di stringa è stabilita in funzione delle caratteristiche del sistema fotovoltaico in termini di tensione massima ammissibile e della potenza complessiva. Per la conversione della corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata fruibile dal sistema di distribuzione e trasmissione nazionale, saranno utilizzate delle stazioni in campo composte da trasformatori MT/BT 0,6/30kV, quadri elettrici oltre agli apparati di gestione, controllo e protezione necessari al corretto funzionamento ordinario dei suddetti apparati. Ciascuna stazione di trasformazione sarà composta da un box tipo container di dimensioni pari a 6,00x2,5x2,90 m. Il design di impianto prevede l'utilizzo di inverter di tipo string, ovvero unità statiche di conversione della corrente DC/AC caratterizzate da potenze nominali molto elevate.

Come evidenziato, ogni inverter è collocato in campo e collegati a un quadro di bassa tensione all'interno di box container insieme agli altri apparati necessari per l'elevazione della tensione di esercizio fino a 30kV. Pertanto, ciascun quadro è poi collegato, all'interno dell'alloggiamento di ciascuna stazione di trasformazione al trasformatore BT/MT, al quadro di media tensione e a tutti gli apparati dedicati alla gestione, controllo e protezione necessari al corretto funzionamento ordinario dei suddetti apparati.

L'impianto fotovoltaico sarà completato dall'installazione di una cabina di interfaccia con control room, ubicata quanto più possibile in corrispondenza del punto di accesso al campo o in zona facilmente accessibile sia per motivi funzionali che di sicurezza. La cabina di interfaccia sarà realizzata con un manufatto in cemento armato vibrato (c.a.v.) di dimensioni 16,45x3,10x4,00 m. Lo spazio all'interno del manufatto sarà organizzato in modo tale da avere un locale per il sezionamento e protezione dei circuiti di media tensione (collocamento del quadro generale di media tensione), un locale dedicato all'installazione del trasformatore di spillamento MT/BT da 100 kVA dedicato all'alimentazione di tutti i servizi a corredo dell'impianto fotovoltaico e necessari alla gestione del sistema, una control room dove tra l'altro saranno posizionati i quadri generale di bassa tensione e l'armadio rack e, infine, un locale ufficio. Il quadro di media tensione collocato all'interno della cabina di interfaccia è l'apparato dove saranno attestate tutte le linee MT provenienti dalle stazioni di trasformazione in campo e rappresenta il punto di interfaccia dell'impianto con la RTN, su di esso sarà infatti attestata anche la linea di collegamento in uscita dal campo verso la stazione elettrica e saranno collocate tutte le protezioni indicate dalle vigenti normative tecniche per la connessione come il Sistema di Protezione Generale (SPG) e il Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI). La control room, invece, è il locale all'interno del quale saranno collocati i principali apparati ausiliari che consentono la corretta gestione ed esercizio dell'impianto come quelli per la trasmissione dati, per il sistema antintrusione e la videosorveglianza. L'impianto fotovoltaico sarà altresì dotato di un sistema di telecontrollo (SCADA) attraverso il quale sarà possibile monitorare in tempo reale i principali parametri elettrici sia lato impianto che lato rete ed acquisire i dati di misurazione meteorologici eseguiti dalla meteo station in campo (piranometri, anemometri, etc.). Tutti i dati acquisiti renderanno possibile la valutazione e il controllo delle prestazioni dell'intero sistema. L'impianto di supervisione consentirà anche di eseguire da remoto la modifica del set point di lavoro dei parametri elettrici in rispetto delle richieste del distributore di rete Terna. Il campo fotovoltaico prevede la realizzazione di un sistema di viabilità interna e/o perimetrale che possa consentire in modo agevole il raggiungimento di tutti i componenti in campo, sia per garantire la sicurezza

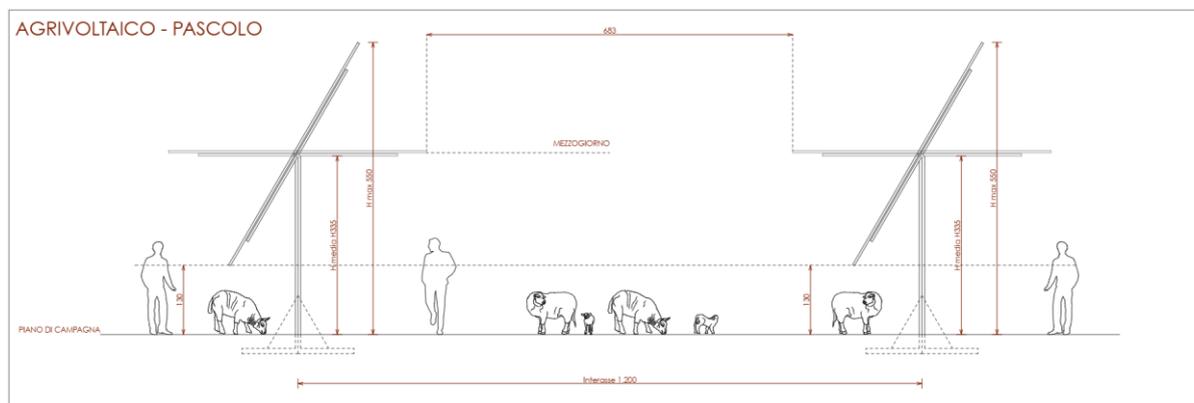
dell'opera, che per la corretta gestione nelle operazioni di manutenzione. L'impianto sarà protetto contro gli accessi indesiderati mediante l'installazione di una recinzione perimetrale e dal sistema di illuminazione e videosorveglianza. L'accesso carrabile sarà costituito da un cancello a due ante in pannellature metalliche di larghezza 4 metri e montato su pali in castagno infissi al suolo. La recinzione perimetrale sarà realizzata con rete metallica rombata a maglia larga alta 2 metri e sormontata da filo spinato, collegata a pali di castagno alti 3 metri infissi direttamente nel suolo per una profondità di 100 cm. La rete metallica non sarà realizzata a totale chiusura del perimetro, rispetto al piano campagna, infatti, sarà lasciato un passaggio di altezza 20 cm che consenta il passaggio della fauna selvatica di piccola taglia. Sia la viabilità perimetrale che quella interna avranno larghezza di 5 m; entrambe i tipi di viabilità saranno realizzate in battuto e ghiaia (materiale inerte di cava a diversa granulometria). Il sistema di illuminazione e videosorveglianza prevede l'installazione dei componenti in campo su pali in acciaio zincato fissati al suolo con pozzetto di fondazione in calcestruzzo dedicato. I pali avranno una altezza di circa 3 m, saranno dislocati ogni 40 metri lungo la recinzione perimetrale e su di essi saranno montati corpi illuminanti (che si attiveranno in caso di allarme/intrusione) e le videocamere del sistema di sorveglianza.

I cavi di collegamento del sistema saranno alloggiati nello scavo perimetrale eventualmente sfruttando quello già previsto per il passaggio dei cavidotti di ciascun impianto fotovoltaico. Nell'esercizio ordinario degli impianti non sono previsti consumi di energia, eccezion fatta per il sistema di illuminazione e videosorveglianza che avrà una sua linea di alimentazione elettrica tradizionale; è prevista l'installazione di un trasformatore di spillamento di 100 kVA per il funzionamento di tutti i sistemi ausiliari. L'energia prodotta dal generatore fotovoltaico sarà disponibile al confine fisico dell'impianto (in corrispondenza della cabina di interfaccia) ad una tensione nominale di 30 kV e sarà veicolata verso il punto di elevazione 30/150 kV e da questo poi al punto di connessione alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale) secondo le modalità indicate nella Soluzione Tecnica Minima Generale messa a disposizione dal distributore di rete Terna S.p.A. L'impianto dovrà quindi essere connesso alla RTN in alta tensione a 150 kV come da soluzione tecnica minima generale. La distanza tra l'impianto e la suddetta stazione elettrica prevede la realizzazione di un elettrodotto interrato con la posa di una terna di cavi idonei al trasporto di energia in media tensione, 30 kV. Le linee di bassa tensione, sia quelle in corrente continua che in corrente alternata, e le linee di media tensione saranno realizzate totalmente all'interno dell'area occupata dall'impianto fotovoltaico. Tutti i cavi, ad eccezione dei cavi stringa (collegamento moduli inverter), saranno posati in trincea ovvero direttamente interrati senza l'ausilio di cavidotti o protezioni meccaniche. In tal caso la profondità di posa dei cavi sarà di 50 cm per illuminazione perimetrale, di 80 cm per i cavi di bassa tensione e 100 cm per quelli di media tensione, tutti saranno opportunamente segnalati mediante la posa di nastro ad una distanza di circa 30 cm verso il piano campagna. Come accennato, fanno eccezione alla posa direttamente interrata in trincea i soli cavi stringa che collegano ciascuna stringa all'inverter di riferimento. Oltre a quelli interni al campo fotovoltaico sarà realizzato il collegamento in media tensione con la stazione elettrica dove verrà eseguita l'elevazione della tensione di esercizio da 30 a 150kV utili alla connessione dell'impianto alla RTN. Questi collegamenti, esterni all'area di impianto, saranno realizzati per quanto possibile a lato della viabilità comunale, provinciale e rurale esistente; i cavi saranno direttamente interrati in trincea ad una profondità di posa minima di 120 cm. Anche in questo caso la segnalazione della presenza dell'elettrodotto interrato sarà resa obbligatoria. L'esercizio ordinario dell'impianto fotovoltaico non richiede ausilio o presenza di personale addetto, tranne per le eventuali operazioni di riparazione in caso di guasto o per le operazioni di manutenzione ordinarie e straordinarie. Con cadenza saltuaria sarà necessario provvedere alla pulizia dell'impianto, che si divide in due operazioni: lavaggio dei pannelli fotovoltaici per rimuovere lo sporco naturalmente accumulatosi sulle superfici captanti (trasporto eolico e meteorico) e taglio dell'erba sottostante i pannelli. La frequenza delle suddette operazioni avrà indicativamente carattere stagionale, salvo casi particolari individuati durante la gestione dell'impianto. Le operazioni di taglio dell'erba saranno effettuate, secondo una tecnica già consolidata e comprovata in quasi dieci anni di esercizio di impianti fotovoltaici, che prevede l'accordo con i pastori locali per far pascolare nell'area di impianto greggi di pecore. Tale procedura, del tutto naturale, assicura ottimi risultati ed evita il ricorso a macchine di taglio o a diserbanti chimici. Le operazioni di lavaggio dei pannelli saranno invece effettuate con un trattore di piccole dimensioni equipaggiato con una lancia in pressione e una cisterna di acqua demineralizzata.

Il trattore passerà sulla viabilità di impianto e laverà i pannelli alla bisogna. L'azione combinata di acqua demineralizzata e pressione assicura una pulizia ottimale delle superfici captanti evitando sprechi di acqua potabile e il ricorso a detersivi e sgrassanti. Tutte le operazioni di manutenzione e riparazione di natura elettrica saranno effettuate da ditte specializzate, con proprio personale e mezzi, con cadenze programmate o su chiamata del gestore dell'impianto.

## 10. SOLUZIONE AGRIVOLTAICA

L'area individuata per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico risulta attualmente utilizzata da aziende agricole zootecniche con allevamento ovini. In fase di progettazione sono state considerate delle soluzioni al fine di non interrompere l'attività e l'utilizzo del terreno in essere. Nello specifico, la configurazione dell'impianto fotovoltaico prevede una distanza tra le file di pannelli pari a 12 metri con un corridoio minimo netto di circa 6/7 metri e il punto minimo di altezza dei pannelli rispetto al terreno di 1,30 metri (come indicato nelle linee guida del Ministero Transazione Ecologica pubblicate a giugno 2022). Di seguito si riporta uno schema di configurazione adottato in fase di progettazione:



Altre di seguito si riportano i calcoli effettuati in rispetto del requisito A in quanto definisce le condizioni necessarie per non compromettere la continuità dell'attività pastorale.

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

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

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

### A.1 Superficie minima per l'attività agricola

Un parametro fondamentale ai fini della qualifica di un sistema agrivoltaico, richiamato anche dal decreto-legge 77/2021, è la continuità dell'attività agricola, atteso che la norma circoscrive le installazioni ai terreni a vocazione agricola.

Tale condizione si verifica laddove l'area oggetto di intervento è adibita, per tutta la vita tecnica dell'impianto agrivoltaico, alle coltivazioni agricole, alla floricoltura o al pascolo di bestiame, in una percentuale che la renda significativa rispetto al concetto di "continuità" dell'attività se confrontata con quella precedente all'installazione (caratteristica richiesta anche dal DL 77/2021).

Pertanto si dovrebbe garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico,  $S_{tot}$ ) che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA).

DATI IMPIANTO	
<b><math>S_{tot}</math> - Superficie Recintata [mq]</b>	1.306.698
<b>Superficie Copertura Moduli FV [mq]</b>	388.605
<b>Superficie Campi FV [mq]</b>	1.150.502

<b>A.1 - SUPERFICIE MINIMA PASTORALE [mq]</b> $S_{pastorale} \geq 0,7 \times S_{tot}$
914.689

<b>A.1 - <math>S_{pastorale}</math> [mq]</b>
<b>1.150.502</b> requisito rispettato

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

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

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

Nella prima fase di sviluppo del fotovoltaico in Italia (dal 2010 al 2013) la densità di potenza media delle installazioni a terra risultava pari a circa 0,6 MW/ha, relativa a moduli fotovoltaici aventi densità di circa 8 m<sup>2</sup>/kW (ad. es. Singoli moduli da 210 W per 1,7 m<sup>2</sup>). Tipicamente, considerando lo spazio tra le stringhe necessario ad evitare ombreggiamenti e favorire la circolazione d'aria, risulta una percentuale di superficie occupata dai moduli pari a circa il 50%.

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

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

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

<b>A.2 - PERCENTUALE SUPERFICIE COPERTA DA FV [mq]</b> <b>LAOR ≤ 40%</b>
<b>29,74</b> <b>requisito rispettato</b>

## 11. EFFETTI MICROCLIMATICI E SULLE PIANTE NEL SISTEMA AGRI-VOLTAICO

La presenza dei pannelli fotovoltaici determina alcune modificazioni microclimatiche riferibili alla disponibilità di radiazione, alla temperatura e all'umidità del suolo che avranno effetti positivi sulle esigenze della specie coltivate.

### Radiazione solare

La radiazione solare è un fattore essenziale per le piante, garantendo lo svolgimento della fotosintesi clorofilliana, l'accrescimento e la produzione dei prodotti agricoli. Le piante, tuttavia, utilizzano solo una minima parte della radiazione solare, dal 2 al 5%, ed in particolare possono impiegare per la fotosintesi solo la frazione visibile, definita PAR (radiazione fotosinteticamente attiva), compresa tra 400 e 700 nm di lunghezza d'onda, che è pari a circa il 40% della radiazione globale. Le piante peraltro riflettono alla superficie delle foglie il 25% della radiazione globale, pari al 10% della radiazione visibile PAR. Va sottolineato che, in condizioni normali di pieno sole, la radiazione globale che raggiunge la superficie del terreno si compone per metà di radiazione diretta, e per metà di radiazione diffusa priva di direzione prevalente. La presenza del pannello fotovoltaico riduce la percentuale di radiazione diretta, ovvero quella che raggiunge direttamente il suolo, con intensità variabile in funzione della distanza dal filare fotovoltaico, del momento del giorno e del periodo dell'anno, mentre si prevede un aumento della quantità di radiazione diffusa. Nel presente impianto si stima che la riduzione media annua della radiazione diretta sia dell'80% nelle zone immediatamente adiacenti al filare (fino a circa 1 m di distanza), mentre nella zona centrale sia solamente del 35-40%. In realtà, queste riduzioni devono considerarsi meno marcate nel periodo primaverile- estivo durante il quale si realizza lo sviluppo delle maggior parte delle piante coltivate essendone soddisfatte le esigenze termiche, per effetto del maggior angolo di elevazione solare. Inoltre, la tipologia mobile del pannello fotovoltaico adottata in progetto, per effetto di riflessione consente alle piante coltivate di sfruttare la radiazione sia riflessa che diffusa dai pannelli stessi. Per quanto riguarda il livello di saturazione per l'intensità luminosa, le piante vengono classificate in eliofile e sciafile. Le prime richiedono una elevata quantità di radiazione, mentre le sciafile soffrono per un eccesso di illuminazione, anche se la maggior parte delle piante coltivate devono essere considerate sciafile facoltative in quanto nelle normali condizioni di coltivazione l'elevata fittezza di semina comporta sempre l'instaurarsi di un ambiente sub-ottimale per l'illuminazione. In generale, si considerano piante con elevate esigenze di intensità di radiazione i cereali, le piante da zucchero, le specie oleaginose, da fiore e da frutto. Sono invece considerate sciafile, con basse esigenze luminose, le specie da fibra, le piante foraggere e alcune piante orticole, nelle quali l'elevata fittezza di semina e l'ombreggiamento sono realizzati agronomicamente per accentuare l'allungamento dei fusti e quindi la produzione di fibra, foraggio e foglie, per effetto della maggiore presenza dell'ormone della crescita (auxina) che è foto-labile. Nell'insalata, ad esempio, un leggero ombreggiamento aumenta lo sviluppo fogliare e riduce lo spessore delle foglie, rendendo il prodotto anche di migliore qualità commerciale.

### Temperatura

In riferimento alla temperatura dell'aria, questa rappresenta la diretta conseguenza della radiazione solare. Sebbene sia lecito attendersi una riduzione dei valori termici dell'atmosfera in zone ombreggiate rispetto alle zone in pieno sole, anche di 3-4 °C, l'ombreggiamento determina generalmente uno sfasamento termico, con un ritardo termico al mattino in fase di riscaldamento dell'atmosfera, e un rallentamento del raffreddamento pomeridiano-serale (Panozzo et al., 2019). Al di sotto dell'impianto fotovoltaico, inoltre, è lecito attendersi una maggiore umidità relativa dell'aria al mattino, e minore nel tardo pomeriggio-sera rispetto a zone in pieno sole. L'ombreggiamento delle colture è una pratica agricola molto utilizzata, ad esempio nelle serre per ridurre le temperature nel periodo estivo tramite reti ombreggianti (dal 30 al 50% di ombreggiamento) o pannelli fotovoltaici; l'ombreggiamento riduce la percentuale di nicotina nel tabacco e, nelle serre serve per favorire la colorazione rossa del pomodoro che sarebbe ostacolata da temperature troppo elevate. Ogni specie vegetale necessita di una specifica temperatura minima per accrescersi, il cosiddetto zero di vegetazione. Oltre questa base termica, l'accrescimento accelera all'aumentare della temperatura fino ad una temperatura ottimale, specifica per ciascun stadio di sviluppo, oltre la quale l'accrescimento rallenta fino ad arrestarsi (temperatura massima). Le elevate temperature estive, oltre la temperatura massima, possono quindi danneggiare l'accrescimento delle piante, condizione che si sta progressivamente accentuando in pieno sole a causa del cambiamento climatico. Per mitigare questi effetti, numerosi studi scientifici oggi sono concordi nel suggerire l'introduzione nei sistemi agricoli di filari alberati e siepi a distanza regolare, proprio per attenuare l'impatto negativo delle elevate temperature e della carenza idrica estive. Un servizio analogo potrebbe essere offerto dall'impianto agri-voltaico. In funzione delle esigenze termiche, le piante vengono raggruppate in microterme, generalmente a ciclo autunno-primaverile, aventi modeste esigenze termiche, e macroterme, piante estive che necessitano di temperature mediamente più elevate. I cereali microtermi (frumento, orzo, avena, segale) e molte specie foraggere graminacee (erba mazzolina in particolare, ma anche loiessa, loietto inglese, poa, festuca arundinacea, coda di topo, etc.), che hanno zero di vegetazione molto bassi, vicini a 1-2 °C, trarrebbero vantaggio dalla condizione di parziale ombreggiamento che si realizza in un impianto agri-voltaico (Mercier et al., 2020). Ne sarebbero comunque avvantaggiate anche le specie macroterme per la riduzione dei picchi di temperatura estivi e per la riduzione dell'evapotraspirazione, consentendo peraltro una riduzione dell'apporto irriguo artificiale. Il parziale ombreggiamento del suolo riduce il

riscaldamento estivo del suolo stesso con effetti positivi sull'accrescimento delle radici, che possiedono un ottimo di temperatura per l'accrescimento inferiore rispetto alla parte aerea della pianta (16°C in molti cereali autunno- primaverili); in tali condizioni le radici possono accrescersi maggiormente anche grazie alla maggiore umidità e minore tenacità del terreno. Nel periodo invernale, invece, ci si attende che la presenza del fotovoltaico, mantenga la temperatura del suolo leggermente più elevata rispetto al pieno sole poiché le ali fotovoltaiche riflettono le radiazioni infrarosse (raggi caloriferi) emesse dalla terra durante il raffreddamento notturno, e questo permette un sensibile accrescimento delle piante microterme anche nei periodi più freddi dell'anno. Ne trarrebbero vantaggio in particolare le piante foraggere microterme.

### Evapotraspirazione

L'evapotraspirazione è definita dalla somma delle perdite di acqua per evaporazione dal terreno e di traspirazione fogliare. Delle due, solo la perdita dalla pianta è utile all'accrescimento delle piante poiché mantiene gli stomi aperti, e quindi consente gli scambi gassosi utili alla fotosintesi (ingresso di anidride carbonica nella foglia). In condizioni di ombreggiamento è lecito attendersi una riduzione della traspirazione fogliare, e in modo più marcato, una riduzione dell'evaporazione dal terreno, determinando un aumento dell'efficienza d'uso delle riserve idriche del suolo.

In frumento è stato stimato che al 50% di ombreggiamento si verifichi una riduzione del 30-35% dell'evapotraspirazione (Marrou et al., 2013a), con un risparmio di circa 200 mm di acqua rispetto ai 600 mm normalmente richiesti dalla coltura in pieno sole nei territori della Pianura Padana. Poiché in Italia, la carenza idrica in fase di riempimento della granella ha conseguenze negative marcate sulla resa e sulla qualità ("stretta del grano"), il parziale ombreggiamento che si realizza nel sistema agri-voltaico deve essere considerato positivamente per questa coltura.

## 12. ESPERIENZE DI COLTIVAZIONE IN CONDIZIONE DI OMBREGGIAMENTO

Allo stato attuale esistono limitate informazioni in merito agli effetti dell'ombreggiamento per la maggior parte delle piante erbacee coltivate, ed i dati disponibili derivano da studi di consociazione di specie erbacee con piante arboree organizzate in filari, e da pochi e giovani impianti agri-voltaici.

Le colture meno penalizzate dalla presenza del fotovoltaico sono quelle microterme e sciafile. Il frumento può fornire rese simili o leggermente inferiori (-20% circa; Dupraz et al., 2011) a quelle ottenibili in pieno sole, subendo un ritardo dell'epoca di maturazione (Marrou et al., 2013b); mentre il mais alle normali densità di semina riduce notevolmente lo sviluppo della pianta sia in diametro che in altezza, a discapito della resa (Dupraz et al., 2011).

Con una percentuale di riduzione della radiazione del 50%, comparabile a quella che si realizzerà nell'impianto agri-voltaico in oggetto, sono state rilevate produttività uguali o addirittura superiori al pieno sole in specie graminacee foraggere microterme, ed una moderata riduzione, dell'ordine del 20-30%, in specie macroterme foraggere sia graminacee (es. mais, sorgo, panico, setaria, etc.) che leguminose (es. trifoglio bianco, trifoglio violetto, erba medica, etc.), e in lattuga (Lin et al., 1998; Mercier et al., 2020).

Questi risultati sono in linea con gli studi italiani (Amaducci et al., 2018) che hanno simulato in un analogo impianto agri-voltaico a Piacenza, sulla base dei dati climatici storici degli ultimi 40 anni, rese di granella di frumento analoghe o superiori al pieno sole.

Tali risultati vanno ascritti alle migliori condizioni microclimatiche nel periodo di maturazione del frumento, tra cui una maggiore umidità del terreno, una minore evapotraspirazione e l'effetto frangivento che riduce l'allettamento della coltura.

Va ritenuto interessante anche il parziale effetto antigrandine dovuto alla copertura fotovoltaica.

Risultati produttivi interessanti in condizioni di ombreggiamento elevato sono stati ottenuti in pomodoro, che sembrerebbe non risentire di riduzione della radiazione anche del 60% (Callejòn-Ferre et al., 2009).

## 13. STATO ATTUALE AREA AGRICOLA INTERESSATA DALL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Attualmente l'area in progetto risulta costantemente pascolata dagli ovini delle imprese agricole di cui all'oggetto.

Gli animali vengono allevati allo stato semibrado, infatti le aziende agricole conducono degli allevamenti specializzati nella produzione di latte con metodologia di **“allevamento degli animali nell'ovile con accesso all'esterno e utilizzazione del pascolo tutto l'anno”**.

Senza entrare nei dettagli questo tipo di conduzione agricola/zootecnica e la gestione dei prati pascolo in oggetto può essere caratterizzata da:

- Medio basso potenziale produttivo, tipico dei pascoli con eccesso di pascolamento della media pianura Sarda;
- Limitato utilizzo di manodopera ma eccesso di utilizzo di macchine agricole;
- Ricorso ad aratura profonda (la dove si volesse migliorare il pascolo, o ricorrere a coltivazioni di cereali) con lavorazioni meccaniche di erpicatura che, pur se utili a massimizzare la produttività, causano un impoverimento progressivo della sostanza organica del terreno per effetto dell'ossigenazione del terreno;
- Utilizzo di concimi, in particolare azotati, (la dove si volesse migliorare il pascolo, o ricorrere a coltivazioni di cereali) ammendanti e antiparassitari che, dilavati parzialmente dalle piogge, contribuiscono all'inquinamento delle acque superficiali e di falda e alla contaminazione dei prodotti alimentari;

## 14. VALUTAZIONI ECONOMICHE AZIENDALI

Di seguito si evidenzia il BILANCIO AZIENDALE riferito alla situazione EX ANTE INTERVENTO delle aziende agricole operanti nell'area, ognuna per le particelle condotte attualmente.

PS (Produzione Standard) attuale:

### Coltivazioni

#### SOCIETA' AGRICOLA ILAI SS

Codice	Colture	Ettari totali	Prezzi Unitari €/Ha.	Totale €
F02	prati pascoli magri	65,5805	€ 146,00	€ 9.754,75
<b>TOTALE</b>				<b>€ 9.754,75</b>

### Allevamenti

#### SOCIETA' AGRICOLA ILAI SS:

Codice	Specie animali	€/capo	N° capi in azienda	Totale
J09A	Pecore	€ 268,00	857	€ 229,676,00
J09B	Altri ovini (arieti, agnelli)	€ 173,00	11	€ 1.903,00
<b>TOTALE</b>				<b>€ 231.579,00</b>

### Calcolo della PST (Produzione Standard Totale) ex Ante intervento

<b>Totale Ricavi Coltivazioni</b>	€ 9.754,75
<b>Totale Ricavi Allevamenti</b>	€ 231.579,00
<b>Totale Ricavi</b>	<b>€ 241.333,75</b>

SPESE ex Ante			
Tipologia	Quantità	Prezzo / costo Unitario / anno	Prezzo Totale
Fertilizzanti	80 quintali	170,00 €	€ 13.600,00
Costi generici raccolta produzioni (foraggi)	Ha. 65	500,00 €	€ 32.500,00
Costo acquisto mangimi	150 quintali	140 €	€ 21.000,00
Salari	2 risorse	22.500,00 €	€ 45.000,00
Acquisto gasolio	8000 Litri	1,45 €	€ 11.600,00
Altre spese generali e straordinarie			€ 4.500,00
Altre imposte varie			€ 3.800,00
<b>TOTALE</b>			<b>€ 132.000,00</b>

Ricavi € 241.333,75 – Spese 132.000,00 = <b>Reddito Netto Ex Ante € 109.333,75</b>
--

PS (Produzione Standard) attuale:

**Coltivazioni:**

**SOCIETA AGRICOLA NIEDDU DI SERGIO E LUCA S.S. / NIEDDU DI TOMMASO E LUIGI SOCIETA' AGRICOLA SS**

Codice	Colture	Ettari totali	Prezzi Unitari €/Ha.	Totale €
F02	prati pascoli magri	25,2682	€ 146,00	€ 3.689,15
<b>TOTALE</b>				<b>€ 3.689,15</b>

**Allevamenti:**

**SOCIETA AGRICOLA NIEDDU DI SERGIO E LUCA S.S. / NIEDDU DI TOMMASO E LUIGI SOCIETA' AGRICOLA SS**

Codice	Specie animali	€ / capo	N° capi in azienda	Totale
J09A	Pecore	€ 268,00	430	€ 115.240,00
J09B	Altri ovini (arieti, agnelli)	€ 173,00	13	€ 2.249,00
<b>TOTALE</b>				<b>€ 117.489,00</b>

**Calcolo della PST (Produzione Standard Totale) ex Ante intervento**

<b>Totale Ricavi Coltivazioni</b>	€ 3.689,15
<b>Totale Ricavi Allevamenti</b>	€ 117.489,00
<b>Totale Ricavi</b>	€ 121.178,15

SPESE ex Ante			
Tipologia	Quantità	Prezzo / costo Unitario / anno	Prezzo Totale
<b>Fertilizzanti</b>	<b>20 quintali</b>	<b>170,00 €</b>	<b>€ 3.400,00</b>
<b>Costi generici raccolta produzioni (foraggi)</b>	<b>Ha. 20</b>	<b>500,00 €</b>	<b>€ 10.000,00</b>
<b>Costo acquisto mangimi</b>	<b>75 quintali</b>	<b>140 €</b>	<b>€ 10.500,00</b>
<b>Salari</b>	<b>2 risorse</b>	<b>22.500,00 €</b>	<b>€ 45.500,00</b>
<b>Acquisto gasolio</b>	<b>4200 Litri</b>	<b>1,45 €</b>	<b>€ 6.090,00</b>
<b>Altre spese generali e straordinarie</b>		<b>€ 3.700,00</b>	
<b>Altre imposte varie</b>		<b>€ 2.900,00</b>	
<b>TOTALE</b>		<b>€ 81.690,00</b>	

**Ricavi € 117.489,00 – Spese 81.690,00 = Reddito Netto Ex Ante € 35.799,00**

PS (Produzione Standard) attuale:

**Coltivazioni**

**2ESSE SOCIETA' SEMPLICE AGRICOLA**

Codice	Colture	Ettari totali	Prezzi Unitari €/Ha.	Totale €
F02	prati pascoli magri	56,2693	€ 146,00	€ 8.215,31
<b>TOTALE</b>				<b>€ 8.215,31</b>

Allevamenti

**2ESSE SOCIETA' SEMPLICE AGRICOLA**

Codice	Specie animali	€ / capo		N° capi in azienda	Totale
J09A	Pecore	€ 268,00		651	€ 174.468,00
J09B	Altri ovini (arieti, agnelli)	€ 173,00		17	€ 2.941,00
<b>TOTALE</b>					<b>€ 177.409,00</b>

**Calcolo della PST (Produzione Standard Totale) ex Ante intervento**

<b>Totale Ricavi Coltivazioni</b>	<b>€ 8.215,31</b>
<b>Totale Ricavi Allevamenti</b>	<b>€ 231.579,00</b>
<b>Totale Ricavi</b>	<b>€ 177.409,00</b>

<b>SPESE ex Ante</b>			
Tipologia	Quantità	Prezzo / costo Unitario / anno	Prezzo Totale
Fertilizzanti	50 quintali	170,00 €	€ 8.500,00
Costi generici raccolta produzioni (foraggi)	Ha. 40	500,00 €	€ 20.000,00
Costo acquisto mangimi	110 quintali	140 €	€ 15.400,00
Salari	2 risorse	22.500,00 €	€ 45.000,00
Acquisto gasolio	6000 Litri	1,45 €	€ 8.700,00
Altre spese generali e straordinarie			€ 4.500,00
Altre imposte varie			€ 3.800,00
<b>TOTALE</b>			<b>€ 105.900,00</b>

**Ricavi € 177.409,00 – Spese 105.900,00 = Reddito Netto Ex Ante € 71.509,00**

## 15. DESCRIZIONE AZIENDALE

Nel compendio agricolo oggetto del presente progetto sono presenti tre centri aziendali ben distinti che fanno riferimento alle tre aziende agricole, sopraccitate, che conducono e continueranno a condurre le superfici agricole anche dopo la realizzazione degli impianti agrivoltaici.

Nei tre centri aziendali sono presenti fabbricati agricoli specifici per l'allevamento degli ovini da latte. Pertanto, sono dotati di: casa padronale; stalla di allevamento con paddock; sala mungitura; ricovero macchine e attrezzature; trattrici e attrezzi necessari per la corretta lavorazione dei terreni. Come già evidenziato, la viabilità è ottima e percorribile da qualsiasi mezzo meccanici per il governo degli animali e la gestione dei suoli.

I confini delle aree sono facilmente identificabili rappresentati da siepi naturali, muretti a secco e chiudenda metallica, in parte da ripristinare.

L'organizzazione dei fattori produttivi dell'azienda, attualmente, è caratterizzata da un ordinamento colturale con gestione dei prati pascoli naturali e pascolamento degli ovini da latte in modalità di allevamento degli animali nell'ovile con accesso all'esterno e utilizzazione del pascolo tutto l'anno.

L'azienda, successivamente al miglioramento fondiario in oggetto, verrà strutturata in modo da soddisfare maggiormente i requisiti necessari per ottenere il miglioramento dei pascoli presenti con presenza di maggiori produzioni alimentari per gli ovini in allevamento, di maggior pregio e in grado di ridurre i costi di mangime e fertilizzanti attualmente sostenuti, naturalmente ottenendo risultati più remunerativi per la società.

La filiera della produzione sarà così organizzata:

- Disponibilità di numerosi terreni capaci di garantire pascoli misti di leguminose e foraggere di elevate qualità e quantità;
- Disponibilità di tutte le attrezzature necessarie per una economica gestione aziendale (animali e pascoli);
- Disponibilità di maggiori conoscenze professionali acquisite con lo scambio di informazioni che verranno determinate dal progetto di miglioramento fondiario attraverso la presenza di diverse figure professionali specialistiche;
- Disponibilità di accesso ad informazioni tecniche di produzione, garantite dai centri Regionali di formazione (LAORE), di ricerca (AGRIS) e/o da tecnici liberi professionisti (Agronomi) a supporto delle società agricole.

### Coltivazione futura

Il sistema agri-voltaico proposto rappresenta un piano di miglioramento e modernizzazione aziendale inquadrabile come Agricoltura 5.0.

Il progetto prevede l'installazione di inseguitori solari mono-assiali nei quali, contrariamente a quanto avviene con il fotovoltaico tradizionale (pannelli fissi rivolti verso sud) che presenta una zona d'ombra concentrata in corrispondenza dell'area coperta dai pannelli stessi, vi è una fascia d'ombra che si sposta con gradualità durante il giorno da ovest a est sull'intera superficie del terreno.

Come conseguenza non si vengono a creare zone costantemente ombreggiate o costantemente soleggiate.

Date le premesse su esposte in merito alla risposta delle piante all'ombreggiamento, nell'impianto agri-voltaico in oggetto si prevede di coltivare un **prato polifita permanente migliorato destinato all'alimentazione degli ovini da latte al pascolo tutto l'anno**.

Tale scelta, incontra un elevato livello di naturalità e di rispetto ambientale per effetto del limitatissimo impiego di input colturali, consente di attirare e dare protezione alla fauna e all'entomofauna selvatica, in particolare le api e rappresenta la migliore soluzione per coltivare l'intera superficie di terreno e ottenere produzioni analoghe a quelle che si raggiungerebbero in pieno sole.

Va evidenziato, infatti, che negli impianti agri-voltaici ad inseguimento solare esistenti viene coltivato solamente la fascia centrale, corrispondente al 70% della superficie, mentre vengono mantenute inerbite le fasce di rispetto immediatamente adiacentali filare.

### Coltivazione del prato polifita permanente

La coltivazione scelta è quella della **produzione di foraggio con prato permanente (detto anche prato stabile)**.

La produzione foraggera può essere realizzata in vario modo, con prati monofiti (formati da una sola essenza foraggera), prati oligofiti (formati da due o tre foraggere) e prati polifiti, che prevedono la coltivazione contemporanea di molte specie foraggere. In base alla durata si distinguono: erbai, di durata inferiore all'anno; prati avvicendati, di durata pluriennale, solitamente 2-4 anni; permanenti, di durata di alcuni decenni o illimitata.

Per garantirne una durata prolungata, la stabilità della composizione floristica e una elevata produttività, i prati permanenti possono essere periodicamente traseminati nel periodo autunnale senza alcun intervento di lavorazione del terreno (semina diretta).

Il prato polifita permanente, ritenuto la miglior scelta per l'impianto agri-voltaico, si caratterizza per la presenza sinergica di molte specie foraggere, generalmente appartenenti alle due famiglie botaniche più importanti, graminacee e leguminose, permettendo così la massima espressione di biodiversità vegetale, a cui si unisce la biodiversità microbica e della mesofauna del terreno e quella della fauna selvatica che trova rifugio nel prato (pernici, lepri, etc.).

Molte leguminose foraggere, come il trifoglio pratense, il trifoglio bianco ed il trifoglio incarnato, ed il ginestrino, sono anche piante mellifere, potendo fornire un ambiente edafico e di protezione idoneo alle api selvatiche e all'ape domestica.

In merito al potere mellifero, il trifoglio pratense è classificato come specie di classe III, mentre il ginestrino di classe II, potendo fornire rispettivamente da 51 a 100 kg miele e da 25 a 50 kg di miele per ettaro.

Il prato polifita permanente non necessita di alcuna rotazione e quindi non deve essere annualmente lavorato come avviene nelle coltivazioni di seminativi, condizione che favorisce la stabilità del biota e la conservazione/aumento della sostanza organica del terreno e allo stesso tempo la produzione quantitativa e qualitativa della biomassa alimentare per gli ovini. Diversamente da quello che si potrebbe pensare, questa condizione mantiene un ecosistema strutturato e solido del cotico erboso con conseguente arricchimento sia in termini di biodiversità che di quantità della biofase del terreno. Il cotico erboso permanente consente anche un agevole passaggio dei mezzi meccanici utilizzati per la pulizia periodica dei pannelli fotovoltaici anche con terreno in condizioni di elevata umidità. Le piante che costituiscono il prato permanente variano in base al tipo di terreno e alle condizioni climatiche e saranno individuate dopo un'accurata analisi pedologica e biochimica.

In generale, si può dire che verrà impiegato un miscuglio di graminacee e di leguminose:

- le graminacee, a rapido accrescimento, in quanto ricche di energia e di fibra;
- le leguminose, molto importanti perché fissano l'azoto atmosferico, in parte cedendolo alle graminacee e fornendo una ottimale concimazione azotata del terreno, offrono pascoli di elevato valore nutritivo grazie alla abbondante presenza di proteine.

Per massimizzare la produzione e l'adattamento del prato alle condizioni di parziale ombreggiamento sarà opportuno impiegare due diversi miscugli, uno per la zona centrale dell'interfilare e uno, più adatto alla maggior riduzione di radiazione solare, per le fasce adiacenti il filare fotovoltaico. Pur tuttavia, l'impiego di un unico miscuglio con un elevato numero di specie favorirà la selezione naturale di quelle più adatte a diverse distanze dal filare fotovoltaico in funzione del gradiente di soleggiamento/ombreggiamento. I prati stabili di pianura gestiti in regime non irriguo possono fornire produzioni medie pari a 8-10 tonnellate per ettaro di fieno, con una produzione complessiva di 12-14 tonnellate, in irriguo. Il fieno prodotto non verrà mai sfalciato, ma verrà utilizzato per l'alimentazione degli ovini durante tutto l'anno.

I prati stabili presentano una varietà di specie molto più elevata rispetto ai prati avvicendati, nei quali in genere si coltiva erba medica, i trifogli e il loietto.

### Integrazione coltura-fotovoltaico

L'impianto di pannelli fotovoltaici si integra perfettamente nella coltivazione del prato stabile permanente come sopra evidenziato, potendo far aumentare la resa in foraggio per gli animali in allevamento, grazie agli effetti di schermo e protezione con parziale ombreggiamento nelle ore più assolate delle giornate estive ed il mantenimento di condizioni ottimali di umidità del terreno per un tempo più prolungato.

Va inoltre ribadito che la combinazione tra fotovoltaico ad inseguimento monoassiale e prato polifita permanente consente l'utilizzo dell'intera superficie al suolo per scopi agricoli/zootecnici.

Nell'analisi dell'interazione coltura-sistema fotovoltaico-ovini vanno considerati i seguenti elementi:

- I filari fotovoltaici, posti ad interasse di 12,00 metri, consentono un agevole accesso per le lavorazioni agricole ai mezzi meccanici utilizzati per la coltivazione e la gestione del miglioramento dei pascoli;
- È prevista la posizione di blocco dei pannelli in totale rotazione ovest o est, in questo modo è agevole lavorare il terreno per la semina e/o la risemina nella gestione generale del prato pascolo permanente fino a ridosso dei sostegni;
- I supporti sono costituiti da pali in acciaio infissi nel terreno e di facile rimozione a fine vita operativa;
- Il prato pascolo polifita permanente arricchisce progressivamente di sostanza organica e di biodiversità il terreno, mantiene un ecosistema strutturato e solido del cotico erboso, le leguminose presenti nel miscuglio fissano l'azoto atmosferico fornendo una ottimale concimazione azotata del terreno, e offrono un foraggio a disposizione degli animali in allevamento di elevato valore nutritivo ricco di proteine;
- A fine vita operativa, ad impianto dismesso, il suolo così rigenerato sarà ideale anche per coltivazioni agricole di pregio (es. orticole, frutteto, vigneto).

L'impatto del sistema fotovoltaico sul suolo è ritenuto minimo, in quanto non interessato in modo significativo da infrastrutture inamovibili:

- I pali dei tracker sono semplicemente infissi nel terreno per battitura e possono essere rimossi con facilità per semplice estrazione;
- I cavidotti sono minimi e saranno localizzati unicamente in zone non utilizzate per la coltivazione, in vicinanza della recinzione, e anch'essi sono facilmente rimovibili a fine vita operativa dell'impianto fotovoltaico;
- Le linee di bassa tensione in corrente continua saranno posate su canaline esterne, fissate alle strutture stesse dei tracker, senza interessare il terreno con numerosi cavidotti.

Relativamente all'impatto paesaggistico e la gestione del sistema agri-voltaico, si evidenziano i seguenti punti di forza del sistema agri-voltaico:

- Il prato pascolo polifita permanente è una coltura pluriennale la cui durata è dell'ordine di decenni e più, offre una copertura vegetale verde costante, anche nel periodo invernale, mitiga efficacemente l'impatto paesaggistico del sistema fotovoltaico;
- Le attività di impianto del prato polifita, che consistono in aratura, erpicatura e semina, non interferiscono con il Fotovoltaico in quanto sono attività una-tantum propedeutiche preliminari all'installazione dell'impianto stesso;
- L'attività di manutenzione del fotovoltaico, che consiste in sostanza nell'annuale lavaggio dei pannelli, avviene con mezzi leggeri che non arrecano danno al prato, al contrario, vi è un impatto positivo del prato sulla transitabilità del terreno;
- Il lavaggio dei pannelli avviene con l'uso di roto-spazzoloni, utilizzando acqua pura, senza alcun detergente che possa inquinare la coltivazione e le falde;
- Le attività di manutenzione delle siepi perimetrali presenti, assimilabili per tipologia alle attività agricole, rappresenteranno un'importante integrazione al reddito del personale impiegato e attenuano l'impatto visivo dell'intero impianto.

### Analisi multicriterio

Quando la scelta di una opzione progettuale interessa più criteri di valutazione (es. economico, ambientale, sociale, etc.), e non solo quelli economici, è opportuno utilizzare una metodologia di analisi multicriterio (AMC).

L'analisi multicriterio prevede che il confronto fra le alternative di intervento venga effettuato tramite l'utilizzo della cosiddetta matrice di valutazione: una matrice in cui ogni alternativa è messa a confronto per una serie di criteri di valutazione, che possono essere obiettivi del progetto o dei portatori di interesse, criteri tecnici, sociali, etc. Le alternative vengono elencate nelle colonne della matrice, mentre i criteri di valutazione sono descritti nelle righe. Il grado di

raggiungimento di ogni obiettivo (o di soddisfacimento del criterio di valutazione) da parte delle alternative considerate è indicato tramite un indice che, ad esempio può variare tra 0 (obiettivo non raggiunto o criterio non soddisfatto) e 5 (obiettivo raggiunto), passando per valori intermedi che indicano un obiettivo raggiunto parzialmente. Nel caso di criteri che possono avere un significato negativo o positivo (ad esempio gli impatti ambientali) si può ricorrere anche a valori indice che variano da negativi (impatto negativo) a positivi (impatto completamente positivo), ove 0 assume il significato di impatto nullo. Ad ogni criterio di valutazione viene assegnato un peso (valore compreso tra 0 e 1) moltiplicativo degli indici assegnati ad ogni criterio. Tale peso viene in genere assegnato tenendo conto anche di quanto espresso dai portatori di interesse. I valori degli indici per ogni alternativa (moltiplicati per ipesi) vengono sommati, cosicché ad ogni alternativa di intervento corrisponda un punteggio totale, confrontabile con quello delle diverse opzioni/alternative. Può essere inoltre condotta un'analisi di sensibilità dei punteggi finali ai valori dei pesi, così da verificare quanto robusta sia la scelta della soluzione migliore.

L'AMC viene utilizzata per arrivare alla scelta della soluzione preferibile, in quanto permette di tener conto di tutti i benefici e gli impatti, inclusi quelli di difficile quantificazione (per esempio alcuni impatti ambientali e sociali) e permette, inoltre, di coinvolgere i portatori di interesse mostrando in maniera trasparente il processo decisore.

Voce	Coltivazione attuale (Prato Pascolo Monofita Permanente)	Coltivazione futura (Prato Pascolo Polifita Permanente)
1. Occupazione (impiego di personale)	(+1) Limitato, in conseguenza delle sue caratteristiche, come un pascolo permanente di bassa resa, di scarsa qualità.	(+3) Medio, perchè fitto, rigoglioso e denso, caratterizzato da una buona resistenza al calpestio, con una buona capacità di recupero dopo un pascolamento intenso.
2. Fertilità agronomica deiterreni (contenuto di sostanza organica)	(-2) Il suo diradamento nel corso delle stagioni comporta l'impoverimento progressivo per ossidazione della matrice organica del terreno.	(+3) L'aratura è necessaria solo nel primo anno di impianto del prato pascolo polifita permanente. Le specie leguminose presenti nel miscuglio fissano l'azoto atmosferico, fornendo una naturale concimazione del terreno e le piante arricchiscono di sostanza organica il terreno.
3. Effetti sul sistema idrico (consumo di acqua e qualità)	(+1) Elevati processi di evapotraspirazione, specie nei mesi estivi con conseguente perdita di riserve idriche nel suolo e impoverimento della sostanza organica.	(+3) Moderate necessità di acqua di irrigazione. Limitato utilizzo di concimi. Nessun utilizzo di antiparassitari. Grande capacità di copertura con riduzione del processo di evapotraspirazione. Arricchimento di sostanza organica.
4. Biodiversità floristica e faunistica	(0) La tipicità del pascolo monofita ha grandi limitazioni di biodiversità floristiche e faunistiche.	(+3) I miscugli polifiti generalmente prevedono la coltivazione di numerose specie foraggere contemporaneamente (6-10 specie). Molte specie attraggono insetti impollinatori (api), ed il prato crea rifugio per fauna selvatica e nemici naturali (parassitoidi) dei parassiti delle piante.
5. Margine lordo (valore economico del prodotto agricolo)	(+2) Il prato pascolo monofita permanente ha marginalità media rispetto a colture orticole o frutticole a più alto reddito.	(+2) Il prato polifita produce una marginalità molto simile a quella delle coltivazioni cerealicole
<b>PUNTEGGIO TOTALE</b>	2	14

Tabella Matrice dei principali effetti ambientali delle coltivazioni a confronto

Per un'analisi oggettiva tra le due coltivazioni a confronto (agri-voltaico con **prato pascolo polifita permanente** vs. **Prato**

**pascolo monofita permanente** attuali), si è costruita una matrice che assegna punteggi compresi tra -5 (minimo) e +5 (massimo) ad alcuni indicatori ambientali.

Poiché si è voluto pesare in egual misura tutti i criteri, si è deciso di assegnare a ciascuno di essi un peso uguale e pari a 1.

La matrice AMC evidenzia un punteggio significativamente maggiore del **prato pascolo polifita permanente** combinato all'impianto fotovoltaico, rispetto all'attuale presenza del **prato pascolo monofita permanente**.

Con questa soluzione il terreno agricolo oggetto di intervento, garantirà una costante presenza di biomassa pascolare per gli ovini in allevamento e potrà permettere un aumento del reddito agricolo delle aziende operanti nell'area, grazie anche alla produzione di energia rinnovabile.

È quindi evidente come l'obiettivo di coniugare l'allevamento zootecnico ed il miglioramento dei pascoli in oggetto con un razionale e conveniente uso del terreno sia pienamente raggiunto con il sistema agri-voltaico.

### Gestione idraulica e irrigua

Lo sviluppo del progetto agri-voltaico prevede di mantenere inalterata la baulatura degli appezzamenti inserendo a profondità variabile i pali porta pannelli fotovoltaici per ottenere una quota costante della superficie di intercettazione solare. Verrà realizzato un efficiente sistema di scolo delle acque in eccesso di drenaggio tubolare. Il drenaggio tubolare è costituito da una rete di tubazioni in PVC di diametro di circa 5-8 cm disposti parallelamente nel campo a distanza regolare e ad una profondità che ne impedisca ogni interazione con lo sviluppo delle radici delle piante coltivate, e nello specifico del cotico erboso, all'incirca a 80- 90 cm. L'inter-distanza tra i dreni va commisurata alla tessitura del terreno per un ottimale drenaggio ed evitare ristagni idrici, potendo oscillare tra 10 e 15 m. Nello specifico, si prevede di posizionare i dreni al centro dell'interfilare, ad un interasse di 14,55 m, ovvero un dreno ogni 3 filari fotovoltaici. I dreni hanno una superficie fenestrata prestabilita (circa 20-30 cm<sup>2</sup> per metro lineare), costituita da fessure di 1 × 25 mm e protetta da fibre vegetali di cocco o altro materiale, al fine di evitare intasamenti. I dreni verranno installati con macchine posa-dreni rispettando una pendenza dello 0,1-0,2% per consentire un adeguato sgrondo delle acque nei capifosso. Il drenaggio tubolare rappresenta un moderno sistema di regimazione delle acque in eccesso largamente impiegato nelle aziende agricole, caratterizzato da lunghissima durata, di diversi decenni, e non comporterà modifiche sostanziali nella rete idraulica aziendale. Relativamente all'irrigazione del prato polifita, va considerato che la produzione del foraggio avviene nel periodo centrale dell'anno, tra aprile-maggio e settembre. Si stima che l'efficienza media di un prato polifita sia di 1,1 kg di sostanza secca prodotta per m<sup>3</sup> di acqua consumata per evapo- traspirazione, ovvero per combinata presenza di evaporazione di acqua dal suolo e di traspirazione fogliare. Questo significa che una produzione media di 11 t/ha richiede potenzialmente 11.100 m<sup>3</sup> di acqua, ovvero 1.100 mm. A tale scopo si prevede di realizzare un impianto di irrigazione a pioggia con micro-irrigatori da posizionare in vicinanza dei pali tracker, facendo correre tubazioni irrigue sospese lungo i filari fotovoltaici. I micro-irrigatori funzioneranno con aree di bagnatura circolari o semicircolari, secondo una programmazione a zone (Fig. 4) e saranno attivati da un sistema di pompaggio costituito da motori elettrici alimentati dall'impianto fotovoltaico stesso per un contenimento delle emissioni rispetto ai tradizionali motori diesel. In funzione dell'andamento pluviometrico stagionale, si prevede di effettuare da 1 a 4 irrigazioni da 25-30 mm ciascuna (100-120 mm complessivamente), potendo in questo modo risparmiare più del 50% dell'acqua rispetto ai sistemi irrigui a scorrimento comunemente adottati nei prati permanenti della Sardegna che fanno uso di 60-80 mm per adacquata.

### Realizzazione del prato polifita

Il prato polifita verrà seminato in autunno (settembre-ottobre) al termine della messa in opera dell'impianto fotovoltaico, comprensivo di piloni e ali fotovoltaiche, previa ripuntatura del terreno ed erpicatura.

La semina verrà realizzata con seminatrici a file o a spaglio al dosaggio di 35-40 kg/ha di semente con miscugli costituiti da 8-12 specie e varietà di foraggere graminacee e leguminose. Si adotterà una elevata biodiversità nella realizzazione del miscuglio, utilizzando le seguenti specie graminacee (loietto italiano e loietto inglese, erba fienarola, festuca, erba mazzolina, fleolo) e leguminose (trifoglio pratense, trifoglio bianco, trifoglio incarnato, ginestrino).

Non sono previste operazioni di sfalcio in quanto il miglioramento del pascolo, come già ampiamente evidenziato, sono orientate ad aumentare la disponibilità e la qualità del pascolo a disposizione degli ovini in allevamento, durante tutto il corso dell'anno.

La qualità del foraggio ottenuto sarà elevata per effetto della minimizzazione delle perdite meccaniche e per il contenuto proteico. Nello sviluppo del piano aziendale verrà considerata inoltre l'opportunità di sostituire i trattori diesel con trattori ad alimentazione elettrica per il miglioramento della sostenibilità ambientale dell'intero sistema produttivo, soluzione ingegneristica oggi disponibile soprattutto per le piccole e medie potenze.

### Sviluppo aziendale futuro

Il foraggio prodotto nei pascoli polifiti permanenti, ricavati dopo il miglioramento, sarà utile per alimentare gli ovini presenti nelle tre aziende agricole di cui all'oggetto.

L'elevata qualità del foraggio ottenuto consentirà di ottenere migliori e costanti produzioni di latte negli ovini in allevamento. Pertanto anche una marginalità superiore rispetto ai ricavi attuali.

## 16. SOSTENIBILITÀ ECONOMICA DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA

Per verificare la sostenibilità economica dell'attività agricola nell'impianto fotovoltaico si è fatto riferimento ai dati di sintesi, valevoli per la Regione Autonoma della Sardegna, pubblicati dal CREA al seguente link

<https://rica.crea.gov.it/produzioni-standard-ps-210.php>

La comparazione tra le diverse coltivazioni viene fatta in termini di Produzione Standard unitaria (per ettaro), ricavabile da ciascuna tipologia di coltivazione, calcolato con la seguente formula:

Margine Lordo (ML, espresso in €/ha) = PLT – CV

Dove:

PST = produzione standard totale come sommatoria della produzione lorda vendibile (PLV) e della produzione reimpiegata e/o trasformata in azienda;

CV = costi variabili = SS (spese dirette) + ASP (Altre spese) + RA (Reimpieghi).

I CV possono essere calcolati anche come somma delle seguenti voci:

FERTILIZZANTI; COSTO ACQUISTO MANGIMI; SEMENTI; SALARI; COSTI GASOLIO; ALTRE SPESE GENERALI; ALTRE IMPOSTE VARIE

Facendo riferimento alle colture presenti nel compendio agricolo nel periodo ante miglioramento fondiario agrivoltaico, dove era presente la coltivazione **F02 Prati Pascoli Magri** e confrontandola con le colture presenti nel periodo post miglioramento fondiario agrivoltaico, dove saranno presenti le coltivazioni **D18D Erbaio di Leguminose** si osserva che il risultato economico è decisamente superiore; pertanto, il margine lordo aumenta in modo esponenziale.



Fondo Europeo Agricolo  
per lo sviluppo rurale  
l'Europa investe nelle zone rurali



## PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2020

### BANDO SOTTOMISURA 4.1 - SOSTEGNO A INVESTIMENTI NELLE AZIENDE AGRICOLE

#### Allegato A - Tabella delle Produzioni Standard

Rubrica	Descrizione	UM	euro
D01	Frumento tenero	Ha	519
D02	Frumento duro	Ha	641
D03	Segale	Ha	303
D04	Orzo	Ha	414
D05	Avena	Ha	418
D06	Mais	Ha	1.326
D07	Riso	Ha	1.773
D08	Altri cereali da granella (sorgo, miglio, panico, farro, ecc.)	Ha	1.274
D09	Legumi secchi (fava, favette, cece, fagiolo, lenticchia, ecc.)	Ha	928
D9A	Piselli, fave, favette e lupini dolci	Ha	783
D9B	Legumi diversi da piselli, fave, favette e lupini dolci	Ha	1.073
D10	Patate (comprese le patate primaticce e da semina)	Ha	8.500
D11	Barbabietola da zucchero (escluse le sementi)	Ha	2.829
D12	Sarchiate da foraggio (bietola da foraggio, ecc.)	Ha	1.663
D23	Tabacco	Ha	6.969
D24	Luppolo	Ha	13.600
D26	Colza e ravizzone	Ha	439
D27	Girasole	Ha	378
D28	Soia	Ha	777
D29	Semi di lino (per olio di lino)	Ha	1.977
D30	Altre oleaginose erbacee	Ha	3.196
D31	Lino	Ha	1.135
D32	Canapa	Ha	734
D33	Altre colture tessili	Ha	1.135
D34	Piante aromatiche, medicinali e spezie	Ha	20.000
D35	Altre piante industriali	Ha	1.200
D14A	Ortaggi freschi in pieno campo	Ha	7.359
D14B	Ortaggi freschi in orto industriale	Ha	10.245
D15	Ortaggi freschi in serra	Ha	29.662
D16	Fiori e piante ornamentali in pieno campo	Ha	28.000
D17	Fiori e piante ornamentali in serra	Ha	151.300
D18A	Prati avvicendati (medica, sulla, trifoglio, lupinella, ecc.)	Ha	435
D18C	Erbaio di mais da foraggio	Ha	1.019
D18D	Erbaio di leguminose da foraggio	Ha	540
D18B	Erbaio di altri cereali da foraggio diversi da mais da foraggio	Ha	676
D19	Sementi e piantine per seminativi (sementi da prato, ecc.)	Ha	6.000
D20	Altre colture per seminativi (compresi affitti sotto l'anno)	Ha	525
D21	Terreni a riposo senza aiuto	Ha	0
F01	Prati permanenti e pascoli	Ha	557
F02	Pascoli magri	Ha	146
G01A	Frutta fresca di origine temperata	Ha	6.595

Tabella Riferimenti Produzioni Standard della Regione Autonoma della Sardegna

Nello specifico:

- F02 Prati Pascoli Magri coltivazione ante miglioramento fondiario agrivoltaico
- D18D Erbaio di Leguminose da Foraggio coltivazione post miglioramento fondiario agrivoltaico

Di seguito si evidenzia il BILANCIO AZIENDALE riferito alla situazione EX POST-INTERVENTO delle aziende agricole operanti nell'area, ognuna per le particelle condotte attualmente.

PS Produzione Standard attuale:

**Coltivazioni**

**SOCIETA' AGRICOLA ILAI SS**

Codice	Colture	Ettari totali	Prezzi Unitari €/Ha.	Totale €
D18D	erbaio di leguminose da foraggio	46,0000	€ 540,00	€ 21.394,84
<b>TOTALE</b>				<b>€ 21.394,84</b>

Calcolo della PS Produzione Standard attuale:

**Allevamenti**

**SOCIETA' AGRICOLA ILAI SS:**

Codice	Specie animali	€/capo	N° capi in azienda	Totale
J09A	Pecore	€ 268,00	857	€ 229,676,00
J09B	Altri ovini (arieti, agnelli)	€ 173,00	11	€ 1.903,00
<b>TOTALE</b>				<b>€ 231.579,00</b>

Calcolo della PST Produzione Standard Totale ex Post intervento

Totale Ricavi Coltivazioni	€ 21.394,84
Totale Ricavi Allevamenti	€ 231.579,00
<b>Totale Ricavi</b>	<b>€ 252.973,84</b>

SPESE ex Post			
Tipologia	Quantità	Prezzo / costo Unitario / anno	Prezzo Totale
Fertilizzanti	40 quintali	170,00 €	€ 6.800,00
Costo acquisto mangimi	150 quintali	140 €	€ 21.000,00
Sementi	64 quintali	240	€ 15.360,00
Salari	2 risorse	22.500,00 €	€ 45.000,00
Acquisto gasolio	7000 Litri	1,45 €	€ 10.500,00
Altre spese generali e straordinarie			€ 4.500,00
Altre imposte varie			€ 3.800,00
<b>TOTALE</b>			<b>€ 106.960,00</b>

Ricavi € 252.973,84 – Spese 106.960,00 = **Reddito Netto Ex Post € 146.013,84**

PS Produzione Standard attuale:

**Coltivazioni**

**SOCIETA AGRICOLA NIEDDU DI SERGIO E LUCA S.S. / NIEDDU DI TOMMASO E LUIGI SOCIETA' AGRICOLA SS**

Codice	Colture	Ettari totali	Prezzi Unitari €/Ha.	Totale €
D18D	erbaio di leguminose da foraggio	18,0000	€ 540,00	€ 9.720,00
<b>TOTALE</b>				<b>€ 9.720,00</b>

Calcolo della PS Produzione Standard attuale:

**Allevamenti**

**SOCIETA' AGRICOLA ILAI SS**

Codice	Specie animali	€ / capo	N° capi in azienda	Totale
J09A	Pecore	€ 268,00	430	€ 115.240,00
J09B	Altri ovini (arieti, agnelli)	€ 173,00	13	€ 2.249,00
<b>TOTALE</b>				<b>€ 117.489,00</b>

Calcolo della PST Produzione Standard Totale ex Post intervento

Totale Ricavi Coltivazioni	€ 9.720,00
Totale Ricavi Allevamenti	€ 117.489,00
<b>Totale Ricavi</b>	<b>€ 121.178,15</b>

SPESE ex Post			
Tipologia	Quantità	Prezzo / costo Unitario / anno	Prezzo Totale
Fertilizzanti	15 quintali	170,00 €	€ 2.550,00
Costo acquisto mangimi	75 quintali	140 €	€ 10.500,00
Sementi	22 quintali	240	€ 5.280,00
Salari	2 risorse	22.500,00 €	€ 45.000,00
Acquisto gasolio	6000 Litri	1,45 €	€ 8.700,00
Altre spese generali e straordinarie			€ 3.200,00
Altre imposte varie			€ 2.900,00
<b>TOTALE</b>			<b>€ 78.130,00</b>

Ricavi € 121.178,15 – Spese 78.130,00 = **Reddito Netto Ex Post € 43.048,15**

PS Produzione Standard attuale:

**Coltivazioni**

**2ESSE SOCIETA' SEMPLICE AGRICOLA**

Codice	Colture	Ettari totali	Prezzi Unitari €/Ha.	Totale €
D18D	erbaio di leguminose da foraggio	40,0000	€ 540,00	€ 21.600,00
<b>TOTALE</b>				€ 21.600,00

Calcolo della PS Produzione Standard attuale:

**Allevamenti**

**SOCIETA' AGRICOLA ILAI SS:**

Codice	Specie animali	€ / capo	N° capi in azienda	Totale
J09A	Pecore	€ 268,00	651	€ 174.468,00
J09B	Altri ovini (arieti, agnelli)	€ 173,00	17	€ 2.941,00
<b>TOTALE</b>				€ 177.409,00

Calcolo della PST Produzione Standard Totale ex Post intervento

Totale Ricavi Coltivazioni	€ 21.600,00
Totale Ricavi Allevamenti	€ 231.579,00
<b>Totale Ricavi</b>	<b>€ 199.009,00</b>

SPESE ex Post			
Tipologia	Quantità	Prezzo / costo Unitario / anno	Prezzo Totale
Fertilizzanti	30 quintali	170,00 €	€ 4.200,00
Costo acquisto mangimi	110 quintali	140 €	€ 10.000,00
Sementi	46 quintali	240	€ 11.040,00
Salari	2 risorse	22.500,00 €	€ 45.000,00
Acquisto gasolio	6000 Litri	1,45 €	€ 8.700,00
Altre spese generali e straordinarie			€ 4.500,00
Altre imposte varie			€ 3.800,00
<b>TOTALE</b>			<b>€ 87.240,00</b>

Ricavi € 199.009,00 – Spese 87.240,00 = **Reddito Netto Ex Post € 111.769,00**

## 17. CONCLUSIONI

L'esigenza di produrre energia rinnovabile è oggi quanto mai sentita per ridurre gli effetti negativi dell'inquinamento e del cambiamento climatico legati all'utilizzo di energie fossili.

L'associazione tra impianto fotovoltaico di nuova generazione (ad inseguimento solare) e l'attività agricola rappresenta una soluzione innovativa dell'impiego del territorio che trova giustificazione nel maggiore output energetico (LER, Land Equivalent Ratio) complessivamente ottenuto dai due sistemi combinati rispetto alla loro realizzazione individuale.

Attraverso la scelta di una idonea coltura, tollerante al parziale ombreggiamento generato dai pannelli fotovoltaici, è possibile migliorare la produttività agricola e la conseguente marginalità valorizzando tutta la superficie del suolo sotto ai pannelli solari per scopi agricoli.

A differenza delle coltivazioni "**Prato Pascolo Monofita Permanente**" presenti in fase ante miglioramento fondiario, la scelta di coltivare specie foraggere all'interno di un miscuglio per generare un "**Prato Pascolo Polifita Permanente**" consente di valorizzare l'intera superficie agricola generando alimento per le specie zootecniche allevate e aumentare la biodiversità preservando la sostanza organica e la struttura dei suoli.

La presenza, inoltre, di molte specie nel miscuglio foraggero, garantisce un perfetto equilibrio e adattamento del prato alle specifiche e variabili condizioni di illuminamento, favorendo l'una o l'altra essenza foraggera in funzione delle variabili condizioni microclimatiche che si vengono a realizzare a diverse distanze dal filare fotovoltaico.

Sebbene siano diverse le colture realizzabili all'interno di un impianto agri-voltaico e con marginalità spesso comparabile, come frumento, orzo, insalata, pomodoro, pisello, etc., la scelta del **prato pascolo polifita permanente** consente di raggiungere contemporaneamente più obiettivi, oltre alla convenienza economica:

1. conservazione della qualità dei corpi idrici;
2. aumento della sostanza organica dei terreni;
3. minor inquinamento ambientale da fitofarmaci;
4. minor consumo di carburanti fossili;
5. aumento della biodiversità vegetale e animale;
6. creazione di un ambiente idoneo alla protezione delle api,

raggiungendosi così il massimo dei benefici, come indicato dall'analisi costi- benefici multicriterio.

La maggior parte dei terreni italiani sta progressivamente perdendo di fertilità a causa della coltivazione intensiva e della frequenza e profondità delle lavorazioni. È frequente rilevare valori di sostanza organica del terreno inferiori a 1,5% e in molti casi anche inferiori all'1%, condizione che agronomicamente viene definita di terreno "povero" poiché inferiore alla soglia ideale del 2%. La situazione viene efficacemente migliorata dai prati permanenti, poiché in questi è frequente rilevare contenuti di sostanza organica ben superiori, pari al 3-4% e più. A tale riguardo, il terreno è considerato uno dei sink di carbonio più importanti per la sua fissazione, dopo le foreste e gli oceani, e riveste quindi un ruolo fondamentale nella mitigazione climatica.

Durante il periodo estivo l'impianto fotovoltaico offre protezione dal vento, contro l'allettamento delle colture, riduce il consumo di acqua e riduce gli eccessi di calore sempre più frequenti in un contesto di cambiamento climatico, agendo a moderno sistema di ombreggiamento, analogamente a quanto svolto dalle siepi e dalle alberature.

Presso la stazione meteorologica di Ottana sono stati documentati incrementi termici di circa 4 °C, condizione che aumenta le condizioni di stress da caldo e di carenza idrica e accelera il ciclo colturale, a discapito di resa e qualità dei prodotti. Nello specifico, l'applicazione del sistema fotovoltaico alla coltivazione di specie foraggere è documentato possa aumentarne la produttività, facilitare il ricaccio dopo lo sfalcio e ridurre gli apporti idrici artificiali.

Dal punto di vista paesaggistico, la superficie a prato mitiga efficacemente la presenza dell'impianto fotovoltaico anche nel periodo invernale, fornendo una superficie stabilmente verde.

La realizzazione aggiuntiva delle siepi perimetrali con specie arbustive ed arboree costituisce un ulteriore importante elemento di arricchimento paesaggistico e un corridoio ecologico per la fauna selvatica, nonché dei validi sistemi di intercettazione di nutrienti e fitofarmaci provenienti dai campi coltivati.

## 18. BIBLIOGRAFIA

Amaducci S., Xinyou, Colauzzi M., 2018. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy* 220: 545-561.

Callejón-Ferre A.J., Manzano-Agugliaro F., Díaz-Pérez, Carreño-Ortega A., Pérez-Alonso J., 2009. Effect of shading with aluminised screens on fruit production and quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under greenhouse conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7: 41-49.

Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufur L., Nogier A., Ferard Y., 2011. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 36: 2725-2732.

Lin C.H., McGraw R.L., George M.F., Garrett H.E., 1998. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. *Agroforestry Systems* 44: 109-119.

Marrou H., Dufur L., Wery J., 2013b. How does a shelter of solar paners influence water flows in a soil-crop system? *European Journal of Agronomy* 50: 38-51.

Marrou H., Guilioni L., Dufur L., Dupraz C., Wery J., 2013a. Microclimate under agrivoltaic systems: is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural & Forest Meteorology* 177: 117-132.

Mercier KM, Teutsch CD, Fike JH, Munsell JF, Tracy BF, Strahm BD., 2020. Impact of increasing shade levels on the dry-matter yield and botanical composition of multispecies forage stands. *Grass Forage Science*, 00: 1-12.

Panozzo A., Bernazeau B., Dal Cortivo C., Desclaux D., Vamerli T., 2019. Microclimate modification and yield responses of different varieties of durum wheat within an olive orchard agroforestry system. *Società Italiana di Agronomia, Atti del XLVIII Convegno Nazionale "Evoluzione e adattamento dei sistemi colturali"*, Perugia 18-20 Settembre 2019: 72-73.