



REGIONE EMILIA ROMAGNA



PROVINCIA DI BOLOGNA



COMUNE DI SALA BOLOGNESE



COMUNE DI CALDERARA



COMUNE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO

Proponente	SUNSTORE SRL Via Matteotti 31/2, Bologna (BO), 40129				
	<div><div></div><div>Partnered by:</div><div></div></div>				
Progettazione	Ing. Fabio Domenico Amico Via Matteotti, 31/02 40129 Bologna (BO) f.amico@green-go.net	Studio geologico- sismico	Dott. Geol. Giulia Gardosi Corso Esperanto 3/h 40065 Pianoro (BO) giulia.gardosi@libero.it		
Studio agronomico	Studio ambientale-forestale Rocco Carella Via Torre d'Amore n. 18 Bari 70129 carella.rocco@gmail.com	Studio paesaggistico naturalistico e mitigazione	Dott. Agr. Andrea Di Paolo Via Schio, 85 41125 Modena info@studioandreadipaolo.it		
Studio archeologico preventivo VPIA	Dott.ssa Laura Belemmi TECNE – Archeologia e Beni Culturali Via Corrado Masetti, 7 40127 Bologna (BO) direzione@tecne-archeo.com	Studio acustico	Ing. Marco Taverna T-Engineering di Marco Taverna Via Pietro Caligiuri 19 88046 Lamezia Terme (CZ) ing.taverna@gmail.com		
Opera	Progetto di realizzazione di un Impianto agrivoltaico integrato con un sistema di accumulo e opere connesse nei Comuni di Sala Bolognese (BO), Calderara di Reno (BO) e San Giovanni in Persiceto (BO) denominato “Pratello”				
Oggetto	Codice elaborato: PRASS0R05-00				
	Titolo elaborato: Relazione agronomica				
00	15/01/2025	Emissione per progetto definitivo	Dott. Agr. Rocco Carella	Dott.ssa Agr. Aurora Vannini	Ing. Fabio Domenico Amico
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione

Relazione compatibilità agronomica

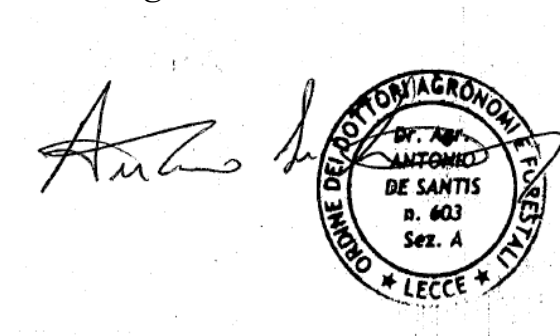
*per impianto agrivoltaico
in territorio di Sala Bolognese e Calderara di
Reno (FE).*

Gennaio 2025

Dott. For. Rocco Carella



Dott. Agr. Antonio De Santis



INDICE

1. Introduzione pag. 4

**2. Ubicazione del sito progettuale e
descrizione delle caratteristiche stazionali
pag. 6**

3. Analisi agronomica ed economica pag. 21

**4. Verifica dei requisiti per gli impianti
agrivoltaici avanzati pag. 40**

5. Conclusioni pag. 49

BIBLIOGRAFIA pag. 51

Indice delle Figure

Figura 1: pag. 4

Figura 2: pag. 7

Figura 3: pag. 8

Figura 4: pag. 9

Figura 5: pag. 9

Figura 6: pag. 10

Figura 7: pag. 10

Figura 8: pag. 11

Figura 9: pag. 12

Figura 10a: pag. 14

Figura 10b: pag. 14

Figura 11: pag. 16

Figura 12: pag. 17

Figura 13: pag. 20

Figura 14: pag. 24

Figura 15: pag. 24

Figura 16: pag. 27

Figura 17: pag. 28

Figura 18: pag. 29

Figura 19: pag. 30

Figura 20: pag. 40

Indice delle Tabelle

Tabella 1: pag. 25

1. Introduzione

Il presente studio descrive il progetto di compatibilità agricola elaborato al fine di realizzare la migliore convivenza di pratiche agricole e/o pastorali all'interno di un impianto agrivoltaico in progetto nell'hinterland del capoluogo regionale, a cavallo tra i territori di Sala Bolognese e Calderara di Reno; l'impianto in oggetto si configura infatti nella tipologia ibrida gergalmente definita agrovoltaico o agrivoltaico.

L'analisi delle caratteristiche stagionali (clima, bioclima, pedologia), dell'utilizzazione colturale e delle filiere prevalenti del contesto che ospiterà l'impianto, ha rappresentato la base per l'adozione delle soluzioni colturali, ritenute più congrue, alla luce anche degli spazi e delle dimensioni a disposizione delle colture all'interno dell'impianto in oggetto.

Va evidenziato come la peculiarità dell'impianto, trattandosi infatti di agrovoltaico elevato, di conseguenza dotato di moduli posti a distanze maggiori dal suolo e quindi meno limitanti in termini dimensionali per le colture oltre che per le necessarie pratiche agricole, ha reso più agevole l'individuazione delle opzioni.

L'impianto è stato progettato in modo da soddisfare i requisiti delle Linee Guida ministeriali in materia di agrivoltaico avanzato, come verificato negli appositi paragrafi dello studio. Inoltre, si è provveduto alla valutazione della sostenibilità economica delle colture selezionate, tramite i distinti conti economici appositamente sviluppati e riportati nell'analisi.



Figura 1 – Uno scorcio del sito progettuale.

2. Ubicazione del sito progettuale e descrizione delle caratteristiche stazionali

Inquadramento geografico

Le particelle progettuali si rinvengono a cavallo dei territori di Sala Bolognese e Calderara di Reno, quindi nell'area metropolitana di Bologna; in linea d'aria si osservano a circa 1,2 km a sud-est dall'abitato di Sala Bolognese, a 3,6 km più a nord dell'abitato di Calderara di Reno, e circa a 9 km più a nord-ovest dal margine consolidato della città di Bologna.

L'area d'impianto si rinviene inoltre a circa 2,3 km in linea d'aria dal corso del Fiume Reno, mentre in direzione opposta a circa 3 km scorre il suo più lungo affluente, Il *Fiume Samoggia*, nonché l'ultimo a immettersi in sinistra idrografica (la congiunzione avverrà qualche km più verso nord, poco prima di Cento).

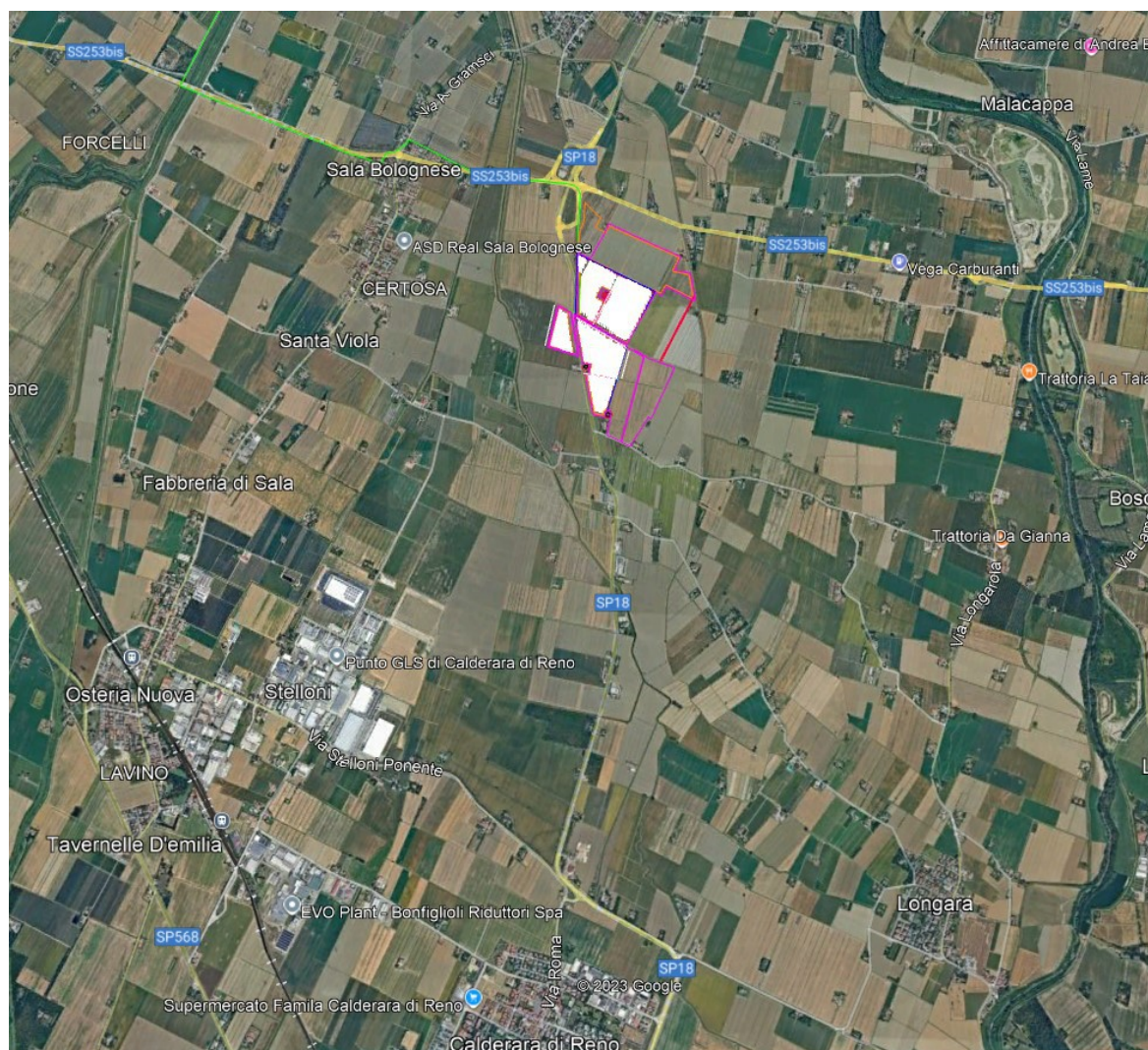


Figura 2 – Dettaglio delle particelle progettuali su Google Earth.

Il contesto è quello tipico della Pianura Padana con una morfologia dunque decisamente pianeggiante e quote altimetriche molto contenute, nello specifico del sito progettuale comprese tra 20 e 21 m s.m..

Il sito progettuale è attraversato dalla provinciale 18, sviluppandosi in larga parte a est dell'indicata arteria stradale; appena più a nord scorre l'ulteriore e più importante infrastruttura Strada Statale 253bis, meglio nota come *Traversale di Pianura*.

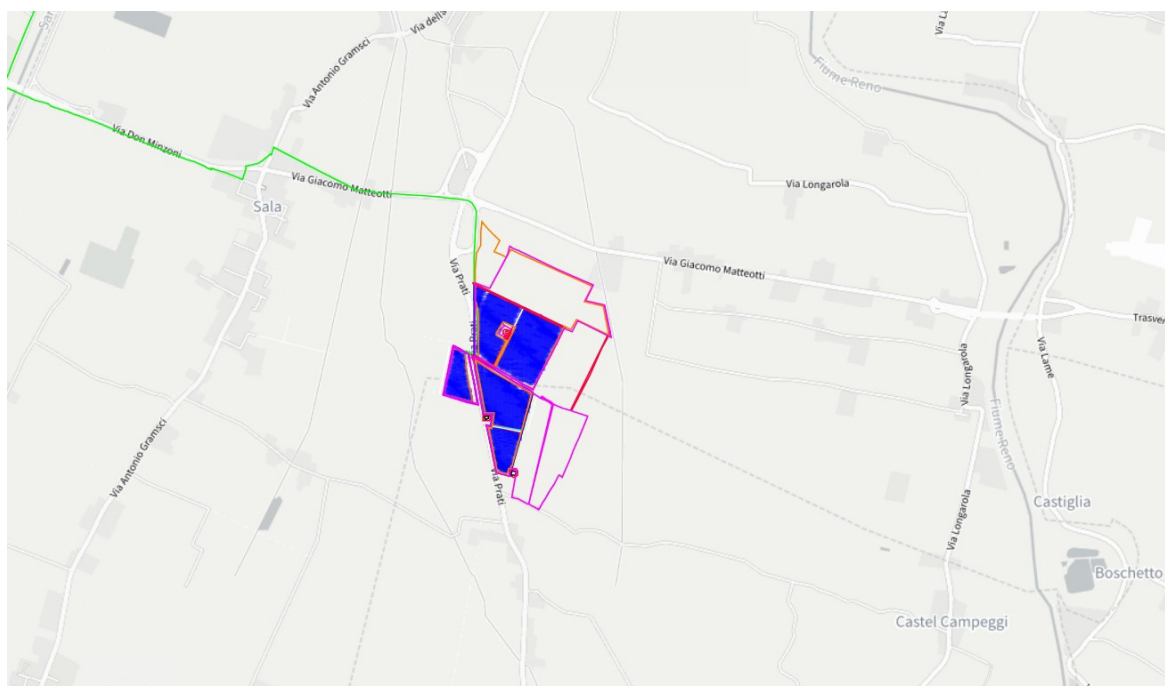


Figura 3 – Dettaglio su mappa geografica dell'ubicazione delle particelle progettuali
(Fonte: Fonte: <https://natura2000.eea.europa.eu/expertviewer/>).

Aspetti climatici, bioclimatici e fitoclimatici

Il contesto di area vasta come l'intero distretto padano è già riferibile al macrobioclima temperato. Più precisamente, sulla base della Mappa Biogeografica d'Europa di Rivas-Martinez *et al.* (2001), l'area vasta del sito progettuale s'inserisce nella *Provincia Appennino-Balcanica, sub-provincia padana* (9 b), della Regione Eurosiberiana.



Figura 4 - Distribuzione delle regioni biogeografiche nel territorio nazionale in accordo a Rivas-Martinez *et al.*, 2001, (Fonte: Biondi *et al.*, 2008).

Il sito progettuale è ubicato dunque in pieno distretto padano, in particolare in termini altimetrici nel *piano basale planiziale inferiore*, come raffigurato di seguito.

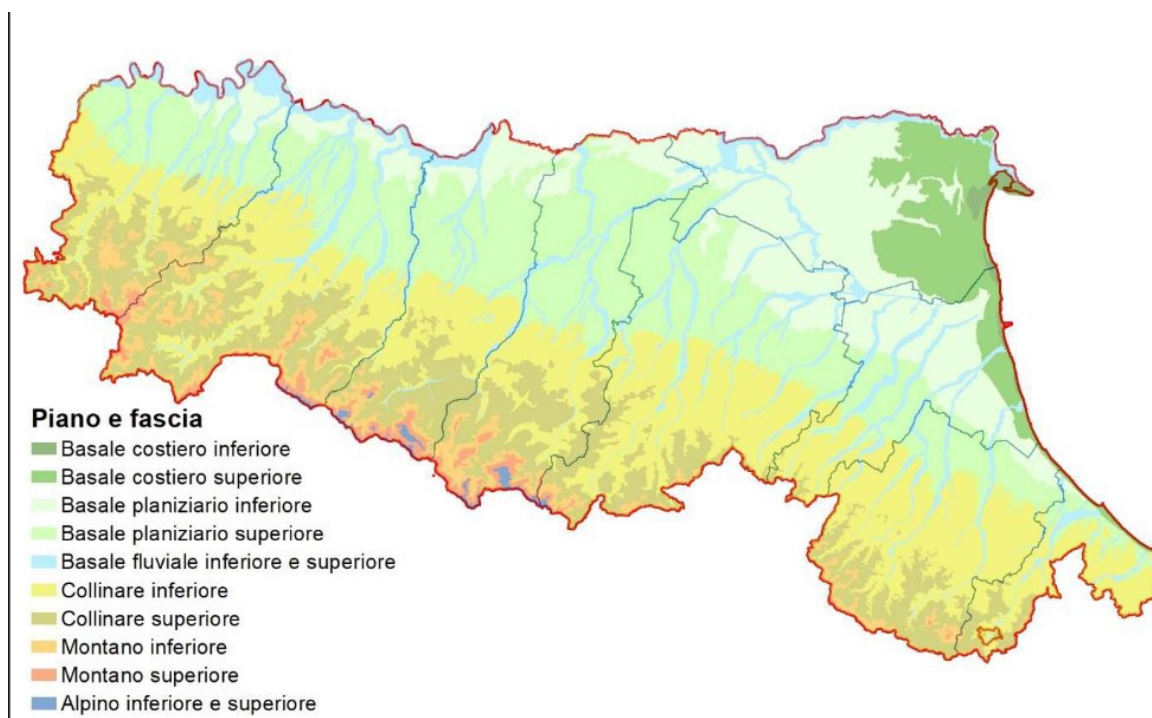


Figura 5 – Distribuzione dei piani altitudinali nel territorio regionale (Fonte: Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale *et al.*, 2018).

Le temperatura media annua e le precipitazioni medie annue variano in territorio regionale oltre che in funzione del gradiente altimetrico evidenziato, anche della distanza dal mare. In merito alle

precipitazioni medie annue, da notare come i versanti appenninici più spinti nell'entroterra, data la loro maggiore prossimità all'area tirrenica, nettamente più umida rispetto a quella adriatica, si caratterizzeranno per valori di piovosità media annua molto elevati, anche prossimi a 2000 mm.

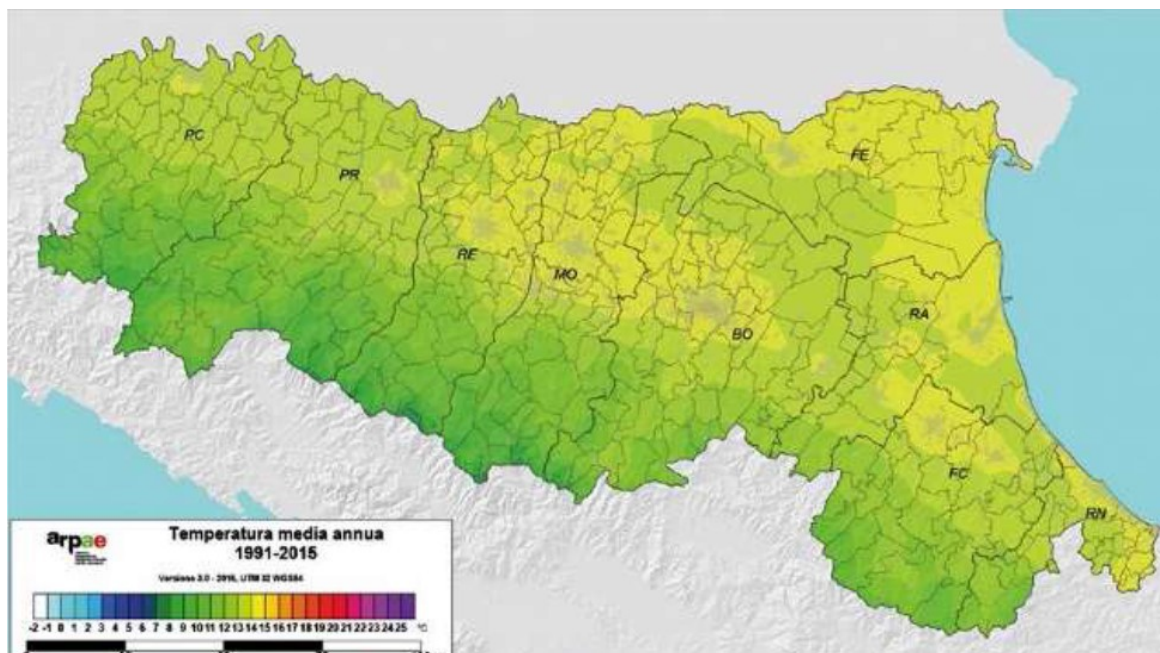


Figura 6 – Distribuzione delle temperature medie annue in territorio regionale (Fonte: ISPRA, 2021 a)).

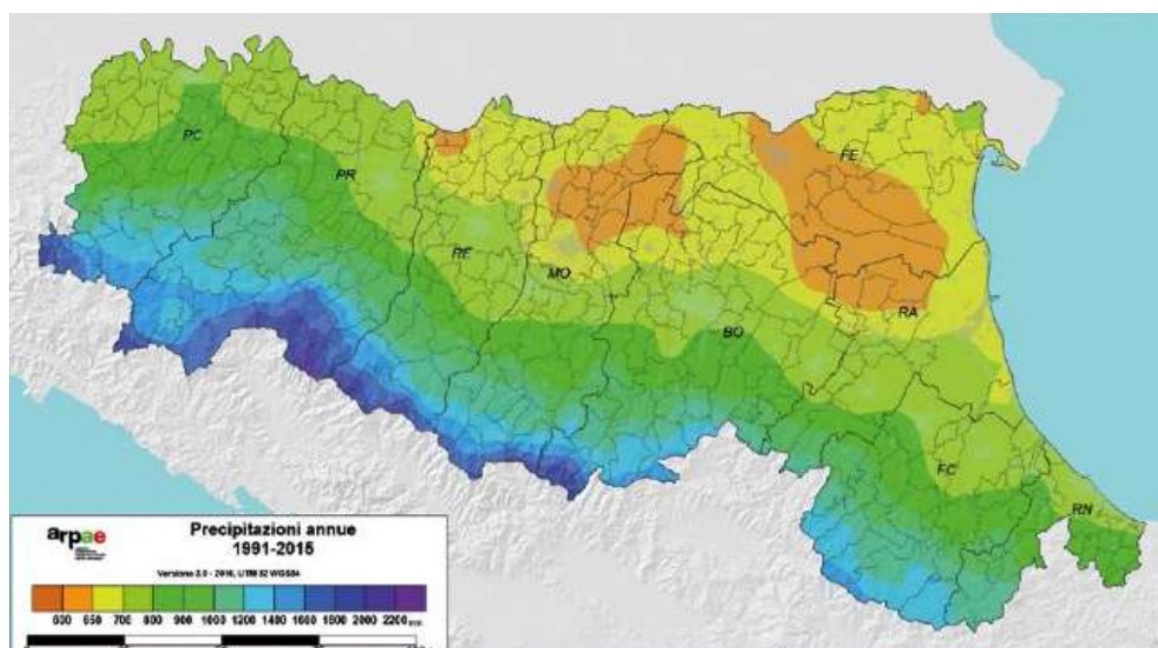


Figura 7 – Distribuzione delle precipitazioni medie annue in territorio regionale (Fonte: ISPRA, 2021 a)).

Importante però sottolineare come negli ultimi anni la crisi-climatica stia progressivamente impattando le medie storiche, innalzando progressivamente i valori termometrici, e alterando la distribuzione della piovosità.

Ad esempio, nello specifico dell'area di progetto, si nota un incremento medio di 1° C passando dalle rilevazioni nel trentennio 1961-1990, a quelle del periodo 1991-2018, passando infatti da temperature medie annue nella cinta intorno al capoluogo regionale comprese tra 13 e 14°C, a quelle attuali comprese invece tra 14°C e 15°C, senza considerare che nell'ultimo biennio l'accelerazione della crisi climatica è stata decisamente brusca, con record di eccessi termici stagionali superati un po' ovunque a livello mondiale, a varie latitudini. La tendenza è confermata dalle ultimissime rilevazioni relative all'anno in corso, in cui secondo alcuni tra i più illustri climatologi e centri di ricerca mondiali sul clima si sarebbe già superato il limite di 1,5° C auspicato dall'Accordo di Parigi come soglia massima di riscaldamento della temperature media del globo, a partire dalla rivoluzione industriale.

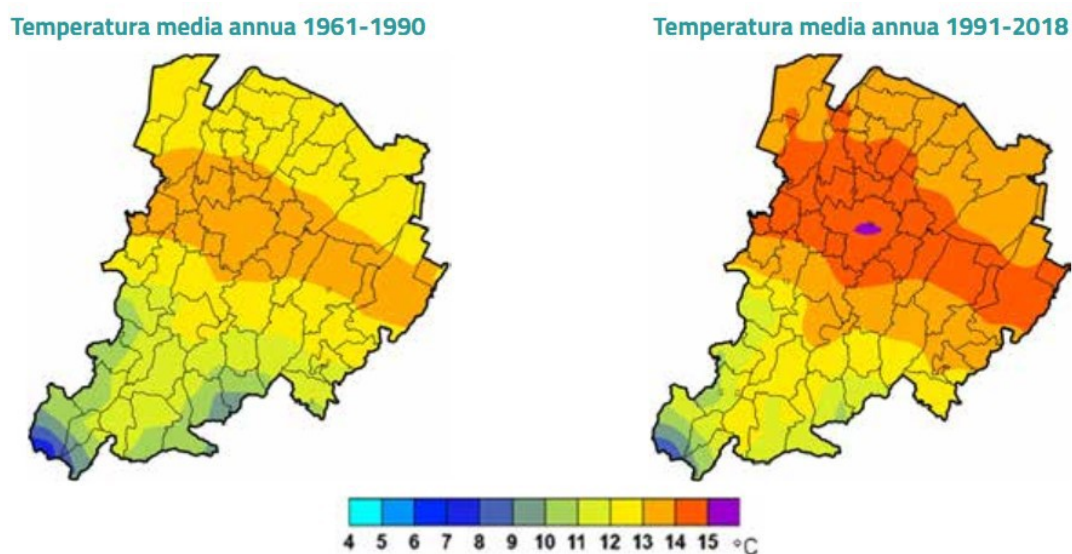


Figura 8 – Temperature medie annue nel territorio della Città Metropolitana di Bologna (Fonte: Città Metropolitana di Bologna, 2021).

Come prevedibile, invece meno evidenti sono le conseguenze della crisi climatica sulle medie annue di precipitazioni, in quanto come già anticipato in questo caso la crisi si manifesta non sui volumi complessivi, ma soprattutto nella distribuzione degli eventi piovosi nel corso dell'anno; tutto ciò evidentemente si traduce in maggiori e più intensi periodi di aridità e una sempre maggior frequenza di eventi di drammatica intensità, come purtroppo confermato dagli ultimi disastrosi eventi registrati nel territorio regionale. Come mostrato

nell'elaborazione successiva, i valori di precipitazioni media annua nell'area vasta del sito progettuale sono compresi tra i 700 e i 750 mm.

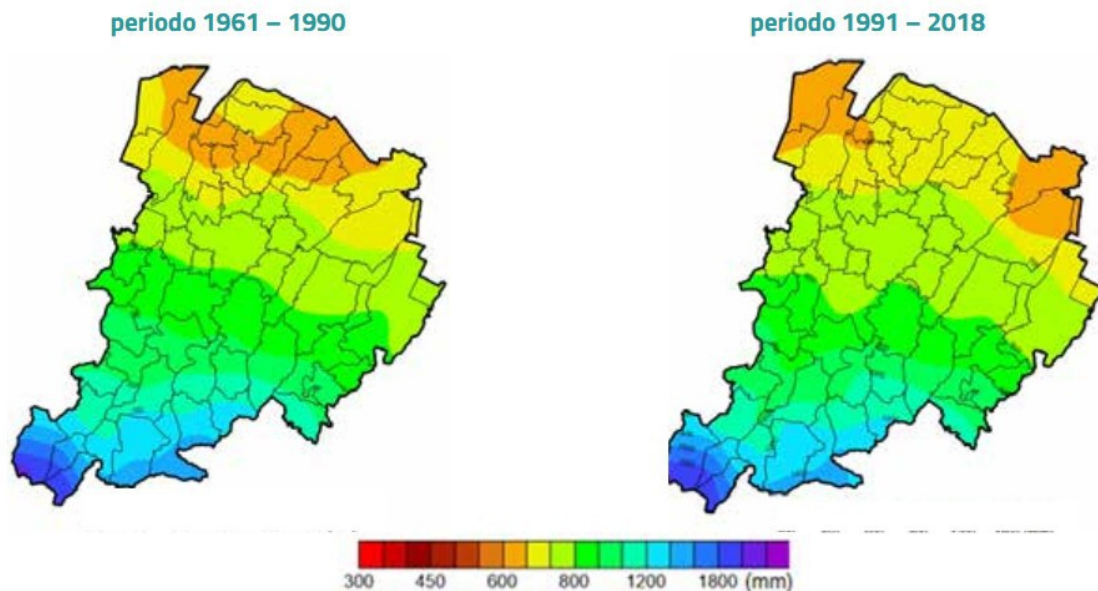


Figura 9 – Variazioni delle precipitazioni medie annue nel territorio della Città Metropolitana di Bologna (Fonte: Città Metropolitana di Bologna, 2021).

Facile comprendere i devastanti impatti delle conseguenze della crisi climatica sulla comunità faunistica; si pensi ad esempio quanto essa stia incidendo sulla fenologia delle specie ornitiche, oppure all'impatto determinato degli eventi estremi sempre più frequenti, come ad esempio l'incidenza delle ondate di calore in grado ad esempio di alterare in modo significativo ambienti già di per sé molto fragili e impattati, quali le aree umide.

Al fine di comprendere il territorio anche in senso fitoclimatico, è stata presa in considerazione la datata ma sempre valida, classificazione del Pavari, che consente di zonizzare le fasce di vegetazione in funzione dell'altitudine evidenziando la variazione negli aspetti vegetazionali al mutare delle caratteristiche bioclimatiche.

L'autore distingue differenti fasce fitoclimatiche, quelle che si osservano in territorio regionale sono:

Castanetum caldo. La fascia in esame si estende sulle pendici alto collinari e submontane, abbracciando una fascia altimetrica lungo l'Appennino centro-meridionale, orientativamente

compresa tra i 500 m e 800 m s.m. (a seconda del fattore esposizione e vicinanza/lontananza dal mare), e in ambienti pianeggianti al Nord (Pianura padana). In termini di ecologia forestale può essere definita come l'orizzonte delle latifoglie eliofile più termofile. In queste zone il castagno (*Castanea sativa*) non si trova nel suo optimum. Le specie più caratteristiche sono le querce del gruppo della roverella (*Quercus pubescens*, vicariata da *Quercus virgiliana* a sud), l'acero minore (*Acer monspessulanum*), l'acero campestre (*Acer campestre*), il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), il nocciolo (*Corylus avellana*). Dal punto di vista fitosociologico questo complesso eterogeneo è riferibile alla classe *Querco-Fagetea*, in cui però sono frequenti le penetrazioni delle specie dei *Quercetea ilicis*.

Castanetum freddo. La fascia in esame si estende sulle pendici submontane abbracciando una fascia altimetrica orientativamente compresa tra 600-800 e 900-1000 m s.m. sull'Appennino centro-meridionale, mentre al nord può interessare anche i settori più interni e freddi della Pianura Padana. In questa zona si ritrova l'optimum per il castagno, mentre le latifoglie decidue termofile lasciano il passo a quelle più mesofile. Così il cerro (*Quercus cerris*) si avvicina alle querce del gruppo della roverella, l'acero d'Ungheria (*Acer obtusatum*) e l'acero campestre (*Acer campestre*) sostituiscono l'acero minore (*Acer monspessulanum*). Localmente diffusi sono l'orniello (*Fraxinus ornus*), il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), il carpino bianco (*Carpinus betulus*), mentre più sporadicamente si ritrova il tiglio selvatico (*Tilia cordata*). Tale complesso eterogeneo è riferibile alla classe *Querco-Fagetea*.

Fagetum. Si estende dalla precedente fascia sino al limite della vegetazione forestale sugli Appennini (circa 2000 m s.m. sull'Appennino meridionale, poi progressivamente abbassandosi di quota risalendo verso Nord la catena montuosa), con *Fagus sylvatica* come specie di riferimento. Al Nord rappresenta la fascia prealpina compresa tra la Pianura Padana e la catena alpina.

Picetum. Costituisce la zona propria delle foreste montane alpine, dove si rinviene, a parte piccole eccezioni nell'Appennino centro-settentrionale, con boschi di conifere (abete bianco, abete rosso, larice, *Pinus sp.*).

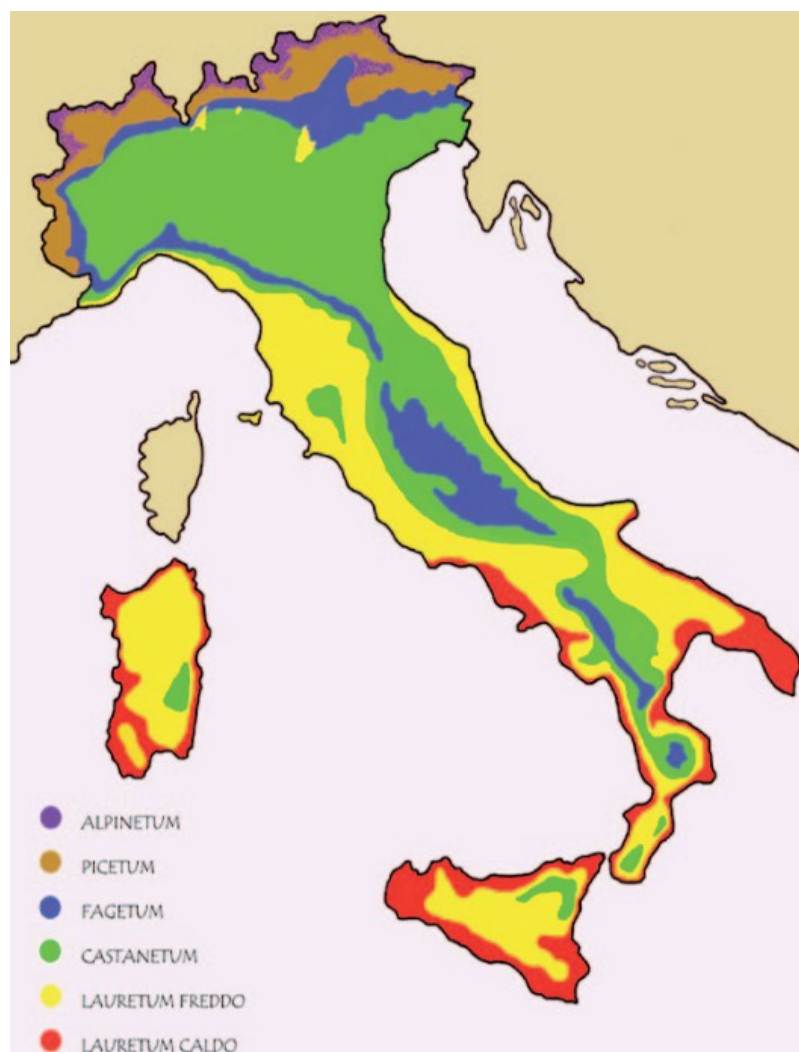


Figura 10a – Distribuzione delle fasce fitoclimatiche di Pavari nel territorio nazionale.

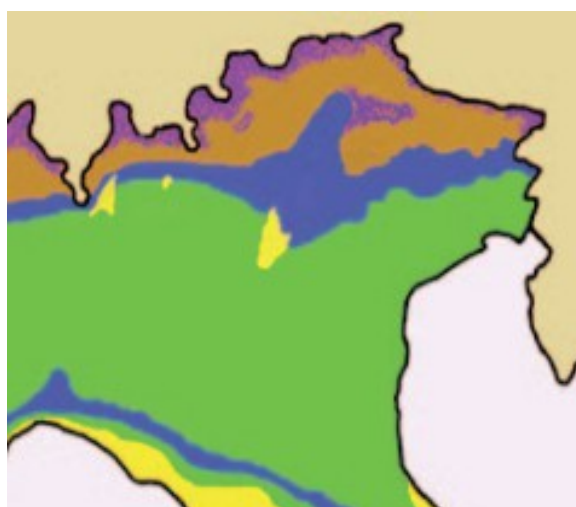


Figura 10b – Focus sul territorio regionale delle fasce fitoclimatiche di Pavari..

In base a quanto raffigurato, si evince come il territorio regionale sia quasi completamente riferibile al *Castanetum*, ad eccezione del suo tratto appenninico in cui si entra nel *Fagetum*, generalmente, a partire da quote di 900 m s.m. circa. Solo nel settore più meridionale del settore adriatico, si registrano invece condizioni di transizione tra il *Castanetum caldo* e il *Lauretum freddo*.

Aspetti geologici, geomorfologici e pedologici

Dal punto di vista geologico, l'area di studio si colloca nella Pianura Padana, in particolare in un settore di transizione tra l' "alta pianura", più a ridosso dell'Appennino, e la "bassa pianura", dove le quote si mantengono prossime al livello del mare o comunque sempre molto contenute (tra 15 e 30 m s.m.).

Dal punto di vista idrografico-geomorfologico, in area vasta di progetto l'elemento di maggior rilievo è sicuramente il *Fiume Reno*; l'area d'impianto si rinvia infatti a circa 2,3 km in linea d'aria dal suo corso, mentre in direzione opposta a circa 3 km scorre il suo più lungo affluente, Il *Fiume Samoggia*, nonché l'ultimo a immettersi in sinistra idrografica (la congiunzione avverrà qualche km più verso nord, poco prima di Cento).

L'impatto dell'azione antropica nell'intera Pianura Padana emerge in particolare dalle drastiche modifiche prodotte al corso originario dei principali corsi d'acqua che la attraversano, il più delle volte esageratamente imbrigliati, canalizzati, e più in generale ridotti al massimo nella loro capacità di espansione; tutti aspetti, che combinati all'attuale inasprimento della crisi climatica hanno contribuito ai sempre più frequenti disastrosi alluvionali registrati nel territorio di competenza regionale del distretto, negli ultimissimi anni.

L'area vasta del sito progettuale è chiaramente riferibile al distretto di *Pianura*, nella classificazione dei distretti regionali utilizzata come base per la classificazione pedologica, come si evince dalla successiva elaborazione riportata.

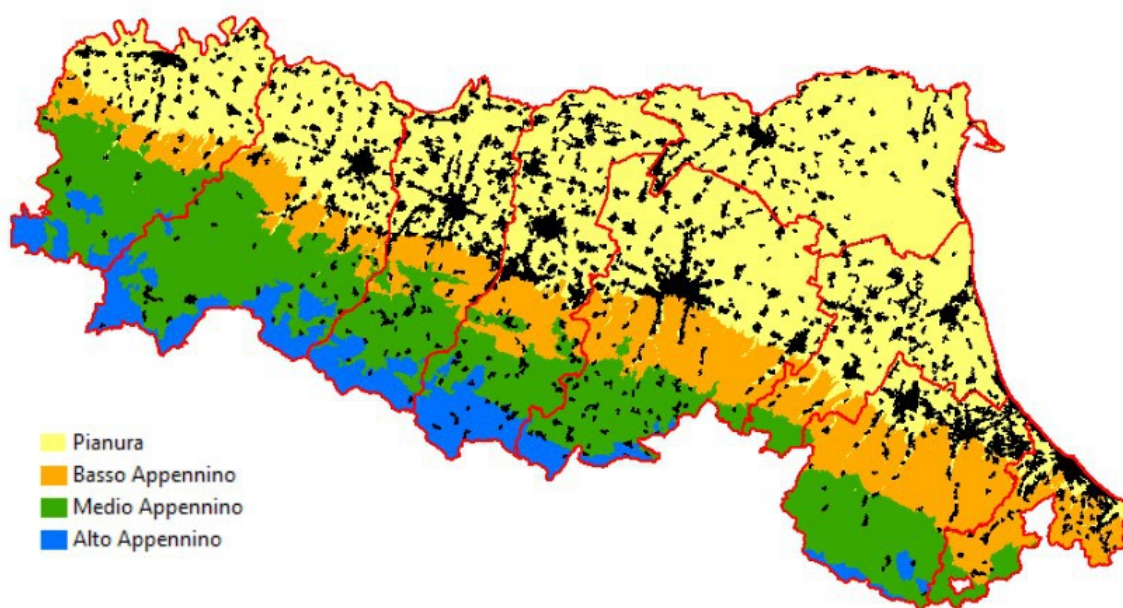


Figura 11 – Mappa dei distretti in cui è suddiviso il territorio regionale, Emilia Romagna: in verde il *Medio Appennino* e in azzurro l'*Alto Appennino* (Fonte: Regione Emilia Romagna, 2021).

Ogni distretto regionale è approfonditamente analizzato nella *Carta dei suoli dell'Emilia Romagna alla scala 1:50.000*. In primis, per ogni distretto vengono elencati i distinti sistemi di Province di terre che entrano in gioco: nel caso del distretto di Pianura, focalizzando l'attenzione su quanto si osserva nell'area vasta del sito progettuale, dalla seguente raffigurazione si evince come si rilevi fondamentalmente la provincia di terra categoria A6.

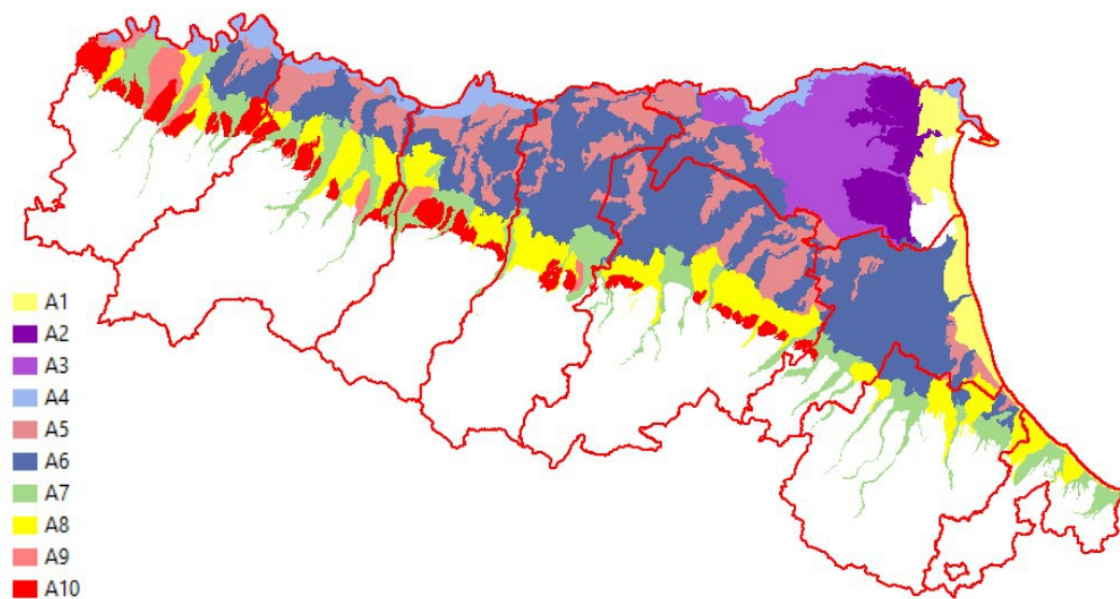


Figura 12 – Province di Terre del distretto Pianura (Fonte: Regione Emilia Romagna, 2021).

La provincia di terra categoria A6 racchiude: *suoli dei dossi e delle aree di transizione delle bassa piana alluvionale, ad alterazione biochimica con riorganizzazione interna dei carbonati (Olocene), locale idromorfia profonda, tessitura da media a fine, localmente grossolana.*

Tra i depositi di piana alluvionale possono distinguersi: *sabbie di riempimento*, costituite da sabbie da grossolane a fini, con limi e argille al tetto; *alternanza di sabbie e limi di argine*, sabbie finissime e limi sabbioso-argillosi, accumulati in strati sottili e medi; *argille di piana inondabili*, rappresentata da strati medi di argille e limi, in cui s'intercalano limi sabbiosi nonché livelli strati argillosi e strati limosi ricchi di sostanza organica.

Delle complessive 210 tipologie di suoli censiti nella *Carta dei suoli dell'Emilia Romagna alla scala 1:50.000* per il distretto di *Pianura*, una quarantina abbondante si osserva nella provincia di terra che connota l'area vasta di progetto. Quindi trattasi di un complesso piuttosto eterogeneo, in cui si rilevano suoli caratterizzati da pendenze molto blande, impercettibili, in contesti urbanizzati, ampiamente interessati da infrastrutture, e ricchi di aziende agricole. I suoli possono variare da argillosi, ad argilloso-sabbioso, argilloso-limosi, talvolta con tessitura grossolana, con potenza buona, spesso dall'elevata profondità: si tratta sempre di suoli calcarei, da moderatamente a molto alcalini, che possono o meno necessitare di interventi per il regolare deflusso delle acque (baulature, creazione di scoline poco profonde).

Aspetti vegetazionali

La vegetazione spontanea nell'area vasta, come del resto nell'intera Pianura Padana manifesta un carattere di forte residualità, in quanto la spiccata vocazione colturale dell'intero sistema dovuta in particolare ai suoi suoli fertilissimi e la trasformazione del contesto originario avviata già in epoca storica, hanno portato ad una drastica alterazione e un forte rimaneggiamento dell'originario paesaggio vegetale. Tuttavia nonostante quanto esposto, rari lembi sparsi nella Pianura Padana, offrono la possibilità di comprendere le potenzialità vegetazionali del territorio. A differenza delle foreste ripariali a galleria che costeggiano i grandi fiumi e riferibili all'habitat dell'Allegato I della Direttiva 92/43/CEE (cod. 92A0), rappresentati da formazioni azonali, il quercio-carpineto padano è una tipologia zonale, però complicata nella sua attribuzione, proprio perché il forte disturbo che ne condiziona la presenza, determina spesso uno stadio lontano da quello maturo, in cui la composizione specifica è alterata. L'habitat di riferimento dell'Allegato I della Direttiva 92/43/CEE meglio nota come Direttiva "Habitat", sarebbe *Querceti di farnia o rovere subatlantici e dell'Europa centrale del Carpinion betuli* (cod. 9160), a cui andrebbero riferiti i lembi di foresta planiziale maturi e stabili del Ferrarese, anche se il diffuso disturbo antropico, che porta a forme degradate (ingresso di facies arbustive, ingresso di specie invasive), rende non sempre semplice l'attribuzione a tale tipologia di habitat, infatti al momento non segnalato per il territorio regionale, a differenza di quanto invece avviene in Veneto e Lombardia. A ciò, si deve aggiungere che tali formazioni spesso entrano in contatto con habitat di pertinenza fluviale, come ad esempio *Foreste miste riparie di grandi fiumi a Quercus robur, Ulmus laevis e Ulmus minor, Fraxinus excelsior e Fraxinus angustifolia (Ulmion minoris)* (cod. 91F0). Quest'ultimo habitat si differenzia però dal quercio-carpineto per una maggiore ricchezza di specie forestali quali *Populus nigra, Populus canescens, Populus tremula, Alnus glutinosa, Ulmus minor*.

Lo status della flora e della vegetazione spontanea appare dunque preoccupante, il difficile stato della flora del contesto è palesato dalla progressiva scomparsa di entità tipiche, a fronte invece di un sempre più cospicuo ingresso di specie aliene. Se notoriamente la Lombardia e l'Emilia Romagna sono le regioni d'Italia con la maggior proporzione di alloctone (superiore al 12%) nella loro flora, tale valore raggiunge addirittura il 17% nel Ferrarese. Tra le alloctone, quelle più pericolose sono le invasive, che a causa della loro forte aggressività contribuiscono alla riduzione della flora autoctona, come soprattutto si può rilevare lungo il Po, dove sempre più diffuse purtroppo sono specie quali falso indaco (*Amorpha fruticosa*), forbicina pedunculata (*Bidens frondosa*), luppolo del Giappone (*Humulus japonicus*), zucchini americana (*Sicyos angulatus*), ed altre ancora. Il drammatico

impoverimento, con la relativa scomparsa di tipologie di habitat, determinato dal forte sfruttamento della Pianura Padana, sta determinando una veloce e progressiva scomparsa di specie floristiche autoctone, non a caso molto spesso legate agli habitat più a rischio.

In un contesto simile, si comprende come gli aspetti floristico-vegetazionali (e più in generale naturalistici, inclusi gli aspetti faunistici) di maggior interesse per la conservazione della biodiversità, si osservino esclusivamente all'interno dei siti tutelati a livello istituzionale.

Nel caso specifico del sito progettuale, entro il buffer di 10 km dalle particelle progettuali, si rilevano i seguenti siti inclusi nel poderoso network di aree protette dell'Unione Europea, anche noto come Rete Natura 2000:

ZPS *Cassa di espansione Dosolo* (codice IT4050030), a 3,1 km a nord dell'impianto;

ZPS *Bacini ex-zuccherificio di Argelato e Golena del Fiume Reno* (IT4050026), a 3,6 km a nord-est dell'impianto;

ZPS/ZSC *Cassa di espansione Torrente Samoggia* (ITIT4050031), 4,2 km a ovest dell'impianto;

ZPS/ZSC *La Bora* (IT4050019), a 5,5 km a nord-ovest dell'impianto;

ZPS/ZSC *Manzolino* (IT4040009), 10 km a ovest dell'impianto.

Le particelle destinate alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico in oggetto, sono completamente interessate da colture, riproponendo il classico paesaggio piatto e uniformemente ricoperto da colture erbacee, che attualmente si osserva in gran parte della Pianura Padana. Tra l'altro, come indicato le particelle sono per ampia parte della loro estensione, costeggiate da importanti infrastrutture stradali.

Per quanto descritto, non si rilevano qui aspetti floristico-vegetazionali degni di interesse; gli episodi più significativi del contesto considerato, come già osservato, si rileveranno fondamentalmente all'interno dei siti d'interesse naturalistico presenti nel circondario.



Figura 13 – Uno scorcio del sito di progetto, caratterizzato da sole colture erbacee.

3. Analisi agronomica ed economica

Interventi previsti

La società proponente ha previsto l'utilizzazione della superficie impiantistica disponibile non interessata dalle strutture elettriche, con colture agrarie. La convivenza di colture e delle necessarie pratiche agricole, tramite cui andrà a realizzarsi l'utilizzo ibrido tra produzioni agricolo/pastorali e produzione di energia elettrica noto come *agrovoltaico*, ovviamente dovrà tener in debita considerazione l'ingombro provocato da tracker, moduli, cabine elettriche, anche in merito a quanto richiesto dalle Linee Guida per l'agrovoltaico pubblicate dal MITE (giugno 2022). Come indicato, nel caso specifico, l'ingombro rappresentato dalle strutture elettriche è minore rispetto a un classico agrovoltaico, trattandosi infatti di un impianto agrovoltaico elevato, quindi con moduli rialzati, ben distanti dal suolo.

La scelta delle attività agricole e/o pastorali da abbinare alle strutture elettriche, è stata calibrata inoltre sulle caratteristiche stazionali del sito (pedologia, bioclima, ecc.) descritte nei precedenti capitoli, sulla disponibilità ed eventuale utilizzo di acqua per tipo di coltivazione, sulla base degli aspetti agronomici e di mezzi a disposizione dell'azienda che effettivamente provvederà alla conduzione agricola nell'impianto agrovoltaico in oggetto, e non ultima sulla sostenibilità economica delle opzioni individuate all'interno del contesto socio-economico in cui l'impianto andrà ad operare, approfondita di seguito tramite gli specifici conti colturali predisposti *ad hoc*.

Il contesto normativo e l'opportunità dell'agrovoltaico

Negli impianti agrovoltaici, il settore agricolo diviene protagonista della cosiddetta transizione energetica solare; la convivenza della produzione energetica rinnovabile ottenuta dai moduli fotovoltaici con le produzioni agricole e/o pastorali abbinate, contribuisce infatti al miglioramento della redditività e della stabilità del comparto agricolo. Attraverso la conoscenza della risposta delle colture alle diverse condizioni di illuminazione, umidità, temperatura in associazione con gli impianti fotovoltaici, è possibile valutare le combinazioni di fattori più vantaggiose, in particolare alle latitudini più meridionali dove evidentemente l'intensità luminosa non costituisce un fattore limitante.

Il fotovoltaico è in grado così di recitare il ruolo di alleato ecologico per le colture, di alleato economico per la redditività agricola, e non ultimo di alleato per l'accesso agli strumenti di sostegno e ai programmi della PAC (Legambiente, 2020).

Il Piano Strategico Nazionale per lo sviluppo rurale approvato nel 2017, che a breve sarà sostituito dal nuovo, è lo strumento nazionale di programmazione che definisce obiettivi e linee

di finanziamento/incentivazione della PAC. Il Piano descrive gli orientamenti in merito alla produzione da fonti rinnovabili e alle problematiche tipiche degli impianti e della loro collocazione, inserendosi negli obiettivi strategici europei per la sostenibilità. In particolare in Italia per la produzione di energia elettrica da fotovoltaico il Piano mette in risalto le seguenti criticità:

- *Le fonti rinnovabili sono, per loro natura, a bassa densità di energia prodotta per unità di superficie investita. “Ciò comporta inevitabilmente la necessità di individuare criteri che ne consentano la diffusione in coerenza con le esigenze di contenimento del consumo di suolo e di tutela del paesaggio”.*
- *Consumo di suolo. “Il problema si pone in particolare per il fotovoltaico, mentre l’eolico presenta prevalentemente questioni di compatibilità con il paesaggio. Per i grandi impianti fotovoltaici, occorre regolamentare la possibilità di realizzare impianti a terra, oggi limitata quando collocati in aree agricole, armonizzandola con gli obiettivi di contenimento dell’uso del suolo. Sulla base della legislazione attuale, gli impianti fotovoltaici, come peraltro gli altri impianti di produzione elettrica da fonti rinnovabili, possono essere ubicati anche in zone classificate agricole, salvaguardando però tradizioni agroalimentari locali, biodiversità, patrimonio culturale e paesaggio rurale”.*
- *Forte rilevanza del fotovoltaico tra le fonti rinnovabili. “Dato il rilievo del fotovoltaico per il raggiungimento degli obiettivi al 2030, e considerato che, in prospettiva, questa tecnologia ha il potenziale per una ancora più ampia diffusione, occorre individuare modalità di installazione coerenti con gli obiettivi di riduzione del consumo di suolo”.*
- *Necessità di mantenere la fertilità dei suoli attraverso la coltivazione agraria. “Potranno essere così circoscritti e regolati i casi in cui si potrà consentire l’utilizzo di terreni agricoli improduttivi a causa delle caratteristiche specifiche del suolo, ovvero individuare modalità che consentano la realizzazione degli impianti senza precludere l’uso agricolo dei terreni”.*

Oltre a quanto esposto, è importante porre all'attenzione sul progressivo interesse che l'agrovoltaico verosimilmente andrà assumendo nella particolare contingenza e complicata situazione ambientale, in cui la crisi climatica proprio nell'anno in corso ha purtroppo già varcato la soglia di contenimento auspicata dall'Accordo di Parigi entro il 2030, dell'aumento di 1.5° C di aumento della temperatura media terrestre, rispetto all'avvento della Rivoluzione Industriale. Va altresì considerato, il forte impulso previsto per la produzione energetica da fonti rinnovabili spinta dai vari programmi internazionali in essere, nonché legato alle conseguenze degli ultimi sconvolgimenti geopolitici in corso (crisi russo-ucraina in particolare per gli assetti energetici del nostro Paese). Dato inoltre, che anche l'*energia pulita* non è scevra dal generare impatti (variabili sulla base della tipologia impiantistica:

eolico, fotovoltaico, ecc.), si evidenzia come nel caso specifico dei parchi fotovoltaici a terra, gli impatti principali siano legati all'ubicazione degli stessi essenzialmente in contesti rurali. L'agrovoltaico nasce proprio per limitare gli impatti di un "tradizionale" impianto fotovoltaico a terra, e realizzare così un più armonico inserimento dell'opera nel contesto rurale.

Un altro aspetto importante per comprendere il ruolo strategico che l'agrovoltaico potrebbe assumere (in particolare in determinati contesti), è la riduzione dell'assolazione, determinata dall'ombreggiamento dei pannelli sulle colture, come comprensibile aspetto tipico dell'agrovoltaico. In distretti fortemente impattati dal *global warming*, tale aspetto non può che tradursi in effetti benefici, come già messo in luce da primi specifici lavori scientifici. In aree a clima caldo-arido gli impianti agrovoltaici potrebbero costituire una risorsa anche per recuperare terreni marginali, mantenere la temperatura del suolo più bassa e rallentare le perdite di acqua per evapotraspirazione.

Caratteristiche dell'opera in progetto e relative superfici d'ingombro

All'interno dei distinti lotti, che saranno tutti provvisti di recinzione perimetrale, ogni tracker sarà ancorato tramite un singolo asse in metallo, e avrà possibilità di oscillazione sul montante di ancoraggio tra -50° e $+50^{\circ}$ rispetto all'orizzontale, in modo da risultare sempre perpendicolare al sole incidente.

La distanza dal suolo dei pannelli in orizzontale è di 3,076 m, mentre quando al momento di massima inclinazione tale distanza si riduce e diventa di **2,10 m**, comunque uno spazio che rende ancora agevole le operazioni colturali e che favorisce anche l'impiego di colture legnose dallo sviluppo contenuto, caratteristica dell'agrovoltaico elevato.

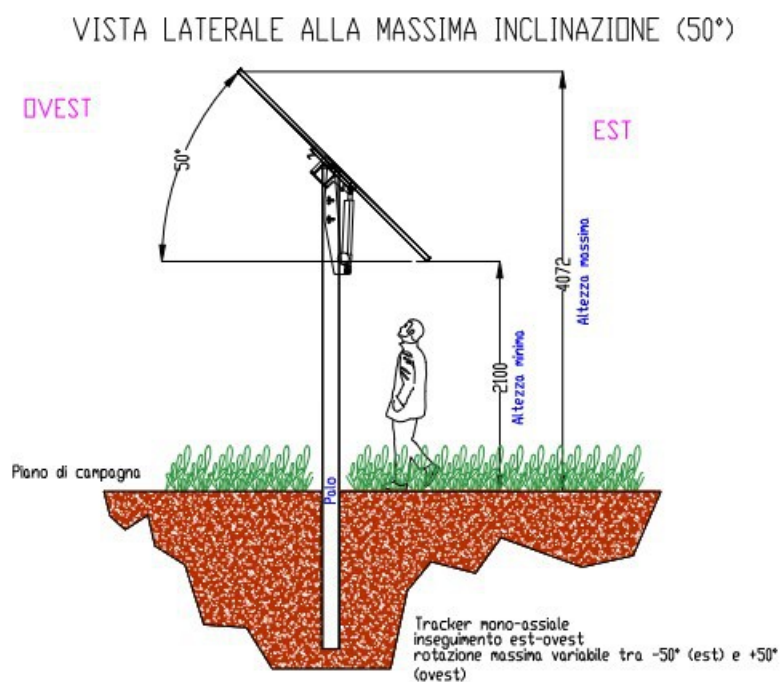


Figura 14 – Dettaglio delle dimensioni dal suolo, con i moduli al momento di massima inclinazione (Fonte: GreenGO srl).

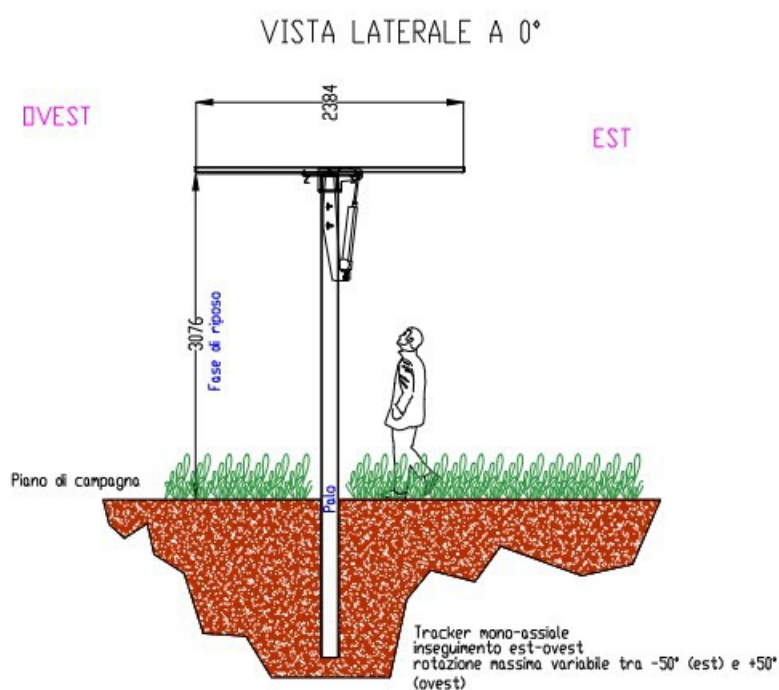


Figura 15 – Dettaglio delle dimensioni dal suolo con i moduli in orizzontale (Fonte: GreenGO srl).

Seguono i principali dati dimensionali dell'impianto agrivoltaico "Pratello" in progetto.

Descrizione	Superficie utilizzata
Area perimetrata dalla recinzione d'impianto	393.106,00 mq
<u>Tare agricole</u> : superfici che non interessano direttamente l'attività agricola (come strade interne, canali, fossi, stagni e cave) e che non vengono computate in S_{tot}	47.191,01 mq
<u>Superficie di un sistema agrivoltaico (S_{tot})</u> : area che comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico	345.914,99 mq
<u>Superficie non agricola (S_N)</u> : superficie non utilizzata per attività agricola in quanto occupata o impedita dall'installazione e dall'esercizio dei vari componenti dell'impianto agrivoltaico	44.056,35 mq
<u>Superficie agricola ($S_{agricola}$)</u> : superficie destinata all'attività agro-zootecnica, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA) e ottenuta come differenza tra S_{tot} e S_N	301.858,64 mq
<u>Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (S_{pv})</u> : somma delle superfici individuate dalla proiezione al suolo del profilo esterno di massimo ingombro dei moduli fotovoltaici costituenti l'impianto	102.177,41 mq
A.1) $S_{agricola} / S_{tot}$	87,26%
A.2) LAOR (S_{pv} / S_{tot})	29,54%

Tabella 1 – Superfici occupate delle opere e indicazione della Superficie Agricola Utilizzabile (Fonte: GreenGO srl).

In particolare sono evidenziati alle ultime due righe i valori richiesti dalle Linee Guida ministeriali per far sì che un impianto possa definirsi agrovoltaico, ovvero il LAOR e la Superficie Agricola minima. L'insieme della Superficie Agricola Utilizzabile a disposizione dell'impianto in oggetto raggiunge il valore di **87,26%**, dunque in accordo a quanto richiesto dal requisito A1 che prevede una superficie minima per l'attività agricola non inferiore al 70%, mentre il rapporto tra la somma delle superfici individuate dal profilo esterno del massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici (superficie attiva compresa la cornice), e la superficie totale dei lotti che ospiteranno i moduli e le strutture elettriche, che definisce il LAOR (acronimo di Land Area Occupation Ratio) risulta pari al **29,54%**, ottemperando per il

progetto dell'agrivoltaico "Pratello" di Sala Bolognese (Bo), a quanto richiesto dal requisito A2, in quanto al di sotto del 40% previsto dalle linee guida.

La superficie agricola utilizzabile dell'impianto sarà impiegata come di seguito indicato:

- Erba Medica;
- Frumento Tenero;
- Frumento Duro;
- Orzo;
- Sorgo;
- Girasole

La Superficie Agricola Utilizzabile pari a 30,18 ettari verrà impiegata secondo il criterio della rotazione delle colture sopra indicate in modo tale che, mediamente la superficie impiegata a grano duro sia pari a 7,19 ha la superficie impiegata a orzo ha 3,72 la superficie prevista per il frumento tenero circa 4,8 ha la superficie investita a girasole circa 4,71 ha ed infine la superficie prevista per il sorgo circa ha 6.78 oltre 2,98 ha di erba medica da foraggio.

Dalle superfici indicate andranno decurtate le fasce di rispetto dai pali di sostegno dei moduli.

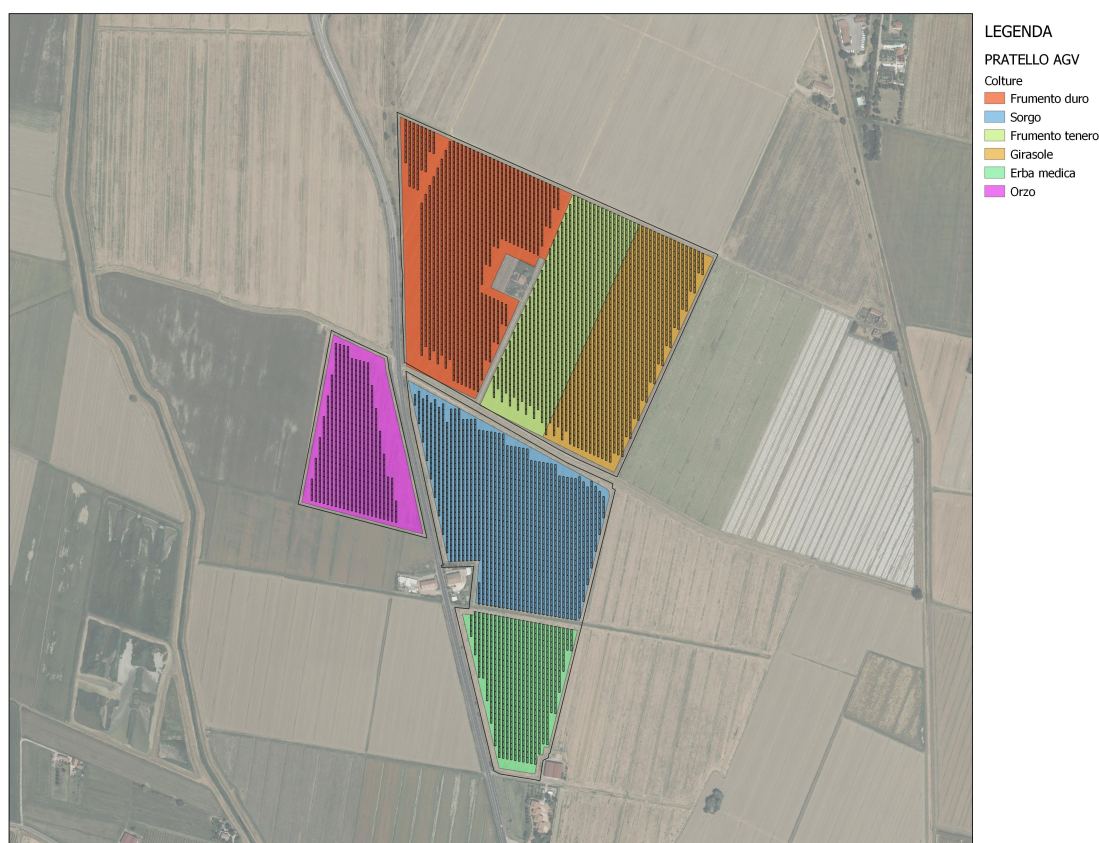


Figura 16 – Esempio di ripartizione tra le varie colture previste nell'impianto.

Assetti culturali e utilizzazione agricola nel sito in esame e circondario

Il contesto in cui s'inserisce il sito progettuale, è la risultante di un lungo, continuo, e drastico processo di trasformazione antropica. Il paesaggio della piana ferrarese è prima di tutto un paesaggio in cui l'acqua è stata regimata, domata, controllata. Un'altra importante fonte di alterazione, legata agli ultimi decenni, è la progressiva intensivizzazione del paesaggio agrario, che ha portato alla scomparsa degli elementi che caratterizzavano il paesaggio culturale in un passato non troppo lontano (si pensi ad esempio alla *piantata ferrarese* con i suoi classici filari di olmo e alla vite maritata, o ancora al *paesaggio del macero*, delle siepi, e più in generale alla peculiare alternanza di campi, paludi e lembi di foreste igrofile e mesoigrofile, che impreziosiva in termini estetico-paesaggistici e di biodiversità il distretto. Questo processo di erosione di un paesaggio rurale tradizionale più estensivo e più ricco in termini di biodiversità (anche culturale) è purtroppo evidente un po' in tutto il sistema della Pianura Padana. In base a quanto descritto, si comprende come la collocazione del sito progettuale in piena Pianura Padana, comportano che l'intera area vasta di progetto risenta molto in termini paesaggistico/vegetazionali di una simile ubicazione, palesando tutta la spinta vocazione ad un'agricoltura intensiva dell'area.

Il primo stralcio del CORINE Land Cover 2006 di seguito proposto, relativo all'area vasta di progetto, testimonia quanto appena descritto; e infatti il *seminativo in aree non irrigue* (codice 211 della legenda CORINE), appare così diffuso da potersi assumere a matrice paesistico-territoriale del contesto considerato. Trascurando gli elementi della Classe 1 della Legenda CORINE (Superfici Artificiali), nella descritta matrice si rilevano sparse piccole patches di *sistemi colturali e particellari complessi* (codice 242). Molto rari e localizzati sono gli elementi della Classe 3 della Legenda CORINE (Territori boscati e Ambienti naturali e semi-naturali), nella fattispecie rappresentati da alcune piccole patches di *boschi di latifoglie* (311) e un unico episodio di *paludi interne* (411). Emerge dunque la quasi completa sostituzione dell'originario paesaggio vegetale padano, di cui si dirà più avanti, solo in parte contenuta da azioni di recupero, come ad esempio gli interventi di realizzazione di Aree di riequilibrio ecologico, a cui non a caso si riferiscono alcune delle patches di boschi di latifoglie dell'area vasta.

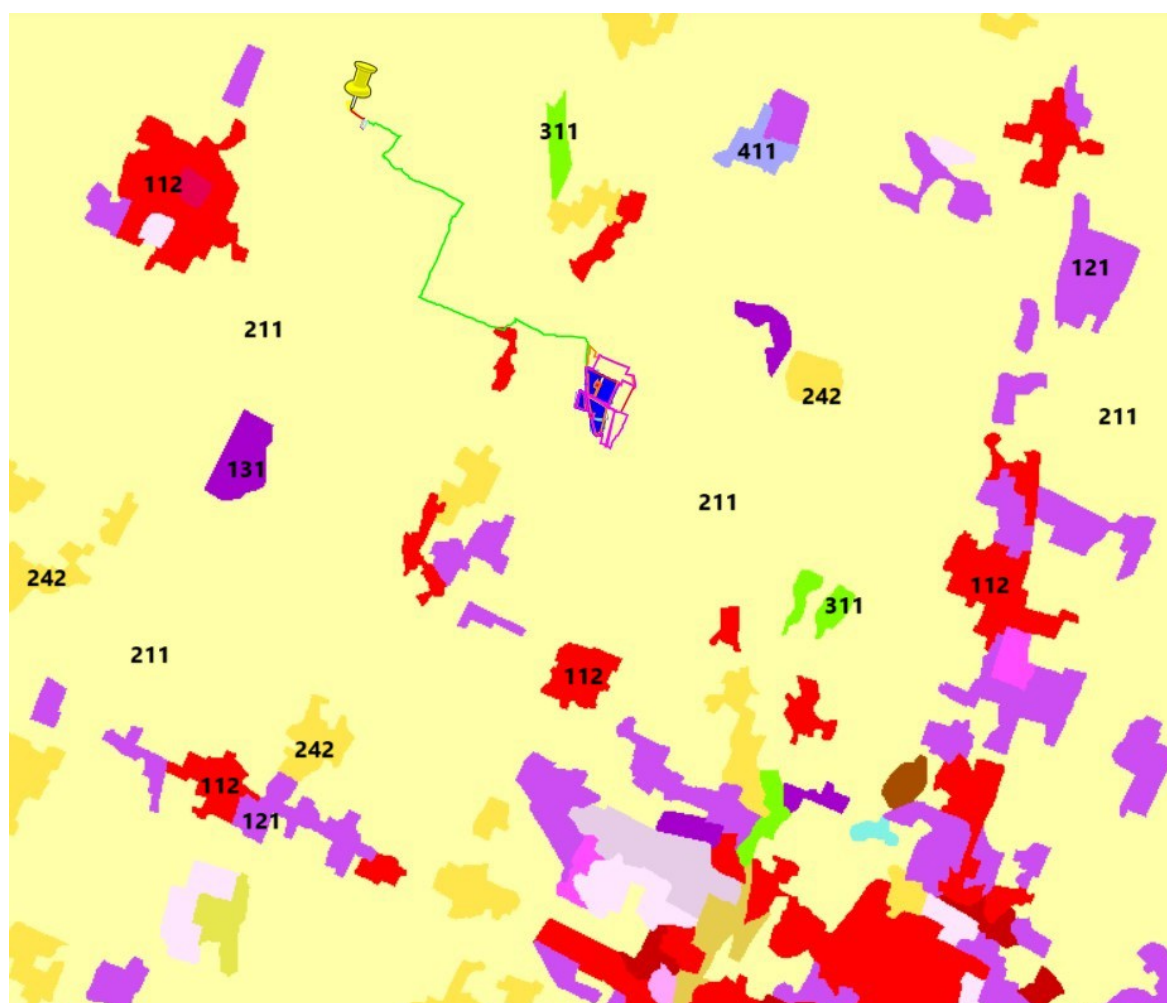


Figura 17 – Stralcio del CORINE Land Cover 2006 nell'area vasta di progetto, in evidenza l'ubicazione delle opere (Fonte: <https://natura2000.eea.europa.eu/expertviewer/>).

Dallo stralcio del CORINE Land Cover 2006 seguente, che si focalizza invece sul sito progettuale e relativo circondario, è possibile ancor di più la totalizzante vocazione colturale del territorio considerato, e come la destinazione d'uso descritta nel CLC come *seminativo in aree non irrigue* (codice 211), sia talmente diffuso al punto da potersi assumere a matrice paesistico-territoriale dell'area considerata.

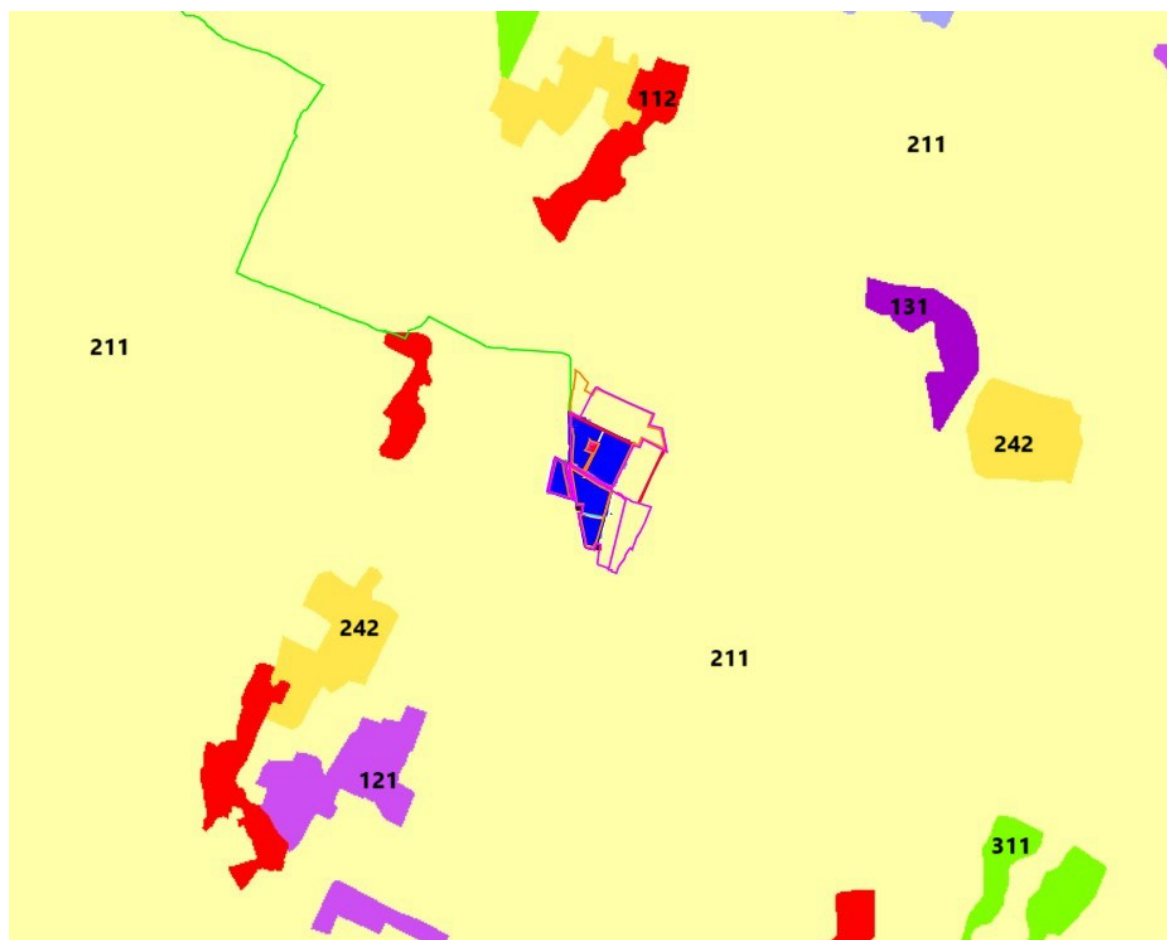


Figura 18 – Stralcio del CORINE Land Cover 2006 nel sito progettuale (in evidenza) e circondario (Fonte: <https://natura2000.eea.europa.eu/expertviewer/>).

Infine, importante ricordare come i territori di Sala Bolognese e Calderara di Reno rientrino nella zona di produzione di alcune colture da considerarsi di pregio, in quanto capaci di conferire a produzioni a marchio di qualità, quali:

Indicazione Geografica Protetta (ai sensi del Regolamento UE n. 1151/2012) **Asparago Verde di Altedo**;

Indicazione Geografica Protetta (ai sensi del Regolamento UE n. 1151/2012) ***Pera dell'Emilia Romagna;***

Denominazione di Origine Protetta (ai sensi del Regolamento UE n. 1151/2012) ***Patata di Bologna.***



Figura 19 – In evidenza la zona di produzione dell'**IGP Asparago verde di Altedo** (Fonte: <https://www.qualigeo.eu/prodotto-qualigeo/asparago-verde-di-altedo-igp/>).

Proposta di utilizzazione agricola del sito in esame

In base alle descritte caratteristiche stazionali, e tenendo conto di considerazioni di natura tecnico-economica si riporta il conto economico che fornirà una stima della redditività delle colture selezionate per l'impianto agrivoltaico in oggetto.

Si procederà sviluppando il conto economico relativo all'ordinamento colturale indicato in precedenza. Nelle successive tabelle sono riportate le stime previsionali relative a **ricavi** (Produzione Lorda Vendibile) e **costi** annuali relativi ad ognuna delle colture che si andranno a realizzare. I costi che prevedono immobilizzazioni finanziarie, esplicitati nelle relative tabelle, sono computati come quote di reintegrazione nei costi di esercizio. Nella stima si assume inoltre che il saggio di interesse sia del 3% (saggio di riferimento per investimenti concorrenziali) e per il calcolo degli interessi sul capitale di anticipazione si ipotizza un periodo medio di anticipazione delle spese di esercizio pari a 6 mesi.

Per le operazioni colturali meccanizzate si ipotizza il ricorso al contoterzismo.

I ricavi sono calcolati in base ai prezzi di mercato all'origine, come media dei prezzi del triennio 2022-2024, escludendo premi e contributi PAC. Le tabelle riportano ricavi e costi

unitari, cioè riferiti ad 1 ettaro di coltura. Dalla differenza tra costi di esercizio e PLV si ottiene il Beneficio fondiario medio annuale per ettaro, che è un indice della redditività delle colture e delle attività annesse. I valori unitari sono poi moltiplicati per le rispettive superfici produttive ed i valori complessivi riportati nel quadro di sintesi finale.

L'azienda agricola Zambonelli adotta un piano colturale basato essenzialmente sulla coltivazione del frumento sia duro che tenero e l'orzo, alternate a colture da rinnovo primaverile estivo come il sorgo ed il girasole. È intenzione dell'azienda proseguire nel proprio ordinamento colturale, minimizzando così i costi che sarebbero stati necessari a rinnovare il proprio parco macchine per adattarlo alle eventuali nuove esigenze. In questo modo inoltre, si giustifica maggiormente l'ammortamento del parco macchine esistente, riducendo ancora i costi di produzione. Per ultimo bisogna considerare il know how che l'azienda possiede e che permetterà di effettuare scelte colturali congrue e consapevoli durante la coltivazione. La SAU verrà ripartita per quanto possibile, in maniera tale da svolgere una rotazione quinquennale tra le colture ad eccezione dell'erba medica, cercando di rispettare il principio per cui ad una coltura sfruttante segue una coltura miglioratrice, sia per le caratteristiche intrinseche della coltura, sia per le operazioni colturali che la coltura richiede per essere svolta con profitto.

Di seguito si riportano delle previsioni di conto economico per ognuna delle colture previste nel nuovo piano colturale.

Conto colturale frumento duro

Il frumento duro (*Triticum durum*) è una delle principali colture cerealicole del mondo e una delle più antiche piante coltivate, con origini che risalgono a circa 10.000 anni fa nel vicino Oriente. Si tratta di una varietà di frumento dal chicco avente frattura vitrea, apprezzata per la sua capacità di resistere a condizioni climatiche aride e calde, che lo rende particolarmente adatto alle zone mediterranee. In Italia, il frumento duro è una coltura fondamentale per l'agricoltura e per l'economia, rappresentando la base per la produzione di semola e pasta, due pilastri della tradizione alimentare italiana. La coltivazione del frumento duro in Italia è concentrata nelle regioni meridionali, in particolare in Puglia, Sicilia, Campania, e Calabria, ma anche nel Centro-Nord, in particolar modo in Emilia Romagna. L'Italia, infatti, è il maggiore produttore europeo di frumento duro e uno dei principali esportatori mondiali, grazie alla sua capacità di produrre una qualità particolarmente ricercata, ideale per la produzione di pasta di alta qualità.

La coltivazione del frumento duro, nonostante la coltura sia povera di richieste colturali, richiede un approccio tecnico altamente specializzato, se si vogliono ottenere produzioni elevate e di qualità.

Il terreno ideale per la coltivazione del frumento duro è un terreno ben drenato, con un pH neutro o leggermente alcalino (6,5-7,5). La preparazione del suolo inizia con una lavorazione profonda (25-30 cm) utilizzata anche per interrare il fertilizzante in presemina, seguita da una lavorazione superficiale per affinare il letto di semina.

La semina del frumento duro avviene generalmente tra ottobre e novembre, a seconda delle condizioni climatiche locali. La densità di semina varia da 200 a 300 semi per metro quadrato, con una distanza tra le file di circa 18-20 cm. L'obiettivo è garantire una germinazione uniforme e un'adeguata copertura del terreno, riducendo la competizione tra le piante e facilitando lo sviluppo del colletto. Tuttavia, ormai da decenni si utilizza la seminatrice a righe per il frumento, che garantisce un adeguato compromesso tra la quantità di seme distribuito e l'economicità della operazione stesa. Il frumento duro è una pianta esigente in termini di nutrienti, in particolare azoto, fosforo e potassio. La fertilizzazione azotata è fondamentale per stimolare la crescita vegetativa, ma deve essere bilanciata per evitare la lussureggiante vegetazione che ridurrebbe la qualità del grano e la resistenza a malattie e parassiti. Il fosforo è essenziale per lo sviluppo iniziale delle radici, mentre il potassio svolge un ruolo chiave nella sintesi degli zuccheri e nella resistenza alla siccità e alle malattie.

Il frumento duro è una coltura strettamente legata alla **Figura – Tipica spiga aristata di frumento duro** domanda di pasta. La volatilità dei prezzi di mercato e la concorrenza internazionale, soprattutto dai paesi produttori di frumento duro a basso costo, rendono il settore vulnerabile. La dipendenza dalle politiche agricole europee e la crescente pressione per la sostenibilità ambientale richiedono un ripensamento delle pratiche agricole e un miglioramento dell'efficienza produttiva.

Di seguito è riportato il conto economico previsto per la coltivazione di frumento duro

Voci di Entrata	Valore	Totale Aziendale
Prezzo medio di Vendita €/t	300	
Quantità raccolta t/ha	5	35,95 tonnellate
Ricavo per ettaro €	1.500	
TOTALE	-	10.785,00 euro

Voci di Uscita	Valore	Totale Aziendale
Costo di preparazione terreno €/ha	250	1.797,50
Costo di semina €/ha	180	1.294,20
Fertilizzazione €/ha	250	1.797,50
Gestione infestanti €/ha	170	1.222,30
Raccolta €/ha	300	2.157,00
Trasporto e stoccaggio €/ha	200	1.438,00
TOTALE	1.350	9.706,50

Reddito netto	Per ettaro	Totale
	150 euro	1.078,50 euro

Conto colturale frumento tenero

Il frumento tenero (*Triticum aestivum*), noto per il suo basso contenuto di proteine rispetto al frumento duro, è una delle colture cerealicole più diffuse al mondo. Originario dell'Asia Minore, il frumento tenero è stato introdotto in Europa durante l'epoca della colonizzazione romana e, da allora, ha trovato una collocazione prevalente nelle regioni a clima temperato. In Italia, la coltivazione del frumento tenero ha una lunga tradizione e rappresenta una coltura fondamentale per la produzione di farina destinata alla panificazione.

Nel contesto italiano, la coltivazione del frumento tenero si concentra principalmente nelle regioni del Nord Italia (Lombardia, Veneto, Piemonte) e in alcune aree del Centro Italia (Emilia Romagna, Toscana), dove le condizioni pedoclimatiche, favorevoli alla produzione di grano adatto alla panificazione, consentono rese elevate e una buona qualità del prodotto. Negli ultimi anni, la produzione di frumento tenero in Italia è stata influenzata da una serie di fattori economici, agronomici e climatici, che ne hanno modificato l'andamento e la competitività.

La coltivazione del frumento tenero, sebbene simile a quella del frumento duro, presenta alcune specificità che devono essere considerate per ottimizzare la resa e la qualità della produzione. Il frumento tenero predilige terreni profondi, ben drenati e ricchi di sostanza organica. La preparazione del terreno inizia con l'aratura, che deve essere effettuata a una profondità di 25-30 cm, seguita da una lavorazione superficiale per affinare il letto di semina e ottimizzare la struttura del suolo. La preparazione adeguata del terreno è cruciale per favorire lo sviluppo delle radici e migliorare l'assorbimento dei nutrienti.

La semina del frumento tenero avviene in autunno, generalmente tra ottobre e novembre, a seconda delle condizioni climatiche e della zona di coltivazione. Il frumento tenero ha un fabbisogno nutritivo significativo, in particolare per quanto riguarda azoto, fosforo e potassio. La fertilizzazione azotata deve essere gestita con attenzione, poiché un eccesso di azoto favorisce una crescita vegetativa eccessiva, a discapito dello sviluppo del seme. La tecnica di fertilizzazione a rateo (in più interventi durante la stagione vegetativa) consente di migliorare l'efficienza dell'uso dei nutrienti e ridurre l'impatto ambientale. Il frumento tenero è una coltura che fa a meno di irrigazione, ma periodi di siccità durante la fase di fioritura e accrescimento del seme possono compromettere significativamente le rese.

Il frumento tenero è fortemente influenzato dalle dinamiche del mercato globale, con prezzi che possono subire fluttuazioni a causa di vari fattori, tra cui la concorrenza internazionale

(Russia, USA, Canada) e la domanda di farina per panificazione. Le difficoltà nella definizione dei prezzi e la concorrenza di frumenti importati a basso costo costituiscono una delle principali problematiche per gli agricoltori italiani.

Di seguito è riportato il conto economico della coltivazione di frumento tenero.

Voci di Entrata	Valore	Totale Aziendale
<i>Prezzo medio di Vendita €/t</i>	240	
<i>Quantità raccolta t/ha</i>	6	28,8 tonnellate
<i>Ricavo per ettaro €</i>	1440	
TOTALE	-	6.912,00 euro

Voci di Uscita	Valore	Totale Aziendale
<i>Costo di preparazione terreno €/ha</i>	250	1.200,00
<i>Costo di semina €/ha</i>	180	864,00
<i>Fertilizzazione €/ha</i>	300	1.440,00
<i>Gestione infestanti €/ha</i>	150	720,00
<i>Raccolta €/ha</i>	300	1.440,00
<i>Trasporto e stoccaggio €/ha</i>	200	960,00
TOTALE	1380	6.624,00

Reddito netto	Per ettaro	Totale
	60,00 euro	288,00 euro

Conto colturale Erba medica

L'erba medica (*Medicago sativa*), nota anche come "regina delle foraggere", è una pianta erbacea perenne originaria dell'Asia centrale e diffusa in Europa sin dall'epoca romana. La sua coltivazione è documentata da oltre 2.000 anni grazie alle sue eccellenti caratteristiche foraggere, la capacità di migliorare la fertilità del suolo e l'alta produttività. In Italia, questa coltura si è affermata come elemento cardine delle rotazioni agricole, in particolare nelle aree di pianura, grazie alla sua capacità di adattamento ai diversi climi e suoli. In Italia, l'erba medica viene coltivata principalmente nelle regioni del Nord e del Centro, con l'Emilia-Romagna, la Lombardia e il Veneto come principali aree di produzione. La pianta si adatta bene ai climi temperati, prediligendo suoli profondi, ben drenati e ricchi di calcare. La sua coltivazione è favorita dall'elevata domanda di foraggi di qualità nel settore zootecnico, soprattutto per l'alimentazione dei bovini da latte destinati alla produzione di formaggi.

La coltivazione dell'erba medica richiede una gestione accurata che inizia dalla preparazione del terreno. È fondamentale eseguire un'aratura profonda, solitamente tra i 30 e i 40 cm, per

favorire lo sviluppo delle radici fittonanti, seguita da un'erpatura per affinare il letto di semina. Il terreno ideale deve essere ben drenato e ricco di calcare, con un pH compreso tra 6.5 e 8. Per quanto riguarda la concimazione, pur essendo una leguminosa capace di fissare azoto atmosferico, l'erba medica ha esigenze specifiche di fosforo e potassio. Per una coltura ottimale si consigliano 100-120 kg/ha di P_2O_5 e 120-150 kg/ha di K_2O .

La semina è un momento cruciale e può essere effettuata in due periodi principali: a fine estate, tra agosto e settembre, o in primavera, tra marzo e aprile. La densità di semina varia tra i 25 e i 30 kg/ha e si utilizza seme certificato per garantire una buona germinazione e sanità della coltura. La profondità di semina deve essere compresa tra 1 e 2 cm, con una distribuzione omogenea per favorire una rapida emergenza.

Una corretta gestione colturale durante il ciclo produttivo è essenziale per ottenere rese elevate. L'irrigazione è particolarmente importante nelle fasi iniziali per favorire l'attecchimento delle piantine, e nei periodi più siccitosi per garantire una crescita costante. In Emilia-Romagna, data la frequenza di estati calde e asciutte, gli apporti idrici devono essere pianificati con attenzione. La regolarità dei tagli è un altro aspetto fondamentale: si prevedono generalmente 4-5 tagli all'anno, in base alle condizioni climatiche, per ottenere foraggio di qualità e mantenere la produttività della coltura.

Un'adeguata rotazione colturale è altrettanto importante per sfruttare i benefici agronomici dell'erba medica. La coltivazione per tre o quattro anni consecutivi nella stessa area migliora significativamente la fertilità del suolo grazie alla fissazione di azoto atmosferico, ma il rinnovo della coltura con altre specie è indispensabile per evitare problemi di stanchezza del terreno e di sviluppo di patogeni.

Infine, il controllo delle infestanti è particolarmente critico nei primi stadi di crescita. Possono essere impiegate sarchiature meccaniche o trattamenti mirati con erbicidi selettivi, sempre nel rispetto delle normative ambientali. Una gestione attenta di questi aspetti tecnici permette di massimizzare la resa e la qualità del foraggio, rendendo la coltivazione dell'erba medica un investimento sostenibile e redditizio.

<i>Voci di Entrata</i>	Valore	Totale Aziendale
<i>Prezzo medio di Vendita €/t</i>	140	
<i>Quantità raccolta t/ha</i>	20	59,6 tonnellate
<i>Ricavo per ettaro €</i>	2.800	
TOTALE	-	8.344,00 euro

<i>Voci di Uscita</i>	Valore	Totale Aziendale
<i>Costo di preparazione terreno €/ha</i>	300	894,00
<i>Costo di semina €/ha</i>	200	596,00
<i>Fertilizzazione €/ha</i>	300	894,00

<i>Irrigazione €/ha</i>	300	894,00
<i>Trattamenti fitosanitari</i>	250	745,00
<i>Raccolta €/ha</i>	700	2.086,00
<i>Trasporto e stoccaggio €/ha</i>	250	745,00
TOTALE	2.300	6.854,00

Reddito netto	Per ettaro	Totale
	500	1.490,00

Conto colturale Orzo

L'orzo (*Hordeum vulgare*) rappresenta una delle prime specie vegetali domesticate dall'uomo, con evidenze archeologiche che ne attestano la coltivazione già nel 10.000 a.C. nella zona della Mezzaluna Fertile. La sua diffusione in Italia è documentata fin dall'epoca romana, dove veniva utilizzato principalmente per l'alimentazione umana e animale, nonché per la produzione di bevande fermentate.

Nel contesto italiano contemporaneo, l'orzo occupa una superficie di circa 250.000 ettari, con una produzione media che oscilla tra le 3,5 e le 4,5 tonnellate per ettaro in condizioni non irrigue. Le regioni settentrionali, in particolare l'Emilia-Romagna, presentano le rese più elevate grazie alle condizioni pedo climatiche favorevoli e all'elevato livello di meccanizzazione delle aziende agricole.

L'orzo manifesta una notevole adattabilità a diverse condizioni ambientali, tollerando temperature comprese tra 4°C e 30°C durante il ciclo vegetativo. Predilige terreni di medio impasto, ben drenati, con pH compreso tra 6,0 e 7,5. La coltura presenta una discreta tolleranza alla salinità, superiore rispetto al frumento.

L'inserimento dell'orzo nelle rotazioni richiede particolare attenzione per prevenire problematiche fitosanitarie. Le precessioni colturali ottimali includono leguminose da granella e colture sarchiate. La preparazione del letto di semina necessita di lavorazioni accurate ma non eccessivamente profonde, generalmente attestandosi sui 25-30 cm.

Voci di Entrata	Valore	Totale Aziendale
<i>Prezzo medio di Vendita €/t</i>	280	
<i>Quantità raccolta t/ha</i>	5	18,6 tonnellate
<i>Ricavo per ettaro €</i>	1.400	
TOTALE	-	5.208,00 euro

Voci di Uscita	Valore	Totale Aziendale
<i>Costo di preparazione terreno €/ha</i>	200	744,00
<i>Costo di semina €/ha</i>	150	558,00
<i>Fertilizzazione €/ha</i>	200	744,00
<i>Trattamenti fitosanitari</i>	200	744,00
<i>Raccolta €/ha</i>	300	1.116,00
<i>Trasporto e stoccaggio €/ha</i>	200	744,00
TOTALE	1.250	4.650,00

Reddito netto Per ettaro Totale

	150	558,00
--	-----	--------

Conto colturale Sorgo

Il sorgo (*Sorghum bicolor*) è una delle colture più antiche al mondo, con origini risalenti a circa 5.000 anni fa nell'area dell'Africa sub-sahariana. Da lì, la sua coltivazione si è diffusa in Asia, Europa e nelle Americhe, grazie alla sua capacità di adattarsi a climi aridi e a suoli marginali. In Italia, il sorgo ha trovato impiego soprattutto nelle regioni del Centro-Nord, come l'Emilia-Romagna, dove è coltivato sia per la produzione di granella sia come coltura foraggera. L'Italia è uno dei principali produttori europei di sorgo, con una superficie coltivata che si concentra prevalentemente nelle regioni del Nord. In Emilia-Romagna, il sorgo rappresenta una valida alternativa alle colture tradizionali come mais e grano, soprattutto in aree soggette a stress idrico. La coltivazione del sorgo in Italia ha visto un incremento negli ultimi anni grazie alla sua resistenza alla siccità, alla capacità di adattarsi a suoli poveri e alla crescente domanda di granella per uso zootecnico e industriale.

La coltivazione richiede una gestione agronomica attenta, con particolare riguardo alle fasi di semina, concimazione e controllo delle infestanti.

Il sorgo richiede un letto di semina ben preparato, con lavorazioni leggere per evitare il compattamento del terreno. La semina avviene in primavera, quando le temperature del suolo raggiungono almeno 15 °C. La densità di semina varia in base alla destinazione d'uso se da granella oppure destinato all'uso foraggero. Il fabbisogno nutritivo è inferiore rispetto al mais, ma risponde bene a una fertilizzazione basata su:

- **Azoto (N):** 80-120 kg/ha
- **Fosforo (P2O5):** 60-80 kg/ha
- **Potassio (K2O):** 80-100 kg/ha

Il sorgo è una coltura altamente resistente alla siccità, ma in condizioni di stress idrico prolungato può essere necessario un intervento irriguo. In Emilia-Romagna, l'irrigazione per aspersione è preferita per garantire una produzione di biomassa da foraggio ottimale.

Voci di Entrata	Valore	Totale Aziendale
<i>Prezzo medio di Vendita €/t</i>	70	
<i>Quantità raccolta t/ha</i>	12	81,36 tonnellate
<i>Ricavo per ettaro €</i>	840	
TOTALE	-	5.695,20 euro

Voci di Uscita	Valore	Totale Aziendale
<i>Costo di preparazione terreno €/ha</i>	200	1.356,00
<i>Costo di semina €/ha</i>	100	678,00
<i>Fertilizzazione €/ha</i>	100	678,00
<i>Irrigazione €/ha</i>	100	678,00
<i>Raccolta €/ha</i>	200	1.356,00
TOTALE	700	4.746,00

Reddito netto	Per ettaro	Totale
	140	949,20

La coltivazione del sorgo rappresenta una valida alternativa alle colture tradizionali, soprattutto in contesti caratterizzati da scarsità idrica. In Emilia-Romagna, grazie alle condizioni pedoclimatiche favorevoli, il sorgo può garantire rese soddisfacenti sia in termini di granella sia di biomassa. Tuttavia, è fondamentale una gestione agronomica attenta per massimizzare i risultati economici e minimizzare le problematiche legate alla competizione con le infestanti e alle oscillazioni di mercato.

Conto colturale Girasole

Il girasole (*Helianthus annuus*) è una pianta originaria del continente americano, coltivata fin dai tempi antichi dalle popolazioni indigene per i suoi molteplici usi alimentari e rituali. Introdotto in Europa nel XVI° secolo, il girasole ha trovato diffusione soprattutto in Italia a partire dal XIX° secolo, grazie al crescente interesse per la produzione di olio vegetale. Oggi il girasole rappresenta una coltura strategica per l'agricoltura italiana, grazie alla sua capacità di adattarsi a diversi ambienti pedoclimatici e alla sua importanza nell'industria olearia.

La coltivazione del girasole è diffusa principalmente nelle regioni del Centro-Nord Italia, con particolare rilevanza in Emilia-Romagna, Toscana, Umbria e Marche. In Emilia-Romagna, la coltura si inserisce in un contesto di agricoltura intensiva, spesso in rotazione con cereali e altre colture industriali. L'ampia gamma di varietà disponibili sul mercato consente di scegliere il tipo di girasole più adatto alle esigenze produttive locali, tenendo conto di fattori come resa, resistenza alle malattie e adattabilità climatica.

Il terreno deve essere ben drenato e ricco di sostanza organica. È fondamentale eseguire una lavorazione profonda per favorire lo sviluppo radicale. La semina viene effettuata in primavera, generalmente tra aprile e maggio, quando le temperature minime superano i 10°C. La densità di semina varia tra 50.000 e 60.000 piante per ettaro. Il girasole necessita di un apporto equilibrato di azoto, fosforo e potassio. In Emilia-Romagna, è comune utilizzare concimazioni di fondo a base di fosforo e potassio, seguite da concimazioni di copertura con azoto.

Il girasole è una pianta relativamente resistente alla siccità, ma per ottenere rese ottimali è consigliabile assicurare un'irrigazione supplementare nei periodi di prolungata siccità. Il controllo delle malerbe è essenziale nelle prime fasi di crescita del girasole. Si utilizzano erbicidi selettivi e tecniche di diserbo meccanico. La raccolta avviene tra agosto e settembre, quando il contenuto di umidità dei semi scende al di sotto del 10%. È importante monitorare il grado di maturazione per evitare perdite qualitative.

Voci di Entrata	Valore	Totale Aziendale
<i>Prezzo medio di Vendita €/t</i>	450	
<i>Quantità raccolta t/ha</i>	2,5	11,78 tonnellate
<i>Ricavo per ettaro €</i>	1.125	
TOTALE	-	5.301,00 euro

Voci di Uscita	Valore	Totale Aziendale
<i>Costo di preparazione terreno €/ha</i>	200	942,00
<i>Costo di semina €/ha</i>	100	471,00
<i>Fertilizzazione €/ha</i>	150	706,50
<i>Irrigazione €/ha</i>	100	471,00
<i>Diserbo €/ha</i>	150	706,50
<i>Raccolta €/ha</i>	200	942,00
TOTALE	900	4.239,00

Reddito netto	Per ettaro	Totale
	225	1.062,00

Il margine netto della coltivazione del girasole in Emilia-Romagna risulta piuttosto contenuto, ma può essere incrementato orientando le scelte verso l'uso di varietà ad alto contenuto oleico. Inoltre, la diversificazione delle destinazioni d'uso del girasole, ad esempio nella produzione di biodiesel, può rappresentare un'opportunità per aumentare la redditività della coltura.

Alla luce di quanto sopra emerso, è possibile sintetizzare i possibili risultati economici secondo il seguente prospetto riepilogativo.

<i>Reddito netto globale dell'azienda agricola</i>	Coltura	Totale
	Girasole	1.062,00
	Sorgo	949,20
	Erba Medica	1.490,00
	Frumento Duro	1.078,50
	Frumento Tenero	288,00
	Orzo	558,00
TOTALE	-	5.425,70 euro

Infine, in aggiunta viene indicato il punto dove saranno riposte le macchine agricole (44.60065153542982, 11.275951661750026).

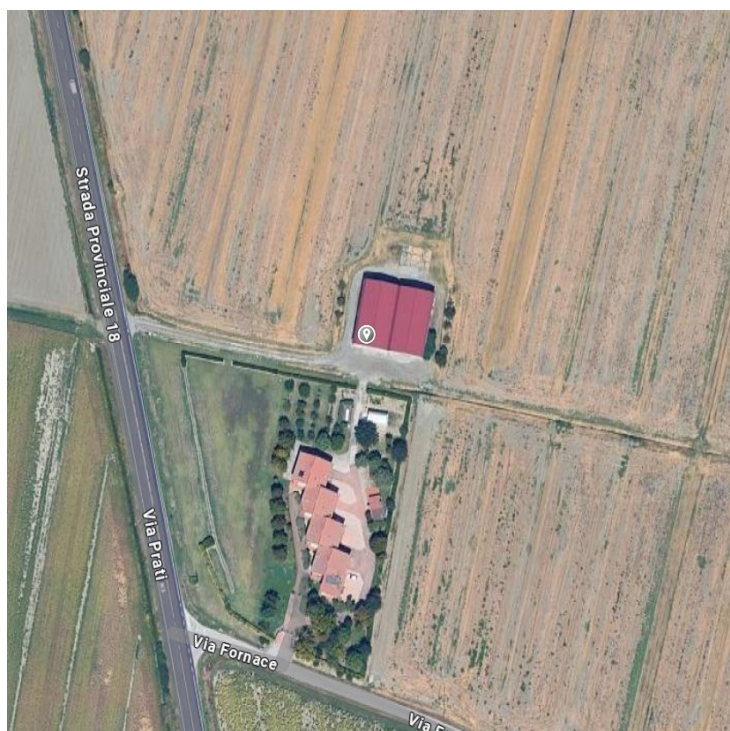


Figura 20 – Dettaglio del deposito utilizzato per i macchinari.

4. Verifica dei requisiti per gli impianti agrivoltaici avanzati

Come definito dal decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 199 (di seguito anche decreto legislativo n. 199/2021) di recepimento della direttiva RED II, l'Italia si pone come obiettivo quello di accelerare il percorso di crescita sostenibile del Paese, al fine di raggiungere gli obiettivi europei al 2030 e al 2050.

L'obiettivo suddetto è perseguito in coerenza con le indicazioni del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) e tenendo conto del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). In tale ambito, risulta di particolare importanza individuare percorsi sostenibili per la realizzazione delle infrastrutture energetiche necessarie, che consentano di coniugare l'esigenza di rispetto dell'ambiente e del territorio con quella di raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione.

Fra i diversi punti da affrontare vi è certamente quello dell'integrazione degli impianti a fonti rinnovabili, in particolare fotovoltaici, realizzati su suolo agricolo.

Una delle soluzioni emergenti è quella di realizzare impianti c.d. "agrivoltaici", ovvero impianti fotovoltaici che consentano di preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione, garantendo, al contempo, una buona produzione energetica da fonti rinnovabili.

A riguardo, è stata anche prevista, nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, una specifica misura, con l'obiettivo di sperimentare le modalità più avanzate di realizzazione di tale tipologia di impianti e monitorarne gli effetti. Il tema è rilevante e merita di essere affrontato in via generale, anche guardando al processo di individuazione delle c.d. "aree idonee" all'installazione degli impianti a fonti rinnovabili, previsto dal decreto legislativo n. 199 del 2021 e, dunque, ai diversi livelli possibili di realizzazione di impianti fotovoltaici in area agricola, ivi inclusa quella prevista dal PNRR. In tutti i casi, gli impianti agrivoltaici costituiscono possibili soluzioni virtuose e migliorative rispetto alla realizzazione di impianti fotovoltaici standard.

In data 27 giugno 2022 è stato pubblicato il documento "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici", elaborato dal gruppo di lavoro coordinato dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (Ministero della Transizione Ecologica pro tempore), a cui hanno partecipato CREA, ENEA, GSE ed RSE.

Il 14 febbraio 2024 è entrato in vigore Il Decreto Ministeriale sull'agrivoltaico, pubblicato dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). Questo provvedimento ha come obiettivo la realizzazione di almeno 1,04 gigawatt (GW) di nuovi impianti agrivoltaici entro il 30 giugno 2026, promuovendo un'integrazione tra la produzione di energia

rinnovabile e l'attività agricola.

L'allegato 1 del DM Agrivoltaico - Regole Operative- aggiorna ed amplia le linee guida in precedenza emanate e nello specifico descrivono le caratteristiche minime ed i requisiti che dovrebbe possedere un impianto fotovoltaico per essere definito agrivoltaico: trattasi di un impianto fotovoltaico volto a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione, che garantisca, allo stesso tempo, una buona produzione energetica derivante da fonti rinnovabili. Ciò è riferito sia gli impianti più avanzati, ovvero quelli che possono accedere agli incentivi PNRR, sia per le altre tipologie di impianti agrivoltaici, che possono comunque garantire un'interazione più sostenibile fra produzione energetica e produzione agricola.

Le nuove regole operative analizzano nel dettaglio i requisiti minimi di installazione, i costi d'investimento, di operatività e di monitoraggio. Inoltre, illustra i criteri di selezione prioritaria per l'accesso agli incentivi da parte degli impianti agrivoltaici.

Si riportano di seguito la sintesi delle verifiche di coerenza dell'impianto in progetto rispetto ad alcuni requisiti presenti all'interno delle Linee Guida, in particolar modo con quanto richiesto per configurare l'impianto in oggetto come Impianto Agrivoltaico Avanzato.

RISPETTO DEL REQUISITO SUPERFICIE MINIMA DESTINATA ALL'ATTIVITÀ AGRICOLA

Nelle regole operative viene specificato che la superficie destinata all'attività agricola deve essere stimata sugli appezzamenti oggetto di intervento. Pertanto, si dovrebbe garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico, Stot) che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole).

La Superficie Agricola Totale a disposizione dell'impianto si estende di fatto su quasi l'intero lotto a parte piccole tare, date le caratteristiche dello stesso e in particolare l'elevata distanza dal suolo che consente un ampio utilizzo agricolo anche nella superficie sottostante i moduli. Il risultato è che la SAU a disposizione dell'impianto è molto ampia, con valori percentuali pari di **87,26%**, decisamente conformi ai valori previsti dalle Linee Guida.

RISPETTO DEL REQUISITO ALTEZZA DEI MODULI

In merito al punto in oggetto le nuove regole operative riportano che l'altezza minima dei moduli costituenti l'impianto rispetto al suolo deve essere determinata al fine di consentire la continuità delle attività agricole e/o zootecniche anche al di sotto dei moduli fotovoltaici e rispettare, in ogni caso, i valori minimi indicati di seguito:

- 1,3 metri nel caso di svolgimento di attività zootecnica nell'ambito del sistema agrivoltaico (tale valore di altezza minima è determinato per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame);
- 1,3 metri nel caso di impianti agrivoltaici che prevedono l'installazione di moduli fotovoltaici in posizione verticale fissa;
- 2,1 metri nel caso di svolgimento di attività colturale nell'ambito del sistema agrivoltaico (tale valore di altezza minima è determinato per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione);
- 2,1 metri nel caso di svolgimento di attività mista, colturale e zootecnica, nell'ambito del medesimo sistema agrivoltaico.

L'altezza minima dei moduli fotovoltaici rispetto al piano di campagna è misurata dal bordo inferiore dei moduli posizionati sulle strutture di sostegno. In caso di moduli fotovoltaici installati su qualsiasi fattispecie di struttura di sostegno a inseguimento, l'altezza minima dei moduli rispetto al piano di campagna è misurata dal bordo inferiore del modulo fotovoltaico collocato alla massima inclinazione tecnicamente raggiungibile.

Nel caso di questo impianto l'altezza minima dal suolo al momento di massima inclinazione del pannello è di 2,10 m, quella massima, nel momento in cui il pannello è in orizzontale, pari invece a 3,07 m per questo motivo il requisito risulta pienamente soddisfatto.

RISPETTO DEL REQUISITO DELLA **PRODUCIBILITÀ ELETTRICA MINIMA**

È necessario che la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico avanzato, FVagri, risulti non inferiore al 60% della producibilità elettrica di un impianto fotovoltaico di riferimento, FVstandard ubicato nello stesso sito.

La producibilità dell'impianto di riferimento è da calcolare considerando un impianto fotovoltaico di riferimento, collocato nello stesso sito dell'impianto agrivoltaico, caratterizzato da moduli con efficienza 20% su supporti fissi orientati a Sud e inclinati con un angolo pari alla latitudine meno 10 gradi.

Dal rapporto tra la produzione elettrica annua dell'impianto agrivoltaico e l'area dell'impianto agrivoltaico, si ottiene la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FVagri), generalmente espresso in (GWh/ha/anno), un parametro che mette in relazione la produzione totale annua di energia elettrica alla superficie utilizzata.

È importante garantire che la producibilità elettrica dell'impianto rispetto all'area occupata dallo stesso non si discosti di troppo rispetto a quella di un impianto fotovoltaico tradizionale installato sulla stessa superficie.

A seguito della verifica del parametro, si ritiene che la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico di progetto (FVagri in GWh/ha/anno), paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard (FVstandard in GWh/ha/anno), non risulta essere inferiore al 60 % di quest'ultima.

Si riportano i valori in tabella:

Requisito B3: condizioni di esercizio	
<i>Producibilità impianto FV di riferimento</i>	1775,00 h.eq
<i>Producibilità impianto calcolata con PVsyst</i>	1793,00 h.eq

RISPETTO DEL REQUISITO MONITORAGGIO DELLA **CONTINUITÀ DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA/PASTORALE**

Il DM Agrivoltaico prevede che i sistemi di monitoraggio si basino su linee guida adottate dal CREA in collaborazione con il GSE.

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

Fondamentali allo scopo sono comunque le caratteristiche di terzietà del soggetto in questione rispetto al titolare del progetto agrivoltaico.

A partire dall'entrata in esercizio degli impianti e per tutto il periodo di incentivazione, al fine di attestare il rispetto dei requisiti previsti è necessario che le aziende agricole interessate dalla realizzazione dei sistemi agrivoltaici rientrino nella rilevazione della Rete di Informazione Contabile Agricola – RICA, nel seguito RICA o, in alternativa, esclusivamente per i sistemi agrivoltaici che accedono agli incentivi a seguito di iscrizione ai Registri, siano in possesso di fascicolo aziendale.

Il monitoraggio principale della continuità dell'attività agricola/pastorale sarà infatti effettuato per il tramite: a) dei dati presenti nella RICA o, esclusivamente per le iniziative che accedono tramite Registri, nel fascicolo aziendale e b) di una relazione agronomica asseverata, redatta da un professionista avente competenza in materia o da un CAA, sulla gestione colturale relativa all'anno di riferimento da presentare, con cadenza annuale, entro il 31 marzo dell'anno successivo a quello di riferimento. Il primo invio della documentazione è previsto entro il 31 marzo dell'anno successivo a quello di entrata in esercizio dell'impianto

agrivoltaico.

Nella porzione sottostante le strutture elettriche, qualificate come SAU dovrà garantirsi la continuità dell'attività agricola/pastorale, agricola nel caso specifico in esame, per l'intero periodo di incentivazione.

I previsti valori della PLV, e quindi la stima prodotta ed esplicitata nell'analisi economica sviluppata ad hoc per l'impianto agrivoltaico "Pratello" in progetto, rappresenterà un ulteriore parametro per validare la corretta continuità dell'attività agricola all'interno dell'impianto.

Ad esempio, partendo dagli ultimi dati utili forniti dall'azienda, per il calcolo del reddito netto delle colture praticate in azienda sino alla scorsa annata agraria sulla medesima superficie oggi interessata dal progetto, si ottiene quanto segue.

Reddito netto globale dell'azienda agricola	Coltura	Reddito netto €/ha	Superficie ha	Totale
	Sorgo	140	7,38	1.033,20
	Canapa	900	2,28	2.052,00
	Girasole	225	5,64	1.269,00
	Frumento Duro	150	8,78	1.317,00
	Frumento Tenero	60	6,1	366,00
TOTALE	-			6.037,20 euro

Il dato riportato in tabella rappresenta quindi l'ultimo dato disponibile immediatamente prima dell'entrata in esercizio dell'impianto, e pertanto sarà utilizzato quale base di confronto per verificare la continuità delle attività agricole.

Bisogna tuttavia considerare che il semplice confronto tra il reddito netto ante e quello post realizzazione delle opere potrebbe essere fuorviante, in quanto ad oggi non esiste una bibliografia consistente che permetta il calcolo di una possibile diminuzione delle rese delle colture al di sotto del piano Agrivoltaico. A fini puramente prudenziali si assume che il reddito netto calcolato in precedenza possa essere ridotto del 15% al fine di considerare una possibile diminuzione delle rese.

Basandoci dunque sulla metodologia di calcolo fornita dalle regole operative del DM Agrivoltaico bisogna utilizzare la seguente formula:

$$indice_{PLV}\% = \frac{PLV_{bench} - PLV_{\mu}}{PLV_{bench}} * 100$$

dove PLV_{bench} è

rappresentata dal reddito netto ante opera vale a dire 6.037,20 euro, mentre PLV_{μ} rappresenta il reddito netto calcolato in precedenza e prudenzialmente ridotto del 15% vale

a dire $(5.475,7 - 15\%) = 4.661,85$ euro.

Svolgendo il calcolo l'indice plv è pari a 22,78%

Opportuno però approfondire come però sul valore della riduzione nelle rese attese al momento ci sia ancora grande incertezza. Questo perché le riduzioni nelle rese, evidentemente varieranno per le differenti colture, ma risentiranno anche della tipologia impiantistica (con particolare riferimento alla quantità di luce che i moduli lasceranno passare al suolo), dell'ubicazione geografica e quindi delle condizioni climatiche di riferimento, nonché stazionali (caratteristiche pedologiche). Per quanto detto, valori attendibili potranno aversi solo nel momento in cui inizieranno ad essere disponibili banche date locali, il più possibile confrontabili, in base almeno alle principali variabili poc'anzi descritte. Un ulteriore aspetto che potrà risultare determinante per il minor contenimento delle rese, riguarderà l'impiego di irrigazione all'interno degli impianti agrivoltaici. L'insieme delle sperimentazioni contribuirà non solo a risolvere i dubbi presentati, ma anche a provvedere informazioni preziose per selezionare quelle colture che in un dato contesto geografico, stazionale, e sulla base dei vari layout e tipologie di moduli adottati, rappresenteranno la miglior scelta.

RISPETTO DEL REQUISITO MONITORAGGIO DEL RISPARMIO IDRICO

Il sistema su cui fondare il monitoraggio del risparmio idrico è descritto nell'ambito delle linee guida CREA-GSE. Al fine di dimostrare il rispetto del requisito, nell'ambito della comunicazione di entrata in esercizio delle iniziative è previsto che sia trasmessa al GSE una relazione agronomica asseverata, redatta da un professionista avente competenza in materia o da un CAA, che contenga anche informazioni relative al sistema di monitoraggio del risparmio idrico, implementato secondo quanto descritto nelle linee guida CREA-GSE.

RISPETTO DEL REQUISITO MONITORAGGIO DEL RECUPERO DELLA FERTILITÀ DEL SUOLO

Il sistema di monitoraggio del recupero della fertilità del suolo è un aspetto che riguarda l'eventuale recupero dei terreni non coltivati che potrebbero essere restituiti all'attività agricola per la realizzazione di sistemi agrivoltaici. Nel caso dell'impianto in oggetto, non è previsto il recupero di superfici non coltivate, pertanto non si è tenuti a dimostrare il requisito. Tuttavia, le ampie rotazioni e le colture adottate nel piano colturale garantiranno un adeguato mantenimento dei livelli di fertilità del suolo esistenti.

RISPETTO DEL REQUISITO **MONITORAGGIO DEL MICROCLIMA**

Il monitoraggio del microclima ha l'obiettivo di verificare gli effetti delle installazioni sul microclima locale che, in considerazione della realizzazione dell'impianto agrivoltaico, può variare. Il sistema di monitoraggio del microclima si basa su sensori per la rilevazione dei seguenti parametri:

- temperatura;
- umidità;
- velocità dell'aria;
- radiazione solare.

Per la rilevazione dei dati saranno installati dei sensori retro modulo (uno per ogni ettaro) ed un sensore in campo aperto per effettuare il confronto dei dati. Questi rileveranno la temperatura, l'umidità, l'irradiazione solare e la velocità del vento. In questo modo sarà possibile valutare l'impatto dei pannelli sul microclima locale, permettendo l'identificazione di eventuali variazioni nelle condizioni ambientali al di sotto dei pannelli, così da intervenire a salvaguardia delle colture e dell'ambiente.

Per dimostrare il rispetto del requisito, nell'ambito della comunicazione di entrata in esercizio delle iniziative è previsto che sia trasmessa al GSE una relazione agronomica asseverata, redatta da un professionista avente competenza in materia o da un CAA, che contenga informazioni relative al sistema di monitoraggio del microclima implementato

RISPETTO DEL REQUISITO **MONITORAGGIO DELLA RESILIENZA AI CAMBIAMENTI CLIMATICI**

In merito alla verifica del requisito in esame, opportuno premettere come la prima e più urgente misura da adottare per raggiungere l'impellente obiettivo del contenimento della crisi climatica, che negli ultimi tempi sta manifestando una accelerazione spaventosa, consista nella produzione di energia da fonti rinnovabili, in modo da abbattere e possibilmente interrompere definitivamente il prima possibile il consumo di combustibili fossili. Per quanto detto l'impianto in oggetto determinerà in tal senso un importante impatto positivo.

Al fine specifico di ottemperare quanto richiesto dal requisito in esame, e quindi garantire una produzione di energia resiliente all'eventuale impatto determinato dalle conseguenze nefaste della crisi climatica, sempre più frequenti a causa del sottolineato inasprimento del *climate change* in corso, verrà prodotta una specifica relazione inerente l'analisi del rischio climatico per l'impianto in oggetto, con indicazioni anche delle soluzioni di adattamento individuate e da mettere in atto nel caso di evidenza di conclamato impatto climatico atteso. Verrà inoltre prodotto un ulteriore specifico elaborato che attesti l'adozione delle soluzioni progettuali individuate per l'adattamento, e la loro effettiva realizzazione in fase di cantiere,

attestata anche da relativa documentazione fotografica. Gli elaborati andranno trasmessi all'autorità competente al momento della comunicazione di entrata in esercizio dell'impianto.

5. Conclusioni

La tipologia ibrida impiantistica che connota l'impianto in oggetto, presenta importanti vantaggi rispetto a un tradizionale impianto fotovoltaico a terra, in quanto questo contemporaneo utilizzo del sito progettuale ai fini energetici e per scopi colturali, se da un lato rappresenta, insieme alle altre tipologie di produzione energetica da fonti rinnovabili, la più concreta ed efficace climatica alla drammatica accelerazione della crisi climatica registrata negli ultimissimi anni, dall'altro non comporta le problematiche di un classico impianto fotovoltaico a terra.

L'agrivoltaico infatti determina un minore impatto sul paesaggio rurale, ma soprattutto consente rispetto ad un tradizionale fotovoltaico a terra, di mantenere gran parte della superficie agricola utilizzata all'interno dell'impianto; l'aspetto evidenziato, non solo rappresenta la più evidente risposta a chi teme che simili impianti possano ridurre in modo importante la produzione agricola nel nostro paese, ma diventa inoltre un fattore non trascurabile per il contenimento della tipica incertezza che connota il settore primario, in particolare in questo periodo di forti sconvolgimenti ambientali e geopolitici, fondamentale dunque in prospettiva, per una sua maggiore stabilizzazione.

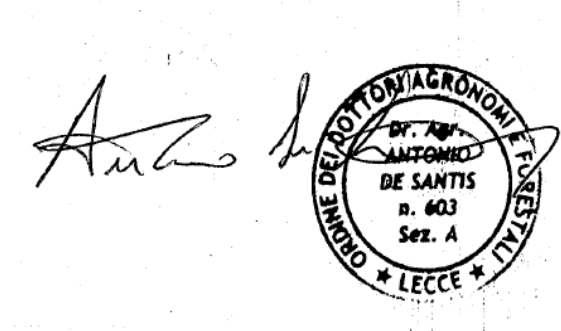
Per l'impianto agrivoltaico in oggetto, si sottolinea come la scelta delle soluzioni colturali che saranno previste all'interno dell'area d'impianto, abbia tenuto conto di una approfondita analisi del contesto stazionale, e di quanto emerso dal confronto con l'azienda agricola che nel concreto si farà carico della conduzione nell'impianto "Pratello".

Lo studio contempla inoltre i differenti conti colturali opportunamente elaborati per le varie colture selezionate a valle del processo conoscitivo indicato, che saranno effettivamente impiegate nell'impianto agrivoltaico.

Dott. For. Rocco Carella



Dott. Agr. Antonio De Santis



BIBLIOGRAFIA

Cossu M., Tiloca M.T., Cossu, De Ligios P.A. & Pala T., 2003 – Increasing the agricultural sustainability of closed agrivoltaic systems with the integration of vertical farming: A case study on baby-leaf lettuce. *Applied Energy* 344 (2023) 121278.

Marrou H., Guillioni L., Dufour L., Dupraz C., Wery J, 2013 - “*Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels?*” - *Agricultural and Forest Meteorology* Vol. 177: 117-132.

MITE, 2022 - *Linee Guida in materia di Impianti Agrovoltaiici*.

Piccoli F., Pellizzari M. & Alessandrini A., 2014. *Flora del Ferrarese* (Longo Editore, Ravenna).

Pignatti S., 2002 - *Flora d'Italia*, Voll. I-III. Edagricole.

Regione Emilia Romagna, Direzione Generale Agricoltura, 2018 - Quadro Conoscitivo della ZPS Po Primario e Bacini di Tragheto.

Regione Emilia Romagna, Direzione Generale Agricoltura, 2018 - Quadro Conoscitivo della ZSC-ZPS Fiume Po da Stellata a Mesola e Cavo Napoleonico.

Regione Emilia Romagna, 2017. Piano Faunistico Venatorio Regionale (PFVR) 2018-2023. Quadro conoscitivo.

Regione Emilia Romagna, 2016. Piano Forestale Regionale 2014-2020. Quadro conoscitivo.

Regione Emilia Romagna, 2016. Piano di Gestione SICIT4060009 Bosco di Sant'Agostino o Panfilia.

Regione Emilia Romagna, 1999. Carta geologica di pianura dell'Emilia Romagna in scala 1:250.000.

Regione Emilia-Romagna, 2021 – *Carta dei suoli della regione Emilia-Romagna, scala 1:50.000. Catalogo dei suoli.*

Simoni G., 2020 – *Agro-fotovoltaico: condizioni essenziali e vantaggi per gli operatori agricoli ed energetici.* QualEnergia 2020 (1): 46-49.

Unità di costo standard impianti arborei (UCS), Fonte Ismea Mipaf- PSR 2014-2020, elab. Rete Rurale Nazionale, aggiornamento 2020.

Simoni G., 2020 – *Agro-fotovoltaico: condizioni essenziali e vantaggi per gli operatori agricoli ed energetici.* QualEnergia 2020 (1): 46-49.

Widmer J., Christ B., Grenz J. & Norgrove L., 2024 – *Agrivoltaics, a promising new tool for electricity and food production: A systematic review.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 192 (2024) 114277.

Pagine web consultate

<https://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/22376>

<https://www.sian.it/consRese/listaRese.do>

<https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2018/07/CasoCreso.pdf>

<http://qce.entecra.it/Le%20variet%C3%A0%20di%20frumento%20duro%20in%20Italia.pdf>

<https://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/5389>

<https://legislazionetecnica.it/node/2600043#comment-form>

<https://www.faicisl.it/attachments/article/2405/CPL%20FOGGIA%202021-2023.pdf>

https://www.isprambiente.gov.it/files2021/pubblicazioni/rapporti/rapporto-ispra-350_21.pdf

<https://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/11025>

<https://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/9685>

<https://www.ismeamercati.it/dati-agroalimentare/produzione>

<https://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/5399>

<http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=33702>

<http://www.sisonweb.com/it/dettaglio-prodotto.php?idProd=169>

https://manualelagronomo.capitello.it/app/books/CP18_W8361356SEZE/pdf/E214

<https://intraprendere.net/6289/apicoltura/>