



NEX 051 - San Pancrazio

Comuni: San Pancrazio Salentino e San Donaci
Provincia: Brindisi
Regione: Puglia

Nome Progetto:

NEX 051 - San Pancrazio

Progetto di un impianto agrivoltaico sito nei comuni di San Donaci e San Pancrazio Salentino in località "Mass. San Marco" di potenza nominale pari a 68.05 MWp in DC

Proponente:

SAN PANCRAZIO SOLAR S.r.l.

Via Dante, 7
20123 Milano (MI)
P.Iva: 13080450961
PEC: sanpancraziosolarsrl@pec.it

Consulenza ambientale e progettazione:

ARCADIS Italia S.r.l.

Via Monte Rosa, 93
20149 | Milano (MI)
P.Iva: 01521770212
E-mail: info@arcadis.it

PROGETTO DEFINITIVO

Nome documento:

Relazione Pedaagronomica

Commessa	Codice elaborato	Nome file
30190245	AGR_REL_09	AGR_REL_09 - REL PEDOAGRONOMICA

00	Dic. 23	Prima Emissione	PC	FPA	LB
Rev.	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato

Il presente documento è di proprietà di Arcadis Italia S.r.l. e non può essere modificato, distribuito o in altro modo utilizzato senza l'autorizzazione di Arcadis Italia s.r.l.

RELAZIONE PEDOAGRONOMICA

NEX 051 - San Pancrazio



Indice

1 INTRODUZIONE	6
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE	8
3 CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO PUGLIESE	10
4 ANALISI DELLO STATO DI FATTO	11
5 AREA DI PROGETTO RISPETTO AI SITI DI INTERESSE COMUNITARIO	16
6 CLIMATOLOGIA	19
6.1 Precipitazioni	20
6.2 Temperature	21
6.3 Indici bioclimatici	21
6.4 Zone fitoclimatiche Pavari	22
6.5 Arre vulnerabili alla desertificazione in Puglia	23
7 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, PEDOLOGICO ED ECOSISTEMICO	25
8 LA CAPACITA' D'USO DEL SUOLO	29
9 L'AGRIVOLTAICO: ESPERIENZE E PROSPETTIVE FUTURE	34
10 AGROALIMENTARE E LA RADIAZIONE SOLARE	37
10.1 Bilancio radiativo	37
10.1.1 La radiazione fotosintetica attiva (PAR)	40
10.1.2 La fotosintetica photon flux (PPF)	40
10.1.3 Densità di flusso fotonico fotosintetico (PPFD)	41
11 COLTIVAZIONE LEGUMINICOLA	45
11.1 Quadro generale	45
11.2 Aspetti culturali	47
11.3 Le principali essenze leguminose da granella	47
11.3.1 La fava	47
11.3.2 Cece	49
11.3.3 La lenticchia	50

12 CONSIDERAZIONI ENERGETICHE RIFERITE AL LAYOUT DI PROGETTO	52
13 VALUTAZIONE DATI PPFD	58
14 LA GESTIONE COLTURALE IN AGRICOLTURA	59
14.1 Rotazione e avvicendamenti: esempi	60
14.2 Considerazioni economiche sugli impianti delle colture	63
15 LA FASCIA DI MITIGAZIONE	65
16 OPERE DI RIMBOSCHIMENTO	68
16.1 Le tipologie boschive del brindisino	71
16.2 Tecniche di impianto	72
17 MONITORAGGIO DELLE OPERE A VERDE	76
17.1 Sostituzione fallanze	76
17.2 Pratiche di gestione irrigua	76
17.3 Difesa fitosanitaria	76
17.4 Manutenzione delle protezioni	76
17.5 Potatura di contenimento e di formazione	77
17.6 Pratiche di fertilizzazione	77
18 IL PROGETTO RISPETTO ALLE LINEE MTE	78
19 VALUTAZIONI FINALI	84

Elenco Figure

Figura 1 – Inquadramento su ortofoto dell’impianto di progetto (cfr elaborato PRO_TAV_01- INQUADRAMENTO SU ORTOFOTO)	6
Figura 2 - Inquadramento geografico e territoriale	8
Figura 3 - Inquadramento su ortofoto in relazione alle aree di impianto	9
Figura 4 - Inquadramento su IGM in relazione alle aree di progetto	9
Figura 5 - Report fotografico delle aree di impianto	12
Figura 6 - Report fotografico delle aree di impianto	13
Figura 7 - Report fotografico delle aree di impianto	14
Figura 8 - Report fotografico delle aree di impianto	15
Figura 9 - Superfici regionali in relazione alla Rete Natura 2000	16
Figura 10 - Natura 2000 in riferimento al layout di progetto	17
Figura 11 - Aree IBA in riferimento alle superfici di progetto	17
Figura 12 - Medie precipitazioni annuali: fonte “Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici”	19
Figura 13 - Medie temperature annuali: fonte “Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici”	20
Figura 14 - Carta delle precipitazioni della Puglia rispetto alle aree di progetto	20
Figura 15 - Carta delle temperature medie annue della Puglia in relazione alle aree di progetto	21
Figura 16 - Carta bioclimatica della Puglia, De Martonne	22
Figura 17 - Carta bioclimatica della Puglia – BGI	22
Figura 18 - Zone fitoclimatiche Pavari	23
Figura 19 - carta delle aree vulnerabili alla desertificazione in Puglia rispetto alle aree di progetto	24
Figura 20 - carta dei suoli d'Italia con riferimento all'area di progetto	26
Figura 21 - carta pedologica della Puglia con riferimento al layout di progetto	27
Figura 22 Ricostruzione del programma Corine Land Cover (CLC)	29
Figura 23 - individuazione delle aree di progetto secondo il programma CLC 2018 IV Livello (ISPRA)	30
Figura 24 - Descrizione legenda capacità d'uso dei suoli	32
Figura 25 - Attività silvo-pastorali ammesse per ciascuna classe di capacità d'uso (Brady, 1974 in [Cremaschi e Ridolfi, 1991])	32
Figura 26 - LCC in funzione delle diverse aree di progetto	33
Figura 27 - Il bilancio radiativo	37
Figura 28 - La fotosintesi e la correlazione con la lunghezza d'onda	37
Figura 29 - Piante sciafile, eliofite e a ciclo C4	38
Figura 30 - gli effetti della luce in funzione dell'altimetria	39
Figura 31 - Le piante in funzione del fotoperiodo	39
Figura 32 - Assimilazione fotosintetica in funzione della quantità di luce assorbita	40
Figura 33 - quantità di moli di luce solare in un giorno su 1 mq di superficie	41
Figura 34 - Densità di flusso fotonico fotosintetico (PPFD) per unità di superficie	41

Figura 35 produzione di legumi secchi in UE – anno 2014, dati FAO	45
Figura 36 - i legumi in italia	46
Figura 37 - la pianta della Fava e il baccello	48
Figura 38 - I ceci, coltura in pieno campo e particolari della pianta	50
Figura 39 - la lenticchia: coltura in pieno campo e particolari della pianta	51
Figura 40 - esempio del calcolo dell'irradiazione relativo al mese di luglio di un progetto "pilota"	53
Figura 41 - valori stimati di irradiazione al suolo – impianto pilota	53
Figura 42 - stima del calcolo dell'integrale relativo alla curva di Gauss – impianto pilota	54
Figura 43 - tabella riepilogativa calcolo del PPFD in relazione al piano colturale	56
Figura 44 - Varie tipologie da coltivare in funzione dei mesi dell'anno	59
Figura 45 - esempio di avvicendamento colturale in 4 anni	61
Figura 46 - L'avvicendamento e la rotazione colturale: principi e considerazioni agronomiche	62
Figura 47 - Esempio di di minitrebba: la larghezza di lavoro risulta perfettamente adattabile al contesto in cui si opera	64
Figura 48 - Individuazione aree di imboschimento in relazione al layout di impianto	68
Figura 49 - Layout di progetto in relazione alle coperture boschive e analisi vincolistica	69
Figura 50 - Nontessuto in juta per il controllo delle malerbe infestanti post-trapianto piante forestali	74
Figura 51 - Manicotto di protezione per le piante biodegradabile	74
Figura 52 - Identificazione aree per opere di imboschimento	74
Figura 53 - Costi di realizzazione opere di imboschimento (Assoverde)	75
Figura 54 - Monitoraggio opere a verde dal 2° al 5° anno	77

1 INTRODUZIONE

Il presente studio sulle produzioni agricole di qualità ha l'obiettivo di analizzare le eventuali criticità insite nell'inserimento di una tale opera in relazione agli aspetti pedoagronomici del territorio oggetto di studio, affrontando le tematiche inerenti:

- Identificazione delle colture agricole idonee ad essere coltivate all'interno delle aree recintate dell'impianto fotovoltaico, permettendo lo svolgimento dell'attività di produzione di energia elettrica combinata con la coltivazione del terreno;
- Identificazione di colture/piante da mettere a dimora lungo il perimetro dell'impianto;
- Indicazioni sia di carattere progettuale che gestionale da adottare al fine di permettere la coltivazione delle specie identificate;
- Indicazioni di massima circa i costi di messa a dimora e di gestione delle coltivazioni proposte, nonché dei ricavi provenienti dal raccolto delle coltivazioni medesime.

Il progetto proposto riguarda la realizzazione di un impianto agrivoltaico di potenza nominale pari a **68.05 MWp** da installarsi in territorio ricadente in Regione Puglia, nei comuni di San Donaci e San Pancrazio Salentino e del relativo elettrodotto di connessione fino alla SSE di nuova realizzazione Cellino-San Marco.

La viabilità presente garantisce l'accessibilità ad ogni tipo di mezzo necessario sia alle fasi di cantierizzazione che di esercizio e di dismissione, ed in particolare dalla SP n.75.

Il nome del progetto è **NEX 051 - San Pancrazio**.

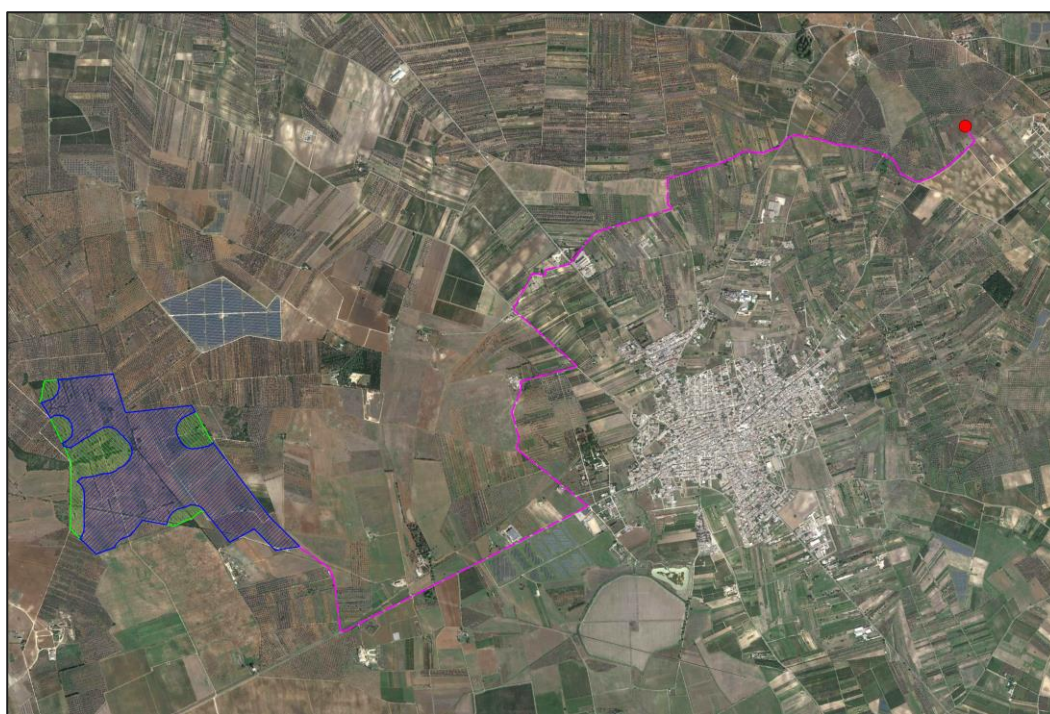


Figura 1 – Inquadramento su ortofoto dell'impianto di progetto (cfr elaborato PRO_TAV_01-INQUADRAMENTO SU ORTOFOTO)

Il sito di interesse è ubicato nei comuni di San Pancrazio e di San Donaci, in provincia di Brindisi, regione Puglia. Le aree occupate dai moduli fotovoltaici distano, ad ovest, circa 2,7 km dal centro abitato di San Pancrazio Salentino, circa 2,4km ad est dal centro abitato di San Donaci, circa 6,2km a sud-est dal centro abitato di Guagnano, circa 11,6km a nord-ovest dal centro abitato di Mesagne.

L'impianto agrivoltaico in progetto, di potenza complessiva pari a **68.05 MWp**, occuperà una **superficie** pari a circa **93 Ha** e sarà connesso alla S.E. di Terna **Cellino** mediante un cavidotto interrato AT a 36 kV di lunghezza pari a circa **9,3 km**; i terreni interessati dall'intervento ricadono in "Aree agricole" di P.R.G. dei comuni di San Pancrazio e San Donaci (BR).

La vegetazione presente nei siti di impianto è costituita principalmente da ampie distese di colture olivicole. In alcune parti a sud delle aree contrattualizzate si rinvencono colture da pieno campo di natura intensiva (graminacee ad indirizzo cerealicolo). Nello strato erbaceo spontaneo si ritrovano, a livello intercalare, malerbe infestanti tipiche del comprensorio.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

GEOGRAFICO

E

I parchi fotovoltaici, sovente, si trovano ad essere oggetto di svariate critiche in relazione alla quantità di suolo che sottraggono alle attività di natura agricola. Le dinamiche inerenti alla perdita di suolo agricolo sono complesse e, sostanzialmente, riconducibili a due processi contrapposti: da un lato l'abbandono delle aziende agricole che insistono in aree marginali e che non riescono a fronteggiare adeguatamente condizioni di mercati sempre più competitivi e globalizzati e dall'altro l'espansione urbana e delle sue infrastrutture commerciali e produttive.

Le recenti proposte legislative della Commissione Europea inerenti alla Politica Agricola Comune (PAC), relativa al nuovo periodo di programmazione 2021-2027, accentuano il ruolo dell'agricoltura a vantaggio della sostenibilità ecologica e compatibilità ambientale. Infatti, in parallelo allo sviluppo sociale delle aree rurali ed alla competitività delle aziende agricole, il conseguimento di precisi obiettivi ambientali e climatici è componente sempre più rilevante della proposta strategica complessivamente elaborata dalla Commissione EU. In particolare, alcuni specifici obiettivi riguardano direttamente l'ambiente ed il clima. In ragione di quanto asserito si porta alla luce la necessità di operare una sintesi tra le tematiche di energia, ambiente ed agricoltura, al fine di elaborare un modello produttivo con tratti di forte innovazione, in grado di contenere e minimizzare tutti i possibili trade-off e valorizzare massimizzando tutti i potenziali rapporti di positiva interazione tra le istanze medesime. A fronte dell'intensa ma necessaria espansione delle FER, e del fotovoltaico in particolare, si pone il tema di garantire una corretta localizzazione degli impianti, con specifico riferimento alla necessità di limitare un ulteriore e progressivo consumo di suolo agricolo e, contestualmente, garantire la salvaguardia del paesaggio. Contribuire alla mitigazione e all'adattamento nei riguardi dei cambiamenti climatici, come pure favorire l'implementazione dell'energia sostenibile nelle aziende agricole, promuovere lo sviluppo sostenibile ed un'efficiente gestione delle risorse naturali (come l'acqua, il suolo e l'aria), contribuire alla tutela della biodiversità, migliorare i servizi ecosistemici e preservare gli habitat ed i paesaggi sono le principali finalità della nuova PAC.



Figura 2 - Inquadramento geografico e territoriale

L'area in cui è prevista la realizzazione dell'impianto agrivoltaico è ubicata interamente nei Comuni di S. Pancrazio Salentino e San Donaci, nella provincia di Brindisi, mentre le opere di connessione alla RTN ricadono all'interno del Comune di Cellino San Marco (BR). Le

aree sono ottimamente servite dalla viabilità legata alla SS7ter che si dirama in varie strade provinciali. Nella fattispecie le SP51, SP74 e SP75 permettono di raggiungere agevolmente i lotti di terreno proposti. L'impianto non insiste all'interno di nessuna area protetta, tantomeno in aree SIC o ZPS. Dal punto di vista dell'identificazione dei terreni legati al presente impianto si rimanda al piano particellare che fa parte degli elaborati del progetto definitivo.

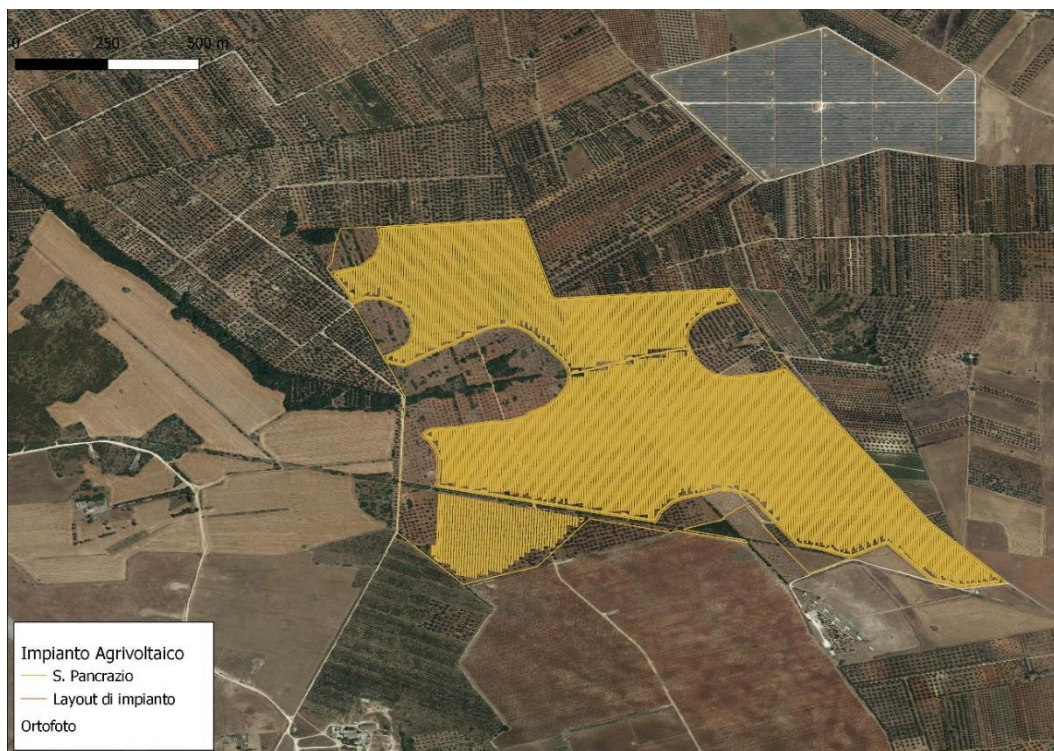


Figura 3 - Inquadramento su ortofoto in relazione alle aree di impianto

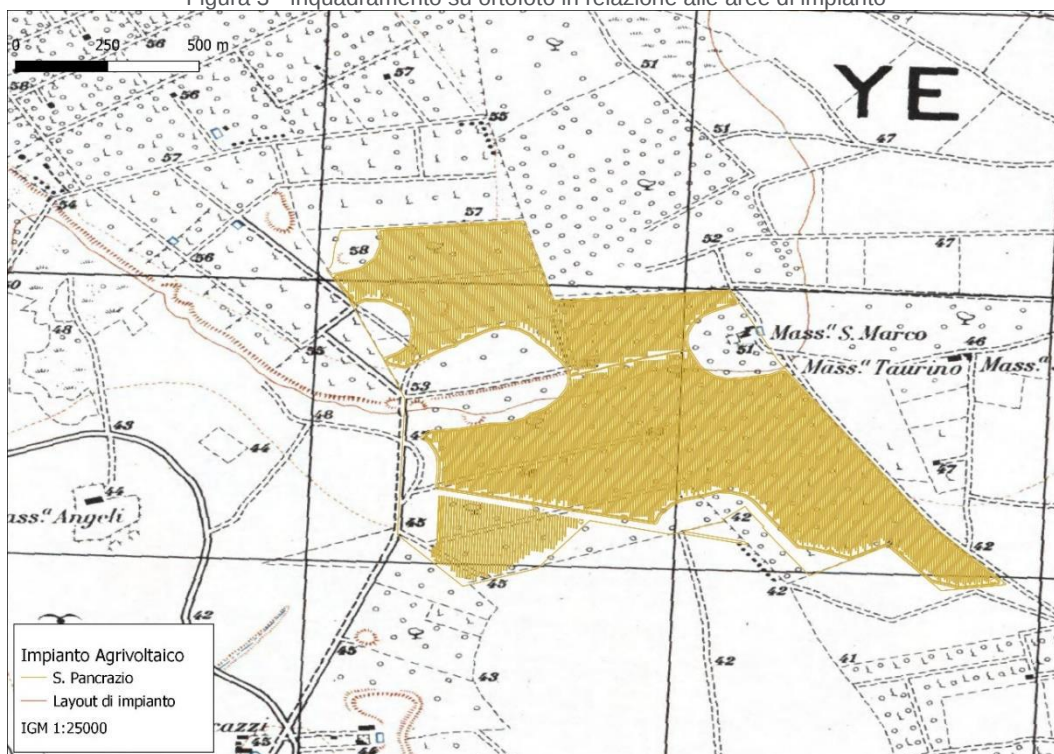


Figura 4 - Inquadramento su IGM in relazione alle aree di progetto

3 CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO PUGLIESE

Sviluppandosi in lunghezza per ben 400 km. il territorio pugliese presenta caratteristiche assai differenti che lo rendono tra i più affascinanti in Italia in quanto a bellezza del paesaggio e tra i più interessanti da un punto di vista storico e naturalistico. Alle piane incolte battute dal vento seguono le infinite geometrie degli olivi oltre a fertili distese di terreni coltivati, recuperati a fatica da generazioni di contadini. Lungo le coste il paesaggio muta ulteriormente alternando lunghi arenili di sabbia finissima ad alte pareti rocciose intervallate da insenature e piccole calette, lungo le quali si aprono numerose grotte e anfratti dovuti alla particolare natura carsica del sottosuolo pugliese. L'incessante azione dell'acqua sul calcare, principale componente del terreno, ha dato vita sin dalla preistoria a profonde incisioni nel banco roccioso divenute col tempo gravine, serre e letti fossili di antichi fiumi, oggi habitat perfetto per migliaia di specie vegetali endemiche. Profonde voragini, dette appunto "vore", smaltiscono ancora oggi le acque piovane favorendo, anche qui, particolarissimi tipi di fioritura. È un territorio che alterna infatti la vegetazione caratteristica della macchia mediterranea presente in particolare nel Salento ai boschi di vario genere e natura presenti nella zona del Gargano con il lussureggiante esempio della foresta Umbra. A questi si alternano le acque, anch'esse di forma e natura assai differente. Ai canali e ai bacini frutto delle bonifiche eseguite dall'uomo resistono i delicatissimi sistemi lacustri di Lesina e Varano nel Gargano, dei laghi Alimini nel territorio di Otranto e l'oasi naturalistica delle Cesine sempre in provincia di Lecce. La pedologia del suolo presenta le classiche terre rosse derivate dalla dissoluzione delle rocce calcaree, delle quali rappresentano i residui insolubili composti da ossidi e idrossidi di ferro e di alluminio. Sono terreni che per la loro ricchezza di potassio e la relativa povertà di sostanza organica costituiscono un privilegiato substrato per la coltivazione di varietà di uve per vini bianchi di pregio. I terreni, argillosi, argillosi-limosi, hanno elevata presenza di scheletro che raggiunge circa il 60% dei costituenti totali. Questi suoli presentano orizzonti superficiali di colore scuro per effetto dell'arricchimento in sostanza organica; questa caratteristica è indice di proprietà favorevoli, quali un buon livello di fertilità agraria e di attività biologica. L'altitudine dei terreni coltivati a vite è compresa tra i 200 e i 700 m s.l.m. con pendenza variabile e l'esposizione generale è orientata verso est e sud-est. Il clima della regione rientra nell'area di influenza in parte del clima temperato e freddo, e in parte di quello mediterraneo; l'andamento delle temperature è caratterizzato da forti escursioni, con estati calde e inverni rigidi. Il clima è del tipo caldo arido, con andamento pluviometrico molto variabile e precipitazioni che, a seconda delle annate, vanno dagli 800 mm ai 400 mm di acqua, concentrate per circa il 70% nel periodo autunno-invernale. Considerato l'andamento riferito al periodo vegetativo della vite, che è compreso da aprile a settembre, si riscontrano valori di precipitazione molto modesti aggiratesi sui 300 mm di pioggia. Non sono rare estati senza alcuna precipitazione. L'andamento medio pluriennale termico è caratterizzato da elevate temperature che raramente superano i 30 C° e scendono sotto 0 c°. Durante il periodo estivo le temperature minime difficilmente scendono sotto i 18° C.

4 ANALISI DELLO STATO DI FATTO

Da un punto di vista paesaggistico, l'area in studio si inserisce all'interno dell'unità paesaggistica denominata "Tavoliere salentino" (Ambito 10 del PPTR). Ambito che interessa la piana salentina compresa amministrativamente tra ben tre Province Brindisi, Lecce e Taranto, e si estende a comprendere due tratti costieri sul Mar Adriatico e sul Mar Ionio. L'Ambito, esteso 220.790 ha, è caratterizzato da bassa altitudine media che ha comportato una intensa messa a coltura, la principale matrice è, infatti, rappresentata dalle coltivazioni che lo interessano quasi senza soluzione di continuità, tranne che per un sistema discretamente parcellizzato di pascoli rocciosi sparsi che occupa circa 8.500 ha. Solo lungo la fascia costiera si ritrova una discreta continuità di aree naturali rappresentate sia da zone umide sia formazioni a bosco macchia, estese rispettivamente 1376 ha e 9361 ha. Questo sistema è interrotto da numerosi insediamenti di urbanizzazione a carattere sia compatto che diffuso. Il Tavoliere salentino possiede il 9% di aree naturali (circa 21500 ha) tra pascoli, praterie ed incolti, macchie e garighe e boschi di conifere. Si rinvencono anche ampie superfici paludose sia interne (580 ha) che salmastre (190 ha) e laghi e stagni costieri (360 ha). Gli usi agricoli predominanti comprendono le colture permanenti (105000 ha) e i seminativi in asciutto (65.000 ha) che coprono rispettivamente il 46% ed il 29% della superficie d'ambito. Delle colture permanenti, 84000 ettari sono oliveti, 20000 vigneti e 1600 frutteti. I suoli sono calcarei o moderatamente calcarei con percentuale di carbonati totali che aumenta all'aumentare della profondità. Dove si riscontra un'eccessiva quantità di calcare, si consiglia di non approfondire le lavorazioni, soprattutto se effettuate con strumenti che rovesciano la zolla. Infatti, gli strati più profondi risultano sempre più ricchi di carbonati totali. La coltura prevalente per superficie investita è l'oliveto frammisto ai cereali. Presenti anche la vite con molti DOC salentini, e colture industriali quali tabacco, barbabietola e fiori (Leverano). Quest'ultime, hanno il più alto valore produttivo. La produttività agricola è di classe estensiva nella piana di Lecce e medio-alta o intensiva negli areali di produzione dei vini DOC. Le cultivar dell'olivo prevalente sono l'Ogliarola Salentina e la Cellina di Nardo, con alberi di elevata vigoria, di aspetto rustico e portamento espanso. Producono un olio con caratteristiche chimiche nella media. Il ricorso all'irriguo nella piana di Lecce è elevato negli areali di produzione dei vini DOC. La vegetazione in pieno campo presente nei siti di impianto risulta costituita principalmente da ampie distese di colture olivicole. In alcune parti a sud delle aree contrattualizzate si rinvencono colture da pieno campo di natura intensiva (graminacee ad indirizzo cerealicolo). Nello strato erbaceo spontaneo si ritrovano, a livello intercalare, malerbe infestanti tipiche del comprensorio. Facendo riferimento all'area che sarà interessata dall'intervento in progetto, le specie arboree risultano essere rappresentate anche all'esterno delle aree in esame. Lo strato arbustivo risulta, invece, poco rappresentato e, laddove presente, costituito da macchie di olivastro e lentisco. Per quanto sopra asserito la rete ecologica insistente ed esistente nell'area studio risulta pochissimo efficiente e scarsamente funzionale sia per la fauna che per le associazioni floristiche limitrofe le aree interessate al progetto in quanto rappresentano superfici impiegate per la coltivazione dell'olivo. Il territorio in studio si caratterizza per la presenza sporadica di piccoli ecosistemi "fragili" che risultano, altresì, non collegati tra loro proprio a causa del notevole utilizzo agricolo. Pertanto, al verificarsi di impatti negativi, seppur lievi ma diretti (come distruzione di parte della vegetazione spontanea attraverso pratiche di incendio controllato per il controllo delle malerbe infestanti), non corrisponde il riequilibrio naturale delle condizioni ambientali di inizio disturbo. A causa dell'assenza di ambienti ampi e di largo respiro i micro-ambienti naturali limitrofi non sono assolutamente in grado di espandersi e di riappropriarsi, anche a causa della flora spontanea "pioniera" e/o alle successioni di associazioni vegetazionali più evolute, degli ambienti che originariamente avevano colonizzato. Gli interventi di mitigazione previsti per la realizzazione del parco agrivoltaico saranno finalizzati, quindi, alla minimizzazione delle interferenze ambientali e paesaggistiche delle opere in progetto e all'incentivazione di nuovi "polmoni verdi" in grado di evolversi nel tempo in maniera naturale. Il progetto non comporta alcuna compromissione significativa della flora esistente e nessuna frammentazione della continuità in essere. Di seguito un report fotografico dei sopralluoghi effettuati.



Figura 5 - Report fotografico delle aree di impianto



Figura 6 - Report fotografico delle aree di impianto



Figura 7 - Report fotografico delle aree di impianto



Figura 8 - Report fotografico delle aree di impianto

5 AREA DI PROGETTO RISPETTO AI SITI DI INTERESSE COMUNITARIO

La Direttiva del Consiglio del 21 maggio 1992 "Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche" (detta Direttiva Habitat), insieme alla Direttiva Uccelli, costituisce il fulcro della politica comunitaria in materia di conservazione della biodiversità; entrambe le Direttive rappresentano la base legale su cui si fonda Natura 2000.

Scopo della Direttiva Habitat è quello di salvaguardare la biodiversità mediante la conservazione degli habitat naturali, nonché della flora e della fauna selvatiche del territorio europeo. Per il raggiungimento di tale obiettivo, la Direttiva stabilisce misure volte ad assicurare il mantenimento o il ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, degli habitat e delle specie di interesse comunitario elencati nei suoi allegati. Con la Direttiva 92/43/CEE "Habitat" è stato istituito il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità, ovvero Natura 2000. Si tratta, infatti, di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario.

La rete Natura 2000 è costituita dai Siti di Interesse Comunitario (SIC), identificati dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat, che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC), e comprende anche le Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" concernente la conservazione degli uccelli selvatici, successivamente modificata e integrata, dal D.P.R. 12 marzo 2003, n. 120, con il quale è stato affidato il compito di adottare le misure di conservazione necessarie a salvaguardare e tutelare i siti della stessa Rete Natura 2000, nonché quello di regolamentare le procedure per l'effettuazione della valutazione di incidenza. Oggi nel nostro paese, Rete Natura 2000 conta 2637 siti. In particolare, sono stati individuati 2358 Siti di Importanza Comunitaria (SIC), 2297 dei quali sono stati designati quali Zone Speciali di Conservazione, e 636 Zone di Protezione Speciale (ZPS), 357 delle quali sono siti di tipo C, ovvero ZPS coincidenti con SIC/ZSC. I SIC, le ZSC e le ZPS coprono complessivamente circa il 19% del territorio terrestre nazionale e più del 13% di quello marino.

REGIONE	ZPS				SIC-ZSC				SIC-ZSC/ZPS						
	n. siti	superficie a terra sup. (ha)	%	superficie a mare sup. (ha)	n. siti	superficie a terra sup. (ha)	%	superficie a mare sup. (ha)	n. siti	superficie a terra sup. (ha)	%	superficie a mare sup. (ha)			
**Abruzzo	4	288.115	26,70%	0	0	42	216.557	20,07%	3.410	1,362%	12	36.036	3,34%	0	0
Basilicata	3	135.280	13,55%	0	0	41	38.672	3,87%	5.208	0,88%	20	30.020	3,01%	29.794	5,05%
Calabria	6	248.476	16,48%	13.716	0,78%	179	70.430	4,67%	21.049	1,20%	0	0	0	0	0
Campania	15	178.750	13,15%	16	0,002%	92	321.375	23,65%	522	0,06%	16	17.304	1,27%	24.544	2,99%
Emilia Romagna	19	29.457	1,31%	0	0	72	78.137	3,48%	31.227	14,37%	68	158.485	7,06%	3.646	1,68%
***Friuli Ven. Giulia	4	65.655	8,29%	231	0,28%	59	79.312	10,02%	2.648	3,18%	4	53.871	6,80%	2.760	3,32%
**Lazio	18	356.370	20,71%	27.581	2,44%	161	98.567	5,73%	41.785	3,70%	21	24.233	1,41%	5	0,0004%
Liguria	7	19.715	3,64%	0	0	126	138.067	25,49%	9.133	1,67%	0	0	0	0	0
Lombardia	49	277.655	11,64%	/	/	179	206.044	8,63%	/	/	18	19.769	0,83%	/	/
**Marche	19	116.740	12,45%	1.101	0,28%	69	94.488	10,07%	943	0,24%	8	10.204	1,09%	96	0,02%
**Molise	3	33.877	7,64%	0	0	76	65.607	14,79%	0	0	9	32.143	7,24%	0	0
*Piemonte	19	143.163	5,64%	/	/	101	124.916	4,92%	/	/	31	164.906	6,50%	/	/
PA Bolzano	0	0	0	/	/	27	7.422	1,00%	/	/	17	142.626	19,28%	/	/
PA Trento	7	124.192	20,01%	/	/	124	151.490	24,39%	/	/	12	2.941	0,47%	/	/
Puglia	7	100.842	5,16%	193.419	12,58%	75	232.771	11,91%	70.806	4,61%	5	160.837	8,23%	70.392	4,58%
Sardegna	31	149.710	6,21%	29.690	1,32%	87	269.537	11,18%	141.458	6,31%	10	97.235	4,03%	262.913	11,73%
Sicilia	16	270.792	10,53%	560.213	14,85%	213	360.963	14,04%	179.947	4,77%	16	19.618	0,76%	34	0,001%
Toscana	19	33.531	1,46%	16.859	1,03%	94	214.030	9,31%	398.335	24,37%	44	98.119	4,27%	44.302	2,71%
Umbria	5	29.123	3,44%	/	/	95	103.212	12,21%	/	/	2	18.121	2,14%	/	/
*Valle d'Aosta	2	40.624	12,46%	/	/	25	25.926	7,95%	/	/	3	45.713	14,02%	/	/
***Veneto	26	182.426	9,94%	571	0,16%	64	195.629	10,66%	26.317	7,53%	41	170.606	9,30%	0	0
TOTALE	279	2.824.495	9,37%	843.399	5,46%	2001	3.093.070	10,26%	932.789	6,04%	357	1.302.786	4,32%	438.486	2,84%

Figura 9 - Superfici regionali in relazione alla Rete Natura 2000

L'area interessata dal progetto non risulta gravata da vincoli quali, in via esemplificativa, parchi e riserve naturali, siti Natura 2000 (SIC, ZSC e ZPS) e relativi corridoi ecologici, Important Bird Areas (IBA), Rete ecologica regionale (RES), Siti Ramsar (zone umide), ecc.

In relazione a quanto detto, si fa presente che le aree in esame ricadono, comunque, in un comprensorio variegato e interessante dal punto di vista naturalistico e conservazionistico,

in quanto attorno e fuori dal perimetro del futuro parco agrivoltaico, sono presenti alcune zone meritevoli di protezione.

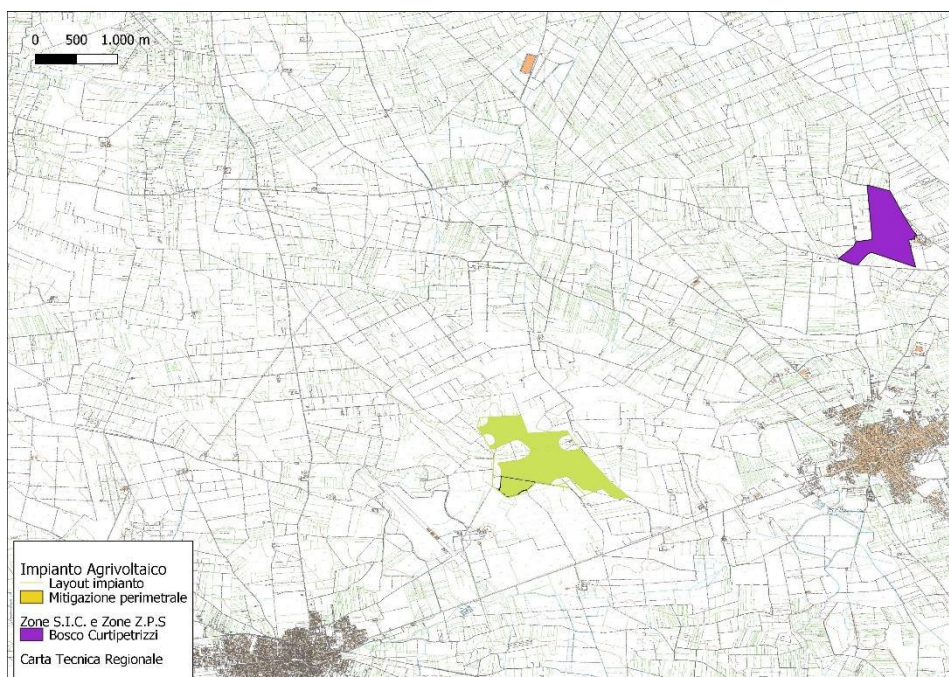


Figura 10 - Natura 2000 in riferimento al layout di progetto

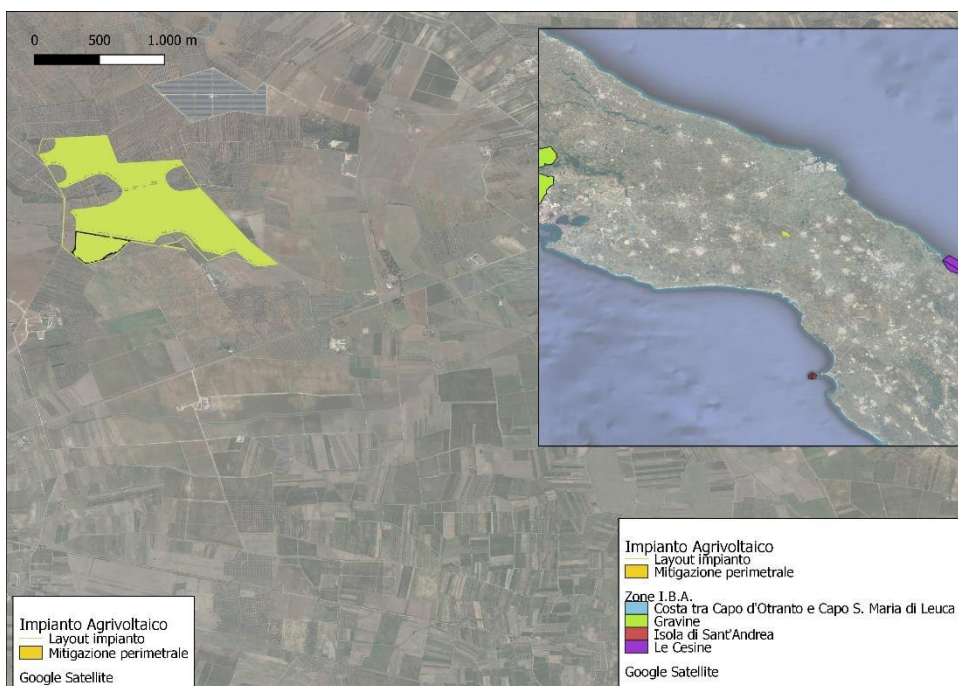


Figura 11 - Aree IBA in riferimento alle superfici di progetto

I siti di interesse comunitario più vicini sono rappresentati da:

- SIC IT9140007 "Bosco Curtipetrizzi": 4,2 km dal sito di impianto;
- SIC IT9150027 "Palude del Conte, Dune di Punta Prosciutto": 13,5 km da sito di impianto;
- IBA 145 "Isola di Sant'Andrea": 43 km circa dal sito di impianto;

Il territorio in studio si caratterizza per la presenza sporadica di piccoli ecosistemi "fragili" che risultano, altresì, non collegati tra loro. Pertanto, al verificarsi di impatti negativi, seppur

lievi ma diretti (come distruzione di parte della vegetazione spontanea o l'estirpazione di impianti arborei obsoleti), non corrisponde il riequilibrio naturale delle condizioni ambientali di inizio disturbo. A causa dell'assenza di ambienti ampi e di largo respiro nelle aree di impianto (come, per esempio, i boschi che si contraddistinguono per l'elevato contenuto genetico insito in ogni individuo vegetale), i micro-ambienti naturali limitrofi non sono assolutamente in grado di espandersi e di riappropriarsi, anche a causa della flora spontanea "pioniera" e/o alle successioni di associazioni vegetazionali più evolute, degli ambienti che originariamente avevano colonizzato.

Per quanto sopra asserito la rete ecologica insistente ed esistente nell'area studio risulta pochissimo efficiente e scarsamente funzionale sia per la fauna che per le associazioni floristiche limitrofe le aree interessate al progetto. Ragione per cui, su diverse aree nella disponibilità della società energetica saranno effettuati interventi di imboscamento allo scopo di ricreare le condizioni ideali per l'evoluzione di habitat.

6 CLIMATOLOGIA

Il clima della Puglia è tipicamente mediterraneo con inverni miti ed estati calde e generalmente lunghe e secche. Lungo le coste, adriatica e ionica, il clima presenta un carattere marittimo, con escursioni termiche stagionali meno spiccate; mentre nell'entroterra, ovvero nel Tavoliere e nel promontorio del Gargano, il clima presenta, invece, caratteristiche climatiche più continentali, con maggiori variazioni delle temperature stagionali. Sull'intero territorio regionale le precipitazioni piovose sono piuttosto scarse, concentrate nei mesi invernali e caratterizzate da un regime estremamente variabile. Le precipitazioni annuali (medie calcolate sul periodo 1951-1992) oscillano intorno ai 650 mm annui con due picchi concentrati a novembre e marzo. Le temperature medie annue oscillano intorno ai 15°C, e possono raggiungere massimi giornalieri di 40°C in luglio e minimi sotto lo zero nelle aree del Gargano e dell'Appennino Dauno. In particolare, la Piana Costiera Brindisina costituisce un corpo pianeggiante in cui il clima, da un punto di vista generalizzato, è quello tipico temperato mediterraneo, con alcune varianti dovute principalmente alle influenze dei venti (a seconda che siano particolarmente freddi o particolarmente caldi) che contribuiscono ad esaltare o a deprimere alcuni caratteri peculiari creando così una situazione, come risulterà dall'analisi, molto peculiare. Si può parlare di clima temperato caldo con prolungamento della stagione estiva e inverno mite. Le temperature medie invernali sono superiori agli 8°C mentre quelle minime scendono solo raramente al di sotto di 5°C. È il caratteristico clima della pianura costiera con temperatura media di 16 gradi, e nei mesi più caldi, tra i 24,5 e i 25°C. L'escursione media annua oscilla tra i 16,0 e i 16,5°C. Il mese più soleggiato, in senso assoluto, è luglio (11,2 ore) mentre il minimo annuo si riscontra a dicembre (3,7 ore).

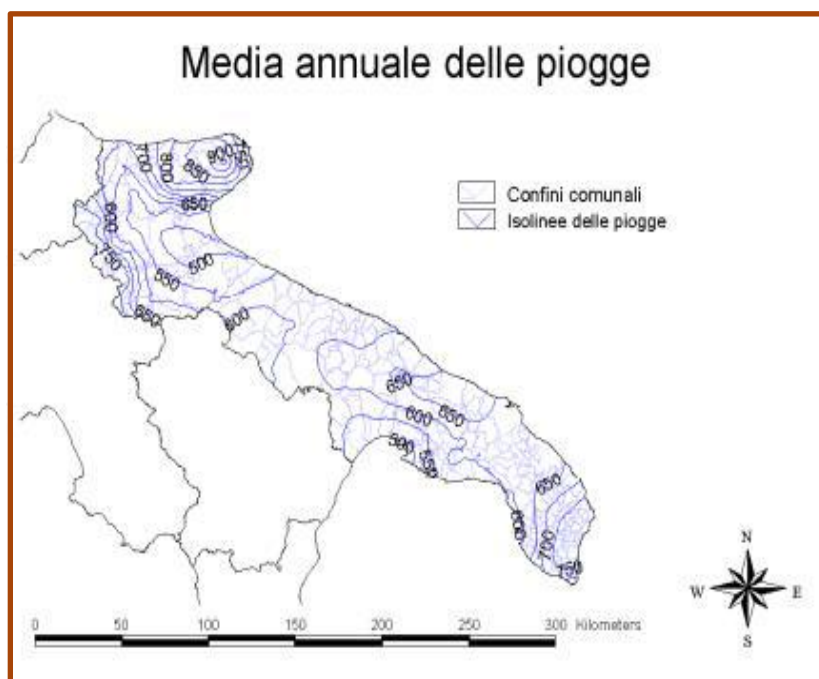


Figura 12 - Medie precipitazioni annuali: fonte "Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici"

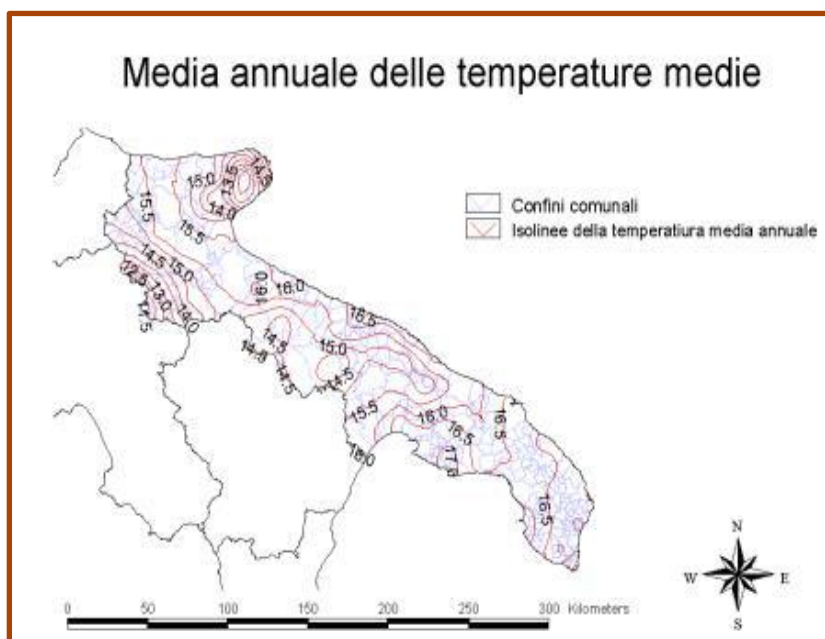


Figura 13 - Medie temperature annuali: fonte “Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici”

6.1 Precipitazioni

Le precipitazioni nella regione Puglia variano da meno di 400 a più di 1000 mm annui, ma l'essenziale della regione studiata è compresa tra le isoiete di 500 e 800 mm. La zona più ricca d'acqua – e di molto – è la parte alta del Gargano (più di 1000 mm); l'Appennino di Capitanata ne riceve più di 800 mm d'acqua, il massiccio del Vulture poco meno; le zone più elevate delle Murge (nord ovest e sud est) oltrepassano i 700 mm; ma il sud della penisola salentina, dove la posizione compensa la scarsa altitudine, riceve più di 800 mm. Nell'area di progetto i valori si attestano tra i 500 e i 600 mm di pioggia annua.

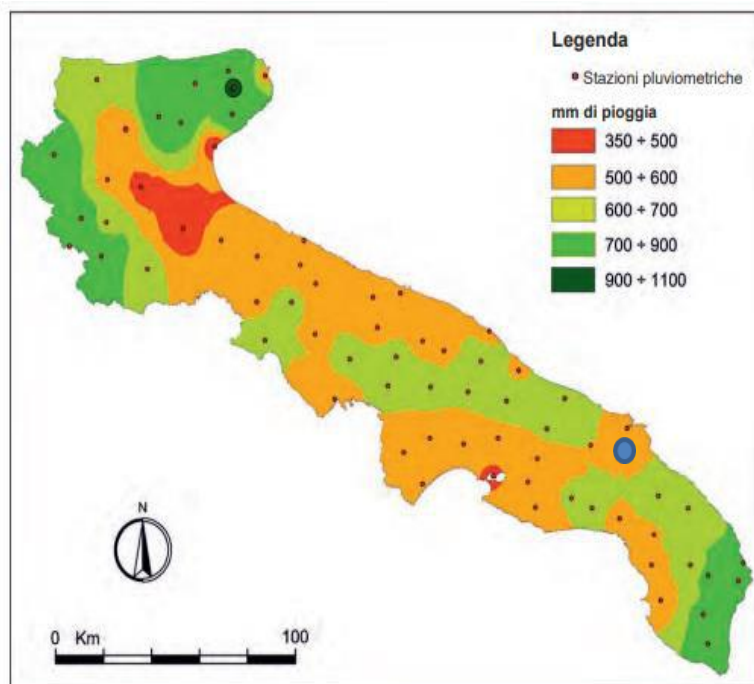


Figura 14 - Carta delle precipitazioni della Puglia rispetto alle aree di progetto

6.2 Temperature

La temperatura media annua della stazione termo-pluviometrica di Brindisi Casale (Br) è di 17,5°C. Il mese più freddo risulta essere gennaio che riporta come media mensile 6,6°C. I mesi di luglio ed agosto sono invece i più caldi con una media di 29,5°C. Dall'analisi delle temperature medie stagionali si evidenzia come all'inizio della stagione autunnale la temperatura si mantenga ancora piuttosto elevata; nel mese di settembre, infatti, la temperatura media è pari a 22,3°C e dunque solo di pochi gradi inferiore al mese più caldo dell'anno. Le temperature medie annue relative alle zone di progetto in agro di Troia (FG) risultano comprese tra 16,4 e 16,7 °C.

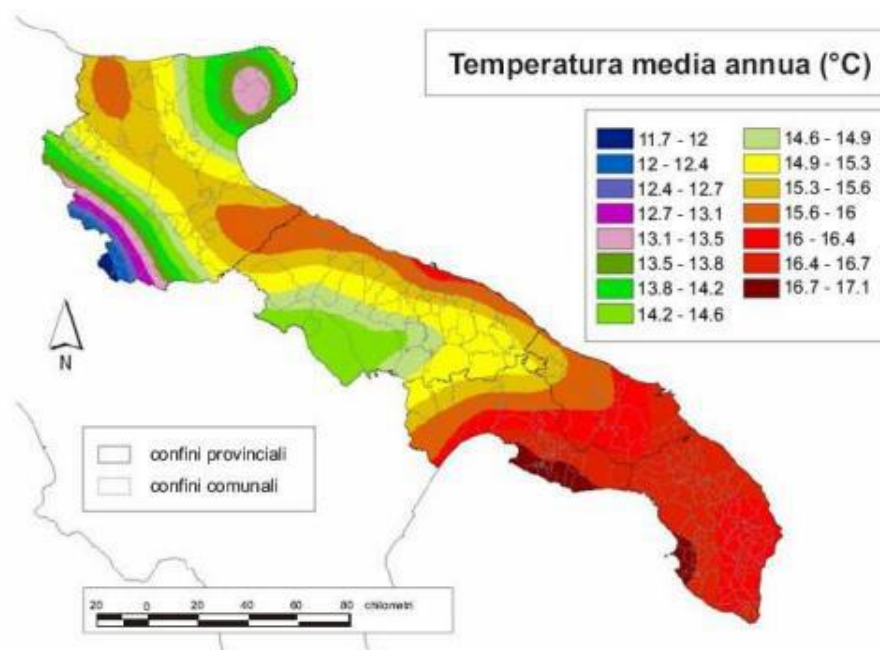


Figura 15 - Carta delle temperature medie annue della Puglia in relazione alle aree di progetto

6.3 Indici bioclimatici

È noto da tempo che la distribuzione della vegetazione sulla superficie terrestre dipende da una lunga serie di fattori di varia natura tra di essi interagenti (fattori geografici, topografici, geopedologici, climatici, biologici, storici...). È noto altresì che, fra tutti gli elementi individuati, la temperatura e le precipitazioni rivestono un'importanza fondamentale, non solo per i valori assoluti che esse assumono, ma anche e soprattutto per la loro distribuzione nel tempo e la reciproca influenza. Per tali motivi, correlando i dati di temperatura e di piovosità registrati in un determinato ambiente nel corso dell'anno, opportunamente elaborati ed espressi, alcuni autori hanno ideato numerosi indici allo scopo di rappresentare sinteticamente il carattere prevalente del clima locale. Fra gli indici maggiormente conosciuti, i lavori sopraricordati prendono in esame l'indice di aridità di De Martonne, l'indice globale di umidità di Thornthwaite e l'indice bioclimatico di Rivas-Martines. L'indice di De Martonne è un perfezionamento del pluviofattore di Lang.

La carta ottenuta considerando l'indice di De Martonne mostra una scarsa differenziazione spaziale dei valori (si riconosce infatti un'ampia zona con valore 1.2, estesa su quasi tutto il territorio pugliese) e questo fatto porta, in fase di calcolo della qualità del clima, ad un risultato troppo generico ed approssimativo. È stata così effettuata una seconda prova di regionalizzazione del dato climatico di aridità, spazializzando il valore dell'indice di Bagnouls-Gaussen delle stazioni meteorologiche della Puglia. Secondo tale indice le aree di progetto rientrano nella fascia che va da 1,09 a 1,18.

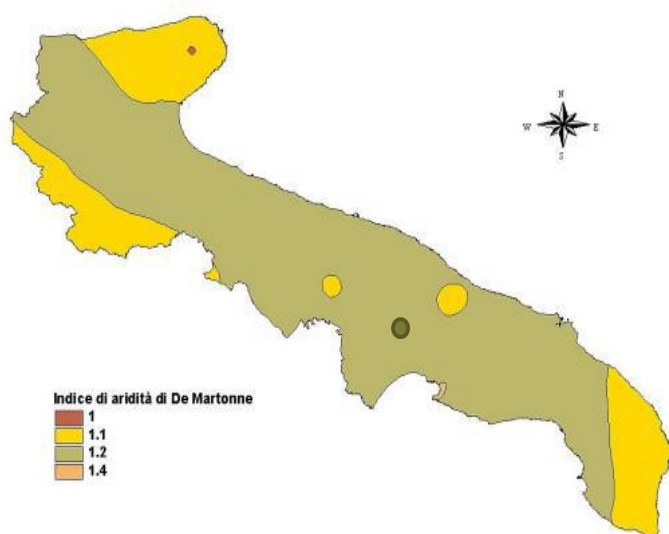


Figura 16 - Carta bioclimatica della Puglia, De Martonne



Figura 17 - Carta bioclimatica della Puglia – BGI

6.4 Zone fitoclimatiche Pavari

Per il largo uso che di esso ancora si fa specialmente in campo forestale si ritiene opportuno fare cenno alla classificazione fitoclimatica di Mayer-Pavari (1916) e successive modificazioni. Tale classificazione distingue 5 zone e diverse sottozone in relazione alle variazioni della temperatura e delle precipitazioni. In particolare, le aree oggetto di intervento rientrano nel Lauretum di 2° tipo (Lauretum caldo).

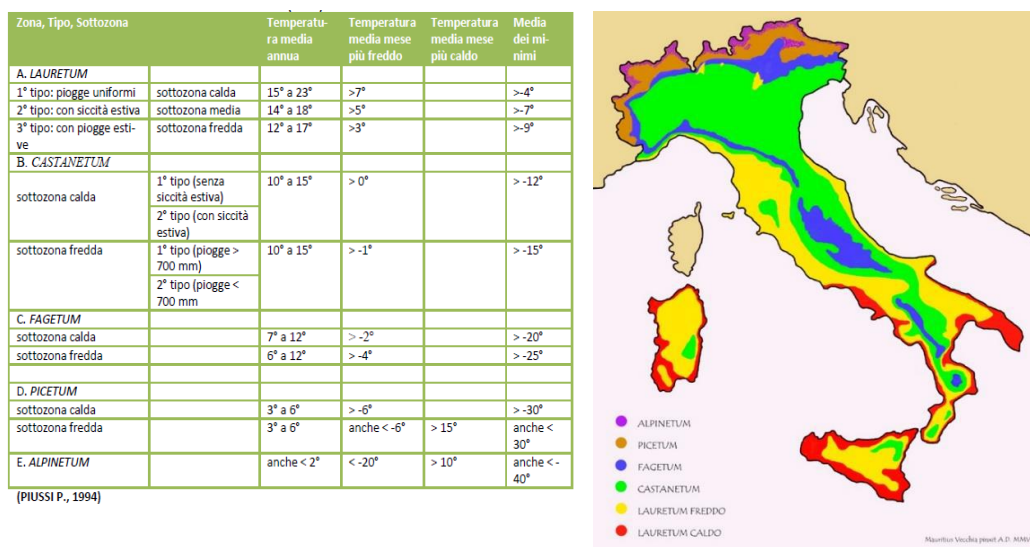


Figura 18 - Zone fitoclimatiche Pavari

Il Lauretum caldo si identifica nelle zone che vanno dalla fascia dal livello del mare fino a circa 300 metri di altitudine; sostanzialmente si rinviene lungo le coste delle regioni meridionali (fino al basso Lazio sul versante tirrenico e fino al Gargano su quello adriatico), incluse Sicilia e Sardegna. Questa zona è botanicamente caratterizzata dalla cosiddetta macchia mediterranea, ed è un habitat del tutto favorevole alla coltivazione degli agrumi e dell'olivo.

6.5 Arre vulnerabili alla desertificazione in Puglia

La Puglia, come altre aree mediterranee, risulta particolarmente interessata da potenziali fenomeni di desertificazione, che conducono alla perdita irreversibile di suolo fertile. La desertificazione è una tra le più gravi priorità ambientali che interessano i territori aridi, semiaridi e sub-umidi del Mediterraneo. Essa nel 1984, secondo l'UNCCD (Convenzione delle Nazioni Unite per la Lotta alla Desertificazione) è stata definita a livello internazionale come il processo che porta ad un "degrado irreversibile dei terreni coltivabili in aree aride, semiaride e asciutte subumide in conseguenza di numerosi fattori, comprese le variazioni climatiche e le attività umane". La desertificazione è un processo complesso che consiste nella progressiva perdita di fertilità e capacità produttiva dei suoli, fino agli estremi risultati in cui i terreni non possono più ospitare organismi viventi: flora e fauna. Si tratta di fenomeni spesso, per fortuna, molto lenti, ma che anche nelle fasi intermedie, ancor prima dell'eventuale drammatico epilogo di lunghissimo periodo del "deserto", comportano molte conseguenze negative sulle caratteristiche dei suoli, in termini di capacità di sostenere la vita (compresa quella "gestita" dall'uomo, cioè, nel nostro caso, l'agricoltura) e contribuiscono in maniera determinante alla riduzione delle biodiversità e della produttività biologica globale. Dalla cartografia consultata (Piano di Azione Locale per la lotta alla siccità e alla desertificazione della Regione Puglia – Enea 2008), le aree ad elevata sensibilità (45,6%) sono distribuite in tutto il territorio pugliese. Tale risultato riflette le particolari caratteristiche geomorfologiche del territorio interno della regione (colline argillose poco stabili), l'intensa attività antropica con conseguente eccessivo sfruttamento delle risorse naturali e la scarsa presenza di vegetazione. La maggior parte del territorio presenta una sensibilità moderata (47,7%) o bassa (6,3%). In tali aree l'equilibrio tra i diversi fattori naturali e/o le attività umane risulta particolarmente delicato. Le aree non affette (lo 0,4%) ricadono esclusivamente nella provincia di Foggia. Le superfici di progetto, secondo lo studio menzionato, rientrano nella fascia Critico – C3 in quanto molto sensibili.

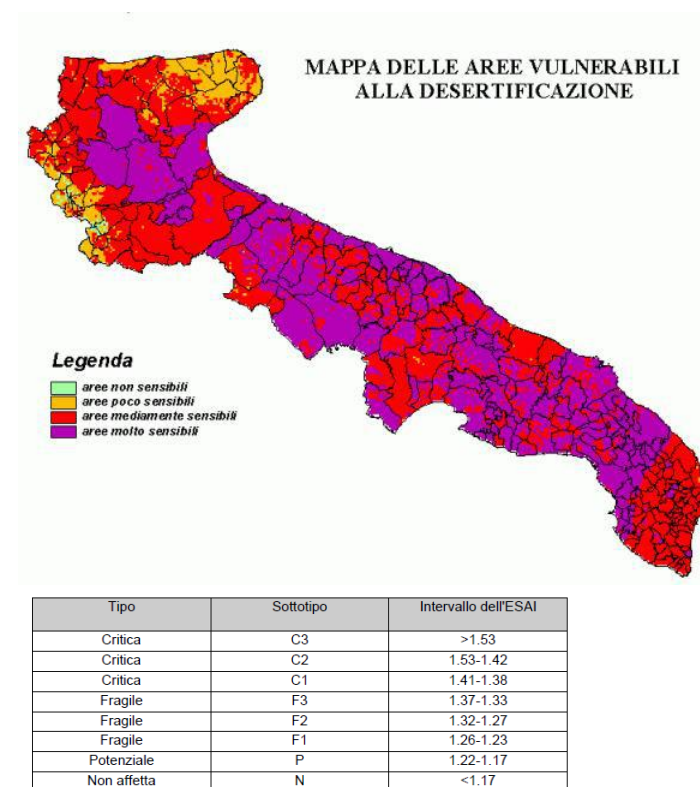
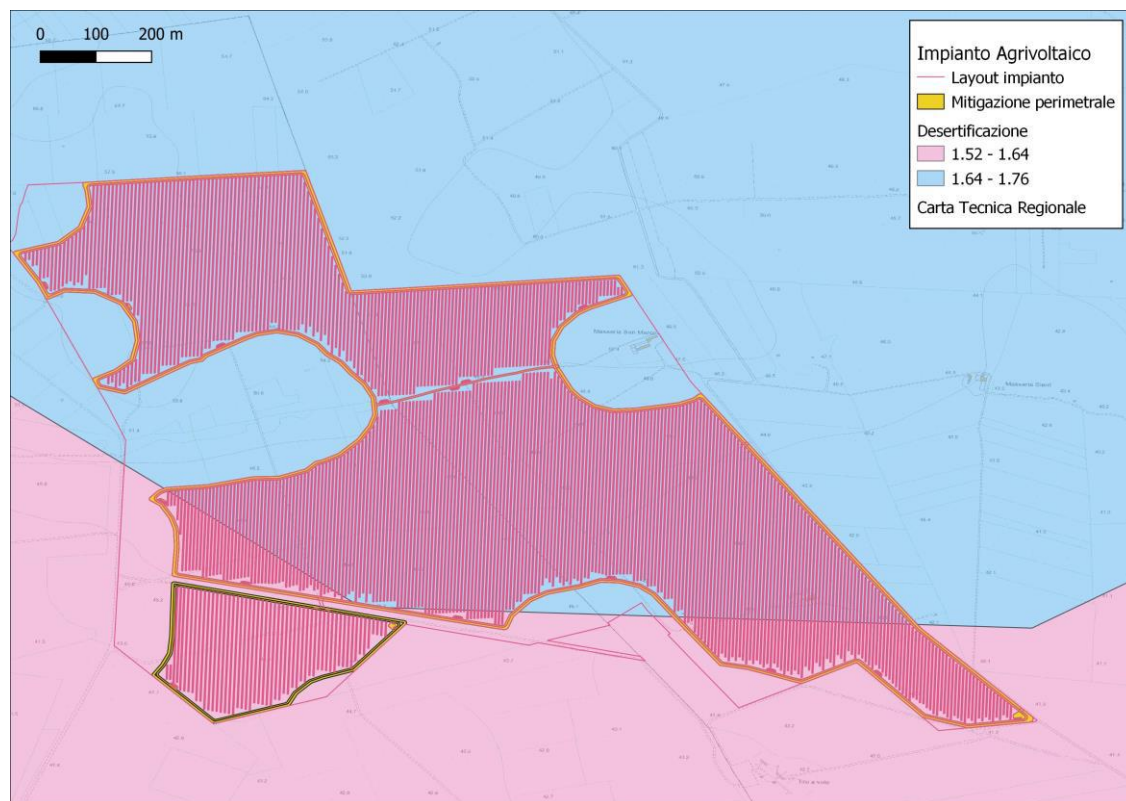


Figura 19 - carta delle aree vulnerabili alla desertificazione in Puglia rispetto alle aree di progetto

7 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, PEDOLOGICO ED ECOSISTEMICO

Le aree di progetto, con riferimento al PPTR della Regione Puglia, rientrano all'interno dell'ambito 10 – "Tavoliere salentino". L'ambito è rappresentato da un vasto bassopiano piano-collinare, a forma di arco, che si sviluppa a cavallo della provincia Tarantina orientale e la provincia Leccese settentrionale. Esso si affaccia sia sul versante adriatico che su quello ionico pugliese. Si caratterizza, oltre che per la scarsa diffusione di pendenze significative e di forme morfologiche degne di significatività (ad eccezione di un tratto del settore ionico-salentino in prosecuzione delle Murge tarantine), per i poderosi accumuli di terra rossa, per l'intensa antropizzazione agricola del territorio e per la presenza di zone umide costiere. Il terreno calcareo, sovente affiorante, si caratterizza per la diffusa presenza di forme carsiche quali doline e inghiottitoi (chiamate localmente "vore"), punti di assorbimento delle acque piovane, che convogliano i deflussi idrici nel sottosuolo alimentando in maniera consistente gli acquiferi sotterranei. La morfologia di questo ambito è il risultato della continua azione di modellamento operata dagli agenti esogeni in relazione sia alle ripetute oscillazioni del livello marino verificatesi a partire dal Pleistocene mediosuperiore, sia dell'azione erosiva dei corsi d'acqua, comunque, allo stato attuale scarsamente alimentati. Sempre in questo ambito sono ricomprese alcune propaggini delle alture murgiane, localmente denominate Murge tarantine, che comprendono una specifica parte dell'altopiano calcareo quasi interamente ricadente nella parte centrorientale della Provincia di Taranto e affacciante sul Mar Ionio. Caratteri tipici di questa porzione dell'altopiano sono quelli di un tavolato lievemente digradante verso il mare, interrotto da terrazzi più o meno rilevati. La monotonia di questo paesaggio è interrotta da incisioni più o meno accentuate, che vanno da semplici solchi a vere e proprie gravine. Dal punto di vista litologico, questo ambito è costituito prevalentemente da depositi marini pliocenici-quadernari poggiati in trasgressione sulla successione calcarea mesozoica di Avampaese, quest'ultima caratterizzata da una morfologia contraddistinta da estesi terrazzamenti di stazionamento marino a testimonianza delle oscillazioni del mare verificatesi a seguito di eventi tettonici e climatici. Le aree prettamente costiere sono invece ricche di cordoni dunari, poste in serie parallele dalle più recenti in prossimità del mare alle più antiche verso l'entroterra. Dal punto di vista dell'idrografia superficiale, oltre a limitati settori in cui si riconoscono caratteri simili a quelli dei contermini ambiti della piana brindisina e dell'arco ionico, merita enfatizzare in questo ambito la presenza dell'areale dei cosiddetti bacini endoreici della piana salentina, che occupano una porzione molto estesa della Puglia meridionale, che comprende gran parte della provincia di Lecce ma porzioni anche consistenti di quelle di Brindisi e di Taranto. Questo ambito, molto più esteso di quello analogo presente sull'altopiano murgiano, comprende una serie numerosa di singoli bacini endoreici, ognuno caratterizzato da un recapito finale interno allo stesso bacino. Fra questi il più importante è il Canale Asso, caratterizzato da un bacino di alimentazione di circa 200 Km² e avente come recapito finale un inghiottitoio carsico (Vora Colucci)

ubicato a nord di Nardò. Molto più diffuse, rispetto ai bacini endoreici presenti nel settore murgiano, sono gli apparati carsici caratterizzati da evidenti aperture verso il sottosuolo, comunemente denominate "voragini" o "vore", ubicate quasi sempre nei punti più depressi dei bacini endoreici, a luoghi anche a costituire gruppi o sistemi di voragini, in molti casi interessati da lavori di sistemazione idraulica e bonifica. Non sempre i reticoli idrografici che convogliano le acque di deflusso verso i recapiti finali possiedono chiare evidenze morfologiche dell'esistenza di aree di alveo; frequenti, infatti, sono i casi in cui le depressioni morfologiche ove detti deflussi tendono a concentrarsi hanno dislivelli rispetto alle aree esterne talmente poco significativi che solo a seguito di attente analisi morfologiche o successivamente agli eventi intensi si riesce a circoscrivere le zone di transito delle piene. Ove invece i reticoli possiedono evidenze morfologiche dell'alveo di una certa significatività, gli stessi risultano quasi sempre oggetto di interventi di sistemazione idraulica e di correzione di tracciato.



Figura 20 - carta dei suoli d'Italia con riferimento all'area di progetto

Il comprensorio di S. Pancrazio salentino e San Donaci, in provincia di Brindisi, in termini pedologici, rientrano nella classe di utilizzo n.47 che prevede quanto segue:

Haplic e Petric Calcisol; Calcic, Chromic e Skeletic Luvisol; Clacaric e Luvic Phaeozem; Calcaric Fluvisol; Haplic e Calcic Vertisol; Calcic Kastanozem; Eutric, Fluvic, Endogleyic e Calcaric Cambisol; Vitric Andosol; Calcaric Regosol; Calcaric Arenosol.

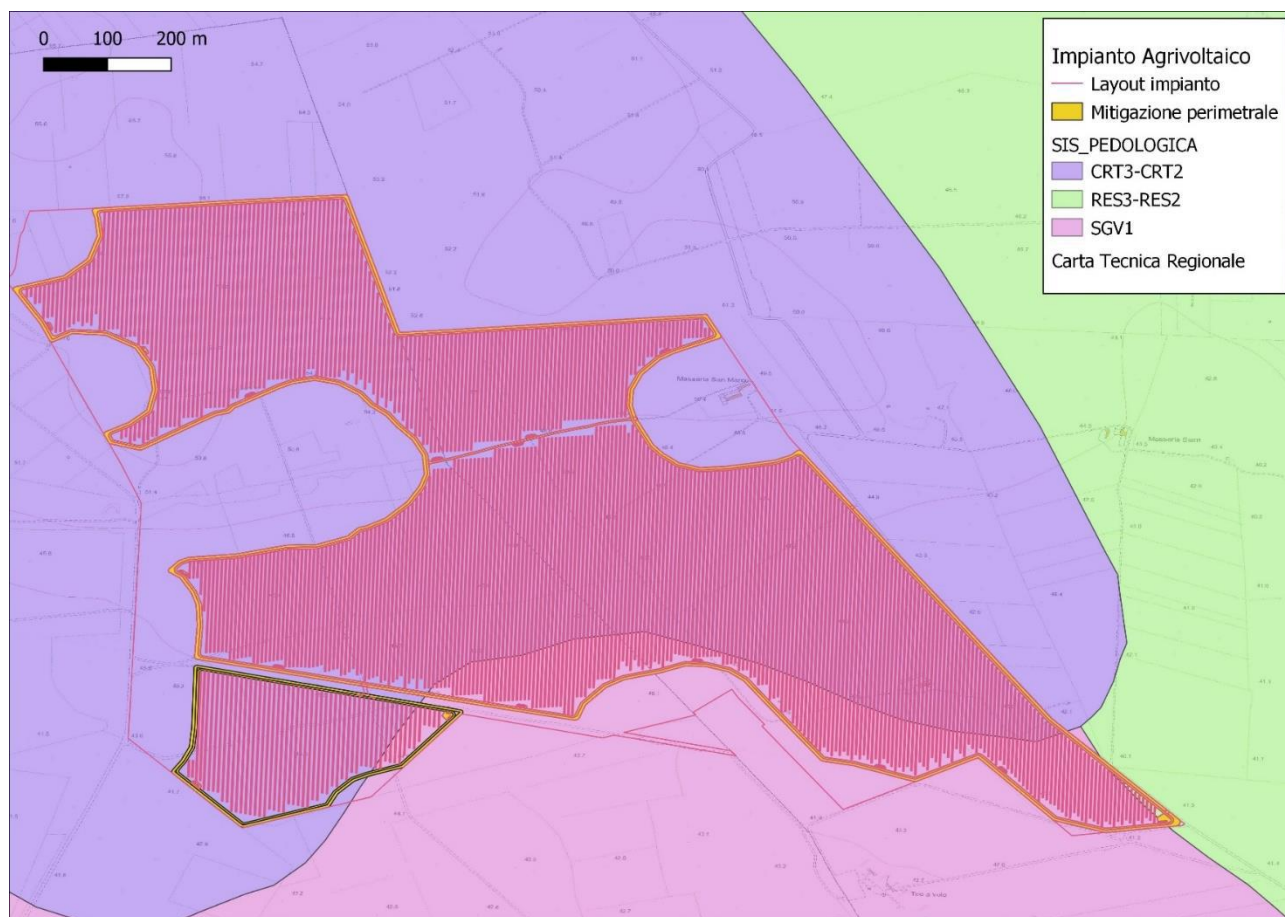


Figura 21 - carta pedologica della Puglia con riferimento al layout di progetto

Dalla valutazione del layout di progetto in riferimento alla carta dei suoli della Regione Puglia in scala 1:50.000, le aree di interesse vengono classificate come sotto riportato:

- CRT3-CRT2: superfici poco rilevate, strette ed allungate e substrato geolitologico costituito calcari e dolomie (Cretaceo), calcareniti (Miocene). Inoltre, si possono ritrovare in blanda anticlinale rovesciata dovuta ad erosione continentale, sede di drenaggio delle acque superficiali con il medesimo substrato geolitologico. Si menzionano seminativi arborati avvicendati e oliveti (unità cartografica 115 e 181).
- RES3-RES2: superfici lievemente ondulate, sede di lievi fenomeni carsici superficiali. Substrato geolitologico costituito da calcareniti (Pleistocene) dove menzionano seminativi arborati avvicendati e oliveti (unità cartografica 182)
- SGV1: superfici moderatamente depresse, sovente prossimali alla scarpata di faglia, a morfologia pianeggiante, sede di drenaggio delle acque superficiali e risorgenti, ove lo permette il contatto fra depositi a permeabilità differente. Substrato geolitologico costituito da calcareniti e sabbie argillose (Pleistocene). Si menzionano seminativi avvicendati avvicendati arborati e vigneti (unità cartografica 176).

L'ambito, infine, presenta una valenza ecologica medio-alta per i comuni che si affacciano ad oriente sull'Adriatico, da Lecce ad Otranto. Quest'area si caratterizza per la presenza di aree naturali a pascolo, prati, incolti e molte aree umide, e colture estensive a seminativi ed oliveti. La matrice agricola ha quindi una presenza significativa di siepi, muretti e filari con discreta contiguità a ecotoni e biotopi. L'agroecosistema si presenta sufficientemente diversificato e complesso. Fra la costa occidentale dell'ambito e le serre, nei comuni di Nardò, Porto Cesareo, Avetrana, Manduria fino a Lizzano, la valenza ecologica varia da medio-bassa a medio-alta, a seconda se si considerino rispettivamente le aree rilevate degli alti strutturali (serre) prevalentemente olivetate o le superfici pianeggianti con copertura eterogenea, delle depressioni strutturali (sulla costa e fra le serre). La matrice agricola ha a volte una presenza significativa di boschi, siepi, muretti e filari con discreta contiguità a ecotoni e biotopi, e l'agroecosistema si presenta sufficientemente diversificato e complesso. Le superfici pianeggianti, sempre sulle depressioni strutturali fra le serre, corrispondenti al territorio di molti dei grandi vini del Salento, nei comuni di Guagnano, Campi Salentina, Salice Salentino, ed in parte Veglie, Carmiano e Leverano, presentano valenza ecologica scarsa o nulla. Queste aree si presentano e coltivate in intensivo a vigneti, oliveti e seminativi. La matrice agricola ha pochi e limitati elementi residui ed aree rifugio (siepi, muretti e filari). Nessuna contiguità a biotopi e scarsi gli ecotoni. In genere si rileva una forte pressione sull'agroecosistema che si presenta scarsamente complesso e diversificato.

8 LA CAPACITA' D'USO DEL SUOLO

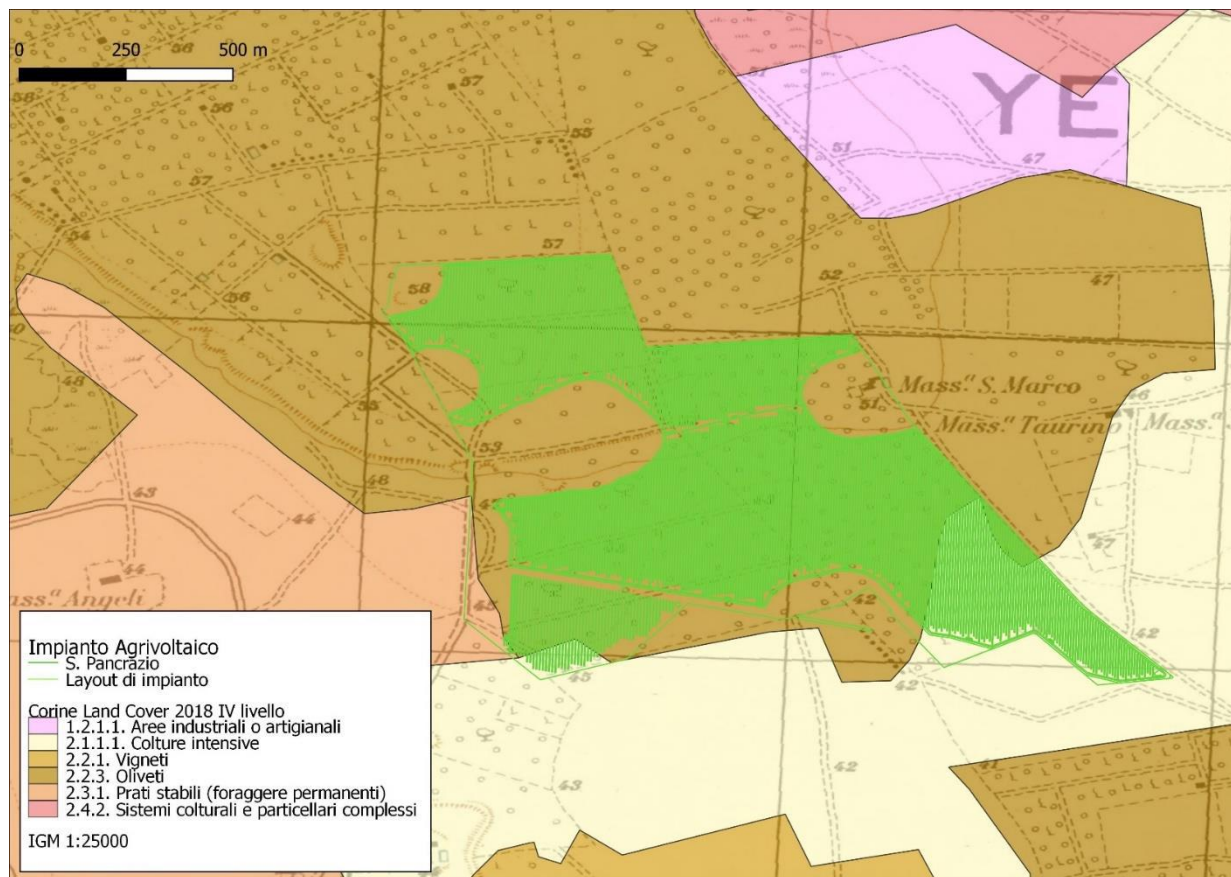
Il sistema di informazione sullo stato dell'ambiente europeo, in cui sono state elaborate e concordate nomenclature e metodologie, è stato creato dal 1985 al 1990 dalla Commissione europea nell'ambito del programma CORINE (Coordination of Information on the Environment). Dal 1994, a seguito della creazione della rete EIONET (European Environment Information and Observation Network), l'implementazione del database CORINE è responsabilità dell'Agenzia Europea per l'ambiente (EEA). Vengono usate per ricavare le informazioni sulla copertura del suolo, le immagini acquisite dai satelliti per l'osservazione della terra, che vengono visivamente interpretate utilizzando sovrapposizioni di layers in scala 1:100.000. Il primo progetto Corine Land Cover e la prima cartografia risalgono al 1990. Successivamente con la CLC 2000 il database è stato aggiornato e migliorato, effettuando la fotointerpretazione assistita da computer, mappando i relativi cambiamenti di copertura del suolo intercorsi tra i due periodi di monitoraggio. La Corine Land Cover 2018, che rappresenta il quinto aggiornamento dell'inventario, è stata effettuata grazie all'impiego di nuove immagini satellitari, provenienti dal Sentinel-2, il primo satellite europeo dedicato al monitoraggio del territorio, e dal Landsat8, geoprocessate e utilizzate nel processo di fotointerpretazione.

	CLC 1990	CLC 2000	CLC 2006	CLC2012	CLC2018
Dati satellitari	Landsat-5 MSS/TM data singola	Landsat-7 ETM data singola	SPOT-4/5 e IRS P6 LISS III e RapidEye doppia data	IRS P6 LISS III e RapidEye doppia data	Sentinel-2 e Landsat-8 per il riempimento delle fessure
Coerenza del tempo	1986-1998	2000 +/- 1 anno	2006 +/- 1 anno	2011-2012	2017-2018
Precisione geometrica, dati satellitari	≤ 50 m	≤ 25 m	≤ 25 m	≤ 25 m	≤ 10 m (Sentinel-2)
Unità/larghezza di mappatura minima	25 ha / 100m	25 ha / 100m	25 ha / 100m	25 ha / 100m	25 ha / 100 m
Precisione geometrica, CLC	100 m	meglio di 100 m	meglio di 100 m	meglio di 100 m	meglio di 100 m
Accuratezza tematica, CLC	≥85% (probabilmente non raggiunto)	≥85% (raggiunto) [13]	≥85%	≥85% (probabilmente raggiunto)	≥85%
Mappatura delle modifiche (CHA)	non implementato	spostamento al confine minimo 100 m; area di cambio per poligoni esistenti ≥ 5 ha; per cambiamenti isolati ≥ 25 ha	spostamento al confine min.100 m; tutte le ≥ di 5 ha devono essere mappate	spostamento al confine min.100 m; tutte le ≥ di 5 ha devono essere mappate	spostamento al confine min.100 m; tutte le ≥ di 5 ha devono essere mappate
Precisione tematica, CHA	-	non controllato	≥85% (raggiunto)	≥85%	≥85%
Tempo di produzione	10 anni	4 anni	3 anni	2 anni	1,5 anni
documentazione	metadati incompleti	metadati standard	metadati standard	metadati standard	metadati standard
Accesso ai dati (CLC, CHA)	politica di diffusione poco chiara	politica di diffusione concordata fin dall'inizio	accesso gratuito per tutti gli utenti	accesso gratuito per tutti gli utenti	accesso gratuito per tutti gli utenti
Numero di paesi interessati	26 (27 con attuazione tardiva)	30 (35 con attuazione tardiva)	38	39	39

Figura 22 Ricostruzione del programma Corine Land Cover (CLC)

La classificazione standard del CLC suddivide il suolo secondo uso e copertura, sia di aree che hanno influenza antropica e sia di aree che non hanno influenza antropica, con una struttura gerarchica articolata in tre livelli di approfondimento e per alcune classi in quattro. La nomenclatura CLC (Corine Land Cover della componente Pan Europea del CLMS aggiornati al 2018 su dati 2017) standard comprende 44 classi di copertura ed uso del suolo, le cui cinque categorie principali sono: superfici artificiali, aree agricole, foreste e aree seminaturali, zone umide e corpi idrici. Per ogni categoria è prevista un'ulteriore classificazione di dettaglio con la relativa codifica riportante i codici, III e IV livello. L'area in esame ricade all'interno di CLC 223 – Oliveti e CLC 2111 – Colture intensive.

Figura 23 - individuazione delle aree di progetto secondo il programma CLC 2018 IV Livello (ISPRA)



Per copertura del suolo (Land Cover) si intende la copertura biofisica della superficie terrestre comprese le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva 2007/2/CE. Per uso del suolo (Land Use - utilizzo del territorio) si fa riferimento, invece, ad un riflesso delle interazioni tra l'uomo e la copertura del suolo e costituisce quindi una descrizione di come il suolo venga impiegato in attività antropiche. La direttiva 2007/2/CE lo definisce come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro (ad esempio residenziale, industriale, commerciale, agricolo, silvicolo, ricreativo). Un cambio di uso del suolo (e ancora meno un cambio di destinazione d'uso del suolo previsto da uno strumento urbanistico) potrebbe non avere alcun effetto sullo stato reale del suolo che manterrebbe comunque intatte le sue funzioni e le sue capacità di fornire servizi ecosistemici. La capacità d'uso dei suoli si esprime mediante una classificazione (Land Capability Classification, abbreviata in "LCC") finalizzata a valutare le potenzialità produttive dei suoli per utilizzazioni di tipo agrosilvopastorale sulla base di una gestione sostenibile, cioè conservativa della stessa risorsa suolo. Tale interpretazione viene effettuata in base sia alle caratteristiche intrinseche del suolo (profondità, pietrosità, fertilità), che a quelle dell'ambiente (pendenza, rischio di erosione, inondabilità, limitazioni climatiche), ed ha come obiettivo l'individuazione dei suoli agronomicamente più pregiati, e quindi più adatti all'attività agricola, consentendo in sede di pianificazione territoriale, se possibile e conveniente, di preservarli da altri usi. Al concetto di limitazione è legato quello di flessibilità colturale, nel senso che all'aumentare del grado di limitazione corrisponde una diminuzione nella gamma dei possibili usi agro-silvo-pastorali. Le limitazioni prese in considerazione sono quelle permanenti e non quelle temporanee, quelle cioè che possono essere risolte da appropriati interventi di miglioramento (drenaggi, concimazioni, ecc.). La valutazione considera un livello di conduzione gestionale medio elevato, ma allo stesso tempo accessibile alla maggioranza degli operatori agricoli.

La classificazione prevede tre livelli di definizione:

1. la classe;
2. la sottoclasse;
3. l'unità.

Le classi di capacità d'uso raggruppano sottoclassi che possiedono lo stesso grado di limitazione o rischio. Il sistema prevede la ripartizione dei suoli in 8 classi di capacità designate con numeri romani dall'I all'VIII in base al numero ed alla severità delle limitazioni. Le prime 4 classi sono compatibili con l'uso sia agricolo che forestale e zootecnico; le classi dalla quinta alla settima escludono l'uso agricolo intensivo, mentre nelle aree appartenenti all'ultima classe, l'ottava, non è possibile alcuna forma di utilizzazione produttiva.

CLASSE	DESCRIZIONE	ARABILITA'
I	suoli senza o con modestissime limitazioni o pericoli di erosione, molto profondi, quasi sempre livellati, facilmente lavorabili; sono necessarie pratiche per il mantenimento della fertilità e della struttura; possibile un'ampia scelta delle colture	SI
II	suoli con modeste limitazioni e modesti pericoli di erosione, moderatamente profondi, pendenze leggere, occasionale erosione o sedimentazione; facile lavorabilità; possono essere necessarie pratiche speciali per la conservazione del suolo e delle potenzialità; ampia scelta delle colture	SI
III	suoli con severe limitazioni e con rilevanti rischi per l'erosione, pendenze da moderate a forti, profondità modesta; sono necessarie pratiche speciali per proteggere il suolo dall'erosione; moderata scelta delle colture	SI

IV	suoli con limitazioni molto severe e permanenti, notevoli pericoli di erosione se coltivati per pendenze notevoli anche con suoli profondi, o con pendenze moderate ma con suoli poco profondi; scarsa scelta delle colture, e limitata a quelle idonee alla protezione del suolo	SI
V	non coltivabili o per pietrosità e rocciosità o per altre limitazioni; pendenze moderate o assenti, leggero pericolo di erosione, utilizzabili con foresta o con pascolo razionalmente gestito	NO
VI	non idonei alle coltivazioni, moderate limitazioni per il pascolo e la selvicoltura; il pascolo deve essere regolato per non distruggere la copertura vegetale; moderato pericolo di erosione	NO
VII	limitazioni severe e permanenti, forte pericolo di erosione, pendenze elevate, morfologia accidentata, scarsa profondità idromorfia, possibili il bosco od il pascolo da utilizzare con cautela	NO
VIII	limitazioni molto severe per il pascolo ed il bosco a causa della fortissima pendenza, notevolissimo il pericolo di erosione; eccesso di pietrosità o rocciosità, oppure alta salinità, etc.	NO

Figura 24 - Descrizione legenda capacità d'uso dei suoli

All'interno della classe di capacità d'uso è possibile raggruppare i suoli per tipo di limitazione all'uso agricolo e forestale. Con una o più lettere minuscole, apposte dopo il numero romano che indica la classe, si segnala immediatamente all'utilizzatore se la limitazione, la cui intensità ha determinato la classe d'appartenenza, è dovuta a proprietà del suolo (s), ad eccesso idrico (w), al rischio di erosione (e) o ad aspetti climatici (c). Le proprietà dei suoli e delle terre adottate per valutarne la LCC vengono così raggruppate:

“S” limitazioni dovute al suolo (profondità utile per le radici, tessitura, scheletro, pietrosità superficiale, rocciosità, fertilità chimica dell'orizzonte superficiale, salinità, drenaggio interno eccessivo);

“W” limitazioni dovute all'eccesso idrico (drenaggio interno, rischio di inondazione);

“e” limitazioni dovute al rischio di erosione e di ribaltamento delle macchine agricole (pendenza, erosione idrica superficiale, erosione di massa);

“C” limitazioni dovute al clima (interferenza climatica).

La classe “I” non ha sottoclassi perché i suoli ad essa appartenenti presentano poche limitazioni e di debole intensità. La classe V può presentare solo le sottoclassi indicate con la lettera s, w, e c, perché i suoli di questa classe non sono soggetti, o lo sono pochissimo, all'erosione, ma hanno altre limitazioni che ne riducono l'uso principalmente al pascolo, alla produzione di foraggi, alla selvicoltura e al mantenimento dell'ambiente.

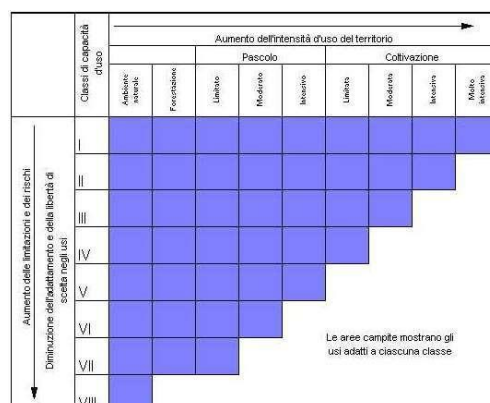


Figura 25 - Attività silvo-pastorali ammesse per ciascuna classe di capacità d'uso (Brady, 1974 in [Cremaschi e Ridolfi, 1991])

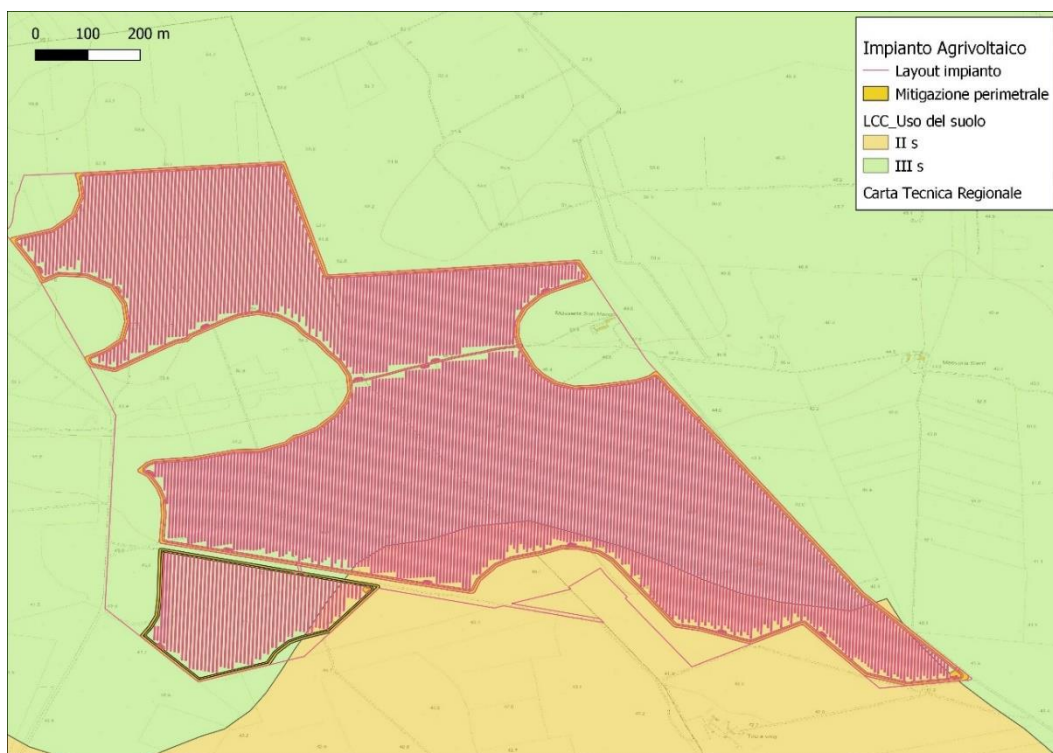


Figura 26 - LCC in funzione delle diverse aree di progetto

Le aree di progetto interessano principalmente suoli di classe *II s* e *III s*: sono principalmente suoli con severe limitazioni e con rilevanti rischi per l'erosione, pendenze da moderate a forti, profondità modesta; sono necessarie pratiche speciali per proteggere il suolo dall'erosione; moderata scelta delle colture. La limitazione "s" indica la profondità utile per le radici, tessitura, scheletro, pietrosità superficiale, rocciosità, fertilità chimica dell'orizzonte superficiale, salinità, drenaggio interno eccessivo.

9 L'AGRIVOLTAICO: ESPERIENZE E PROSPETTIVE FUTURE

In questo quadro globale, dove l'esigenza di produrre energia da "fonti pulite" deve assolutamente confrontarsi con la salvaguardia e il rispetto dell'ambiente nella sua componente "suolo", potrebbe inserirsi la proposta di una virtuosa integrazione fra impiego agricolo ed utilizzo fotovoltaico del suolo, ovvero un connubio (ibridazione) fra due utilizzi produttivi del suolo finora alternativi e ritenuti da molti inconciliabili. Una vasta letteratura tecnico-scientifica inerente alla tecnologia "agrivoltaica" consente oggi di avanzare un'ipotesi d'integrazione sinergica fra esercizio agricolo e generazione elettrica da pannelli fotovoltaici. Questa soluzione consentirebbe di conseguire dei vantaggi che sono superiori alla semplice somma dei vantaggi ascrivibili alle due utilizzazioni del suolo singolarmente considerate. L'agrivoltaico ha infatti diversi pregi:

- i pannelli a terra creano un ambiente sufficientemente protetto per tutelare la biodiversità;
- se installati in modo rialzato, senza cementificazione, permettono l'uso del terreno per condurre pratiche di allevamento e coltivazione.

Soprattutto, negli ambienti o nelle stagioni sub-aride, la presenza dei pannelli ad un'altezza che non ostacoli la movimentazione dei mezzi meccanici ed il loro effetto di parziale ombreggiamento del suolo, determinano una significativa contrazione dei flussi traspirativi a carico delle colture agrarie, una maggiore efficienza d'uso dell'acqua, un accrescimento vegetale meno condizionato dalla carenza idrica, un bilancio radiativo che attenua le temperature massime e minime registrate al suolo e sulla vegetazione e, perciò stesso, un più efficiente funzionamento dei pannelli fotovoltaici. In base alle esigenze delle colture da coltivare sarà necessario valutare le condizioni microclimatiche create dalla presenza dei pannelli. Le possibilità di effettuare coltivazioni, nella fattispecie, sono sostanzialmente legate ad aspetti di natura logistica (per esempio la predisposizione dei pannelli ad altezze e larghezze adeguate al passaggio delle macchine operatrici) e a fattori inerenti all'ottimizzazione delle colture in termini di produzione e raccolta del prodotto fresco. In termini di PAR (radiazione utile alla fotosintesi), per qualsiasi coltura noi consideriamo siamo di fronte, in linea del tutto generale, ad una minor quantità di radiazione luminosa disponibile dovuta all'ombreggiamento dei pannelli solari. In ambienti con forte disponibilità di radiazione luminosa un certo ombreggiamento potrebbe favorire la crescita di numerose piante, alcune delle quali riescono a sfruttare solo una parte dell'energia radiante. Anche l'evapotraspirazione viene modificata e questo accade soprattutto negli ambienti più caldi. Con una minor radiazione luminosa disponibile le piante riducono la loro evapotraspirazione e ciò si traduce, dal punto di vista pratico, nella possibilità di coltivare consumando meno acqua. Rispetto a condizioni di pieno campo in ambienti più caldi è stata registrata una diminuzione della temperatura al di sotto dei pannelli e, pertanto, si potrebbe prevedere la messa in coltura di varietà precoci per la possibilità di coltivare anche in inverno (si potrebbe anticipare, per esempio, le semina di diverse leguminose). Per quanto concerne l'impianto e la coltivazione in termini di gestione delle varie colture, si può affermare che la copertura con pannelli, determinando una minore bagnatura fogliare sulle colture stesse, comporta una minore incidenza di alcune malattie legate a climi caldo umidi o freddo umido (minore persistenza degli essudati sulle parti tenere della pianta). Uno studio della Lancaster University (A. Armstrong, N. J. Ostle, J. Whitaker, 2016. "Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling"), evidenzia che sotto i pannelli fotovoltaici, d'estate la temperatura è più bassa di almeno 5 gradi grazie al loro effetto di ombreggiamento. Le superfici ombreggiate dai pannelli, pertanto, potrebbero così accogliere anche le colture che non sopravvivono in un clima caldo-arido, offrendo nuove potenzialità al settore agricolo, massimizzando la produttività e favorendo la biodiversità. Un altro recentissimo studio (Greg A. Barron-Gafford et alii, 2019 "Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–water nexus in drylands". Nature Sustainability, 2), svolto in Arizona, in un impianto fotovoltaico dove contemporaneamente sono stati coltivati pomodori e peperoncini, ha evidenziato che il sistema agrovoltaico offre benefici sia agli impianti solari sia alle coltivazioni. Infatti, l'ombra

offerta dai pannelli ha evitato stress termici alla vegetazione ed abbassato la temperatura a livello del terreno aiutando così lo sviluppo delle colture. La produzione totale di pomodori (in termini di resa) è raddoppiata, mentre quella dei peperoncini è addirittura triplicata nel sistema agrovoltico. Non tutte le piante hanno ottenuto gli stessi benefici: alcune varietà di peperoncini testati hanno assorbito meno CO₂ e questo suggerisce che abbiano ricevuto troppa poca luce. Tuttavia, questo non ha avuto ripercussioni sulla produzione, che è stata la medesima per le piante cresciute all'ombra dei pannelli solari e per quelle che si sono sviluppate in pieno sole. La presenza dei pannelli ha inoltre permesso di risparmiare acqua per l'irrigazione, diminuendo l'evaporazione di acqua dalle foglie fino al 65%. Le piante, inoltre, hanno aiutato a ridurre la temperatura degli impianti, migliorandone l'efficienza fino al 3% durante i mesi estivi. Uno studio (Elnaz Hassanpour Adeg et alii, 2018. "Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, and water-use efficiency") ha analizzato l'impatto di una installazione di pannelli fotovoltaici della capacità di 1,4 Mw (avvenuta su un terreno a pascolo di 2,4 ha in una zona semi-arida dell'Oregon) sulle grandezze micrometeorologiche dell'aria, sull'umidità del suolo e sulla produzione di foraggio. I pannelli hanno determinato un aumento dell'umidità del suolo, mantenendo acqua disponibile alla base delle radici per tutto il periodo estivo di crescita del pascolo, in un terreno che altrimenti sarebbe diventato, in assenza di pannelli, asciutto.

Questo studio mostra dunque che, almeno in zone semiaride, esistono strategie che favoriscono l'aumento di produttività agricola di un terreno (in questo caso di circa il 90%), consentendo allo stesso tempo di produrre energia elettrica in maniera sostenibile. L'idea, pertanto, sarà quella di garantire il rispetto del contesto paesaggistico-ambientale e la possibilità di continuare a svolgere attività agricole proprie dell'area con la convinzione che la presenza di un impianto solare su un terreno agricolo non significa per forza riduzione dell'attività agraria. Si può quindi ritenere di fatto un impianto a doppia produzione: al livello superiore avverrà produzione di energia, al livello inferiore, sul terreno fertile, la produzione di colture avvicendate secondo le logiche di un'agricoltura tradizionale e attenta alla salvaguardia del suolo. Alcune iniziative sperimentali realizzate in Germania, negli Stati Uniti, in Cina ed ora anche in Italia confermano la praticabilità di questo "matrimonio". Da una sperimentazione presso il Fraunhofer Institute è stato rilevato che sia la resa agricola che quella solare sono risultate pari all'80-85% rispetto alle condizioni di un suolo senza solare così come di un terreno destinato al solo fotovoltaico. Ciò significa che è stato raggiunto un valore di LER ("land equivalent ratio") pari a 1,6-1,65 (ovvero di gran lunga superiore al valore unitario che indica un semplice effetto additivo fra le due tipologie d'uso interagenti), evidenziando la rilevante convenienza ad esplicitare i due processi produttivi in "consociazione" fra loro (volendo impiegare un termine propriamente agronomico). L'agricoltura praticata in "unione" con il fotovoltaico consentirebbe di porre in essere le migliori tecniche agronomiche oggi già identificate e di sperimentarne di nuove, per conseguire un significativo risparmio emissivo di gas clima-alteranti, incamerare sostanza organica nel suolo e pertanto sequestrare carbonio atmosferico, adottare metodi "integrati" di controllo dei patogeni, degli insetti dannosi e delle infestanti, valorizzare al massimo le possibilità di inserire aree d'interesse ecologico ("ecological focus areas") così come previste dal "greening" quale strumento vincolante della "condizionalità" (primo pilastro della PAC), per esempio creando fasce inerbiti a copertura del suolo collocate immediatamente al di sotto dei pannelli fotovoltaici, parte integrante di un sistema di rete ecologica opportunamente progettato ed atto a favorire la biodiversità e la connettività ecosistemica a scala di campo e territoriale. Si porrebbero dunque le condizioni per una piena realizzazione del modello "agro-energetico", capace d'integrare la produzione di energia rinnovabile con la pratica di un'agricoltura innovativa, integrata o addirittura biologica, conservativa delle risorse del suolo, rispettosa della qualità delle acque e dell'aria. Tale modello innovativo vedrebbe pienamente il fotovoltaico come efficace strumento d'integrazione del reddito agricolo capace di esercitare un'azione "volano" nello sviluppo del settore agricolo. Anche in un'ottica di medio-lungo periodo, il sistema non solo non determina peggioramenti della potenzialità produttiva dopo l'eventuale dismissione dell'impianto, ma, anzi, può portare ad un miglioramento della fertilità dell'area, applicando una gestione sostenibile delle colture effettuate. L'efficienza del sistema, sia in termini di produzione di energia che di produzione agraria, è migliorata con l'utilizzo di pannelli mobili,

che si orientano nel corso della giornata massimizzando la radiazione diretta intercettata, lasciando però circolare all'interno del sistema una quota di radiazione riflessa (e di aria) che permette una buona crescita delle piante. Gli studi condotti finora evidenziano come l'output energetico complessivo per unità di superficie (Land Equivalent Ratio – LER), in termini di produzione agricola e di energia sia superiore nei sistemi agri-voltaici rispetto a quanto ottenibile con le sole implementazioni agricole o energetiche in misura compresa tra il 30% ed il 105% (Amaducci et al., 2018).

10 AGROALIMENTARE E LA RADIAZIONE SOLARE

Il sole produce onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda compresa tra 0,3 e 30,0 μm . La luce rappresenta l'unica sorgente di energia disponibile per gli organismi vegetali: essa deriva quasi totalmente dal sole e giunge sulla terra sotto forma di radiazione solare. L'azione della luce sulla vita vegetale si esplica principalmente in due modi: sulla crescita delle piante, in quanto la luce influenza la fotosintesi, e sui fenomeni periodici della specie attraverso il fotoperiodismo. Le piante utilizzano per la fotosintesi le o.e.m. di lunghezza d'onda compresa tra 0,4 e 0,7 μm (PAR), che corrisponde all'incirca allo spettro del visibile.

10.1 Bilancio radiativo

Il bilancio netto della radiazione solare prevede che circa il 30 % del totale viene riflesso, il 50 % è assorbito dal suolo come calore, il 20 % è assorbito dall'atmosfera.

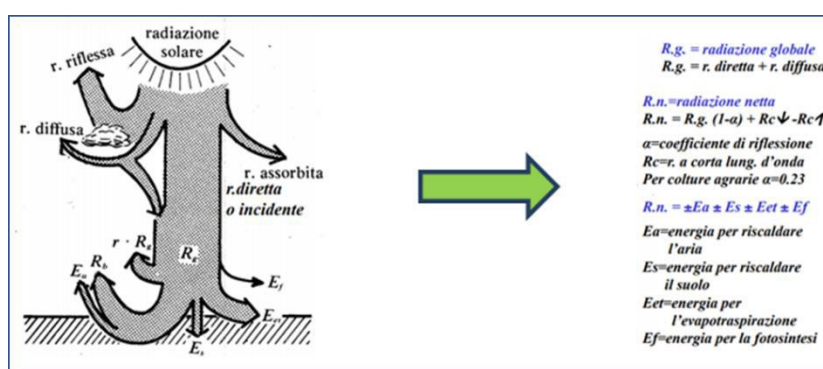


Figura 27 - Il bilancio radiativo

BILANCIO RADIATIVO

• La radiazione netta (R_n) che costituisce l'effettivo apporto energetico al suolo, è dato da:

$$R_n = R_g(1 - \alpha) + R_a - R_s$$

R_g = radiazione globale; R_a = radiazione che giunge dall'atmosfera; R_s = radiazione emessa dal suolo (vegetazione, terreno nudo e acqua); α = albedo.

Le piante usano energia luminosa per il processo di fotosintesi per convertire l'energia luminosa in energia chimica, consumata per la crescita e/o la fruttificazione. Questo processo è reso possibile da due tipi di clorofilla presente nelle piante A e B. Il grafico seguente mostra che la clorofilla utilizza due gamme PAR: blu (435-450nm) e rosso (640-665nm).

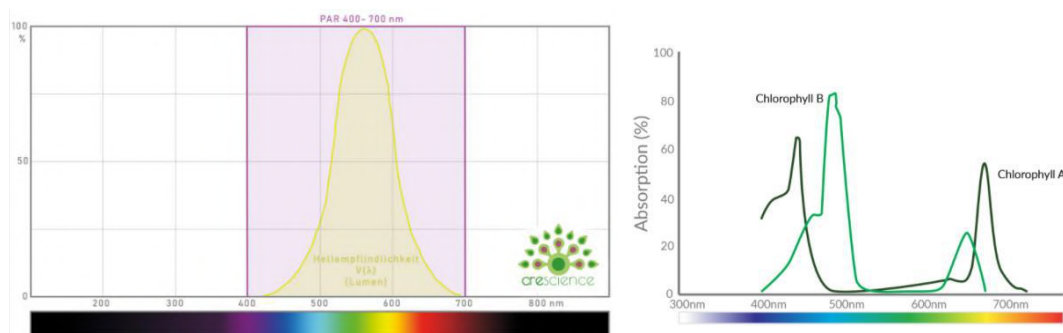


Figura 28 - La fotosintesi e la correlazione con la lunghezza d'onda

A seconda del loro adattamento a differenti intensità di illuminazione, piante diverse (così come foglie presenti in punti diversi della pianta) mostrano curve di assimilazione della CO_2 differenti. Le piante possono tendenzialmente essere suddivise in eliofile (alti valori di

fotosaturazione, migliore efficienza fotosintetica ad irradianze più elevate, minore suscettibilità a danni fotossidativi rispetto alle piante sciafile) o sciafile (bassi valori di fotosaturazione, ma attività fotosintetica elevata a bassa irradianza, migliore efficienza fotosintetica a basse intensità luminosa rispetto alle altre piante). Le piante coltivate sono, in genere, sciafile facoltative.

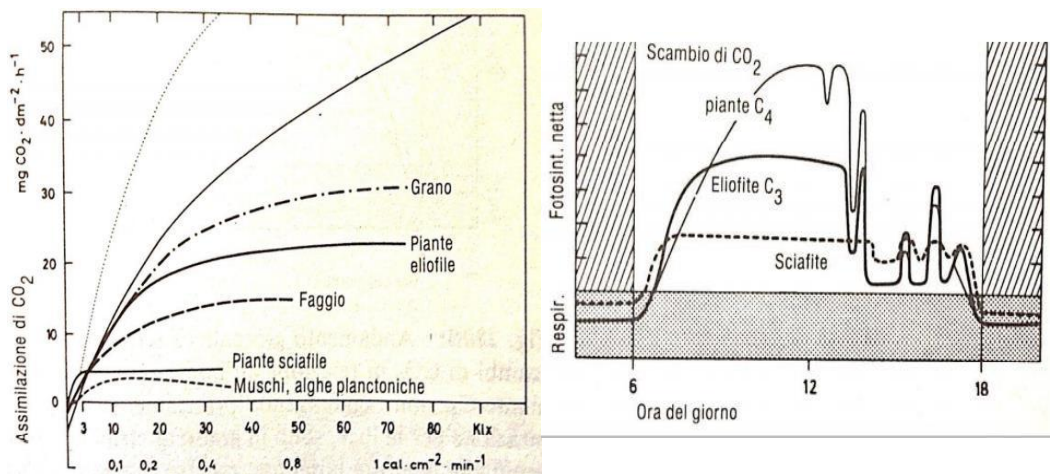


Figura 29 - Piante sciafile, eliofite e a ciclo C4

Oltre che come fonte di energia la luce svolge, per le colture, una importante funzione di informazione per i fenomeni fotomorfogenetici che si verificano nei diversi stadi della crescita della pianta.

Per fotoperiodo si intende il tempo (spesso espresso in ore) di esposizione alla luce delle piante e la sua lunghezza risulta fondamentale per le numerose attività delle piante. Per intensità luminosa si intende la quantità di energia luminosa che raggiunge la coltura. L'intensità di luce si misura come quantità di energia radiante che le colture intercettano ovvero il flusso radiante per unità di superficie, che viene definito irradianza o flusso quantico fotonico e si esprime come $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. In generale, maggiore è l'irradianza migliore è lo sviluppo dei germogli, ma oltre una certa quantità di luce fornita, i germogli subiscono un calo della crescita con chiari segni di senescenza e ingiallimento delle foglie. La soglia limite dipende comunque dal tipo di specie trattata e dallo stadio del ciclo di propagazione. Si suppone che un'irradianza minore sia utile nelle fasi di impianto e moltiplicazione, mentre un'irradianza maggiore sia preferibile per la radicazione della pianta. Per qualità della luce si intende l'effetto della luce sull'accrescimento delle piante, ed è uno degli aspetti meno conosciuti ed i riferimenti bibliografici a riguardo sono scarsi. Per alcune essenze vegetali (canapa, lino, foraggere) aumentando la fittezza (densità di impianto) si ha una riduzione della luminosità; per altre piante come la patata, la bietola, le piante da granella (leguminose) e da frutto, riducendo la densità aumenta la luminosità e, conseguentemente, si favorisce l'accumulo di sostanze di riserva. L'orientamento delle file "nord – sud" favorisce l'illuminazione, così come la giacitura e l'esposizione a sud-ovest. Inoltre, sul sesto di impianto l'aumento della distanza tra le file salendo di latitudine aumenta l'efficienza di intercettazione della luce. Allo stesso modo il controllo della flora infestante riduce sensibilmente la competizione per la luce.

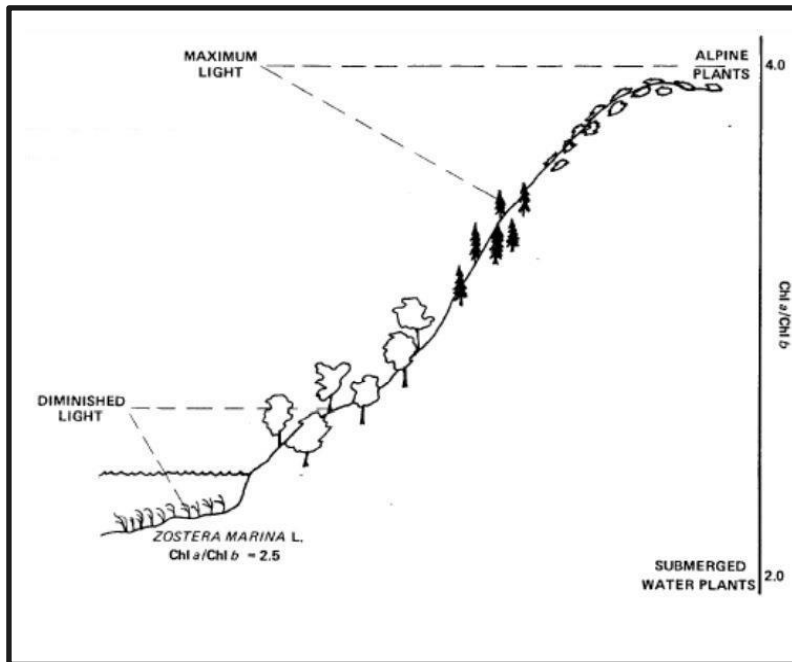


Figura 30 - gli effetti della luce in funzione dell'altimetria

Le piante in relazione alla durata del periodo di illuminazione (fotoperiodo) vengono classificate come segue:

Elenco parziale di piante breviornne, neutrodiurne e longidiurne.

Monocotiledoni	Dicotiledoni
Breviornne	
Riso (<i>Oryza sativa</i>)	Chenopodium (<i>Chenopodium</i> spp.)
	Crisantemo (<i>Chrysanthemum</i> spp.)
	Fragola (<i>Fragaria ananassa</i>)
	Tabacco (<i>Nicotiana tabacum</i>)
Neutrodiurne	
Poa (<i>Poa annua</i>)	Cotone (<i>Gossypium hirsutum</i>)
Mais (<i>Zea mays</i>)	Fagiolo (<i>Phaseolus</i> spp.)
	Fragola (<i>Fragaria ananassa</i>)
	Tabacco (<i>Nicotiana tabacum</i>)
	Patata (<i>Solanum tuberosum</i>)
	Pomodoro (<i>Lycopersicon esculentum</i>)
	Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i>)
Longidiurne	
Agrostide (<i>Agrostis palustris</i>)	Bietola (<i>Beta vulgaris</i>)
Avena (<i>Avena sativa</i>)	Cavolo (<i>Brassica</i> spp.)
Bromo (<i>Bromus inermis</i>)	Senape bianca (<i>Sinapis alba</i>)
Falaride (<i>Phalaris arundinacea</i>)	Spinacio (<i>Spinacia oleracea</i>)
Frumento (<i>Triticum aestivum</i>)	Trifoglio violetto (<i>Trifolium pratense</i>)
Lolium (<i>Lolium</i> spp.)	
Orzo (<i>Hordeum vulgare</i>)	

passano in fase riproduttiva quando il periodo di illuminazione non supera le 12 ore giorno

passano in fase riproduttiva quando il periodo di illuminazione supera le 14 ore giorno

Figura 31 - Le piante in funzione del fotoperiodo

Ogni pianta presenta una caratteristica dipendenza della fotosintesi netta dall'irradianza:

- Inizialmente con l'aumentare dell'irradianza aumenta la velocit  di assimilazione della CO₂. La luce rappresenta il fattore limitante.
- Punto di compensazione della luce: livello di irradianza che comporta una fotosintesi netta nulla, in quanto la quantit  di CO₂ assorbita durante il processo fotosintetico   uguale a quella prodotta con la respirazione.
- Punto di saturazione della luce: l'apparato fotosintetico   saturato dalla luce. Aumentando l'irradianza la velocit  di assimilazione della CO₂ non aumenta. La CO₂ rappresenta il fattore limitante.

Aumentando l'intensit  luminosa, cominciano a manifestarsi i primi segnali di danneggiamento della pianta per esposizione ad un eccesso di irradiazione. La luce porta

al surriscaldamento della pianta, provocando rottura dei pigmenti e danneggiamento dell'apparato fotosintetico.

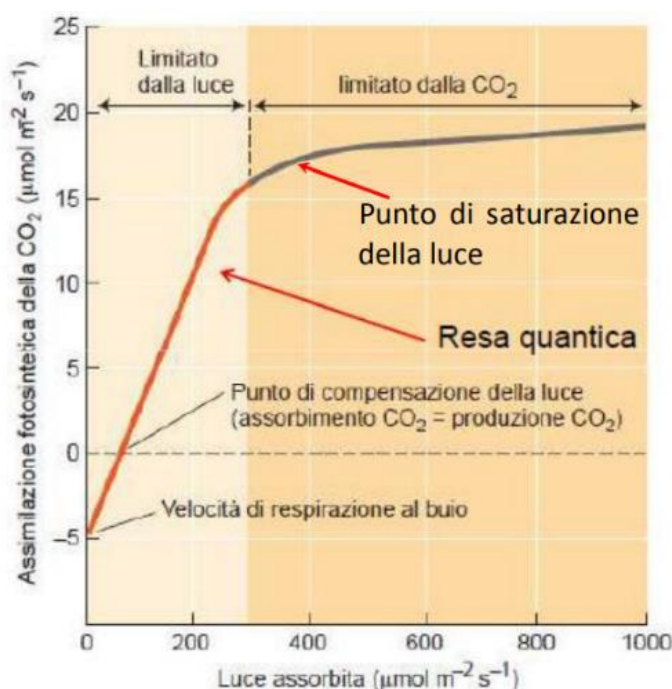


Figura 32 - Assimilazione fotosintetica in funzione della quantità di luce assorbita

Un difetto di illuminazione può essere deleterio per alcune piante mentre per altre no. Sovente le conseguenze di un tale difetto possono essere riassunte come sotto specificato:

- ingiallimento e caduta prematura delle foglie;
- eziolatura (perdita di colore naturale);
- mancata ramificazione;
- disseccamento e caduta dei rami bassi;
- steli esili, poco lignificati o allungati;
- scarsa fertilità (es. mais).

Le piante, e le specie vegetali in generale, hanno una diversa sensibilità alla luce rispetto agli umani e dunque le unità di misura utili in botanica sono ben diverse. Quella più utilizzata per la misurazione della radiazione fotosintetica attiva (PAR) è la densità di flusso fotonico fotosintetico (PPFD).

10.1.1 La radiazione fotosintetica attiva (PAR)

Il PAR indica un intervallo di lunghezza d'onda della luce compreso tra i 400 e 700 nanometri ($0.4 < \text{PAR} < 0.7 \mu\text{m}$ ($\text{PAR medio} = 0.55 \mu\text{m}$)) che corrisponde alla lunghezza d'onda ottimale per la fotosintesi delle piante. Particelle di luce di lunghezze d'onda inferiore conducono troppa energia e possono danneggiare le cellule e i tessuti della pianta, mentre quelle con lunghezza d'onda superiore a 700 non hanno l'energia sufficiente a innescare la fotosintesi.

10.1.2 La fotosintetica photon flux (PPF)

È una misurazione che specifica la quantità totale di luce prodotta dalla sorgente di luce all'interno di ogni secondo; in altre parole, PPF ci dice quanta luce fotosinteticamente attiva

viene emessa dalla sorgente luminosa in un secondo, misurato in $\mu\text{mol/s}$ (micromoli per secondo). È il secondo fattore più importante nel determinare l'efficacia del sistema di illuminazione per le piante.

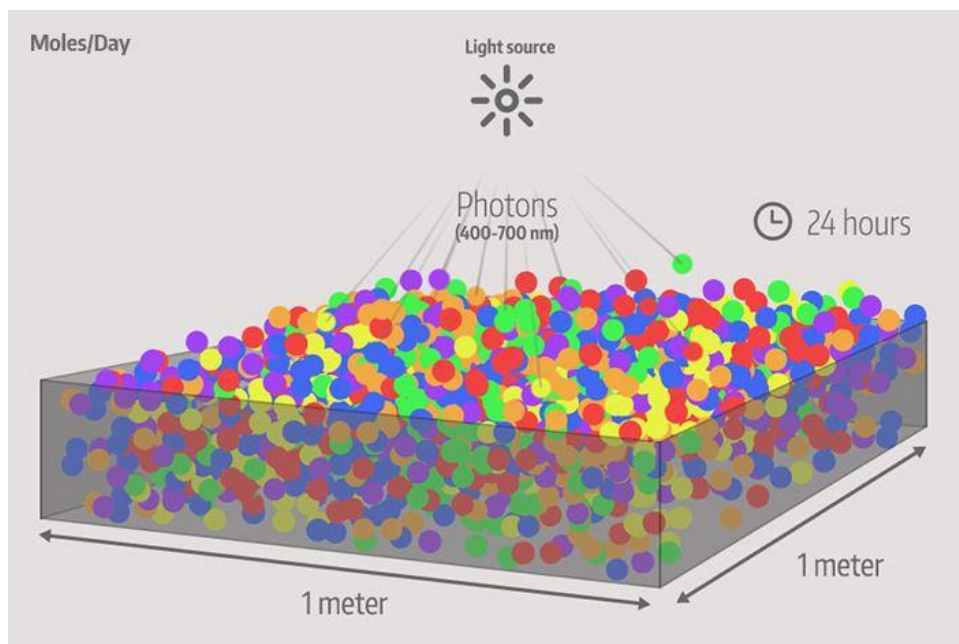


Figura 33 - quantità di moli di luce solare in un giorno su 1 mq di superficie

10.1.3 Densità di flusso fotonico fotosintetico (PPFD)

Rappresenta la quantità di PAR (misurata in micromoli) che illumina una superficie di 1 metro quadrato in un intervallo di 1 secondo. L'energia radiante efficace nel processo fotosintetico può essere espressa in due modi, o in W/m^2 oppure in $\mu\text{mol/m}^2 \text{s}$ (Watt per metro quadro o moli per metro quadro secondo). Per convertire da W/m^2 a $\mu\text{mol/m}^2 \text{s}$ si moltiplica per 4.6.

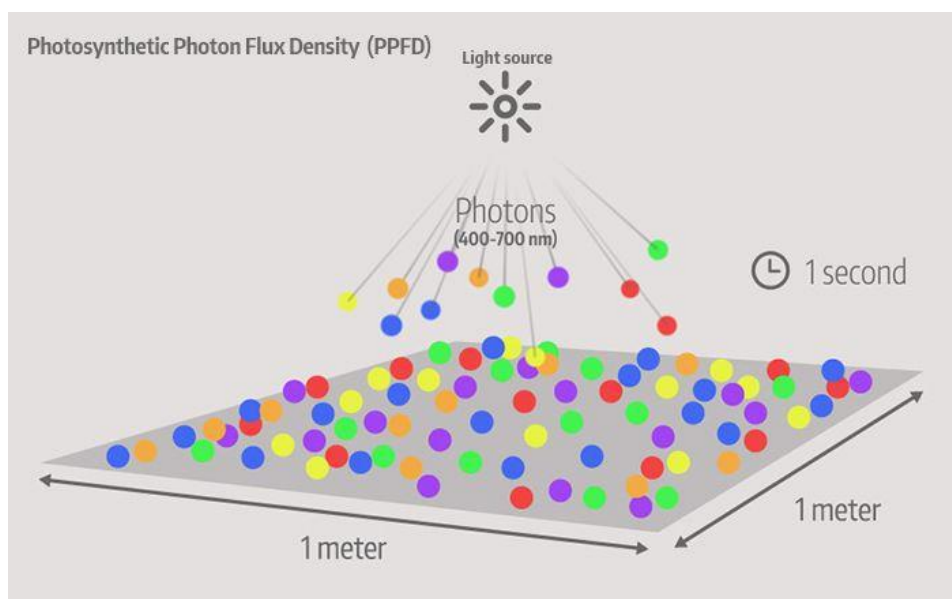


Figura 34 - Densità di flusso fotonico fotosintetico (PPFD) per unità di superficie

Esempio: densità di flusso di PAR = $1000 \text{ W m}^{-2} = 1000 \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2}$

conoscendo le moli di fotoni per joule di energia ($= 4.6 \text{ } \mu\text{mol J}^{-1}$) ho che

PAR (PPFD= Photosynthetically Photon Flux Density, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) =

$$1000 * 4.6 = 4600 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive dei parametri di coltivazione di alcune piante (colture da rinnovo, leguminose e graminacee in particolare), con riferimento al nutrimento, pH, flusso fotonico (PPF), fotoperiodo e temperatura.

PLANT Common Name (Genus species Auth.)	Nut ²	pH ²	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light ¹	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ¹	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ¹	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ¹	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	
Pharbitis <i>Pharbitis nil</i> (L.) Roth	L	N	L	16	25 / 25	M	16	25 / 25	M	8	30 / 30				
Pigeon <i>Amaranthus</i> spp.	M	N	M	>16	25 / 20	M	>16	25 / 20	M	8	25 / 20				
Poinsettia <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch	H	N	L	>14	25 / 20	M	>14	25 / 20	M	10	25 / 18				5-cm cuttings with 2500 ppm IBA.
Potato, Sweet <i>Solanum tuberosum</i> L.	M	N	M	12-20	25 / 25	L	<14	25 / 25	M	>14	25 / 25	M	>14	25 / 25	Requirements are for storage root formation. Higher N levels favor vegetative growth; requires high K.
Potato, White <i>Solanum tuberosum</i> L.	M	N	M	12-20	23 / 18	M	12-20	23 / 18	M	12-20	23 / 18	M	12-20	23 / 18	Requirements are for tuberization. Long days with low PPF delays tuberization. pH<5.0.
Rice <i>Oryza sativa</i> L.	M	N	M	12-20	30 / 20	>M	12-20	30 / 20	>M	12-20	30 / 20	>M	12	30 / 20	Short day crop; critical daylength for flowering varies with cultivar.
Rose <i>Rosa mult. flora</i> Thunb.	H	N	L	12	23 / 23	M	12	23 / 18	M	12	23 / 18				5-cm cuttings with 2500 ppm IBA.
Ryegrass <i>Lolium multiflorum</i> Lam.	M	N	M	12-20	23 / 18	M	12-20	20 / 15	M	16	23 / 18				
Salvia <i>Salvia splendens</i> Sellow ex Schultes	L	N	M	24	23 / 23	M	12	25 / 20	M	12	25 / 20				
Scrophularia <i>Scrophularia marilandica</i> L.	L	N	L	8	20 / 13	M	8	20 / 20	M	16	20 / 20				

² Nutrition
L = Low (50 ppm N)
M = Medium (100 ppm N)
H = High (200 ppm N)

² pH
N = Normal 5.5 - 6.5
L = Low 4.5 - 5.5

¹ Light: Photosynthetic Photon Flux (PPF)
D = Dark No light
V = Very Low 50 - 150 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
L = Low 150 - 250 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
M = Medium 250 - 450 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
H = High 450 - 700 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

PLANT Common Name (Genus species Auth.)	Nut ²	pH ²	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light ¹	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ¹	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ¹	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ¹	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	
Geranium <i>Pelargonium</i> spp.	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20				
Gerbera (Transvaal Daisy) <i>Gerbera jamesonii</i> Bolus ex Hook f.	H	N	L	>12	25 / 20	M	>12	25 / 18	M	>12	25 / 18				Seeds should not dry out.
Gloxinia <i>Stimulia speciosa</i> (Lodd.) Hiem	M	N	L	>12	20 / 20	M	>12	25 / 20	M	>12	25 / 20				Seeds uncovered on top of media.
Grape <i>Vitis</i> spp.	M	N	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	Break bud dormancy: 750 to 3000 hrs at 4 C.
Henbane <i>Hyoscyamus niger</i> L.	L	N	M	8	25 / 25	M	8	23 / 23	M	16	23 / 20				
Hydrangea <i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser.	M	L,N	M	>14	23 / 23	M	>14	25 / 18	M	<14	25 / 15				5-cm cuttings with 2500 ppm IBA. Blue: pH<5.5, Pink: pH>5.5. 3 C for 6 wks required for flower development after initiation.
Kalanchoe <i>Kalanchoe blossfeldiana</i> Poechl.	H	N	M	>14	23 / 23	M	>14	23 / 20	M	10	23 / 10				Seed or 5-7 cm cuttings.
Lambquarters <i>Chenopodium album</i> L.	M	N	M	>14	25 / 20	M	>14	25 / 20	M	<12	25 / 20	M	<12	25 / 20	
Lettuce <i>Lactuca sativa</i> L.	M	N	L-M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	Tip burn at high light, and high RH. 17 mol m ⁻² day ⁻¹ of PPF suggested.
Utricle (Gayfeather) <i>Utricle</i> spp.	H	N	L	>12	23 / 23	M	>12 Forcing	25 / 15	M	>12	25 / 15				Seed or division of corolla. 2 C for 5 wks before forcing period.

² Nutrition
L = Low (50 ppm N)
M = Medium (100 ppm N)
H = High (200 ppm N)

² pH
N = Normal 5.5 - 6.5
L = Low 4.5 - 5.5

¹ Light: Photosynthetic Photon Flux (PPF)
D = Dark No light
V = Very Low 50 - 150 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
L = Low 150 - 250 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
M = Medium 250 - 450 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
H = High 450 - 700 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

PLANT Common Name (Genus species Auth.)	Nut. ²	pH ³	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	
Marigold <i>Tagetes erecta</i> L.	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20				
Oats <i>Avena sativa</i> L.	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	16-24	25 / 20	M	12-20		
Olive <i>Olea europaea</i> L.	M	N				H	14	23 / 18	H	12-20	12 / 12	H	12-20	23 / 18	Flower bud initiation: 750 to 2500 hrs at 12 C during early spring.
Pea <i>Pisum sativum</i> L.	M	N	M	12-20	23 / 23	M	12-20	23 / 23	M	12-20	20 / 15	M	12-20	23 / 18	Desirable at anthesis to reduce maximum temperature to 22C.
Peach <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	M	N				H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	Break bud dormancy; 250 to 2000 hrs at 4 C
Peanut <i>Arachis hypogaea</i> L.	M	N	D	N/A	25 / 25	M	12-20	25 / 25	>M	12-20	30 / 23	>M	12-20	30 / 23	Plants flower under most photoperiods. Short days may increase harvest index.
Pear <i>Pyrus communis</i> L.	M	N				H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	Break bud dormancy; 750 to 2500 hrs at 4 C
Pepper <i>Capiscum annum</i> (L.) var. annum	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	
Perilla <i>Perilla frutescens</i> (L.) Benth	L	N	M	16	25 / 25	M	16	20 / 20	M	8	20 / 20	M	8	20 / 20	
Petunia <i>Petunia x hybrida</i> Vilm.	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	16-20	25 / 20				

² Nutrition
L = Low (50 ppm N)
M = Medium (100 ppm N)
H = High (200 ppm N)

³ pH
N = Normal 5.5 - 6.5
L = Low 4.5 - 5.5

⁴ Light: Photosynthetic Photon Flux (PPF)
D = Dark No light
V = Very Low 50 - 150 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
L = Low 150 - 250 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
M = Medium 250 - 450 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
H = High 450 - 700 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

PLANT Common Name (Genus species Auth.)	Nut. ²	pH ³	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	
Bean <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	M	N	M	12-20	22 / 22	M	12-20	22 / 22	M	12-20	22 / 18	M	12-20	25 / 20	Low night temperature for pollination and fruit set.
Blueberry, Highbush <i>Vaccinium corymbosum</i> L.	M	L				H	14	25 / 20	H	12-20	20 / 15	H	12-20	20 / 13	Break bud dormancy: 800 to 2500 hrs at 7.5 C. Initiate flower buds; < 12 hr photo period in fall for 50 days.
Blueberry, Rabbit-eye <i>Vaccinium ashei</i> Reade	L	L	H	12-20	25 / 20	H	14	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	Break bud dormancy: 300 to 800 hrs at 7 C. Flower bud initiation: < 12 hr photo period for 50 days in late fall.
Bramble <i>Rubus</i> spp.	L	N				M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12	25 / 20	Break bud dormancy: 750 to 2000 hrs at 4 C.
Cabbage <i>Brassica oleracea</i> var. capitata L.	M	N	M	12-20	25 / 25	M	12-14	20 / 15	H	12-14	8 / 8	M	12-20	20 / 15	
Cactus, Thanksgiving <i>Schlumbergera truncata</i> (Haw.) Moran	M	N	M	>14	23 / 23	M	>14	25 / 18	M	<12	20 / 18				Commonly termed Christmas cactus. Single stem section cuttings.
Calceolaria (Pocketbook Plant) <i>Calceolaria hercynica</i> Voss	M	N	L	12	20 / 20	M	>18	20 / 15	M	<8 >18	20 / 15 20 / 15				Two pre-anthesis stages: 6 wks short day and cool; 4-5 wks long day.
Carnation <i>Dianthus caryophyllus</i> L.	H	N	L	>12	20 / 15	M	<12	20 / 15	M	>12	18 / 13				4 wks long day initiates buds.
Cherry <i>Prunus</i> spp.	M	N				H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	Break bud dormancy: 750 to 2000 hrs at 4 C.
Chrysanthemum <i>Dendranthema grandiflorum</i> (Ramat.) Kilam	H	N	L	16	23 / 23	M	16	25 / 18	M	10	25 / 15				5 cm cuttings with 2500 ppm IBA.

² Nutrition
L = Low (50 ppm N)
M = Medium (100 ppm N)
H = High (200 ppm N)

³ pH
N = Normal 5.5 - 6.5
L = Low 4.5 - 5.5

⁴ Light: Photosynthetic Photon Flux (PPF)
D = Dark No light
V = Very Low 50 - 150 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
L = Low 150 - 250 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
M = Medium 250 - 450 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
H = High 450 - 700 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

11 COLTIVAZIONE LEGUMINICOLA

Le leguminose rappresentano classiche colture da pieno campo in asciutto che in passato trovavano spazio in campagna come alternativa ai cereali solo ed esclusivamente se legati all'alimentazione del bestiame. Oggi, in concomitanza di una sempre crescente richiesta di proteine, legata in maniera forte ad un aumento della popolazione mondiale, si rafforza l'idea di dover reperire nuove fonti alimentari per sfamare il pianeta. Nella gestione di aree agricole, oggi, l'impronta delle leguminose non solo soddisfa la richiesta di proteine in alternativa a quelle animali ma determina un miglioramento sostanziale anche dei suoli agrari per la loro innata capacità miglioratrice.

11.1 Quadro generale

I legumi sono da sempre al centro della tradizione contadina, rivestendo un ruolo fondamentale dal punto di vista alimentare, sia umano che zootecnico. E lo sono ancora di più oggi, visto che il consumo eccessivo di carne e derivati è messo molto in discussione. I legumi, infatti, sono un ottimo sostituto della carne, grazie al loro elevato apporto di proteine. Negli ultimi 15 anni il tasso di crescita della produzione di legumi non ha saputo tenere il passo della relativa crescita della popolazione: infatti, secondo la FAO, tra il 2000 e il 2014 la popolazione mondiale è aumentata del 19% mentre la disponibilità di legumi pro-capite è cresciuta solo di 1,6 kg all'anno (M. Cappellini, *IlSole24Ore*, 2018). L'Europa, in questo contesto di cambiamento, è troppo dipendente dalle importazioni di legumi dal resto del mondo, sia quelli destinati all'alimentazione umana sia quelli per i mangimi animali, ed è quindi necessario aumentarne la produzione interna per venire incontro alle esigenze dei consumatori di avere un cibo più sostenibile e più salutare. In Europa la classifica dei produttori di legumi vede al primo posto la Francia, con 788.000 tonnellate all'anno. Ma non rappresenta che l'1% delle produzioni mondiali di legumi; al primo posto, nel mondo, c'è l'India, dove viene coltivato oltre il 17% di tutti i legumi. Al secondo posto si trova il Canada che negli ultimi anni, ha lanciato il suo piano per lo sviluppo delle proteine vegetali.

	FAGIOLI SECCHI		PISELLI SECCHI		LENTICCHIE		CECI		ALTRI LEGUMI		TOTALE	
	beans dry		peas dry		lentils		chickpeas		Pulses, nes			
	Tonn.	%	Tonn.	%	Tonn.	%	Tonn.	%	Tonn.	%	Tonn.	%
AUSTRIA	-	-	17.435	1,3	-	-	-	-	7.643	1,0	25.078	1,0
BELGIO	800	0,3	1.330	0,1	-	-	-	-	-	-	2.130	0,1
BULGARIA	954	0,4	1.531	0,1	220	0,3	633	1,4	190	0,0	3.528	0,1
CROAZIA	1.329	0,6	579	0,0	83	0,1	-	-	-	-	1.991	0,1
CIPRO	194	0,1	133	0,0	11	0,0	93	0,2	-	-	431	0,0
R.CECA	-	-	42.748	3,1	-	-	-	-	11.049	1,5	53.797	2,2
DANIMARCA	-	-	17.000	1,2	-	-	-	-	16.200	2,2	33.200	1,4
ESTONIA	532	0,2	34.183	2,5	-	-	-	-	-	-	34.715	1,4
FRANCIA	7.500	3,3	512.094	37,1	23.000	31,1	-	-	6.000	0,8	548.594	22,3
GERMANIA	-	-	155.300	11,3	-	-	-	-	8.050	1,1	163.350	6,6
GRECIA	21.510	9,3	690	0,1	7.750	10,5	3.570	7,9	3.130	0,4	36.650	1,5
UNGHERIA	1.530	0,7	46.190	3,3	1	0,0	90	0,2	2.100	0,3	49.911	2,0
IRLANDA	17.600	7,6	3.000	0,2	-	-	-	-	-	-	20.600	0,8
ITALIA	11.049	4,8	23.044	1,7	1.873	2,5	13.072	28,8	4.610	0,6	53.648	2,2
LETTONIA	23.600	10,2	8.900	0,6	-	-	-	-	50	0,0	32.550	1,3
LITUANIA	62.500	27,1	101.100	7,3	-	-	-	-	29.900	4,1	193.500	7,9
LUSSEMBURGO	300	0,1	750	0,1	-	-	-	-	32	0,0	1.082	0,0
MALTA	370	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	370	0,0
PAESI BASSI	5.760	2,5	3.710	0,3	-	-	-	-	-	-	9.470	0,4
POLONIA	38.042	16,5	44.421	3,2	-	-	-	-	309.086	42,4	391.549	15,9
PORTOGALLO	2.350	1,0	-	-	-	-	530	1,2	-	-	2.880	0,1
ROMANIA	19.748	8,6	50.838	3,7	-	-	179	0,4	598	0,1	71.363	2,9
SLOVACCHIA	115	0,0	12.074	0,9	57	0,1	240	0,5	1.278	0,2	13.764	0,6
SLOVENIA	761	0,3	542	0,0	-	-	-	-	213	0,0	1.516	0,1
SPAGNA	13.100	5,7	113.500	8,2	41.000	55,4	27.000	59,5	41.000	5,6	235.600	9,6
SVEZIA	940	0,4	46.500	3,4	-	-	-	-	-	-	47.440	1,9
FINLANDIA	-	-	14.200	1,0	-	-	-	-	-	-	14.200	0,6
REGNO UNITO	-	-	128.000	9,3	-	-	-	-	287.530	39,5	415.530	16,9
TOT. UE a 28	230.584	100	1.379.792	100	73.995	100	45.407	100	728.659	100	2.458.347	100

Figura 35 produzione di legumi secchi in UE – anno 2014, dati FAO

In Italia, nell'ultimo trentennio, le leguminose da granella hanno subito una forte diminuzione, di eccezionale gravità, considerato che non disponiamo di fonti proteiche, animali vivi e carni macellate, così come di granella di proteaginose e relativi derivati per l'alimentazione sia degli uomini che degli animali. La produzione di legumi secchi (fagioli, lenticchie, ceci, piselli, fave) nel nostro Paese ha conosciuto una drastica diminuzione a

partire dagli anni '60, passando da un quantitativo complessivo di 640.000 tonnellate al picco negativo di 135.000 tonnellate (-81%) raggiunto negli anni 2010-15. Oggi per fortuna l'Italia ha cominciato ad invertire la curva, parallelamente alle scelte alimentari che hanno sempre più premiato il consumo dei legumi. In particolare, si sono registrati buoni trend di crescita nella produzione nazionale di ceci e lenticchie: complessivamente oggi l'Italia, con circa 200.000 tonnellate, si colloca all'ottavo posto in Europa per la produzione di legumi secchi (report sui legumi e sulle colture proteiche nei mercati mondiali, europei e italiani realizzato dall'istituto di ricerca Areté per conto dell'Alleanza Cooperative Agroalimentari). Dalla relazione emerge come il lungo trend negativo della produzione registrato in Italia negli ultimi decenni abbia avuto dirette conseguenze sugli scambi commerciali da e verso il nostro Paese, accentuando la posizione di importatore netto dell'Italia, da 4.500 tonnellate di legumi nel 1960 a circa 360.000 nel 2017. L'Italia dipende quindi fortemente dalle importazioni di tutti i legumi per soddisfare la propria domanda. Lo attestano con grande evidenza questi dati: nel 2017 il rapporto import / consumo presunto è stato del 98% per le lenticchie, del 95% per i fagioli, del 71% per i piselli, del 59% per i ceci. Rispetto alla media europea, nell'anno 2016 (ultimi dati disponibili per la UE), l'Italia ha importato il 65% del suo consumo, contro il 33% della Ue. I nuovi dati pubblicati dall'ISMEA (2016) riguardo alla produzione e al consumo in Italia evidenziano una certa crescita. Le motivazioni sono imputabili ad una riscoperta di queste proteine vegetali che ben rispondono ai nuovi stili alimentari che vanno sempre più diffondendosi (vegetariani e vegani nella fattispecie). La produzione nazionale è localizzata per il 63% in Sicilia, Abruzzo, Toscana, Marche e Puglia. Dai dati ISTAT emerge che la superficie rilevata nel 2011 era di 64.468 ettari, con una produzione di 1.343.165 quintali.



Figura 36 - i legumi in Italia

In Puglia la situazione legumicola è molto variegata. Sono state impiegate da sempre in agricoltura con il solo scopo di fornire una alimentazione al bestiame ma negli ultimi anni stanno assumendo un ruolo fondamentale non solo nella rotazione in campo con i cereali ma anche perché si riconoscono ai legumi tutte le proprietà sopra menzionate, non ultima quella di costituire un pilastro fondamentale della dieta mediterranea. I legumi maggiormente coltivati sono le fave, i ceci, le lenticchie, i piselli e i lupini. Vengono coltivate sia varietà che abbiamo importato da altri paesi che ecotipi locali che manteniamo attraverso un processo di moltiplicazione "in campo". Tali ecotipi locali costituiscono delle vere e proprie nicchie ecologiche e sono rappresentativi di un determinato territorio. Le coltivazioni sono distribuite su tutto il territorio regionale: sono varietà sia ad uso estensivo da pieno campo che da uso intensivo con cultivar ed ecotipi rampicanti. Le produzioni sono variabili da zona a zona ma garantiscono, sempre e comunque, un livello qualitativo eccellente. Il problema principale riguarda la produzione in quanto le superfici investite a legumi, seppur in crescita rispetto al trend degli ultimi anni, riescono a coprire solo parte della richiesta interna.

11.2 Aspetti culturali

Il ruolo di primo piano di legumi è dovuto sostanzialmente alle loro peculiarità agronomiche e alla relativa facilità d'impianto. L'esiguo fabbisogno irriguo rende la coltivazione dei legumi una scelta oculata e intelligente in zone aride e in regioni a rischio siccità. I legumi non si limitano soltanto ad apportare benefici alla salute umana, ma migliorano anche le condizioni di vita del suolo e i residui dei raccolti delle leguminose possono essere utilizzati come foraggio per i animali. Le leguminose possono ospitare, in maniera simbiotica, nel proprio apparato radicale alcuni tipi di batteri del genere *Rhizobium*: questi hanno la capacità di fissare l'azoto atmosferico ossia di prendere quel 78% di azoto presente nella nostra atmosfera e trasformarlo in una forma che sia assimilabile dalla pianta. Questi batteri vivono in simbiosi con le leguminose e sono in grado di assorbire e convertire l'azoto atmosferico in composti azotati, riducendo le emissioni di CO₂ che possono essere utilizzati dalle piante e contemporaneamente migliorare la fertilità del suolo. I rizobi, però, non arricchiscono solo le piante ma anche il terreno stesso: in agricoltura i legumi sono definiti colture di arricchimento, generalmente da alternare ai cereali che invece sono definiti depauperanti. I legumi riescono a fissare tra 72 e 350 kg di azoto per ettaro/anno. Inoltre, contribuiscono a migliorare adesso tessitura del terreno e nei sistemi di coltivazione "consociati" possono ridurre l'erosione del suolo e contribuire a controllare infestazioni e malattie; inoltre, riducono l'utilizzo di pesticidi chimici in agricoltura migliorando la fertilità del suolo e favorendo anche la biodiversità.

11.3 Le principali essenze leguminose da granella

Le principali essenze coltivate sono fagioli, lenticchie, ceci, piselli, fave (anche lupini e cicerchia in minima parte). Di seguito si riporta una panoramica e le principali caratteristiche delle leguminose da granella che interessano la Sicilia e che possono essere impiegate nelle interfile dell'area di progetto.

11.3.1 La fava

La fava si coltiva per la sua granella che, secca o fresca, trova impiego come alimento per l'uomo e per gli animali. La pianta è coltivata per foraggio (erbaio) e anche per sovescio. Nei tempi recenti il consumo dei semi secchi si è ridotto, mentre ampia diffusione ha ancora nell'alimentazione umana l'uso della granella immatura fresca o conservata inscatolata o surgelata. La fava è una leguminosa appartenente alla tribù delle Viciae; il suo nome botanico è *Vicia faba* (o anche *Faba vulgaris*). Nell'ambito della specie tre varietà botaniche sono distinguibili in base alla dimensione dei semi:

- *Vicia faba maior*, fava grossa, che produce semi appiattiti e grossi (1.000 semi pesano da 1.000 a 2.500 g), impiegati per l'alimentazione umana;
- *Vicia faba minor*, favino o fava piccola, i cui semi sono rotondeggianti e relativamente piccoli (1.000 semi pesano meno di 700 g) e s'impiegano per seminare erbai e sovesci (poiché fanno risparmiare seme, rispetto alle altre varietà) e anche come concentrati nell'alimentazione del bestiame. Il seme viene anche sottoposto ad un processo di "decorticazione" che consente di eliminare il tegumento esterno e rendere il prodotto secco impiegabile per l'uso alimentare.
- *Vicia faba equina*, favetta o fava cavallina, provvista di semi appiattiti di media grandezza (1.000 semi pesano da 700 a 1000 g) che s'impiegano per l'alimentazione del bestiame e, oggi, anche dell'uomo come granella fresca inscatolata o surgelata.

La fava è una pianta annuale, a rapido sviluppo, a portamento eretto, glabra, di colore grigioverde, a sviluppo indeterminato. La radice è fittonante, ricca di tubercoli voluminosi. Gli steli eretti, fistolosi, quadrangolari, alti fino a 1,50 m (media 0,80-1,00 m) non sono ramificati, ma talora si può avere un limitatissimo accostamento con steli secondari sorgenti alla base di quello principale. Le foglie sono alterne, paripennate, composte da due o tre

paia di foglioline sessili ellittiche intere, con la fogliolina terminale trasformata in un'appendice poco appariscente ma riconducibile al cirro che caratterizza le foglie delle Viciaeae. I fiori si formano in numero da 1 a 6 su un breve racemo che nasce all'ascella delle foglie mediane e superiori dello stelo. I fiori sono quasi sessili, piuttosto appariscenti (lunghezza 25 mm), la corolla ha petali bianchi e talora violacei e, quasi sempre, con caratteristica macchia scura sulle ali.



Figura 37 - la pianta della Fava e il baccello

Grazie al fatto che è una leguminosa, che è sarchiata e che libera il terreno assai presto da consentire un'ottima preparazione per il frumento, la fava è una coltura miglioratrice eccellente che costituisce un'ottima precessione per i cereali; il suo posto nella rotazione è quindi tra due cereali. Si può considerare che il cereale che segue la fava trovi un residuo di azoto, apportato dalla leguminosa, dell'ordine di 40-50 Kg/ha. In buone condizioni di coltura, dopo aver raccolto la granella, la fava lascia una quantità di residui dell'ordine di 4-5 t/ha di sostanza secca. La preparazione razionale del suolo consiste in un'aratura profonda (0,4-0,5 m) che favorisca l'approfondimento delle radici e quindi l'esplorazione e lo sfruttamento delle risorse idriche e nutritive più profonde. Non è necessario preparare un letto di semina molto raffinato: la notevole mole dei semi fa sì che il contatto col terreno sia assicurato anche se persiste una certa collosità. La concimazione minerale della fava va basata principalmente sul fosforo, dato che come tutte le leguminose essa è particolarmente sensibile e reattiva a questo elemento: 60-80 Kg/ha di P₂O₅ sono la dose da apportare. Il potassio generalmente abbonda nei terreni argillosi dove la fava dovrebbe trovare la sua sede. Per quanto riguarda l'azoto la fava è di fatto autosufficiente, grazie alla simbiosi con il *Bacillus radicicola*, per cui la concimazione azotata non è necessaria. La semina autunnale va fatta in modo che le piantine abbiano raggiunto lo stadio di 3-5 foglie prima dell'arrivo dei freddi (seconda decade di novembre). La quantità di seme deve essere tale da assicurare 12-15 piante per mq nel caso di fava grossa, 25-35 nel caso di favette e di 40-60 nel caso di favino. Le quantità di seme vanno calcolate in base al peso medio dei semi: in genere oscillano sui 200-300 Kg/ha o più. La semina si fa in genere con le seminatrici universali a file distanti 0,50 m nel caso di fava e favetta, di 0,35-0,40 m nel

caso del favino. La semina deve essere piuttosto profonda: 60-80 mm nel caso di fava grossa, 40-50 mm nel caso di favetta e di favino. Nella coltura da pieno campo la semina fitta determina l'innalzamento dell'inserzione dei baccelli più bassi, il che è vantaggioso per la mietitrebbiatura che in tal modo dà luogo a minor perdite di granella. Tra le cure colturali che (non sempre) si fanno fa ricorso a sarchiature, a leggere rincalzature e a cimature. La raccolta dei semi "secchi" si fa quando la pianta è completamente secca. La fava grossa non si riesce a raccogliere con mietitrebbiatrici, se non con pessimi risultati qualitativi (rottura dei semi). Solo il favino si raccoglie abbastanza facilmente mediante mietitrebbiatrice opportunamente regolata. L'epoca di raccolta si fa risalire mediamente a metà di giugno. La produzione di semi freschi per l'industria è considerata buona quando giunge a 5-6 t/ha.

11.3.2 Cece

Il cece (*Cicer arietinum*) è una pianta assai rustica, adatta al clima caldo-arido, perché resiste assai bene alla siccità mentre non tollera l'umidità eccessiva; ha bisogno di poche cure per crescere e fruttificare, richiede un terreno povero, sopporta la siccità e anche un moderato livello di petrosità, mal tollera i ristagni idrici. Negli ambienti semi-aridi ai quali il cece si dimostra adatto esso si avvicenda con il cereale autunnale (frumento, orzo) del quale costituisce una buona precessione, anche se il suo potere miglioratore non è pari a quello della fava o del pisello. Possiede un apparato radicale molto profondo che può spingersi anche oltre il metro di profondità e pertanto il terreno destinato al cece va lavorato profondamente, in modo da consentire il massimo approfondimento radicale, e andrà affinato durante l'autunno e l'inverno. La semina si effettua in autunno con inverni miti e il seme germina facilmente a 10°C (temperatura del suolo) e la germinazione è ipogea e le plantule non hanno particolari difficoltà ad emergere dal terreno. Il cece si semina a file distanti 0,35-0,40 m, a una profondità di 4-6 cm, mirando a realizzare un popolamento di 25-30 piante a metro quadrato; secondo la grossezza del seme sono necessarie, ovviamente, quantità di seme diverse. La pianta è alta circa 50 cm e produce dei baccelli corti che contengono uno o due ceci. Il cece è una pianta a sviluppo indeterminato, che incomincia a fiorire a partire dai nodi bassi e la cui fioritura prosegue per alcune settimane. Ha una fioritura e una maturazione scalare per cui ad un certo punto sulla pianta si avranno fiori e semi allo stesso tempo. A distanza di 4 o 6 mesi dalla semina, in genere verso giugno o luglio, quando le piante saranno ingiallite e i baccelli saranno secchi, inizierà la raccolta.

La recente disponibilità di cultivar selezionate per resistenza al freddo rende oggi possibile anticipare la semina all'autunno (ottobre-novembre), con notevoli vantaggi in termini di resa. La semina può farsi con le seminatrici da frumento o con seminatrici di precisione. La profondità di semina idonea corrisponde a 50-70 mm e il seme va conciato accuratamente per prevenire attacchi di crittogame sulle plantule. La concimazione deve essere mirata soprattutto a non far mancare alla coltura il fosforo (e il potassio se carente); per l'azoto la nodulazione, se regolare come quasi sempre accade, assicura il soddisfacimento del fabbisogno. Poiché il prelevamento di fosforo è molto limitato, anche la relativa concimazione può essere limitata a 40-60 Kg/ha di P₂O₅. In terreni estremamente magri o poco favorevoli all'azotofissazione, una concimazione azotata con 20-30 Kg/ha di azoto può risultare vantaggiosa. Di norma il cece non richiede cure colturali particolari, solo in certi casi è usanza praticare una leggera rincalzatura.

Una buona coltura di cece può produrre oltre 3 t/ha di granella, ma in genere le rese sono molto più basse. Con la semina autunnale e una buona tecnica colturale sono oggi realizzabili rese dell'ordine di 4 t/ha, quanto meno negli ambienti più favorevoli a questa coltura.



Figura 38 - I ceci, coltura in pieno campo e particolari della pianta

11.3.3 La lenticchia

La lenticchia è una delle più antiche piante alimentari che l'uomo ha conosciuto, originatasi nella regione medio orientale della "Mezzaluna fertile" (Siria e Iraq settentrionale), agli albori della civiltà agricola, e diffusasi poi in tutto il mondo. Si coltivano a lenticchia nel mondo 3,2 milioni di ettari, con una produzione di 3 milioni di tonnellate, corrispondente a una resa media di 900 Kg/ha. L'Italia è un modestissimo produttore con meno di 1.000 ettari coltivati a lenticchia. I semi secchi di lenticchia costituiscono un ottimo alimento per l'uomo, ricco di sali minerali e proteine (23-24%) di buona qualità. La lenticchia (*Lens culinaris*), è una pianta annuale, bassa (0,25-0,40 m di altezza), ramificata, gracile, semiprostrata. La radice è fittonante ma la profondità raggiungibile dal fittone non è grande: 0,35-0,40 m al massimo. Sulle radici si sviluppano numerosi tubercoli radicali, piccoli e allungati. Le foglie sono alterne, pennate, composte da 1 fino a 8 paia di foglioline, terminanti con un cirro semplice. I fiori sono piccoli, bianchi o con venature rosate o celeste pallido sullo stendardo, portati in numero da 1 a 4 su infiorescenze ascellari. La lenticchia è pianta a sviluppo indeterminato e può presentare legumi quasi maturi sui nodi bassi e fiori su quelli più alti. La fecondazione è di norma autogama. La lenticchia è coltura diffusa nelle aree svantaggiate a clima temperato semiarido dove, grazie alla brevità del ciclo biologico e al ciclo autunno-primaverile, nonostante la siccità ricorrente riesce a dare produzioni soddisfacenti, anche se modeste, di una granella di alto valore alimentare e di residui pagliosi di alto valore foraggero. Per quanto riguarda il terreno la lenticchia manifesta una grande adattabilità anche a terre di fertilità media e bassa, di tessitura da argillosa a limo-sabbiosa, pur se ricchi di scheletro, di reazione da sub-acida a sub-alcalina.

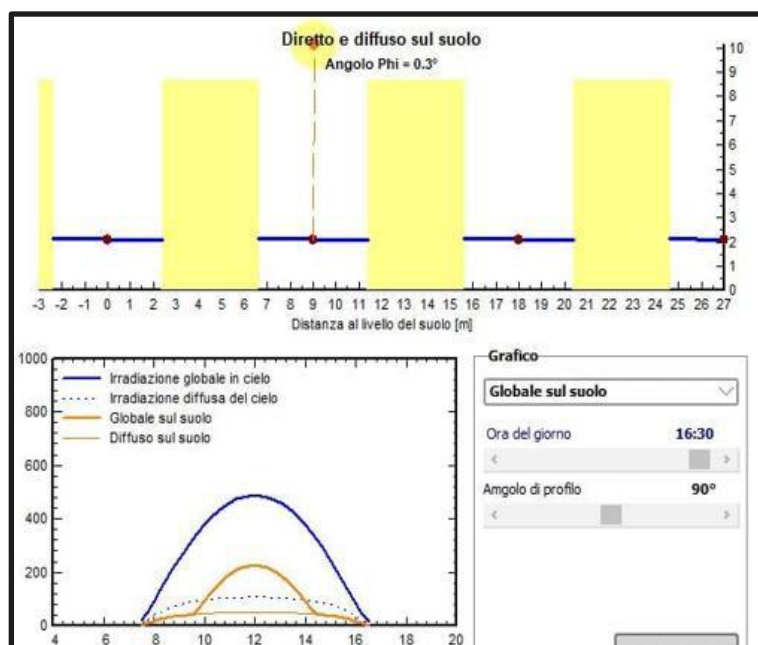
Nelle aree a clima semi-arido (tra 250-350 mm di piogge all'anno) dove la lenticchia è prevalentemente diffusa, essa entra in avvicendamento con il cereale autunnale (frumento od orzo), costituendo un'ottima coltura da far precedere al cereale. La preparazione del terreno va fatta accuratamente arando per tempo, subito dopo aver raccolto il cereale. Seguono lavori di affinamento per preparare il letto di semina in autunno nel caso di semina autunnale, in autunno e in inverno nel caso di semina primaverile. La più razionale tecnica di semina consiste nell'impiegare 300-400 semi germinabili a metro quadrato, seminati a file a 0,15-0,25 m alla profondità di 40-60 mm secondo la grossezza del seme (più questo è grosso, più in profondità può essere seminato). Il seme va conciato per proteggerlo dai marciumi delle plantule. Le quantità di seme necessarie e sufficienti vanno da 60-80 Kg/ha per le lenticchie a seme piccolo a 120-160 Kg/ha per quelle a seme grosso. Per la semina si impiegano le comuni seminatrici da frumento. La concimazione della lenticchia va fatta con 30 Kg/ha di P₂O₅ e in terreni poveri di potassio con 50-80 Kg/ha di K₂O. L'azoto non è necessario. Le erbe infestanti costituiscono un serio problema per la lenticchia che nella fase iniziale del ciclo cresce lentamente e risulta dotata di scarso potere soffocante. Sarchiature a macchina non si possono fare date le file strette, per cui la scerbatura a mano è stata ed è tuttora il più usato sistema di controllo delle malerbe anche se improponibile su ampie superfici di coltivazione. Buoni risultati si ottengono con il diserbo in pre-emergenza o in post-emergenza (se non interdetto dai vari disciplinari di produzione). La raccolta delle varietà a taglia alta e a portamento eretto consente la meccanizzazione della raccolta con la mietitrebbiatura diretta oppure con falcia-andanatura, essiccazione delle andane e successivo passaggio di mietitrebbiatrice munita di "pick up". Si considera buona una produzione di 1,5-2 T/ha di semi secchi.



Figura 39 - la lenticchia: coltura in pieno campo e particolari della pianta

12 CONSIDERAZIONI ENERGETICHE RIFERITE AL LAYOUT DI PROGETTO

La radiazione solare è l'energia elettromagnetica emessa dai processi di fusione dell'idrogeno contenuto nel sole; tale energia non raggiunge la superficie terrestre in maniera costante, la sua quantità varia durante il giorno, da stagione a stagione e dipende dalla nuvolosità, dall'angolo d'incidenza e dalla riflettanza delle superfici. La radiazione che un metro quadrato di una superficie orizzontale riceve è detta radiazione globale ed è il risultato della somma della radiazione diretta e della radiazione diffusa. La radiazione diretta è quella che giunge direttamente dal sole, mentre la radiazione diffusa è quella riflessa dal cielo, dalle nuvole e da altre superfici. La radiazione diretta si ha quindi solo quando il sole è ben visibile. D'inverno la radiazione diffusa è molto maggiore in percentuale e, su base annua, è pari al 55% di quella globale. L'intensità della radiazione solare al suolo dipende dall'angolo d'inclinazione della radiazione stessa: minore è l'angolo che i raggi del sole formano con una superficie orizzontale e maggiore è lo spessore di atmosfera che essi devono attraversare, con una conseguente minore radiazione che raggiunge la superficie. Come abbiamo visto, una superficie riceve il massimo degli apporti quando i raggi solari incidono perpendicolarmente su di essa. La posizione del sole varia però durante il giorno e durante le stagioni, quindi varia anche l'angolo con il quale i raggi solari colpiscono una superficie. Gli apporti dipendono dunque dall'orientamento e dall'inclinazione dei moduli fotovoltaici. Cambiando gli apporti cambiano anche le possibilità di una qualsivoglia coltura di adattarsi e di portare avanti e, conseguentemente, a compimento il proprio ciclo vitale. Di seguito, attraverso l'ausilio di un software specifico (Pvsyst), verrà simulato, in un determinato momento della giornata, per ogni mese dell'anno, come il sole proietta la propria energia al suolo in considerazione della presenza dell'impianto fotovoltaico.



Analizzando i grafici mensili del programma Pvsyst si vanno a comparare i dati di irraggiamento contestualizzati nel layout di riferimento del parco agrivoltaico con le esigenze di irraggiamento delle colture da inserire in funzione del loro stadio fenologico. Per valutare la possibilità di coltivare il suolo all'interno delle file di pannelli (interfila) sono stati esaminati i dati di flusso fotonico fotosintetico relativi a coltivazioni di leguminose da granella (e a molte graminacee) e a colture da rinnovo. I valori di PPF risultano essere compresi tra 250 e 450 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

	Condizioni atmosferiche							
Radiazione solare	Cielo sereno	Nebbia	Nuvoloso	Disco solare giallo	Disco solare bianco	Sole appena percettibile	Nebbia fitta	Cielo coperto
								
globale	1000 W/m ²	600 W/m ²	500 W/m ²	400 W/m ²	300 W/m ²	200 W/m ²	100 W/m ²	50 W/m ²
diretta	90%	50%	70%	50%	40%	0%	0%	0%
diffusa	10%	50%	30%	50%	60%	100%	100%	100%

Modello bifacciale standard con configurazione illimitata simile a un tracker

Puoi giocare con i parametri Tracker's come preferisci per l'analisi parametrica
La simulazione utilizzerà i parametri determinati dal sistema (caselle di controllo selezionate)

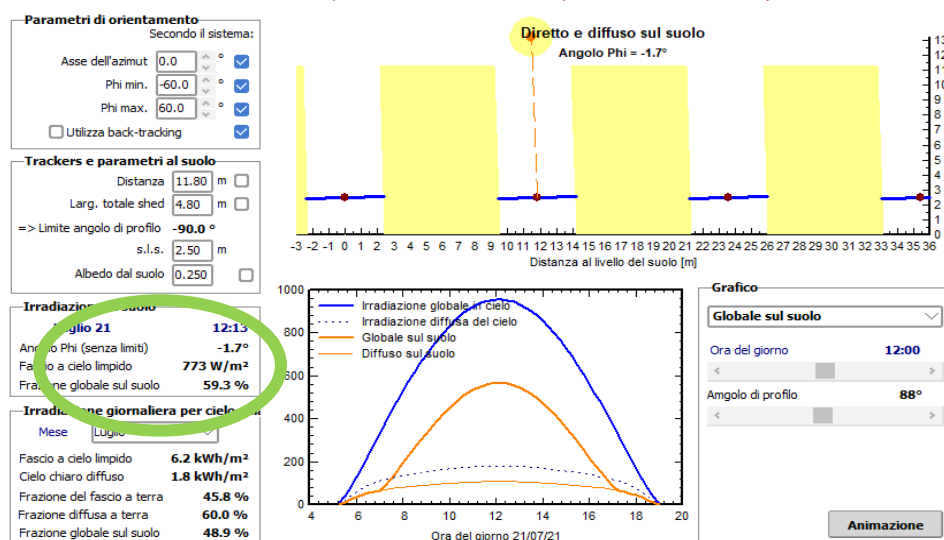


Figura 40 - esempio del calcolo dell'irradiazione relativo al mese di luglio di un progetto "pilota"

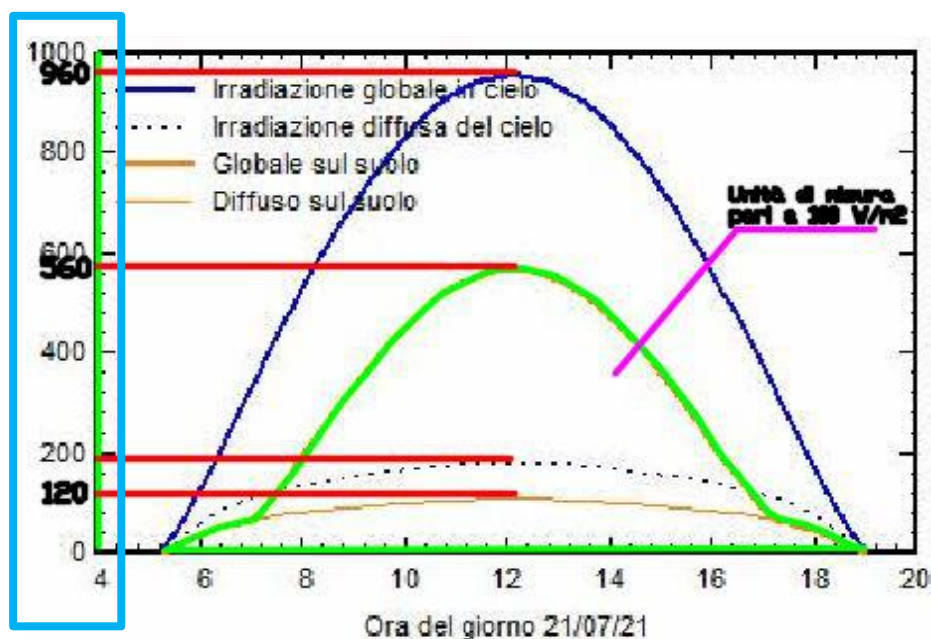


Figura 41 - valori stimati di irradiazione al suolo – impianto pilota

Per valutare l'irraggiamento solare e compararlo con l'energia derivante dal flusso fotonico fotosintetico relativo alle varie colture da impiantare, viene calcolato l'integrale della funzione che descrive la curva di Gauss sopra riportata (in pratica si definisce l'area all'interno della curva a campana). In ragione del fatto che in ascissa sono riportate le ore della giornata e in ordinata la potenza espressa in watt per metro quadrato, avendo definito una unità di misura per il calcolo della superficie pari a 100 W/m² per ogni ora, è stato possibile calcolare i valori di ogni singolo mese dell'anno, in riferimento al layout di progetto, considerando la variazione delle ore di luce giornaliere. I risultati di tali calcoli vengono riportati nella tabella sotto proposta.

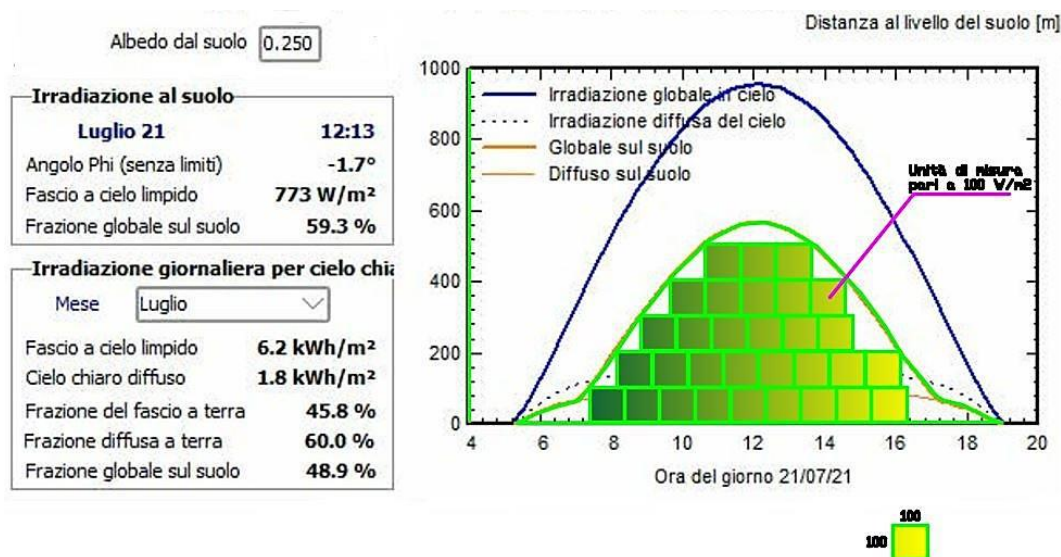


Figura 42 - stima del calcolo dell'integrale relativo alla curva di Gauss – impianto pilota

I dati ricavati dalle valutazioni effettuate consentono di affermare che la coltivazione tra le interfile del parco fotovoltaico è possibile. Non si tratta di una soluzione di ripiego ma di una concreta e reale possibilità di gestire un suolo agrario nello stesso modo con cui si conduce un appezzamento di terreno con scopo agricolo. La quantità di luce "stimata" risulterebbe inferiore all'intervallo di riferimento scelto per le colture da impiantare nei mesi da Novembre a Febbraio (dove le esigenze di irraggiamento delle colture sono attenuate). I dati maggiori relativi all'irradiazione al suolo sono risultati compresi tra i mesi di Aprile e Luglio. Il mese dove l'efficienza fotonica fotosintetica è risultata maggiore è stato Giugno.

Periodo di riferimento	Durata media del giorno (ore luce)	Integrale Globale sul suolo (kwh/m2 al giorno)	Fascio a cielo limpido (kwh/m2 al giorno)	Fascio a cielo chiaro diffuso (kwh/m2 al giorno)	Conversione da kwh/m2 al giorno in w/m2 per le ore di luce	Albedo (%)	Irradiazione mensile al suolo (w/m2)	PPF ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) Essenze leguminose (media)	Conversione da W/m^2 a $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ - relativa al layout
Gennaio	9 ore e 23 min	1270	2.1	0.7	37,61	20	381	250-450	156,46
Febbraio	10 ore e 13 min	1935	3.2	0.9	52,64		518		219,00
Marzo	11 ore e 27 min	2666	4.5	1.1	64,68		652		269,06
Aprile	12 ore e 48 min	3470	5.8	1.3	75,30		758		313,26
Maggio	14 ore min	4083	6.7	1.5	81,01		809		337,01
Giugno	14 ore e 45 min	4498	7.0	1.5	84,71		775		352,39
Luglio	14 ore e 40 min	4215	6.7	1.5	79,87		807		332,24

Agosto	13 ore e 46 min	3563	5.8	1.3	71,93	754	299,22
Settembre	12 ore e 31 min	2738	4.5	1.1	60,75	647	252,71
Ottobre	11 ore e 12 min	2313	3.1	0.9	57,37	504	238,64
Novembre	9 ore e 55 min	1623	2.0	0.7	45,45	371	189,06
Dicembre	9 ore e 16 min	1343	1.6	0.6	40,24	318	167,41

Figura 43 - tabella riepilogativa calcolo del PPFD in relazione al piano colturale

La proposta in esame tiene conto dell'associazione tra la tecnologia fotovoltaica e coltivazione del terreno agrario della zona recintata con una rotazione colturale che prevede l'alternanza di colture miglioratrici, depauperatrici e da rinnovo secondo lo schema che di seguito verrà esposto. La maggiore disponibilità di irraggiamento per le colture corrisponde alle ore 12, momento in cui i tracker si trovano in posizione orizzontale rispetto al suolo.

13 VALUTAZIONE DATI PPFD

I dati sopra riportati dimostrano come la convivenza tra fotovoltaico e agricoltura tradizionale sia sostenibile con gli opportuni accorgimenti. Il caso in esame studiato e specificatamente legato al carciofo dimostra come i valori di PPF ottenuti con la soluzione proposta rientrino perfettamente nelle esigenze fotosintetiche delle colture esaminate. Ogni mese considerato e le rispettive ore di luce giornaliere hanno prodotto un quantitativo di fotoni fotosintetici in grado di consentire alle piante il proprio sviluppo e questo in ogni mese dall'anno indipendentemente dalla stagione (leggermente inferiore il trend considerato nel mese di dicembre mentre novembre risulterebbe quasi in linea). Si rammenta che le valutazioni fatte sino ad ora fanno riferimento alla quantità di flusso radiante con riferimento alla fotosintesi e che tali valori, oltre ad essere misurati in un determinato momento della giornata, cambiano a diverse latitudini anche con valori che possono raddoppiare. I grafici analizzati e le rispettive curve di irraggiamento diffuso sul suolo confermano la tesi che la coltivazione del suolo con essenze è possibile sia che trattasi di colture da rinnovo che di altre tipologie. Tutto ciò premesso e anche a seguito delle prove condotte in altri paesi, quanto asserito fino ad ora non solo rende possibile l'impiego "agrario" del suolo tra i tracker ma getta anche le basi per produzioni quali-quantitative migliori. La possibilità di coltivare una coltura rispetto ad un'altra, l'accertamento dei parametri di qualità e quantità in termini di rese produttive così come gli altri fattori bioagronomici, dipendono da prove di campo che hanno bisogno, per essere avvalorate o meno in maniera approfondita, di valutazioni di natura scientifica (considerata la quasi totale assenza di bibliografia). Si precisa che la fascia di terreno agrario tra le file di pannelli risulta perfettamente percorribile e, soprattutto, lavorabile da macchine operatrici agricole. Le piante che verranno utilizzate per la coltivazione delle zone di suolo libero faranno capo a colture da rinnovo, essenze leguminose e graminacee, in purezza o in miscela o riprodotte da parti di pianta, ad uso alimentare e/o foraggero. Le diverse piantumazioni che verranno prese in considerazione saranno soggette a coltivazione in "asciutto", senza l'ausilio cioè di somministrazioni irrigue di natura artificiale. I trattamenti fitoterapici saranno nulli o quelli strettamente necessari nella conduzione delle colture in regime, sempre e comunque, di agricoltura biologica.

14 LA GESTIONE CULTURALE IN AGRICOLTURA

Alternando colture miglioratrici a colture depauperanti e a quelle da rinnovo si eviterà la riduzione della sostanza organica nel tempo e questo aiuterà a mantenere la fertilità del terreno. Per quantificarne l'effetto e conoscere così il trend di sostanza organica del terreno nel tempo, sarà utile il calcolo del bilancio della sostanza organica di ciascuna coltura o una sua valutazione qualitativa. Alternando colture con radice profonda alle colture con radice superficiale, inoltre, saranno esplorati strati diversi del suolo che porteranno come conseguenza ad un miglioramento della struttura fisica del suolo evitando allo stesso tempo la formazione della suola di aratura specialmente nei periodi in cui sono accentuati i fenomeni evapotraspirativi. È bene ridurre, altresì, i periodi in cui il campo ha terreno nudo, specialmente in zone soggette a fenomeni di tipo erosivo. Per questo, sarà importante programmare i cicli colturali cercando di mantenere una copertura del terreno quanto più possibile continua. Ciò potrà avvenire, ad esempio, nel caso dei seminativi o delle leguminose, mediante una coltura intercalare tra le due principali, oppure, in zone particolarmente indicate all'impiego di colture da rinnovo, inserendo una pianta da coltivare a ciclo breve dopo quella principale (ad esempio il carciofo). L'avvicendamento delle colture, inoltre, determina dei vantaggi per la gestione delle malerbe infestanti in quanto contribuisce ad interrompere il ciclo vitale degli organismi nocivi legati ad una certa coltura; in particolare, la successione di piante di famiglie differenti (per esempio, alternanza tra graminacee, piante leguminose e colture da rinnovo) permette di interrompere il ciclo di alcune essenze infestanti. I vantaggi risultano in cascata anche per la struttura del terreno: grazie alla diversità dei sistemi radicali, il profilo del terreno è esplorato meglio, il che si traduce in un miglioramento delle caratteristiche fisiche del suolo e in particolare della sua struttura (limitandone il compattamento e la degradazione). La "spinta" principale, comunque, verrà data dalle colture miglioratrici e cioè dalle leguminose e, in secondo luogo, dalle colture da rinnovo. I legumi sono colture che non necessitano di azoto ma lo fissano da quello atmosferico lasciandone una discreta quantità a disposizione delle colture in successione. Di conseguenza, per la coltura che segue, le fertilizzazioni azotate potranno essere fortemente ridotte (l'apporto di azoto di un cereale in rotazione ad una leguminosa potrà essere ridotto in media di 50 kg N/ha pur mantenendo le stesse performance). Leguminose come l'erba medica, impiegata per esempio in miscuglio con altre specie per gli inerbimenti sotto i tracker, grazie al loro apparato radicale fittonante, potranno migliorare la struttura del suolo, facilitare l'assorbimento dei nutrienti profondi poco disponibili e aumentare la sostanza organica anche in strati più profondi del suolo.

Colture da impiegare in rotazione													
MESI	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	
COLTURA MIGLIORATRICE													
COLTURA DEPAUPERANTE													
PRATI													
COLTURE DA RINNOVO													

Figura 44 - Varie tipologie da coltivare in funzione dei mesi dell'anno

Numerosi studi hanno dimostrato come il terreno nudo porta ad una perdita di azoto per volatilizzazione, un maggior rischio di erosione e maggiore libertà per le infestanti di crescere e diffondersi. Le leguminose da granella secca, nello specifico, sono colture importantissime per lo sviluppo e l'affermazione dell'agricoltura "biologica" perché hanno antiche tradizioni (pisello, fava, lenticchia, cece, lupino, cicerchia, ecc..) e conferiscono equilibrio e sostenibilità a diversi ordinamenti colturali praticati o ipotizzabili. Inoltre, sono importanti nell'alimentazione del bestiame e dell'uomo, quale fonte ad altissimo contenuto proteico e rappresentano uno strumento fondamentale per il recupero e la valorizzazione delle aree marginali sottoutilizzate.

14.1 Rotazione e avvicendamenti: esempi

Come tipologia di rotazione colturale prevediamo un avvicendamento “a ciclo chiuso”, in cui le piante tornano nel medesimo appezzamento dopo un periodo ben definito di anni (per esempio 4 anni).

La scelta dell'avvicendamento terrà conto di fattori agronomici quali:

- effetti dell'avvicendamento stesso
- alcune colture sono favorite perché consentono di effettuare in maniera ottimale alcune operazioni
- colture annuali o poliennali (con maggiore preferenza per quelle annuali)
- possibilità di sostituire le fallanze rapidamente
- sfruttamento dell'avvicendamento per fini immediati (colture che vengono preferite ad altre per la facilità con cui di seguito si prepara il terreno)

La durata di un intero ciclo di rotazione dà il nome alla stessa e la durata corrisponde anche al numero delle sezioni in cui deve essere divisa l'azienda (nel caso specifico le aree di progetto). La durata indica, inoltre, la superficie destinata ad ogni coltivazione. Gli avvicendamenti colturali, ad ogni modo, hanno come scopo quello di conferire al suolo una determinata stabilità fisica, chimica e biologica. Quelli continui a loro volta possono essere:

- Fissi (quando seguono degli schemi rigidi aziendali)
- Liberi (quando mantengono una rigidità nell'ampiezza delle sezioni ma una determinata variabilità per quanto riguarda la specie coltivata)
- Regolari (se le colture si succedono in appezzamenti di uguale ampiezza e dimensione)
- Irregolari (se le colture si succedono in appezzamenti di diversa ampiezza e dimensione)
- Misti (quando una parte della superficie aziendale è divisa in appezzamenti di uguale ampiezza e dimensione per colture in normale rotazione, accompagnata da altre sezioni con colture fuori rotazione come, per esempio, l'erba medica).

Gli avvicendamenti/rotazioni colturali possono essere anche semplici (contengono una sola coltura da rinnovo) o composte (costituite dalla combinazione di più rotazioni semplici).

Un esempio di rotazione colturale cui ci si riferirà per lo sviluppo del progetto potrà prevedere lo schema di seguito riportato:

Biennale

Coltura da rinnovo (carciofo) – Frumento (o cereale in genere)

Triennale

Coltura da rinnovo (carciofo) – Frumento (o cereale in genere) – Leguminosa (per esempio cece, lenticchia)

Quadriennale

Coltura da rinnovo (carciofo)/ Cereale - Leguminosa – Leguminosa – Cereale

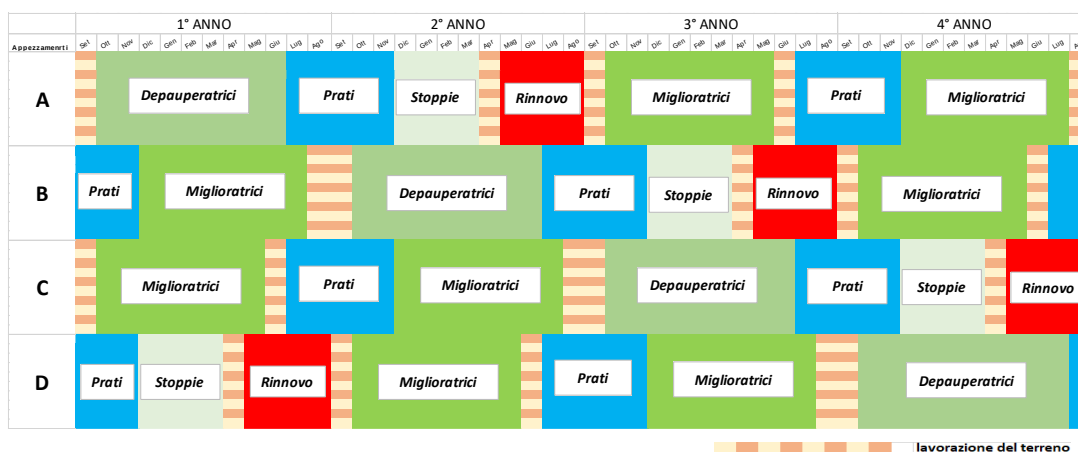


Figura 45 - esempio di avvicendamento colturale in 4 anni

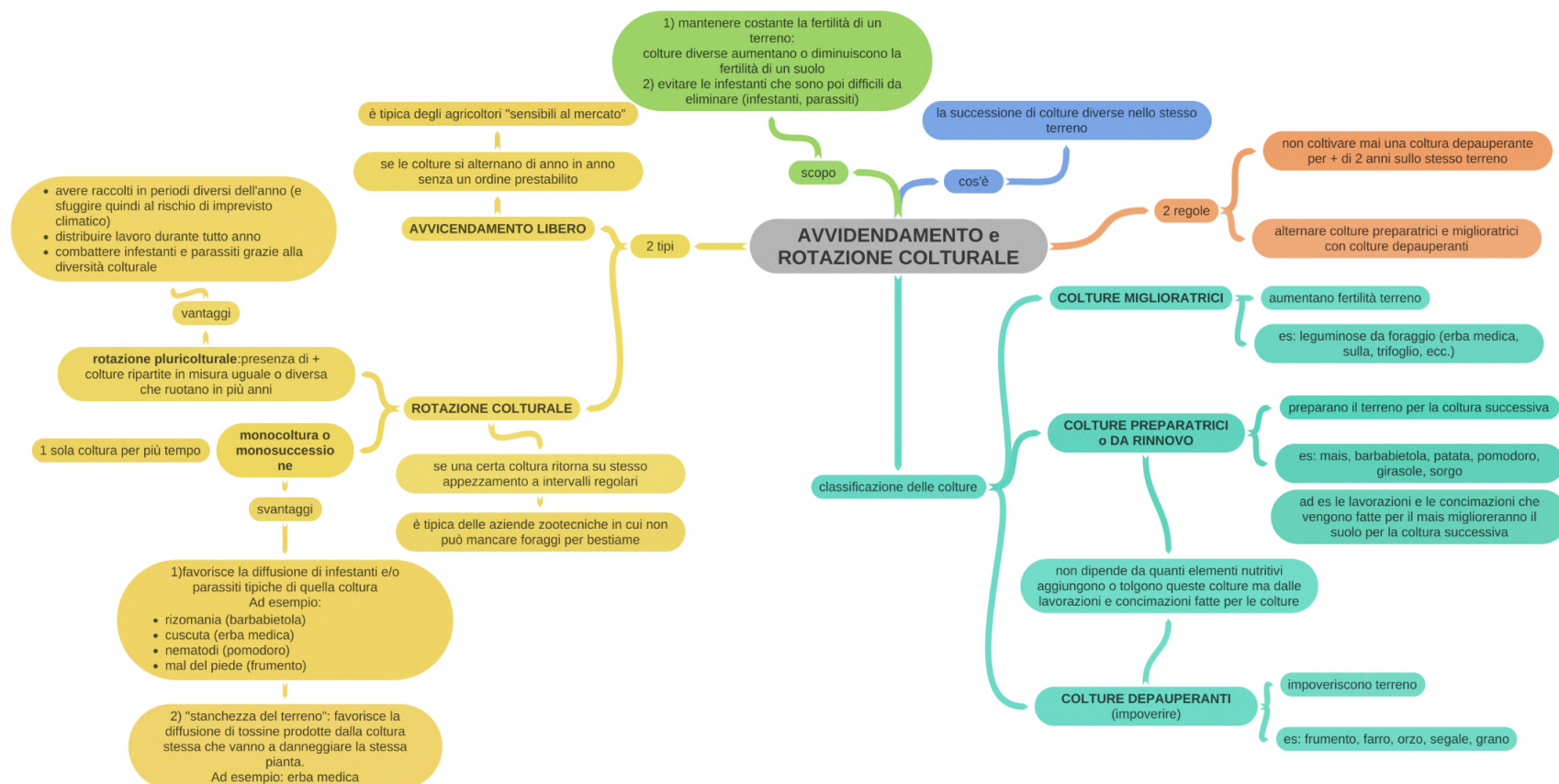


Figura 46 - L'avvicendamento e la rotazione culturale: principi e considerazioni agronomiche

14.2 Considerazioni economiche sugli impianti delle colture

Nelle rotazioni colturali, le leguminose da granella costituiscono un gruppo di colture abbastanza omogeneo per le caratteristiche botaniche, agronomiche e nutrizionali (Foti, 1982). Arricchiscono i terreni in azoto che “fissano” attraverso le loro capacità, lasciando un suolo in condizioni migliori rispetto a quelle iniziali. I lavori di preparazione riguardano una lavorazione in profondità del terreno agrario per creare quelle condizioni di permeabilità e di approfondimento radicale che consenta alle piante stesse di svolgere nel migliore dei modi il ciclo vitale. Di seguito viene proposta una sintesi delle principali operazioni colturali dalla fase di preparazione alla raccolta del prodotto.

Leguminose da granella (come pieno campo, escluso viabilità interna)

Designazione dei lavori	Sup. stimata/Q.tà	Stima dei costi
Preparazione del terreno con mezzo meccanico idoneo, profondità di lavoro pari a cm. 40 e successivi passaggi di affinamento compresa rullatura	90.00 ettari	
Concimazione minerale di fondo con fertilizzanti fosfatici e potassici, da eseguirsi in preimpianto previa analisi fisico-chimica.	90.00 ettari	150.000€
Interventi di sarchiatura e/o ripuntatura	90.00 ettari	
Interventi di lotta integrata con prodotti registrati per l'uso, rispettosi per l'ambiente e autorizzati in agricoltura biologica	90.00 ettari	
Fornitura semente e operazione di semina da eseguire con apposita macchina operatrice a file (dose di semina in funzione della varietà)	90.00 ettari	65.000 €
Raccolta del prodotto in campo da effettuarsi con apposite mini-mietitrebbie (conto terzi o da prendere in leasing)	90.00 ettari	50.000 €
TOTALE DEI COSTI 1° ANNO		265.000 €

I costi di impianto e raccolta delle colture menzionate si riferiscono al prodotto trebbiato in campo. Tali importi, pertanto, dovranno tenere conto delle varie operazioni di pre-pulitura e pulitura per consentire al prodotto di risultare idoneo all'utilizzo e consumo umano. Il deprezzamento del prodotto finito dipenderà dagli scarti che a loro volta dipenderanno dalla conduzione agricola in campo e dalle tecniche colturali messe in atto per limitare, per esempio, le malerbe infestanti. Di seguito si riportano alcuni dati medi riferiti alle produzioni di legumi in aridocoltura (in assenza di apporti idrici artificiali) e alle relative quotazioni di mercato secondo i borsini di riferimento (Foggia, Altamura, ecc.):

Coltura	Resa media T/ha	Prezzo €/kg	€/ha
Fava	2-2,5	0,45	900,00-1125,00
Cece	2-2,5	0,55	1100,00-1375,00
Lenticchia	1,5-2	0,70	1050,00-1400,00
Arachide	1,5-2	1,00	1500,00-2000,00



Figura 47 - Esempio di di minitrebbia: la larghezza di lavoro risulta perfettamente adattabile al contesto in cui si opera

Nel caso studio riferito alle leguminose, le rese vengono riferite a condizioni medie tenendo conto del fatto che si tratta, sempre e comunque, di un prodotto biologico fortemente legato a fattori biotici e abiotici stagionali e, pertanto, non prevedibili. I ricavi sono stati calcolati riferendoci a condizioni medie di mercato, considerando i kg di prodotto fresco “pulito”, con % di impurezze e livelli di umidità residui riferiti ad un consumo alimentare di tipo umano e non zootecnico. Si fa notare come i prezzi per kg di prodotto raccolto, se sano e calibrato, possono essere leggermente superiori nel caso di produzioni biologiche certificate.

15 LA FASCIA DI MITIGAZIONE

Il progetto definitivo prevede, come opera di mitigazione degli impatti per un inserimento “armonioso” del parco fotovoltaico nel paesaggio circostante, la realizzazione di una fascia arborea perimetrale. Tale fascia percorrerà tutto il perimetro del parco agrivoltaico e sarà creata impiegando le piante di olivo esistenti, estirpate e ricollocate in sito.

Nelle zone dove verranno inserite le piante di Olivo, la fascia di terreno coltivato sarà larga 5 m e lunga tutto il perimetro dell'impianto (circa 8 km). Pertanto, complessivamente, sarà lavorata un'area di 4 ha. Il sesto di impianto sarà a quinconce e nello spazio delimitato verranno inserite due file di piante. Sul terreno con una macchina operatrice pesante sarà effettuata una prima lavorazione meccanica alla profondità di 20-25 cm (fresatura), allo scopo di decompattare lo strato superficiale. In seguito, in funzione delle condizioni termopluviometriche, si provvederà ad effettuare eventualmente altri passaggi meccanici per ottenere il giusto affinamento del substrato che accoglierà le piante arboree. Completate le operazioni riferite alle lavorazioni del substrato di radicazione si passerà alla ripiantumazione delle essenze arboree in precedenza estirpate. Gli alberi più giovani ripiantumati saranno corredati di un opportuno paletto di castagno per aiutare la pianta nelle giornate ventose e consentirne un attecchimento idoneo (circa 1500 piante). Il reimpianto sarà preceduto dallo scavo della buca che avrà dimensioni atte ad ospitare la zolla e le radici della pianta (indicativamente larghezza doppia rispetto alla zolla della pianta). Nell'apertura delle buche il terreno lungo le pareti e sul fondo sarà smosso al fine di evitare l'effetto vaso. Alcuni giorni prima della messa a dimora della pianta si effettuerà un parziale riempimento delle buche, prima con materiale drenante (argilla espansa) e poi con terriccio, da completare poi al momento dell'impianto, in modo da creare uno strato drenante ed uno strato di terreno soffice di adeguato spessore (generalmente non inferiore complessivamente ai 40 cm) sul quale verrà appoggiata la zolla. Una volta posizionata la pianta nella buca, verrà ancorata in maniera provvisoria ai pali tutori per poi cominciare a riempire la buca. La colmatatura delle buche sarà effettuata con accurato assestamento e livellamento del terreno, la cui quota finale sarà verificata dopo almeno tre bagnature ed eventualmente ricaricata con materiale idoneo con accurato assestamento e livellamento del terreno, la cui quota finale sarà verificata dopo almeno tre bagnature ed eventualmente ricaricata con materiale idoneo. Si rammenta che tutte le piante da inserire nella fascia di mitigazione perimetrale saranno ricavate da quelle in sito. Tali piante verranno identificate singolarmente e numerate. A seguito di tale operazione, si provvederà nel periodo di riposo vegetativo, alle operazioni di espianto e reimpianto in loco nella zona corrispondente alla fascia di mitigazione. Gli esemplari saranno estirpati e ricollocati nell'arco della stessa giornata, dopo aver provveduto ad effettuare la loro potatura per favorirne il futuro attecchimento nel nuovo suolo che le ospiterà. Di seguito si riporta un prospetto sintetico delle varie lavorazioni e voci di costo per la messa in opera di piante arboree nella fascia perimetrale di mitigazione.

Tabella 1 - Analisi costi per la fascia di mitigazione perimetrale

Costi di impianto – oliveto (piante estirpate e ricollocate in sito)

Designazione dei lavori	Stima	Stima dei costi
Lavorazione del terreno con mezzo meccanico alla profondità di cm. 80 (ripuntatura)		
Frangizollatura con erpice a dischi o a denti rigidi da effettuare nell'impianto di fruttiferi in genere	4,00 ettari	28.000,00 €
Leggera sistemazione superficiale di terreni con lama livellatrice portata/trainata da trattrice, da effettuare nell'impianto di fruttiferi in genere		

Concimazione di fondo con i fertilizzanti organici, da eseguirsi in preimpianto dell'arboreto o di riordino per reinnesto (agrumeti, oliveti, frutteti, vigneti, ecc.) nella quantità e tipi da specificare in progetto, caso per caso con un piano di concimazione, previa analisi fisico-chimica dell'appezzamento

Acquisto e trasporto di tutore in canna di bambù per l'allevamento delle piante di fruttiferi, agrumi ed olivo, in forme libere e appoggiate, quale sostegno dell'intera pianta o per l'ausilio nella formazione dell'impalcatura portante, esclusa la messa in opera: sez. mm. 8-12, altezza m. 1,20 (cod. **15030031 Assoverde 2022**)

1500

15.510,00 €

Potatura di allevamento o di produzione di esemplari arborei **"esistenti"** secondo la forma campione. Intervento comprensivo di ogni onere, macchina operatrice ed attrezzatura, nonché di raccolta e conferimento del materiale di risulta, escluso l'onere di smaltimento: intervento su piante di altezza compresa tra 2 m e 5 m (27,24 €/cad)

3200

87.168,00 €

Estirpazione piante potate e ricollocazione in sito, mediante scavo eseguito con macchina operatrice, imbracatura e trasporto con mezzo escavatore. Pianta **"esistenti"**.

Si ipotizzano squadre di lavoro per interventi omnicomprendivi di 20 piante/giorno. Con nr.4 squadre composte da 4 persone (nr. 1 specializzato e nr.3 comuni) il lavoro sarà completato in 40 giorni.

3200

64.800,00 €

Costo operaio specializzato: 150,00€/giorno

Costo operaio comune: 85,00€/giorno

Raccolta del prodotto (a partire dal 3°anno) 4,00 ettari 5.000,00 €

TOTALE DEI COSTI 1° ANNO

200.478,00 €

Tabella 2 - Cronoprogramma interventi realizzazione opere a verde per la fascia di mitigazione durante il 1° anno

CRONOPROGRAMMA - Lavori fascia di mitigazione 1° anno													
MESI	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

La progettazione delle opere a verde per la mitigazione dell'opera ha considerato tra gli obiettivi principali quello di migliorare quelle parti di territorio che saranno necessariamente modificate dall'opera e dalle operazioni che si renderanno indispensabili per la sua realizzazione. Pertanto, in considerazione di tali obiettivi, si è tenuto in debito conto sia dei condizionamenti di natura tecnica determinati dalle caratteristiche progettuali sia dell'ambiente in cui tale opera si va ad inserire, riconoscendone i caratteri naturali e la capacità di trasformazione. Non si prevede alcuna ricaduta sugli ambienti e sulle formazioni vegetali circostanti potendosi escludere effetti significativi dovuti alla produzione di polveri, all'emissione di gas di scarico o al movimento di terra.

16 OPERE DI RIMBOSCHIMENTO

Con il termine di imboschimento si intende, in generale, la costituzione di una copertura forestale attraverso mezzi naturali (riproduzione gamica e agamica) o artificiali (piantagione, semina). L'attività di imboschimento che si propone, ubicata in aree limitrofe al parco agrivoltaico e identificate nelle planimetrie di progetto, sarà finalizzata alla costituzione di un soprassuolo di alta qualità per la creazione "ex-novo" di un sistema boschivo naturale che nel corso degli anni diverrà autosufficiente. Complessivamente le opere di imboschimento interesseranno le aree indicate nelle planimetrie di progetto. Complessivamente tali superfici ammonteranno a 20 ha, distribuite nei vari appezzamenti che costituiranno il parco agrivoltaico.

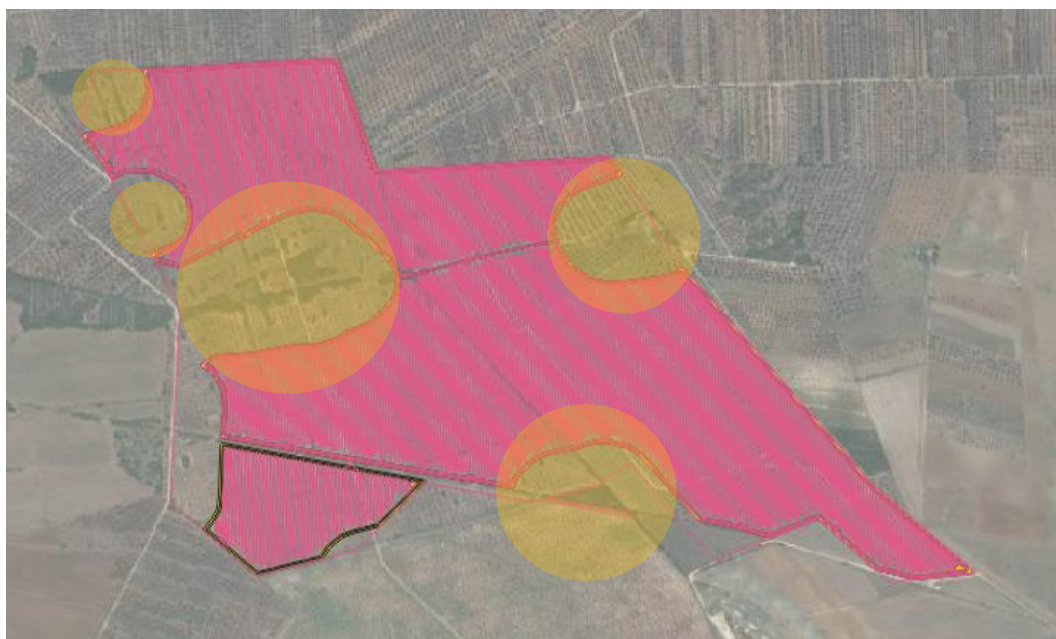


Figura 48 - Individuazione aree di imboschimento in relazione al layout di impianto

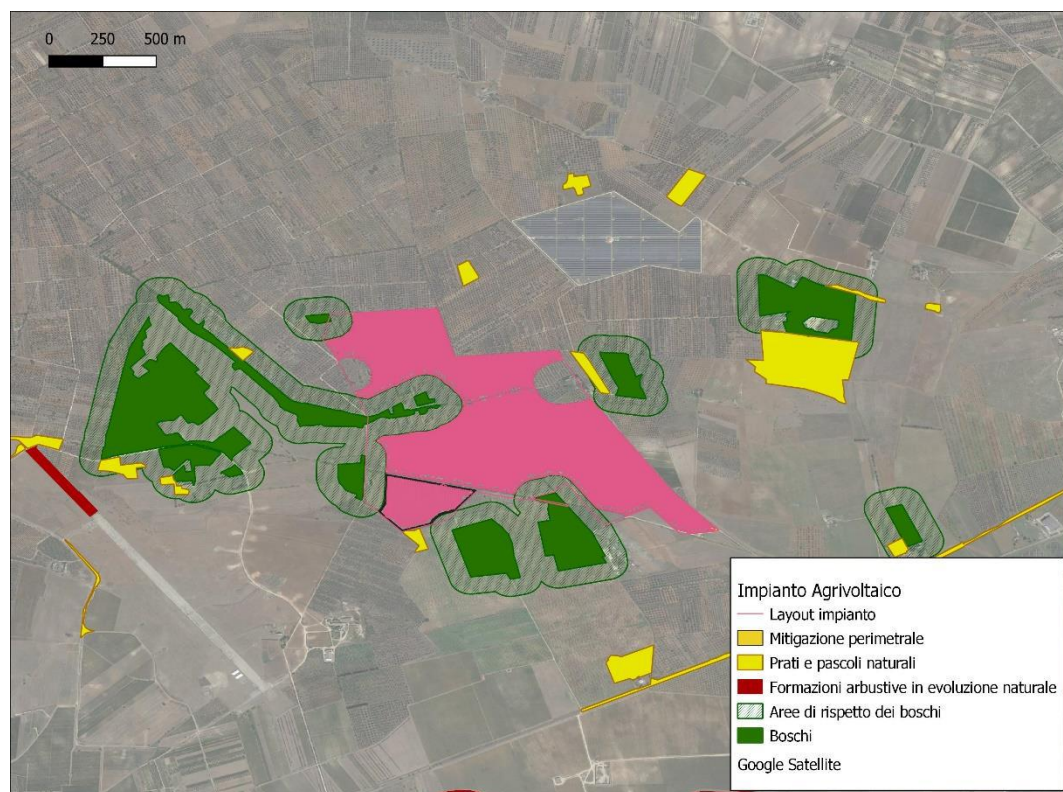
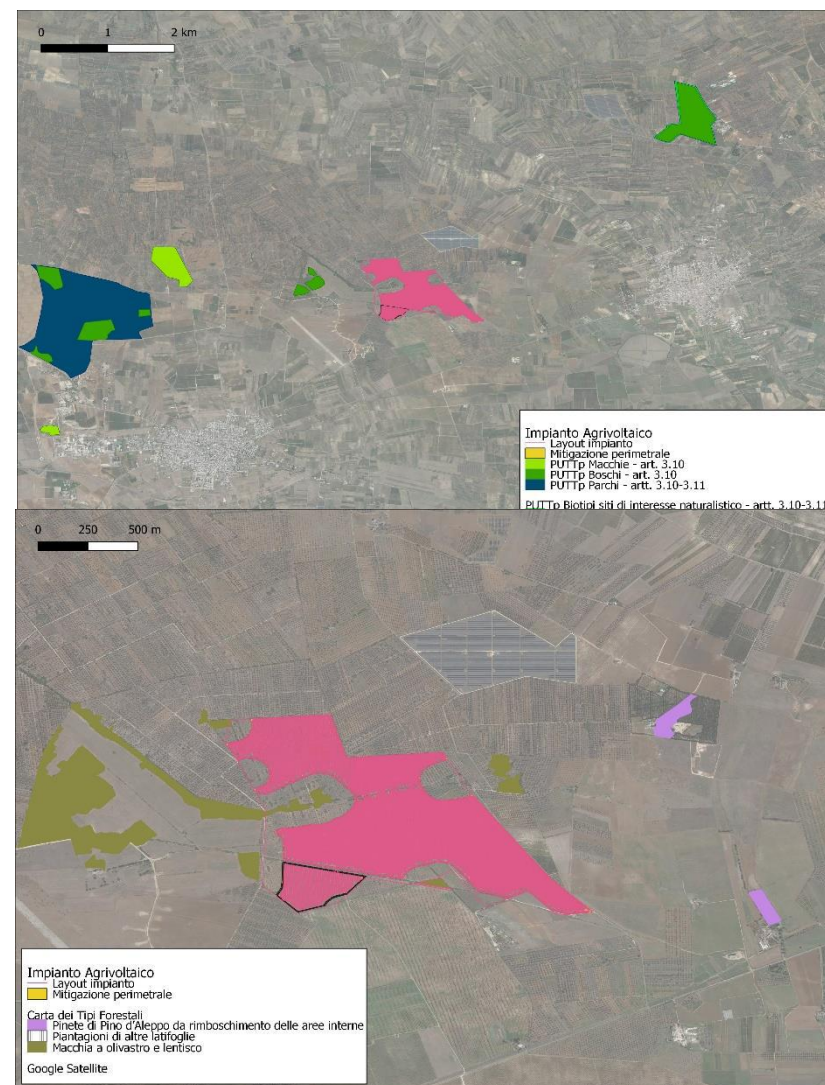


Figura 49 - Layout di progetto in relazione alle coperture boschive e analisi vincolistica



Il territorio pugliese si estende su una superficie di circa 2 milioni di ettari (6,4% di quello nazionale) e risulta essere prevalentemente pianeggiante (53,2%) e collinare (45,3%) con rilievi montuosi abbastanza limitati (1,5%). La varietà di paesaggi vegetale è molto grande ma la Puglia risulta essere una delle regioni più povere di vegetazione forestale a causa della secolare utilizzazione agricola del territorio. Secondo l'Inventario Forestale Nazionale (MAF-ISAFA, 1988) la superficie regionale forestale risulta essere pari a circa 150 mila ettari anche se statistiche forestali recenti (ISTAT, 2002) fanno riferimento a numeri più contenuti (circa 116 mila ettari). Inoltre, nelle superfici menzionate sono anche comprese le aree a macchia mediterranea. Pertanto, in Puglia, si parla di un coefficiente di boscosità del 7,7% che si riduce al 5,7% se si considerano i boschi "propriamente detti". All'interno del territorio la situazione non è omogenea: la maggior parte della vegetazione boschiva ricade nella provincia di Foggia (52%), seguono Bari (24%), Taranto (19%), Lecce (3%) e, infine Brindisi (2%). I boschi pugliesi sono per il 42,8% pubblici e per la restante parte (57,2% pari a circa 85.500 ettari) privati. La parte privata risulta frazionata e di dimensioni modeste: il 41% circa è governato a fustaia, il 39% a ceduo mentre la restante parte (20%) è rappresentato dalla macchia mediterranea e da altre superfici forestali. I boschi di latifoglie coprono circa 79200 ettari (di cui 58500 governati a ceduo) mentre le conifere occupano circa 39600 ettari. In questo patrimonio forestale così quanti-qualitativamente rimaneggiato i querceti rivestono, straordinaria importanza in virtù dell'elevato numero di taxa del genere *Quercus* presente nei soprassuoli forestali.

Per le diverse specie quercine pugliesi le temperature dei mesi di gennaio e febbraio rappresentano il fattore più consistente nel determinare le risposte ontogenetiche dalla germinazione sino allo stato di plantula (Macchia et al., 1995). È possibile, pertanto, stabilire una correlazione tra la distribuzione delle isoterme dei mesi più freddi (gennaio e febbraio) e le corrispondenti fitocenosi quercine. In Puglia, infatti, sono state individuate cinque aree climaticamente omogenee alle quali corrispondono altrettanti paesaggi vegetali (Macchia et al., 2000). La prima area omogenea è compresa tra le isoterme di 7 e 11°C e comprende il promontorio del Gargano e i rilievi montuosi del Subappennino-Dauno. La vegetazione è dominata dal Cerro (*Quercus cerris* L.), Carpino bianco (*Carpinus betulus* L.) e orientale (*Carpinus orientalis* Mill.). Nella parte orientale del promontorio del Gargano il Cerro è sostituito dal Faggio (*Fagus sylvatica* L.). In Italia il Faggio vegeta sul versante meridionale delle Alpi al di sopra dei 900 m s.l.m. e sull'Appennino oltre i 1100 m s.l.m. La presenza delle Faggete nella parte orientale del promontorio del Gargano a quote di circa 600m s.l.m. si deve al particolare macroclima esistente in tale area. La seconda area climatica omogenea con temperature comprese fra 11 e 14°C si estende dalle Murge Nord Occidentali sino alla pianura di Foggia. In quest'area la formazione più caratteristica è rappresentata dai boschi di Roverella (*Quercus pubescens* Willd.) (Vita et al., 2002). L'area denominata Alta Murgia ove i valori delle isoterme di gennaio e febbraio sono intorno ai 12°C è caratterizzata da estese formazioni di prateria pascolo denominate "steppe mediterranee" o "pseudosteppe" (Pirola, 1970). In relazione alla fisionomia e alla composizione specifica le "pseudosteppe" sono il risultato di circa 3000 anni di attività pastorale di tipo tradizionale e la diversità biologica che le caratterizza deve essere legata al protrarsi nel tempo di tale attività (Naveh e Wittaker, 1980; Naveh, 1982). Di particolare importanza in tale area, inoltre, sono le specie appartenenti alla famiglia delle Orchidaceae, non solo per la presenza di endemismi come, ad esempio, *Ophrys holoserica* (N.L. Burm.), ma anche per i processi di microevoluzione del genere *Ophrys* (Bianco et al., 1991). La terza area climatica è caratterizzata da isoterme di gennaio e febbraio comprese tra 14 e 16°C e corrisponde alle Murge Sud-Orientali. Le fitocenosi quercine sono rappresentate da boschi di Fragno (*Quercus trojana* L.), cui si associa anche la Roverella (*Quercus pubescens* L.). Il sottobosco può essere rappresentato sia da sclerofille mediterranee quali l'Ilatro comune (*Phillyrea latifolia* L.), il Pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.), il Lentisco (*Pistacia lentiscus* L.), l'Asparago selvatico (*Asparagus acutifolius* L.), il Cisto marino (*Cistus monspeliensis* L.), rosso (*Cistus incanus* L.) e brentina (*Cistus salvifolius* L.), sia da arbusti mesofili caducifoli quali l'Orniello (*Fraxinus ornus* L.), il Prugnolo (*Prunus spinosa* L.) e lo Spina-cristi (*Paliurus*

spina-christi Min.). La quarta area climatica omogenea è compresa tra le isoterme di gennaio e febbraio con valori di 16 e 18°C, comprende l'estremo sud della Puglia e la pianura di Bari. Le fitocenosi più caratteristiche sono date da boscaglie e macchie a quercia Coccifera (*Quercus coccifera* L.) (Chiesura e Lorenzoni, 1974). In prossimità della costa la Coccifera si associa al Leccio (*Quercus ilex* L.), mentre all'interno forma dei nuclei isolati. Il sottobosco è costituito dal contingente tipico della flora sempreverde mediterranea. L'isoterma di gennaio e febbraio di 19 °C definisce la quinta area climatica che comprende l'ampia pianura di Brindisi e Lecce e che vede il Leccio la specie forestale prevalente. Di particolare importanza è la presenza nel comune di Tricase (Lecce) di lembi di foresta di quercia Vallonea (*Quercus macrolepis* K.), un tempo diffusamente coltivata e che in Italia vegeta esclusivamente in Puglia. A Tuturano, invece, (bosco Santa Teresa e bosco Lucci), nei pressi di Brindisi sono presenti macchie-foreste di quercia da sughero (*Quercus suber* L.) a cui sono associati il Leccio (*Q. ilex* L.) e la Roverella (*Q. pubescens* L.). Sulla fascia costiera, invece, sono presenti pinete a pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* L.) e pino domestico (*Pinus pinea* L.). In particolare, il primo forma veri e propri boschi di origine naturale, come la splendida pineta Marzini a Vico del Gargano o quella che riveste buona parte dell'arco jonico, in provincia di Taranto, considerata come il più esteso habitat italiano di conifere vegetanti su duna.

16.1 Le tipologie boschive del brindisino

a) I boschi di quercia da sughero (*Quercus suber*)

I boschi di quercia da sughero (*Quercus suber*) vegetano nel Brindisino, a Sud/Ovest del capoluogo di Provincia, nella vasta zona pianeggiante. Trattasi di alcuni popolamenti relitti che nello strato arboreo, sono costituiti dalla Quercia da sughera (*Quercus suber*), alla quale sono associate la Roverella (*Q. pubescens*) e la Vallonea (*Q. macrolepis*) e, in quelli arborescente ed arbustivo, dal Lentisco (*Pistacia lentiscus*), dal Mirto (*Mirtus communis* L.), dall'Erica arborea (*Erica arborea*), dal Corbezzolo (*Arbutus unedo*), dallo Spazio spinoso (*Calicotome spinosa*), dalla Ginestra comune (*Spartium junceum*) e dalla Dafne gnidio (*Daphne gnidium*), oltre che dal Biancospino comune (*Crataegus monogyna*) e dal pero selvatico (*Pyrus pyraster*). La struttura di questi querceti, considerato nel loro complesso, è disetaneiforme, stante la presenza, anche in ambiti relativamente ristretti, di alberi di molte età. La densità è solo a luoghi soddisfacente, mentre in tutti gli altri è generalmente scarsa, anche per la presenza di chiarie, oltre che di radure. Nelle une e nelle altre la macchia, che forma lo strato arborescente ed arbustivo della comunità di piante, è molto rigogliosa, di più che nelle zone in cui è dominata da quello arboreo, caratterizzato da condizioni vegetative accettabili solo là dove la densità è maggiore: in tutti gli altri casi esse sono del tutto insoddisfacenti, come evidenziano chiome "trasparenti" o seccagginose. I boschi indicati sono stati sottoposti anche all'esercizio del pascolo, generalmente ovino, che, anche in relazione a quanto di seguito specificato al riguardo dei prelievi di legno e di sughero, ha contribuito ad alterare la composizione specifica e la struttura degli stessi boschi. La distribuzione verticale degli alberi è generalmente biplana, a luoghi multiplana; la copertura, regolare-colma. Il paesaggio rurale del Brindisino, improntato della diffusione di colture ortive, come quella del carciofo, e legnose da frutto, rappresentate dal vigneto e dall'oliveto, è segnato qua e là dalla presenza del querceto misto considerato, non di rado a prevalenza di sughera.

b) Le pinete di pino (*Pinus halepensis*)

Le pinete di pino (*Pinus halepensis*) in provincia di Brindisi vegetano sulle Murge Sud-orientali, alle quote intermedie del versante meridionale, digradante verso il Mare adriatico. Occupano le zone più acclivi, generalmente rupestri, nonché alcune terrazze e qualche vallecchia. Nelle pinete dell'entroterra il pino d'Aleppo si consocia con il leccio (*Q. ilex*), l'orniello (*F. ornus*), il lentisco (*Pistacia lentiscus*) e la fillirea (*Phillyrea latifolia*) a formare associazioni fitosociologiche riferibili al Pistacio-Pinetum

halepensis, pinetosunz o quercetosum, e all'Orno-quercetum ilicis. La struttura delle pinete risulta abbastanza articolata per la presenza specifica del Leccio e delle altre sclerofille sempreverdi, meno xerotolleranti, a esso associate, oltre che del Frassino minore. Attualmente, la distribuzione verticale degli alberi delle pinete dell'entroterra, nella generalità dei casi, è multiplana, solo a luoghi, biplana o, addirittura, monoplana; la copertura è regolare-colma. Le pinete di studio svolgono importanti funzioni naturalistiche, rappresentate dalla regimazione delle acque e dalla difesa del suolo nel particolare contesto delle Murge brindisine che incombono sulla piana sottostante, destinata ad attività agricole e turistiche, da tutelare da eventuali alluvioni.

16.2 Tecniche di impianto

A corollario del lavoro di analisi delle vocazionalità territoriale e delle priorità individuate nel territorio in esame, partendo dalla ricca diversità di specie arboree forestali, l'analisi ha riguardato le scelte di elementi vegetale in funzione del loro possibile impiego (imboschimento e/o arboricoltura da legno) per ciascuna delle aree determinate. Sostanzialmente la scelta delle specie è ricaduta fra quelle appartenenti alla vegetazione autoctona rinvenibile in tali aree. Le specie più rappresentate di cui si propone l'utilizzo all'interno delle aree di progetto sono quelle più plastiche e con maggiore adattabilità ai diversi ambienti pugliesi ed in particolare nelle zone interessate al parco agrivoltaico. Le conifere proposte per l'utilizzo mostrano elevate frequenze d'impiego. Fra le latifoglie le frequenze più elevate si riscontrano per le specie quali *Quercus suber*, *Q. macrolepis*, ecc... Come per le arboree, le specie arbustive più plastiche da un punto di vista ecologico (*Crataegus monogyna*, il Prugnolo (*Prunus spinosa* spp.), la Piracanta (*Crataegus piracanta* spp.) e il Ginepro (*Juniperus* spp.) presentano le maggiori frequenze d'impiego nelle diverse aree.

La costituzione delle coperture forestali favorirà un recupero, in tempi relativamente brevi, della funzionalità ecologica del territorio, alterata o perduta in seguito ai processi di degrado di vario tipo. In zone aride e/o semi-aride come quelle in esame, seppure la copertura arborea non abbia influenze tali da trasformare il clima generale di una regione, potrà comunque determinare influenze mitigatrici sul clima di zone limitate e vicine, ad esempio attraverso l'azione di contrasto nei confronti dei venti e la riduzione della perdita di umidità del suolo per evaporazione diretta (desertificazione) e per la traspirazione delle essenze vegetali. L'obiettivo selvicolturale sarà finalizzato alla creazione di diversi "polmoni verdi", in differenti aree ubicate in aree prospicienti il parco agrivoltaico. La superficie da impiantare, complessivamente, avrà una estensione di circa 280.000 m². Il sesto d'impianto che si impiegherà sarà 4x4 (625 piante/ha) e, pertanto, saranno piantumati in totale 17500 alberi. La scelta di un tale sesto corrisponde ad un impianto a densità media in grado di sviluppare piante con tronchi dritti. La disposizione sul terreno avrà una disposizione regolare con file sfalsate e andamento sinusoidale caratterizzato da una distanza media di metri 4 sulla fila e metri 4 tra le file. Nell'ottica della realizzazione di un lavoro come quello in esame, la lavorazione del suolo, intesa come preparazione del substrato di radicazione e sviluppo, avrà come obiettivo principale il miglioramento delle caratteristiche fisico-chimiche e della disponibilità idrica a partire dalle prime fasi di impianto. La lavorazione meccanica da effettuare sarà prevalentemente andante e sarà estesa a tutta la superficie ed eseguita con macchine operatrici di idonee dimensioni e potenze (evitando di andare a caricare troppo con mezzi pesanti e ingombranti che accentuerebbero i fenomeni di compattazione). La messa a dimora delle piante sarà, quindi, preceduta dalla pulizia della vegetazione erbaceo-arbustiva invadente, eventualmente presente, effettuando un decespugliamento andante su tutta la superficie, mediante trinciatura con apposita macchina operatrice e taglio. Si procederà con un decespugliamento localizzato, a strisce (su terreni con pendenza < 40 %) e a buche (su terreni con pendenza < 60 %) intorno alla piantina. Seguirà lo spietramento per i terreni pietrosi o per asportare il materiale litoide venuto in superficie attraverso le operazioni di preparazione. La preparazione del piano di lavoro si concluderà con il livellamento della superficie. A questo punto seguirà la lavorazione vera e propria del terreno, distinta in principale, secondaria e di affinamento. Per quanto riguarda la

lavorazione principale, questa prevedrà un'aratura profonda o, se le condizioni edafiche lo consentono, una rippatura. Seguiranno la lavorazione secondaria e quella di affinamento, nel caso in cui siano presenti ancora zolle grossolane. Dopo di ciò si procederà alla lavorazione localizzata del terreno. Per la realizzazione dell'impianto, dopo aver provveduto al picchettamento delle file (squadatura) secondo le distanze relative al sesto d'impianto cui si è già fatto cenno, si procederà con l'apertura manuale della buchetta di cm 20 di larghezza x 25 cm di profondità, da eseguirsi con apposita trivella portata. Nel mettere a dimora la vegetazione sarà importante evitare i punti del terreno con scarsa profondità in modo da consentire lo sviluppo ideale dell'apparato radicale che si tradurrà negli anni in garanzia di attecchimento. Lo sviluppo delle conoscenze scientifiche e le innumerevoli esperienze maturate in questo campo indicano quale migliore strategia forestale la realizzazione di popolamenti misti, con impiego di componenti arboree e arbustive, con l'importante ruolo di quelle arbustive come specie "preparatorie e miglioratrici" in terreni fortemente degradati. La scelta delle specie da impiantare dovrà conciliare le loro preferenze ecologiche con le possibilità di adattamento alle condizioni ambientali. Le specie indigene o autoctone daranno maggiore affidamento: in particolare sarà valutata la possibilità di ricorrere a ecotipi locali provenienti da aree il più vicino possibile, in termini geografici/ecologici, all'area da imboschire. L'attuale prospettiva fa riferimento ad orientamenti culturali che, per loro natura, tenderanno ad ampliare quanto più possibile la scelta delle specie tra quelle che per evoluzione naturale tenderebbero a insediarsi nel sito. Il rapporto tra le specie arboree e arbustive impiegato sarà indicativamente di 4/1 e il materiale vivaistico avrà dei requisiti tecnici specifici. Il rinterro manuale verrà predisposto utilizzando il terreno fine precedentemente scavato e riposto lateralmente allo scavo. L'interramento delle pianticelle in profondità non supererà in nessun caso il colletto delle stesse. Inoltre, per ogni individuo vegetale, verranno forniti un tutore per consentirne la crescita verticale, un nontessuto in fibra di cocco per il controllo delle malerbe infestanti per la salvaguardia delle giovani piante e uno shelter biodegradabile per limitare l'impatto del vento e danni da parte della fauna selvatica. Una volta introdotta la piantina, il terreno attorno al colletto andrà compattato in modo da non lasciare punti di discontinuità tra il suolo e il pane di terra, per evitare rischi di disseccamento della piantina stessa. L'epoca ottimale per l'impianto sarà tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera, in ogni caso sempre prima della ripresa vegetativa delle piante. Ogni pianta, infine, sarà concimata con un fertilizzante di tipo "starter" e alla base dello scavo verrà posizionata una pastiglia di un prodotto nutrizionale per lo sfruttamento della tecnologia "Osmocote", affinché il concime svolga la propria funzione anche a parecchi mesi dall'impianto.

L'utilizzo di piantine con pane di terra determinerà:

- praticità di utilizzo;
- impiego in un ampio arco di mesi: in pratica quasi tutto l'anno, salvo i periodi più caldo-aridi e quelli in cui il terreno è gelato, è possibile effettuare i trapianti;
- possibilità di conservazione del materiale vivaistico per lunghi periodi con pochi e semplici accorgimenti, senza il rischio di comprometterne la vitalità;
- minor trauma da trapianto dopo la messa a dimora nel terreno in campo, con percentuali di attecchimento mediamente maggiori.

Le essenze vegetali da inserire nelle opere di riforestazione saranno acquistate da quelle in commercio dotate "Passaporto delle piante CEE", così come previsto dal D.M. 31 gennaio 1996 in attuazione delle direttive comunitarie in materia fitosanitaria. Per quanto riguarda la biodiversità e la provenienza del materiale vivaistico impiegato, saranno inserite piantine di provenienza locale, sicura e documentabile. Le piantine risponderanno a quanto previsto dalle leggi vigenti in materia di produzione e commercializzazione di materiale forestale di propagazione (in particolare il D. Lgs. 386/2003).

I costi e gli interventi legati agli interventi di riforestazione sono riportati nello schema riepilogativo di seguito proposto.



Figura 50 - Nontessuto in juta per il controllo delle malerbe infestanti post-trapianto piante forestali

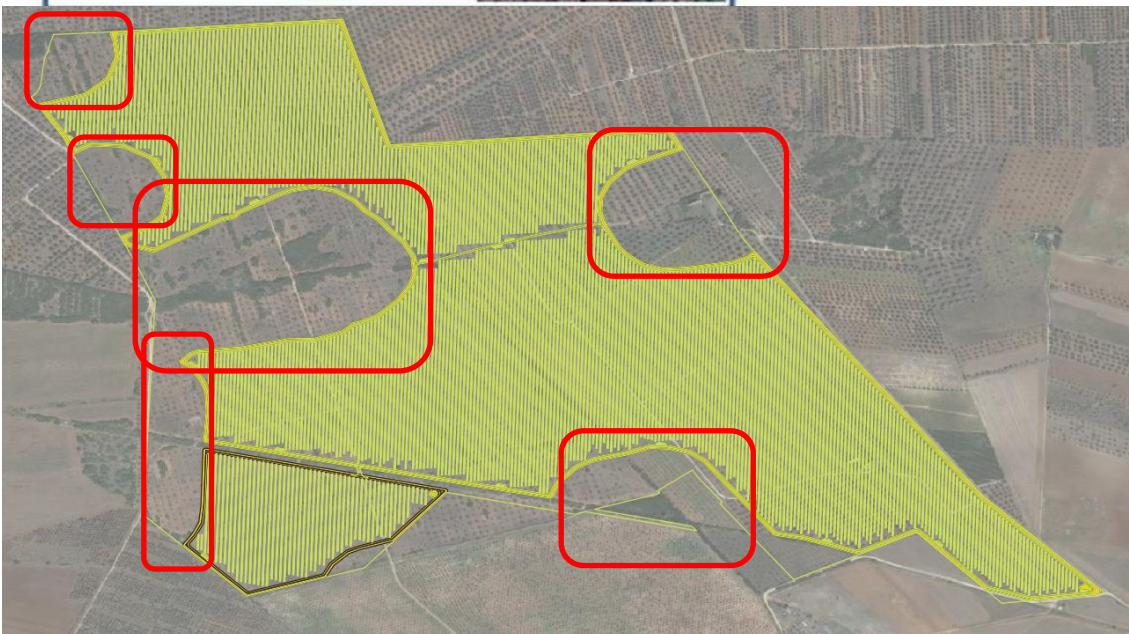


Figura 52 - Identificazione aree per opere di imboschimento

		Codice	Descrizione	U.M.	Q.tà	Prezzo	
RIFORESTAZIONE	2505017	Ripulitura totale di terreno infestato da cespugliame, mediante tagli eseguiti con mezzi manuali o, al massimo, con ausilio di decespugliatore meccanico a spalla, compreso l'allontanamento e/o bruciatura del materiale di risulta. In terreno mediamente infestato	ha	28	1.150,00	€/ha	32.200,00 €
	2505002	Lavorazione del terreno alla profondità di m 0,3 – 0,5 compreso amminutamento ed ogni altro onere. Superficie effettivamente lavorata. Terreno sciolto – medio impasto	ha	28	590,00	€/ha	16.520,00 €
	2505003	Fornitura e spandimento di ammendante organico, letame maturo, prevedendo un quantitativo minimo di 3 kg/mq, da eseguirsi tra l'aratura e la finitura superficiale	ha	28	1.170,00	€/ha	32.760,00 €
	2505004	Lavorazione di finitura superficiale del terreno, eseguita con attrezzi a denti, con esclusione di attrezzi rotativi ad asse orizzontale, compreso interrimento ammendante organico predistribuito, fino alla completa preparazione del terreno per la posa a dimora delle piante	ha	28	280,00	€/ha	7.840,00 €
	2505023	Squadatura e picchettatura: esecuzione della squadatura dell'appezzamento, con l'ausilio di strumenti ottici, compresi picchettatura e ogni altro onere	ha	28	850,00	€/ha	23.800,00 €
	2505020	Apertura di buche con trivella meccanica in terreno di qualsiasi natura e consistenza, compreso il successivo rinterro delle buche stesse: diametro 0,3-0,4 profondità 40 cm	cad	17500	1,90	€	33.250,00 €
	2505005	Fornitura e piantumazione di essenze forestali in alveolo in pane di terra, collocamento a dimora delle piante; compresa la ricolmatura e la compressione del terreno; fornitura e posa di tutore (bambù); prima irrigazione (15 l/pianta).	cad	17500	5,67	€	99.225,00 €
	25020005	Fornitura e messa a dimora di specie arbustive con zolla o vaso, per altezze fino a 1 m., compresa la fornitura di 20 l di ammendante, l'impianto degli arbusti, una bagnatura con 15 l. di acqua, esclusa la pacciamatura e gli oneri di manutenzione e garanzia.	cad	4375	21,01	€	91.918,75 €
	2505023	Messa a dimora manuale di piantine in terreno lavorato preparato per accogliere piantine forestali, il rinterro e ogni altro onere	cad	17500	1,75	€	30.625,00 €
	AP1	Fornitura e posa in opera di nontessuto Naturvip J1000, costituito da fibre biodegradabili di juta compattate meccanicamente mediante agugliatura, senza impiego di collanti, appretti, cuciture o filamenti in materia plastica.	cad	17500	2,00	€	35.000,00 €
	2505024	Fornitura e posa in opera di shelter biodegradabile al 100%, protegge le piante da attacchi di animali selvatici, anti-erbicida, anti-colpo di calore e anti-lacerazione; biologico e derivato da materie prime naturali. Diametro 7 cm h. fino a 80 cm	cad	17500	1,50	€	26.250,00 €
							429.388,75 €

Figura 53 - Costi di realizzazione opere di imboschimento (Assoverde)

17 MONITORAGGIO DELLE OPERE A VERDE

I lavori di manutenzione costituiranno una fase fondamentale per lo sviluppo dell'impianto arboreo ed erbaceo, lavori che andranno seguiti e controllati in ogni periodo dell'anno per affrontare nel migliore dei modi qualsivoglia emergenza in campo. La mancanza di una adeguata manutenzione o la sua errata od incompleta realizzazione, genererebbe un sicuro insuccesso, sia per quanto riguarda la realizzazione della fascia arbustiva di mitigazione, che per il resto delle opere a verde. Il piano manutentivo prevedrà una serie di operazioni di natura agronomica nei primi quattro anni (4 stagioni vegetative) successivi all'impianto. In seguito alla messa a dimora di tutte le piante, verranno eseguiti una serie di interventi colturali quali:

- risarcimento eventuali fallanze;
- pratiche irrigue sia di gestione che di soccorso;
- manutenzione delle protezioni;
- difesa fitosanitaria;
- potature di contenimento e di formazione;
- pratiche di fertilizzazione.

17.1 Sostituzione fallanze

In genere l'impiego di materiale vivaistico di buona qualità e la messa a dimora di giovani piantine con pane di terra (in genere di età 1-2 anni), permettono di garantire elevate percentuali di attecchimento. In questi casi tendenzialmente il numero medio di fallanze riscontrabile risulterà sempre inferiore al 5-10%. Tra i primi di ottobre e la fine di marzo del primo e secondo anno successivi alla messa a dimora si dovrà procedere alla sostituzione dei trapianti eventualmente disseccati.

17.2 Pratiche di gestione irrigua

In caso di insorgenza di periodi di siccità prolungata si renderà necessario intervenire con irrigazioni di soccorso, pena il disseccamento dell'impianto e l'insuccesso dell'intervento. Il numero di irrigazioni di soccorso, in generale, sarà funzione delle condizioni climatiche nel periodo estivo con maggior frequenza nel primo biennio. Inoltre, sarà fondamentale effettuare diverse irrigazioni, in particolar modo dopo la fase di trapianto e per almeno i due mesi successivi, per favorire la radicazione e quindi l'attecchimento delle giovani piante.

17.3 Difesa fitosanitaria

Normalmente non verranno effettuati trattamenti fitosanitari preventivi. Potranno risultare opportuni solo in pochi casi qualora si verificino attacchi di insetti defogliatori che colpiscono una percentuale cospicua del popolamento (almeno il 30%). In tal caso sarà necessario effettuare trattamenti antiparassitari con distribuzione di opportuni principi attivi registrati e, per esempio, utilizzati in agricoltura biologica, mediante atomizzatore collegato ad una trattrice. Tali interventi si potranno rendere necessari soprattutto all'inizio della primavera del primo anno del ciclo produttivo, con defogliazioni diffuse su larga scala.

17.4 Manutenzione delle protezioni

Nel caso specifico delle operazioni di imboscamento, ogni anno si dovranno risistemare manualmente le reticelle di protezione e sostegni danneggiati dagli stress biotici e abiotici, sostituendo quelle distrutte. Il film pacciamante selezionato è un materiale biodegradabile che verrà comunque asportato e smaltito. La rimozione si effettuerà tagliando longitudinalmente il film quando le piantine avranno raggiunto uno

sviluppo sufficiente per cui non soffrono più della concorrenza indotta dalle malerbe infestanti. Questo si verificherà a partire dalla fine del terzo anno dalla messa a dimora per evitare la formazione di uno strato di cotico erboso e terra sopra il telo che ne renderebbe più difficile l'asportazione.

17.5 Potatura di contenimento e di formazione

L'intervento di contenimento sarà realizzato perseguendo diverse finalità e obiettivi. Sui filari arborei si provvederà a dare una forma equilibrata e a contenere lo sviluppo in altezza. La frequenza degli interventi di potatura sarà valutata e programmata sulla base dello sviluppo della vegetazione dell'impianto e a seconda del protocollo colturale di gestione dello stesso. Ad ogni modo si prevedrà di effettuare nel corso degli anni delle operazioni diverse di potatura per dar loro una forma ben precisa ad una altezza stabilita; in particolare si effettueranno delle potature, con attrezzature sia manuali che meccaniche, per la periodica esecuzione dei diradamenti e per la rimozione delle parti secche. Lo scopo sarà quello di dare una forma equilibrata, favorendone l'affrancamento, l'accestimento e consentendo loro una crescita ottimale.

17.6 Pratiche di fertilizzazione

Con la concimazione ci si pone l'obiettivo di apportare sostanze nutritive al terreno agrario per migliorarne il grado di fertilità e, conseguentemente, anche la percentuale di attecchimento delle piante. Con l'apertura delle buche per la predisposizione delle opere di piantumazione ammenderemo il terreno allo scopo di creare le condizioni ottimali per lo sviluppo futuro della pianta. In seguito, durante il periodo primaverile dopo il primo anno di impianto, si provvederà ad apportare, a mezzo di concimi misto-organici o minerali, gli elementi nutritivi necessari al corretto sviluppo in modo tale da rafforzare le difese della pianta contro eventuali e possibili stress abiotici.

Piano di monitoraggio delle cure colturali opere a verde - dal 2° al 5° anno																																																	
		2°anno												3°anno												4°anno												5°anno											
	MESI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Controllo della vegetazione infestante																																																
2	Sostituzione fallanze																																																
3	Pratiche di gestione irrigua																																																
4	Difesa fitosanitaria																																																
5	Manutenzione delle protezioni																																																
6	Potatura di contenimento e di formazione																																																
7	Pratiche di fertilizzazione																																																

Figura 54 - Monitoraggio opere a verde dal 2° al 5° anno

18 IL PROGETTO RISPETTO ALLE LINEE MITE

In relazione alle norme relative agli impianti agrivoltaici, regolamentati dalle linee guida del MITE (oggi MASE), e richiamate nelle recenti norme CEI 82.93 e UNI PdR 148/2023, si fa presente che il presente impianto, per la configurazione dei moduli scelta, rientra nella definizione di “agrivoltaico avanzato” in quanto in considerazione dell’altezza dei moduli dal piano di campagna, la superficie che si proietta sotto risulta coltivabile e, pertanto, tutte le aree recintate risulteranno coltivate come se fosse un “pieno campo”.

Tale impianto, quindi, rispecchierà i requisiti sopra richiamati e, in particolare, il Requisito A, B, C e D.

REQUISITO A: l'impianto rientra nella definizione di “agrivoltaico”

Requisito A.1): Superficie minima coltivata deve essere almeno il 70 % della superficie totale di un sistema Agrivoltaico - Sagricola $\geq 0,70$ Stot

Requisito A.2): La percentuale complessiva coperta dai moduli fotovoltaici (LAOR) deve essere inferiore o uguale al 40% ($LAOR \leq 40\%$)

LAOR (Land Area Occupation Ratio): rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (Spv), e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (Stot).

Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (Spv): somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice).

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

Requisito B.1): Occorre garantire la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento. Per verificare questo requisito sarà necessario dotarsi di un sistema di monitoraggio secondo le linee guida del CREA-GSE. Tuttavia, le linee guida iniziano ad individuare due aspetti di attenzione: il valore della produzione agricola in €/ha o €/unità di bestiame adulto e il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato.

Requisito B.2): In base alle caratteristiche degli impianti agrivoltaici analizzati, si ritiene che, la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FV_{agri} in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard ($FV_{standard}$ in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60 % di quest'ultima. ($F_{agri} \geq 0,6 \cdot F_{standard}$).

REQUISITO C): L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;

REQUISITI D: i sistemi di monitoraggio

Il sistema agrivoltaico deve essere dotato di un sistema di monitoraggio che consente di verificarne le prestazioni:

Requisito D.1) il risparmio idrico;

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

REQUISITO E: Al fine di valutare gli effetti delle realizzazioni agrivoltaiche, il PNRR prevede altresì il monitoraggio dei seguenti ulteriori parametri:

- E.1) il recupero della fertilità del suolo;
- E.2) il microclima;
- E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.

VERIFICA DEI PARAMETRI

A.1) Superficie minima per l'attività agricola

Stot = 93 ha

70 % Stot = 65,1 ha

- Area destinata alla produzione agricola (area di progetto al netto dell'area occupata dalla viabilità interna e dai locali tecnici):

Sagricola = 91 ha (pari al 97,85%)

Sagricola $\geq 0,7 \cdot$ Stotale

[Il parametro risulta verificato]

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

Spv = 30,77 ha - Stot = 93 ha

Spv / Stot = 33,08 %

LAOR < 40%

[Il parametro risulta verificato]

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

Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale. In particolare, in merito alla verifica del presente requisito, che si riferisce alla continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento, si specifica quanto segue. Le verifiche degli investimenti colturali ante miglioramento configurano la struttura aziendale come marginale e poco produttiva (considerata anche la trascuratezza nel mantenimento degli elementi arborei). Il tessuto originario ha storicamente fatto riferimento ad un tipo di agricoltura tradizionale vocata sia alla coltivazione dell'olivo per la produzione di olio che alla monocoltura e, in particolare, alla coltivazione del grano. Una tale gestione colturale ha impoverito il terreno e, conseguentemente, anche la resa media per ettaro. I nuovi investimenti rappresentano un evidente miglioramento della configurazione agroproduttiva, che oltre ad assicurare una redditività certa e stabile, di fatto, rappresentano una continuità del settore agricolo così come previsto dai parametri delle Linee Guida. In tal senso il cambiamento dell'identità colturale, che da sempre prevedeva una agricoltura che impoveriva il suolo, con essenze "miglioratrici", storicamente impiegate però per la zootecnia, ha di fatto segnato un punto di svolta. Le leguminose da granella non solo arricchiscono il suolo fissando l'azoto atmosferico ma, dal punto di vista agroalimentare, rappresentano una notevole fonte di proteine alternative a quelle animali. La resa media di un legume da granella si aggira intorno ai 16-18 q.li di granella per ettaro. Il prezzo di mercato, riferito ai borsini merci principali

per le coltivazioni di cece e lenticchia, per esempio, sancisce un introito per l'agricoltore che va oggi da 1,10€ a 1,25€ per kg di prodotto. Anche considerando i prezzi più bassi raggiungiamo e superiamo i 1500 €/ha e, pertanto, il requisito risulta verificato. Inoltre, ricollocando nella fascia di mitigazione perimetrale le piante di olivo trascurate, queste saranno oggetto di interventi di potatura e risanamento e contribuiranno ad elevare ulteriormente la redditività delle aree di impianto.

[Il parametro risulta verificato]

B.2) Producibilità elettrica minima

$$FV_{agri} = 1,371 \text{ [GWh/ha/anno]}$$

$$FV_{standard} = 1,2439 \text{ [GWh/ha/anno]}$$

$$0,6 \cdot FV_{standard} = 0,7463$$

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

[Il parametro risulta verificato]

C): L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;

L'interasse (pitch) tra le file di tracker è previsto pari a 6,60 m, con una distanza di interfila pari a 4,22 m. L'altezza minima dal suolo raggiunta dai moduli è circa 2,1 m in corrispondenza della massima inclinazione dei moduli e l'altezza del montante principale è maggiore di 3 m. In questo caso si parla di impianti FV di **TIPO 1**), in cui l'altezza minima dei moduli è studiata in maniera tale da consentire la continuità delle attività agricole anche sotto ai moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo e una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura, e cioè i moduli fotovoltaici svolgono una funzione sinergica alla coltura, che si può esplicitare nella prestazione di protezione della coltura (da eccessivo soleggiamento, grandine, etc.) compiuta dai moduli fotovoltaici.

[Il parametro risulta verificato]

D.1) Il risparmio idrico

Il piano delle opere verde e della coltivazione agricola in tutte le aree di impianto compresa la fascia di mitigazione, prevedrà l'impiego di colture in asciutto, senza l'ausilio di pratiche di gestione irrigua artificiale.

[Il parametro risulta verificato]

D.2) Monitoraggio della continuità dell'attività agricola

Al fine di soddisfare il requisito per l'impianto è previsto un sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento alle seguenti condizioni di esercizio.

La proposta in esame tiene conto dell'associazione tra la tecnologia fotovoltaica e coltivazione del terreno agrario della zona recintata con una rotazione colturale che prevede l'alternanza di colture miglioratrici, depauperatrici e da rinnovo secondo lo schema che di seguito verrà esposto. Alternando colture miglioratrici a colture depauperanti e a quelle da rinnovo si eviterà la riduzione della sostanza organica nel tempo e questo aiuterà a mantenere la fertilità del terreno.

Per questo, sarà importante programmare i cicli colturali cercando di mantenere una copertura del terreno quanto più possibile continua. Ciò potrà avvenire, ad esempio, nel caso dei seminativi o delle leguminose, mediante una coltura intercalare tra le due principali, oppure, in zone particolarmente indicate all'impiego di colture da rinnovo, inserendo una pianta da coltivare a ciclo breve dopo quella principale (ad esempio il carciofo, il pomodoro, ecc..).

La "spinta" principale, comunque, verrà data dalle colture miglioratrici e cioè dalle leguminose e, in secondo luogo, dalle colture da rinnovo. I legumi sono colture che non necessitano di azoto ma lo fissano da quello atmosferico lasciandone una discreta quantità a disposizione delle colture in successione.

Come tipologia di rotazione colturale prevediamo un avvicendamento "a ciclo chiuso", in cui le piante tornano nel medesimo appezzamento dopo un periodo ben definito di anni (per esempio 4 anni).

La scelta dell'avvicendamento terrà conto di fattori agronomici quali:

- effetti dell'avvicendamento stesso;
- alcune colture sono favorite perché consentono di effettuare in maniera ottimale alcune operazioni;
- colture annuali o poliennali (con maggiore preferenza per quelle annuali);
- possibilità di sostituire le fallanze rapidamente;
- sfruttamento dell'avvicendamento per fini immediati (colture che vengono preferite ad altre per la facilità con cui di seguito si prepara il terreno).

La durata di un intero ciclo di rotazione dà il nome alla stessa e la durata corrisponde anche al numero delle sezioni in cui deve essere divisa l'azienda (nel caso specifico le aree di progetto). La durata indica, inoltre, la superficie destinata ad ogni coltivazione. Gli avvicendamenti colturali, ad ogni modo, hanno come scopo quello di conferire al suolo una determinata stabilità fisica, chimica e biologica. Quelli continui a loro volta possono essere:

- fissi (quando seguono degli schemi rigidi aziendali)
- liberi (quando mantengono una rigidità nell'ampiezza delle sezioni ma una determinata variabilità per quanto riguarda la specie coltivata);
- regolari (se le colture si succedono in appezzamenti di uguale ampiezza e dimensione);
- irregolari (se le colture si succedono in appezzamenti di diversa ampiezza e dimensione);
- misti (quando una parte della superficie aziendale è divisa in appezzamenti di uguale ampiezza e dimensione per colture in normale rotazione, accompagnata da altre sezioni con colture fuori rotazione come, per esempio, l'erba medica).

Gli avvicendamenti/rotazioni colturali possono essere anche semplici (contengono una sola coltura da rinnovo) o composte (costituite dalla combinazione di più rotazioni semplici).

È previsto, inoltre, un piano di monitoraggio per le opere a verde il quale non può prescindere da precisi e puntuali interventi di manutenzione. Il piano manutentivo prevedrà una serie di operazioni di natura agronomica nei primi quattro anni (4 stagioni vegetative) successivi all'impianto. In seguito alla messa a dimora di tutte le piante, verranno eseguiti una serie di interventi colturali quali:

- risarcimento eventuali fallanze;
- pratiche irrigue sia di gestione che di soccorso;
- difesa fitosanitaria;
- potature di contenimento e di formazione;
- pratiche di fertilizzazione.

Le opere di progetto saranno realizzate secondo i moderni modelli di rispetto della sostenibilità ambientali, con l'obiettivo di realizzare un sistema agricolo "integrato" e rispondente al concetto di agricoltura 4.0, attraverso l'impiego di nuove tecnologie a servizio del verde, con piano di monitoraggio costanti e puntuali, volti all'efficienza e al rispetto dell'ambiente. L'impianto agrivoltaico verrà gestito esattamente come una "moderna" azienda agricola e, pertanto, si attrezzerà adattando tecnologie innovative e tracciabilità di prodotto alle colture con i tracker fotovoltaici nelle loro interfile ed al di sotto di essi.

[Il parametro risulta verificato]

REQUISITO E)

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

- E.1) il recupero della fertilità del suolo;
- E.2) il microclima;
- E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.

E.1) in relazione al monitoraggio del recupero della fertilità del suolo, il protocollo che si intende seguire prevede analisi del terreno ogni 3-5 anni per identificare le caratteristiche fondamentali del suolo e la dotazione di elementi nutritivi, quali : scheletro, tessitura, carbonio organico, pH del suolo, calcare totale e calcare attivo, conducibilità elettrica, azoto totale, fosforo assimilabile, capacità di scambio cationico (CSC), basi di scambio (K scambiabile, Ca scambiabile, Mg scambiabile, Na scambiabile), Rapporto C/N, Rapporto Mg/K.

E.2) in merito al monitoraggio del microclima lo si potrà gestire eventualmente con l'installazione di sensori di umidità e pioggia che permettono di registrare e ottenere numerosi dati relativi alle colture (ad esempio la bagnatura fogliare) e all'ambiente circostante (valori di umidità dell'aria, temperatura, velocità del vento, radiazione solare). I risultati dei monitoraggi verranno appuntati nel relativo quaderno di campagna.

E.3) La produzione di elettricità da moduli fotovoltaici sarà realizzata in condizioni tali da non pregiudicare l'erogazione dei servizi e/o le attività eventualmente impattate in ottica di cambiamenti climatici attuali o futuri. Come stabilito nella circolare del 30 dicembre 2021, n. 32, sarà prevista una valutazione del rischio ambientale e climatico attuale e futuro in relazione a possibili alluvioni, nevicate, innalzamento dei livelli dei mari, piogge intense, ecc. per individuare e implementare le necessarie misure di adattamento in linea con il Framework dell'Unione Europea. Pertanto, nella fase di progettazione esecutiva sarà prodotta una relazione recante l'analisi dei rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione, individuando le eventuali soluzioni di adattamento;

[Il parametro risulta verificato]

19 VALUTAZIONI FINALI

La sfida che comporta un connubio tra fotovoltaico e agricoltura è certamente ambiziosa e stimolante. I dati tecnico scientifici ottenuti da prove “in campo” su determinate colture, sia esse da rinnovo, sia esse cerealicole che leguminose, confermano questo “matrimonio” e ne accentuano la vantaggiosità. I dati di confronto delle radiazioni solari sono decisamente confortanti e sono da considerare in funzione di una serie di svariati fattori: all'aperto in pieno i valori PPFD variano a seconda della latitudine, del periodo dell'anno e della copertura nuvolosa per esempio. L'analisi studio condotta ha tenuto conto della gestione delle colture da pieno campo da cui si otterrà un livello occupazionale importante e, conseguentemente, un reddito agricolo interessante, oltre a tutti i benefici che sono stati ampiamente descritti. C'è da considerare, comunque, le colture da impiegare andranno inserite in un piano di rotazione colturale che deve, per svariati motivi, tenere conto del fatto che tali piante devono essere avvicendate secondo logiche agronomiche standardizzate. Pertanto, nello stabilire il calendario delle rotazioni tra colture miglioratrici, colture depauperatrici e da rinnovo, si dovrà prevedere uno schema misto.

Dott. Agr. Paolo Castelli

Arcadis Italia S.r.l.

via Monte Rosa, 93
20149 Milano (MI)
Italia
+39 02 00624665

<https://www.arcadis.com/it/italy/>