

REGIONE BASILICATA



COMUNE DI GROTTOLE

PROVINCIA DI MATERA

PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO AGRIVOLTAICO AD INSEGUIMENTO SOLARE DA 19,9584 MWp
DA REALIZZARSI IN LOCALITA' "SAN DONATO" NEL COMUNE DI GROTTOLE

TAVOLA:	A.5.1	Relazione Agronomica
SCALA:		
DATA:	novembre 2021	

Committente: AMBRA SOLARE 32 - S.R.L.



Progettista impianti elettrici: Ing. Paolo Acquasanta

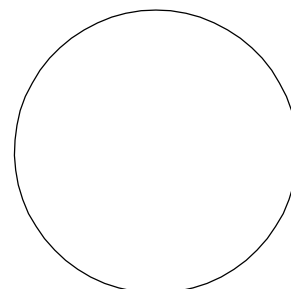
Collaboratori: Ing. Eustachio Santarsia
Studio Tecnico Lantri Srls

Opere edili e consulenza Ambientale: Ing. Paolo Acquasanta
Arch. Cosimo Damiano Belfiore
Geom. Rocco Donato Lorusso

Archeologo: Dott. Antonio Bruscella

Geologo: Dott. Maurizio Giacomino

Agronomo: Dott. Gino Panzardi



- 1. Premessa**
- 2. Caratterizzazione dell'area**
- 3. Aspetti agro-pedologici**
- 4. Descrizione del progetto e potenzialità produttive**
- 5. Scelta delle colture e sostenibilità economica**
- 6. Analisi dei costi e dei ricavi**
- 7. Sistema di monitoraggio**
- 8. Considerazioni conclusive**

1 . Premessa

Il presente elaborato analizza e studia le possibilità di accoppiare la produzione di energia fotovoltaica con la produzione agraria, mantenendo la potenzialità produttiva agricola del territorio. Nonostante l'importante contributo che i sistemi fotovoltaici possono dare per incrementare la disponibilità di energie rinnovabili, l'utilizzo di terreni agrari per l'installazione di pannelli fotovoltaici è generalmente ritenuta negativa in termini di consumo del suolo, di impatto sul territorio e di competizione con la produzione primaria. Negli ultimi anni sono stati però introdotti dei nuovi sistemi, detti agro-voltaici (Agv), nei quali i pannelli sono sollevati dal suolo in maniera da permettere il passaggio agevole di macchine operatrici e di ridurre l'effetto di ombreggiamento al suolo, consentendo, quindi, lo sviluppo delle piante all'interno dell'impianto fotovoltaico.

Il settore Agv è un settore, non del tutto nuovo, ancora poco diffuso, caratterizzato da un utilizzo "ibrido" di terreni agricoli tra produzioni agricole e produzione di energia elettrica attraverso l'installazione, sugli stessi terreni, di impianti fotovoltaici.

Naturalmente è necessario che le metodologie dell'Agv, siano preferibilmente applicate su terreni agricoli in pieno esercizio e con imprenditori agricoli impegnati a restare sul campo per gli anni successivi. È vero che si può "ripensare" ai terreni abbandonati, ma è illusorio pensare, almeno per i grandi numeri, che sia facile far ritornare su quei terreni operatori agricoli.

Questa pre-condizione è di fondamentale importanza, sia perché, come vedremo, l'Agv opera in una situazione di convergenti interessi tra i settori agricolo ed energetico sia

perché tende a radicare l'imprenditore agricolo al territorio e a ridurre, di conseguenza, il tasso annuale di abbandono precedentemente accennato.

Una seconda, altrettanto importante condizione, è che l'approccio al progetto parta dalle esigenze del mondo agricolo, ribaltando totalmente l'approccio del passato, quando erano in vigore gli incentivi ed è stato favorito l'abbandono delle campagne.

2. Caratteristiche dell'area

L'iniziativa riguarda la realizzazione di un impianto AGROVOLTAICO a terra, con inseguimento a singolo asse, integrato con un intervento di agricoltura specializzata, da realizzarsi in agro di Grottole (PZ), in località San Donato, dimensionato per una potenza nominale di 19,9584 MWp. I terreni su cui è ubicato l'impianto di progetto ricadono nell'area occidentale del territorio comunale, a circa 5,5 km in direzione Nord rispetto al centro abitato, in una zona occupata da terreni agricoli e distante da agglomerati residenziali o case sparse. Le superfici di progetto (campo, cavidotto di connessione e stallo di trasformazione), si inseriscono in contesto agricolo non irriguo, esclusivamente dedicato alla coltivazione estensiva ordinaria e non specializzata di colture cerealicole. In ogni caso, l'aspetto caratterizzante è la monosuccessione colturale e lo sviluppo del settore agricolo appare appiattito e poco in fermento.



Foto 1



Foto 2

Nelle immagini precedenti, si evidenzia il tipo di territorio descritto e le principali destinazioni dell'uso del suolo. Si può notare un' indiscriminata persistenza di spazi aperti coltivati a cereali autunno vernini con la totale assenza di aree non coltivate e presenza di specie arboree o arbustive.

Quanto descritto trova conferma nella Carta della Natura (ISPRA, 2013) e sostanzialmente in linea con la classificazione d'uso del suolo CTR e CLC.

3. Aspetti agro-pedologici

Così come si evince dallo studio "I suoli della Basilicata – Carta pedologica della regione Basilicata in scala 1:25.000" edito dalla Regione Basilicata nel 2006, l'area si colloca nella provincia pedologica 12, "Suoli delle colline argillose".

Suoli dei rilievi collinari argillosi della fossa bradanica e del bacino di Sant'Arcangelo, su depositi marini a granulometria fine, argillosa e limosa e, subordinatamente, su depositi alluvionali o lacustri. In sono prevalente un profilo moderatamente differenziato per redistribuzione dei carbonati e brunificazione, e hanno vertici; sulle superfici più erose sono poco evoluti e associati a calanchi.

Sulle superfici sub-pianeggianti hanno profilo differenziato per lisciviazione, redistribuzione dei carbonati, e melanizzazione.

Le quote sono comprese tra i 20 e 770 m s.l.m. L'uso del suolo prevalente è a seminativo, subordinatamente a vegetazione naturale erbacea o arbustiva, spesso pascolata. La loro superficie totale è di 157.705 ha, pari al 15,8 % del territorio regionale.

In questa provincia pedologica, che appartiene, insieme alle due precedenti (provincia 10 e 11), alla fossa bradanica e al bacino di S. Arcangelo, le antiche superfici sono rare, a causa delle caratteristiche dei substrati argillosi, instabili dal punto di vista geomorfologico. Le più stabili, subpianeggianti, in genere in posizione sommitale, sono talora caratterizzate da coperture sottili di materiale alluvionale argilloso-limoso con aree variabili di sabbia. Tali superfici si sono conservate in particolare nella porzione settentrionale della provincia pedologica, mentre sono estremamente rare nelle parti centrali e meridionali. Su queste morfologie si sono sviluppati i suoli più evoluti, che presentano una redistribuzione dei carbonati con formazione di orizzonti di accumulo secondario (orizzonti calcici), e una lisciviazione dell'argilla che ha portato alla formazione di orizzonti di accumulo (orizzonti argillici) moderatamente spessi. In questi suoli l'ossidazione dei minerali del ferro ha condotto alla brunificazione. Favorita dalla scarsa presenza di fenomeni erosivi, si assiste in questi suoli alla melanizzazione degli orizzonti superficiali, con la formazione dell'epipedon mollico, di colore scuro e ricco in sostanza organica.

Molto più diffusi sono i suoli a profilo moderatamente evoluto. A partire dal substrato argilloso, la pedogenesi porta dapprima all'allontanamento dei sali liberi, più solubili, e successivamente alla redistribuzione dei carbonati. Questa è avvenuta, in questi suoli, con intensità diversa in relazione alla stabilità delle superfici: in quelle più stabili la decarbonatazione degli orizzonti superficiali è significativa, e si assiste alla formazione di orizzonti di accumulo dei carbonati secondari (orizzonti calcici), in genere non molto profondi. In molti suoli questo processo è avvenuto in misura più limitata.

Il processo pedogenetico che caratterizza la maggior parte dei suoli della provincia è la vertisolizzazione.

Il nome di questo processo dal latino *vertere* (girare, rivoltare): questi suoli infatti hanno un profilo relativo omogeneo dalla superficie fino a una profondità di 60-80 cm, come se fossero stati arati.

L'omogeneità è evidente sia nel colore che in altri caratteri, come ad esempio la tessitura e il contenuto in sostanza organica. Questo fenomeno è dovuto alla tessitura argillosa, alla presenza di argille a reticolo espandibile, ea un clima a forti contrasti stagionali. Nei periodi secchi la contrazione delle argille provoca l'apertura di profonde fessure, le quali si richiudono nei periodi umidi, con il rigonfiamento delle argille. La causa del materiale dalla superficie in profondità nel periodo aperto in cui le fessure erano. Tali pressioni sono testimoniate da figure pedogenetiche, le facce di pressione e scivolamento, presenti negli orizzonti sub caratteristiche superficiali di questi suoli.

I vertisuoli di questi ambienti sono profondamente fessurati nel periodo estivo. Normalmente, le fessure sono già visibili a partire dal mese di aprile, e si richiudono solo nei mesi di ottobre o novembre, per effetto delle piogge autunnali. Il fatto che la fessurazione di questi suoli si prolunghi per oltre sei mesi, è un carattere che evidenzia un pedoclima prossimo all'aridità.

I versanti argillosi sono talvolta “interrotti” da aree pianeggianti, costituite da lembi di terrazzi alluvionali.

Si tratta di aree residue di superfici che nel passato probabilmente erano molto più ampie, e che sono state in gran parte smantellate. Queste aree, poste a quote molto diverse rispetto ai fondi a valle dei corsi d'acqua che le hanno origine, hanno in genere superfici molto limitate e attuali

rischiare dimensioni cartografabili alla scala del presente lavoro. Appartengono alla provincia pedologica n. 14. Per effetto dell'intensa erosione, molti versanti sono a profilo da suoli poco evoluti, accanto ad aree calanchive, che si presentano denudate, con il substrato affiorante.

La presenza dei calanchi, vere e proprie badlands, su ampie aree, fa sì che è al territorio di questa provincia pedologica che si associa la percezione del rischio di desertificazione per il territorio lucano.

L'erosione non si limita alle aree a calanco, ma è presente anche sui versanti meno pendenti, coltivati a seminativo. Questa coltura infatti, soprattutto se condotta su superfici a pendenze elevate, scopre il suolo nel periodo invernale, quando le precipitazioni sono concentrate, e lo rende più esposto agli agenti erosivi. Per ovviare a questi inconvenienti, molte sono le azioni che si possono intraprendere, oltre naturalmente a evitare la coltivazione a seminativo dei versanti più ripidi. Ad esempio, è necessario evitare le

arature a rittochino, sistemazioni dei terreni che interrompano i pendii troppo lunghi, e che realizzino una efficiente regimazione delle acque di scorrimento superficiale.

Per quanto riguarda il clima, la stazione meteorologica selezionata per l'inquadramento climatico della provincia pedologica è Montalbano Jonico, posta a 292 m di altitudine.

Le precipitazioni sono prevalentemente concentrate nel periodo autunnale e invernale: dicembre è il mese più piovoso, con 97 mm, agosto, con 17 mm, ha le precipitazioni più basse. La media annua è di 682 mm, con 62 giorni piovosi.

La temperatura media annua è pari a 16,0°C; le medie mensili registrano valori massimi a luglio ed agosto con 25,4°C, le minime sono a gennaio (7,7°C).

I dati termo-pluviometrici, interpretati secondo il diagramma di Bagnouls e Gausson, hanno evidenziato la presenza di un consistente periodo di deficit idrico che interessa i mesi di luglio ed agosto, e i mesi di giugno e settembre.

L'analisi del pedoclima (Billaux 1978), considerando suoli con AWC pari a 100, 150 e 200 mm, ha identificato un regime di umidità dei suoli xerico.

Il regime di temperatura dei suoli è termico. La classificazione del clima la formula climatica proposta da Thornthwaite, riferita ad un AWC di 150 mm, ha condotto alla formula climatica C1B'2wb'4, che indica un clima subarido (C1) con indice di aridità pari a 36, secondo mesotermico (B'2) con evapotraspirazione potenziale (ETP) annua di 844 mm. Il clima si caratterizza quindi per un deficit idrico estivo, un eccesso idrico invernale (w, con indice di umidità di 17), e una concentrazione estiva dell'efficienza termica, intesa come rapporto tra ETP del trimestre estivo ed ETP annua, del 51% (b').

Per quanto riguarda la classificazione fitoclimatica di Pavari, questa provincia pedologica si inserisce all'interno del Lauretum, sottozona media, Il tipo con siccità estiva.

Questa provincia pedologica, che comprende gran parte delle colline della fossa bradanica, è caratterizzata dall'alternanza di aree agricole e aree a vegetale naturale, controllate da fattori morfologici.

I versanti e le dorsali sub-pianeggianti o moderatamente acclivi sono coltivati. La notevole omogeneità dei suoli, e le loro caratteristiche, determinate in primo luogo dalla tessitura troppo fine, restringono la scelta delle colture. I seminativi, superare un ciclo autunno-vernino, aree che dominano l'agricoltura: si riscontrano coltivazioni di grano, avena, orzo, foraggere annuali. L'olivo è poco diffuso; insieme alle colture ortive, è presente solo nelle

aree attrezzate per l'irrigazione, che comunque sono estremamente limitate rispetto all'intero comprensorio.

In gran rotazione del territorio la coltivazione dei cereali assume i caratteri di una vera e propria monocoltura, e spesso non vengono attuati piani di parte, che prevede l'alternarsi di colture cerealicole con colture miglioratrici, quali le leguminose e le foraggere poliennali. E' frequente anche la messa a coltura di versanti a pendenze elevate, talora anche di aree calanchive. Oltre a risultati scarsi in termini produttivi, queste pratiche sono negative dal punto di vista ambientale, perché provocano un aumento dell'erosione. I versanti più ripidi sono associati a un uso silvo-pastorale, con la presenza di formazioni boschive di latifoglie, intervallate da aree boschive ricoperte da vegetazione erbacea e arbustiva, in corrispondenza dei versanti a maggior pendenza e sui quali sono evidenti i fenomeni di dissesti: frane, smottamenti, calanchi, erosioni di sponda per scalzamento al piede. Molte delle superfici boschive originarie di latifoglie risultano degradate a macchia mediterranea, ciò in seguito alle attività agricole e zootecniche o a causa dei numerosi incendi che si verificano nella stagione più calda. La pressione zootecnica, in prevalenza a ovini, è concentrata nella stagione invernale, e risulta spesso troppo prima intensa, contribuendo all'aumento dell'erosione.

La vegetazione naturale, essere inquadrata nell'associazione Oleo-Ceratonion, è costituita da boschi di querce caducifoglie, pascoli e incolti a può che di graminacee e piante annue dei Thero-Brachypodiea. Nelle diffuse aree a forte erosione la vegetazione si dirada notevolmente, fino a scomparire quasi tutto nei calanchi più attivi. Su queste superfici si rinviene una vegetazione a tratti ad habitus cespuglioso rappresentato da lentisco (*Pistacia lentiscus*), mentre lo stato finale della degradazione per erosione ha come indicatori il *Lygeum spartium* associato all'*Atriplex halimus* (Kaiser, 1964). Sui calanchi con esposizioni fresche del medio Basento e del Sinni è diffusa un'associazione presente solo in Basilicata, l'*Hordeo secalini-polygonetum tenoreani*, Caratteristica dalla presenza di *Polygonum tenoranum* (Fascetti, 1996). Infine, sono da segnalare i rilevanti interventi di rimboschimenti conifere realizzati nel tentativo di colpire l'erosione, che colpiscono superfici significative.

L'Unità 12.1 presenta Suoli delle superfici ondulate, da sub-pianeggianti a moderatamente acclivi, con limitati fenomeni calanchivi. I materiali di partenza sono costituiti da depositi marini argillosi e argilloso-limosi, prevalentemente pliocenici (Argille marnose

grigioazzurre), talora da sottili coperture alluvionali argilloso-limose. Le quote cambiate da 40 a 630 mslm

L' è rappresentato da 12 unità delineazioni, che costituiscono una superficie complessiva di 64.772 ha. L'uso del suolo prevalente è dato dai seminativi avvicendati; molto subordinati, i pascoli e gli oliveti.

Sulle superfici più stabili, sub-pianeggianti, sono presenti suoli a profilo differenziato per redistribuzione dei carbonati, lisciviazione, brunificazione. Questi suoli hanno un epipedon mollico e presentano moderati caratteri vertici (suoli Mattina Grande). Più diffusi, in particolare sui versanti debolmente o moderatamente acclivi, sono suoli a profilo relativamente a causa omogenea di marcati fenomeni vertici, a iniziale redistribuzione dei carbonati (suoli Elemosina).

I suoli prevalenti sono:

Suoli Eemosina (ELE1)

Sono suoli con marcati caratteri vertici, tanto che nella maggior parte degli anni le fessure rimangono aperte per oltre 6 mesi. Si tratta di suoli molto profondi, franco limoso argillosi o argilloso limosi, privi di scheletro. Moderatamente calcarei in superficie e molto calcarei in profondità, hanno reazione alcalina in tutti gli orizzonti; in orizzonti profondi, prossimi al substrato, può essere presente un eccesso nel complesso di scambio. Il loro drenaggio è buono nei periodi secchi e mediocre nei periodi umidi, la permeabilità bassa.

Classificazione Suolo Tassonomia: Aridico Haploxererts fine, misto, attivo, termico.

Classificazione WRB: Vertisoli iposodici.

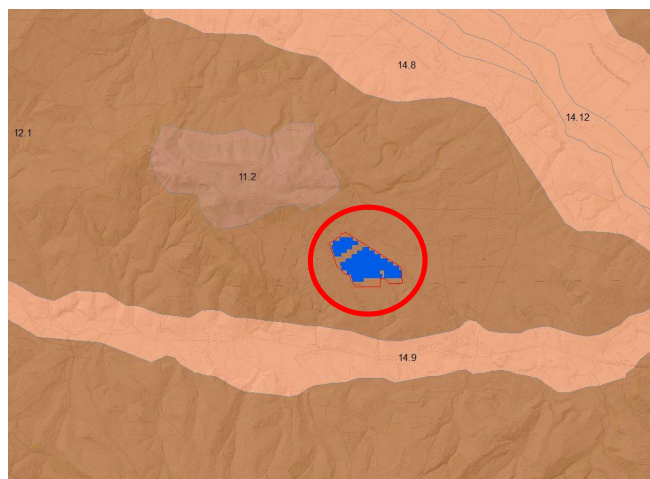
Suoli Mattina Grande (MAG1)

Suoli molto evoluti e molto profondi, con marcata differenziazione degli orizzonti. Hanno epipedon mollico con moderato contenuto in sostanza organica, un orizzonte argillico di spessore moderato (20-30 cm), e orizzonti calcici profondi con un contenuto di carbonati totali del 25-30%. In alcuni casi i materiali parentali hanno origine alluvionale: si tratta probabilmente di antichi depositi, per lo più a carattere locale, precedenti all'approfondimento dell'attuale reticolo idrografico. Questi suoli hanno caratteri vertici moderatamente espressi. Privi di scheletro, hanno tessitura franco limosa nell'orizzonte superficiale, da argillosa a franco argillosa negli orizzonti immediatamente sottostanti, franco limoso argillosa in profondità.

Sono scarsamente calcarei in superficie e fortemente calcarei in profondità, e hanno reazione alcalina. Ben drenati, presentano bassa permeabilità.

Classificazione Suolo Tassonomia: Vertic Calcixerolls fine, misto, attivo, termico.

Classificazione WRB: Luvi-Vertic Kastanozem.



4. Descrizione del progetto e potenzialità produttive

Appare importante evidenziare che l'iniziativa non ha per oggetto un impianto fotovoltaico nella sua configurazione classica, ma è integrata da un intervento di valorizzazione agricola. Nello specifico, dei 28 ettari dell'area impianto perimetrata, il 37,5% (ha 10,5 c.a.) saranno occupati dai pannelli fotovoltaici disposti su tracker e accessori (strade e cabine), mentre la restante importante quota del 62,5% c.a. (17,5 ettari) sarà interessata da interventi in chiave agricola e di riqualificazione ambientale.

Tutto il processo di studio e di progettazione, sviluppato da un team di consulenti lucani, è stato teso a trovare soluzioni sostenibili, sia nelle more dell'auspicata decarbonizzazione globale, che della più compatibile trasformazione del territorio per lo sviluppo, la valorizzazione e la salvaguardia del paesaggio lucano.

L'analisi, eseguita in fase di screening proprio per analizzare non solo la vocazione del sito per la produzione di energia elettrica, ma per valutarne anche il corretto inserimento dello stesso in termini paesaggistici ed ambientali, ha mostrato un interessante convergenza tra le naturali caratteristiche orografiche e le trasformazioni del paesaggio indotte dalle attività antropiche, agricole e industriali. Queste considerazioni trovano un ulteriore impulso

anche nella ineludibile necessità della società contemporanea di dare corso, al livello mondiale, alla cosiddetta TRANSIZIONE ENERGETICA mediante l'alienazione, dalla produzione energetica dalle fonti fossili, a favore di quelle rinnovabili. Pertanto, questa si configura come un'applicazione virtuosa, finanziata da capitale privato, che promuove una trasformazione del tipo reversibile e priva di interferenze sulle componenti ambientali. Anzi, al dimensionamento del convertitore solare è stata abbinata un'importante iniziativa di agricoltura specializzata e innovativa, che ambisce a promuovere ricadute multidisciplinari, in chiave paesaggistico-ambientale, sociale e di valorizzazione del territorio.

Tornando concretamente alla principale soluzione paesaggistica adottata rispetto alle caratteristiche visuali dell'intervento, la tecnica utilizzata è stata quella di dilatare l'interdistanza tra gli assi longitudinali dei "tracker" in modo da utilizzare, in chiave agricola, le importanti fasce di terreno liberate dalla presenza dei pannelli. Il risultato è stato ottenuto a margine di studi paesaggistici, agronomici ed industriali, grazie ai quali si è raggiunto un momento di equilibrio, il cui concetto base viene schematicamente espresso al livello grafico nelle due successive immagini fotorealistiche. Il rapporto messo a punto è di 1 a 2-3 tra le superfici dedicate alla produzione da FER e quelle complessive destinate al verde (agricoltura specializzata, schermature naturali e sistemazioni a verde dei piani di campagna liberi).

L'impianto agrovoltaico è stato progettato in modo che la sua installazione lasci ampio spazio alla coltivazione dell'area occupata.

Il sistema prescelto è un sistema di pannelli montati su inseguitori monoassiali orientati lungo l'asse nord-sud e basculanti nella direzione est-ovest (ad inseguimento solare appunto).

Le stringhe, di lunghezza ognuna pari a 40,40 metri, sono tutte allineate tra loro e sono poste ad un interasse pari a 8,5 metri.

Le fasce che si generano tra ogni fila di pannelli saranno dunque ancora interessate dall'attività agricola garantendo tutti gli spazi necessari per la lavorazione e coltivazione del fondo agricolo, anche in considerazione del fatto che i pannelli, di tipo basculante, garantiscono durante la giornata, una adeguata esposizione solare a tutto il fondo, consentendo al contempo tutte le normali lavorazioni agricole anche al di sotto di essi.

Il sistema di pannelli a tracker lascia delle fasce coltivabili di 5,8 m tra le file di pannelli.

Da un punto di vista del consumo del suolo, a fronte di un ingombro complessivo dell'impianto fotovoltaico in progetto pari a circa 28 ettari, l'effettiva quantità di suolo sottratto all'attività agricola sarà solo quella strettamente necessario alle infrastrutture viarie, di sostegno dei pannelli e delle cabine elettriche.

Il progetto prevede la posa in opera di 504 tracker monoassiali, dimensionati in maniera tale da alloggiare, su ciascuno di essi, nr 60 moduli fotovoltaici per un totale di 30.240 moduli fotovoltaici da installare e quindi una potenza complessiva di 19,9584 KWp; l'estensione complessiva dell'impianto, come detto in precedenza, sarà pari a circa 24 Ha. Ogni tracker occupa una superficie pari a 200,00 m² c.a., quindi 504 tracker occupano una superficie pari a 100.800 m² (10,08 Ha). Considerando l'area occupata dalla viabilità interna e dalle cabine si può affermare che la superficie effettivamente sottratta alle lavorazioni è di circa 10,50 Ha.

In conclusione si può considerare che l'impianto agrovoltaico in progetto occupa "solo" 0,52 ha/MWp rispetto ai "classici" 1,5 ha/MWp.

Rispetto a quanto descritto, la superficie da destinare a coltivazioni agricola e le relative specie da utilizzare, devono tenere in considerazione i seguenti aspetti:

- Larghezza utilizzabile tra due tracker determinabile nel range 7,50 – 8,50 metri;
- I pannelli su inseguitori basculanti, con una larghezza di circa 4,78 m., garantiscono un irraggiamento diretto del sole medio durante l'anno per circa 4,5 h/die (media sull'anno, ma considerando il periodo primaverile-estivo utile alle colture, le ore salgono notevolmente) su una sezione di terreno coltivabile tra i due tracker di circa 5,6 metri (interdistanza Tracker 8,50 m);
- La restante parte del terreno coltivabile riceve durante tutto il giorno un irraggiamento diffuso, con riduzione della capacità fotosintetica associata ad una riduzione dei fenomeni di evapotraspirazione stomatica;
- Trattrice agricola da utilizzare tipo "frutteto", con una possibilità d'impiego giornaliero, dettato dall'ingombro del mezzo rispetto alle proiezioni dei pannelli, pari a 8 ore/die, estendibili a 12 ore/die con l'utilizzo di attrezzi portati e collegati all'attacco a tre punti con sistema brandeggiabile ed altezza massima di 50 cm. da terra. La trattrice deve possedere un raggio di sterzata massimo di 4.5 m.;
- Scelta di coltivazioni tolleranti dell'ombreggiamento e con uno sviluppo dell'apparato epigeo non superiore ai 60 cm. di altezza.

Nella parte coltivabile, la crescita delle piante è influenzata da diversi fattori, ed in particolare:

- Riduzione della radiazione incidente per intercettazione da parte dei pannelli fotovoltaici;
- Influenza dell'impianto fotovoltaico sulla ventosità a livello della coltura;

Questi due fattori principali influenzano poi la crescita delle colture regolando:

- Il tasso di fotosintesi delle piante;
- La temperatura, sia a livello fogliare che del terreno;
- L'evapo-traspirazione della coltura e, quindi, il suo fabbisogno idrico.

Il principale fattore che influenza la resa sotto un impianto agrovoltaico è comunque la disponibilità di radiazione a livello delle piante. Per gran parte delle colture erbacee ci sono limitate informazioni sulla tolleranza all'ombreggiamento, mentre si conoscono bene gli effetti positivi sulla qualità delle produzioni di particolari colture, che vengono normalmente coltivate sotto vari tipi di reti ombreggianti e/o antigrandine.

In colture come il mais, l'ombreggiamento determina consistenti riduzioni dell'altezza delle piante, nel diametro del fusto, nel tasso di fotosintesi netta, nell'accumulazione di biomassa aerea e nel numero di cariocidi per spiga (Dupraz et al., 2011). In altre colture gli effetti possono essere anche molto differenti: il fagiolo, ad esempio, tollera piuttosto bene l'ombreggiamento, come l'erba medica, che può essere coltivata tra fasce boscate senza apprezzabili effetti sulla produzione (McGraw et al., 2008). Rispondono abbastanza bene all'ombreggiamento colture estive come lattughe e il cetriolo, mentre colture autunno vernine, come il frumento, si adattano bene all'ombreggiamento, fornendo rese simili a quelle in aria libera sotto impianti fotovoltaici che coprono il 50% della superficie del terreno.

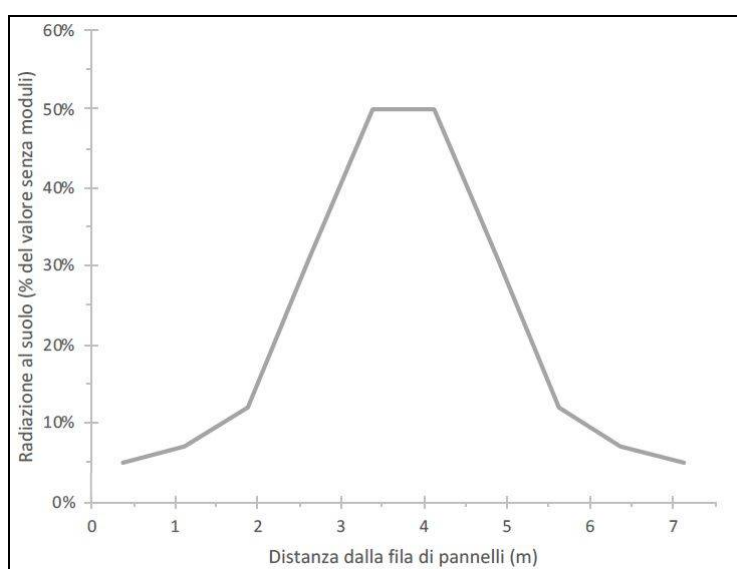
In alcuni casi, la produzione di frumento può addirittura aumentare, considerando che la presenza dei pannelli fotovoltaici, riducendo la radiazione al suolo, limita il tasso di evapotraspirazione e i picchi di temperatura nelle ore più calde del giorno. La presenza dei pannelli riduce inoltre la ventosità a livello delle piante, concorrendo a limitare l'evapotraspirazione e riducendo il rischio di fenomeni avversi, come l'allettamento delle colture.

5. Scelta delle colture e sostenibilità economica

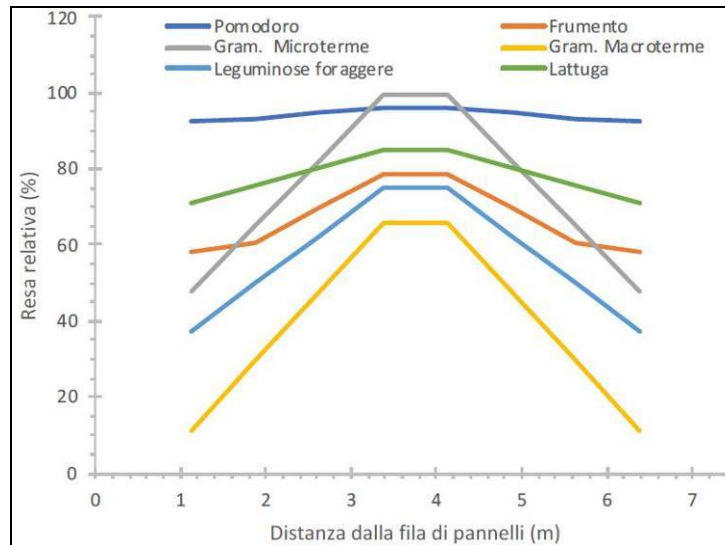
Al di sotto di un sistema agrovoltaico il tasso evapotraspirativo è influenzato dalla minore quantità di radiazione incidente, che determina anche una riduzione della temperatura, e dalla ventosità, che viene ridotta rispetto alle condizioni di aria libera. L'effetto principale è comunque legato alla riduzione della radiazione incidente.

Considerando che il fabbisogno idrico delle principali colture varia tra i 2000 ed i 6000 m³/ha a seconda del periodo di coltivazione e delle caratteristiche proprie della specie, le colture praticate all'interno del sistema agrovoltaico, possono permettere risparmi idrici notevoli rispetto a colture di pieno campo.

Considerando una fascia non coltivata al di sotto delle file dei pannelli, la radiazione media disponibile all'interno della fascia coltivabile varia tra il 30% ed il 50% della radiazione in assenza di pannelli. Naturalmente la quota di radiazione diretta è integrata dalla radiazione diffusa.



Livello di ombreggiamento al suolo



Resa delle colture

Come si può vedere dalla tabella, le colture che meglio si adattano alle condizioni di ombreggiamento sono alcune orticole, come pomodoro e lattuga, ed il frumento. Tra le colture foraggere, si possono ottenere rese interessanti con erbai autunno-vernini, loiessa in particolare e con leguminose foraggere come l'erba medica. Data però la scarsa disponibilità di acqua ad uso irriguo e la carenza di condotte forzate, sono invece sconsigliabili colture estive ad elevate esigenze radiative e idriche.

Quindi, le colture che meglio si adattano alla coltivazione in condizioni di ombreggiamento parziale e di scarsa esigenza idrica sono alcune officinali come Lavanda, Rosmarino, Origano, Timo, Salvia e Elicriso, le colture autunno-vernine, tra cui rivestono particolare interesse per l'ambiente considerato il frumento e l'orzo, e alcune colture foraggere come la loiessa.

Tra le perennanti erbacee da foraggio è di forte interesse l'erba medica, sia per la sua adattabilità alle condizioni di coltivazione che per i positivi effetti sulla qualità del terreno.

La tipologia di impianto proposto ha, dal punto di vista micro-meteorologico, un impatto molto più limitato di quello di impianti fotovoltaici senza inseguimento.

In condizioni di lavoro dell'impianto, nel caso di vento forte i pannelli vengono posti in posizione orizzontale. In questa posizione, l'impatto sulla ventosità al suolo è minimo, se non addirittura di limitazione della velocità del vento a livello del terreno. Anche il possibile effetto di concentrazione dell'acqua di precipitazione in aree limitate del terreno sottostante, l'effetto è da considerare trascurabile. In caso di precipitazioni di particolare intensità, i pannelli si pongono in posizione prossima alla verticale, per ridurre il rischio di

danni ai pannelli stessi ma, di fatto, limitando al minimo il loro impatto sulla distribuzione della piovosità. Nel caso di piovosità non particolarmente intense, i pannelli possono rimanere in posizione di lavoro e ciò potrebbe determinare una concentrazione dell'acqua nella zona sottostante.

Questo problema è ridotto, se non annullato dal fatto che:

- I pannelli si muovono nel corso della giornata e ciò ripartisce la caduta di acqua dagli stessi su una zona più ampia di quella che si avrebbe con pannelli fissi;
- Considerando che i pannelli si muovono nel corso della giornata da una posizione prossima alla verticale fino ad un'angolazione dipendente dalla stagione, in relazione all'altezza massima del sole sull'orizzonte, l'acqua di scorrimento sui pannelli ricadrà all'interno dell'area sottostante;

La scelta delle colture è stata effettuata considerando delle specie di taglia limitata, per non interferire con la funzionalità della parte fotovoltaica del sistema e, per le colture a ciclo di crescita primaverile estivo, con esigenze idriche limitate o con un'elevata rusticità. In definitiva la scelta delle colture erbacee ricade sulle piante aromatiche e officinali a raccolta meccanica.

La coltura prescelta che potrà essere praticata nelle interfile dell'impianto fotovoltaico è la lavanda (*Lavandula spp.*).

Si tratta di una pianta perenne, di dimensioni contenute, che può tranquillamente essere utilizzata anche per molti anni ed è spontanea in molte regioni tra cui la Basilicata, predilige terreni asciutti, magri, argillosi e ricchi di calcio.

Sarà utilizzato il Lavandino (ibrido di *Lavandula angustifolia P. Miller. Lavandula latifolia L. X Medikus*), di resa leggermente inferiore, ma molto più rustico e più produttivo. Si moltiplica facilmente per seme e per talee di un anno.

La varietà prescelta è la "Grosso" più recente, è la più rustica ma anche la più ricca di canfora è la più facile da coltivare ed ha una resa media di 80 kg.

Il lavandino presenta delle caratteristiche tali da renderlo particolarmente adatto per essere coltivato tra le interfile dell'impianto fotovoltaico:

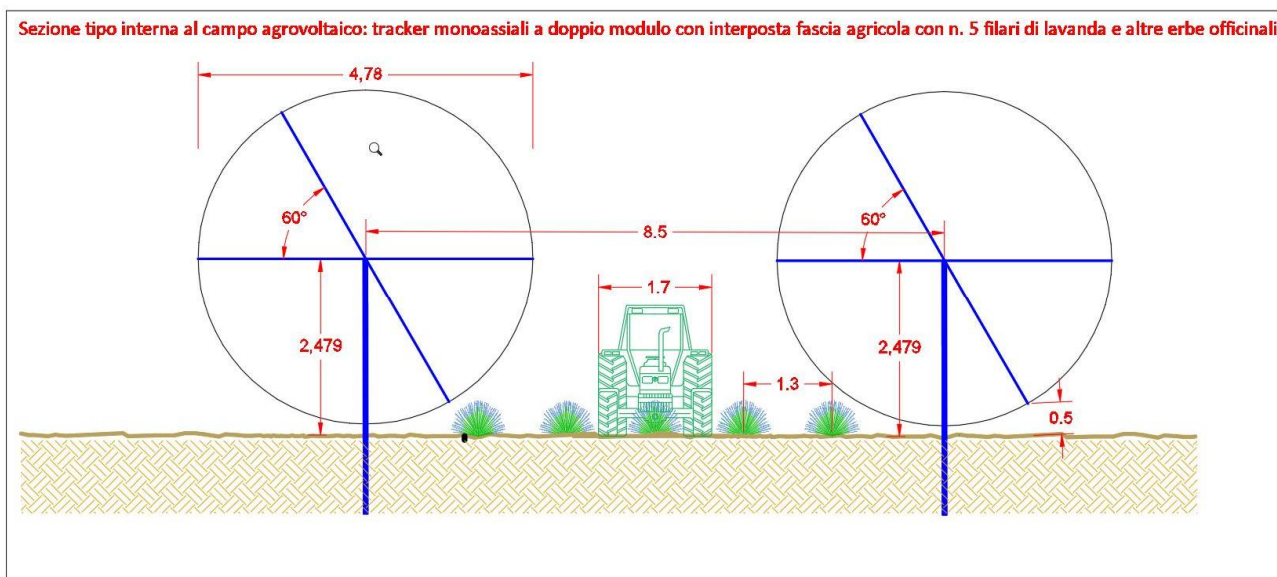
- Ridotte dimensioni della pianta;
- Disposizione in file strette;

- Gestione semplice del suolo;
- Ridottissime esigenze idriche;
- Svolgimento del ciclo produttivo e maturazione nel periodo tardo primaverile-estivo;
- Possibilità di praticare con facilità la raccolta meccanica.

Stessa cosa vale per le altre aromatiche e officinali individuate e che potranno essere utilizzate, anche ad uso sperimentale, nel corso della vita dell'impianto agrovoltaico:

- Origano (*Origanum vulgare L.*);
- Salvia comune (*Salvia officinalis L.*);
- Rosmarino (*Salvia rosmarinus Scheid.*);
- Timo (*Thymus vulgaris L.*);
- Elicriso (*Helichrysum italicum*)

La meccanizzazione delle colture può essere effettuata con macchine ampiamente compatibili con l'impianto agrovoltaico. Nella fase di passaggio delle attrezzature i pannelli vengono posti in posizione verticale, lasciando completamente libera l'area coltivabile nell'interfila. Si ricorda che la fascia coltivabile ha un'ampiezza di almeno 5-5.6 m e che i pannelli sono spaziati di circa 7,5 m (a riposo si ha una distanza di circa 10 m). Ciò consente il movimento di tutte le attrezzature portate anche da trattori di elevata potenza, che hanno comunque larghezze limitate entro i 2.5 - 3.0 m, ampiamente compatibili con l'impianto in esame.



Particolare piantagione lavanda e officinali in genere tra i tracker

RELAZIONE AGRONOMICA – progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto Agrovoltaico in agro di Grottole (MT)



Particolare piantagione lavanda e officinali in genere tra i tracker



SPECIFICHE TECNICHE BE 400

- Lunghezza totale m. 7,00
- Lunghezza cassone m. 3,00
- Altezza massima m. 3,60
- Altezza minima m. 3,00
- Larghezza massima m. 2,20
- Capacità mc. 17
- Volume DIN 11741 10
- Barra falciante rotativa
- Larghezza di taglio mt 1,00
- Pneumatici 10.0/75 x 15,3 PR 10 IMPLEMENT
- Carreggiata ruote variabile da 1300 a 1700 mm
- Assali 2
- Peso Kg 2690
- Potenza richiesta HP 60/70





Esempi raccogliatrice meccanica lavanda e piante officinali

La raccolta della lavanda potrà essere effettuata tramite una raccogliatrice trainata in asse con la trattore oppure semovente, dal funzionamento molto semplice e dimensioni relativamente contenute.

L'intervento di trattori e macchine di elevate dimensioni è limitato alle prime fasi di lavorazione e messa a dimora delle piantine.

Le capezzagne di testa ai filari hanno ampiezza sufficiente per permettere le manovre in testata, garantendo quindi la mobilità di tutte le macchine necessarie per la coltivazione dell'area.

Per aumentarne e garantire un'elevata produzione, anche se il lavandino ha una durata fisiologica di oltre dieci anni, superati gli otto anni di produzione si procederà alla sua estirpazione ed all'impianto di nuove piantine. Il Lavandino si presta ad essere trasformata anche in azienda agricola, e tali trasformazioni determinano un reddito aggiuntivo all'azienda, ma richiedono maggior manodopera. Va considerato che la trasformazione della lavanda non è da considerare un'attività di nicchia, perché l'industria dei cosmetici e dei profumi (a cui la lavanda si può collegare), in Italia e nel mondo, è tra le più floride, paragonabile all'industria alimentare. Inoltre il mercato dei prodotti (convenzionali e biologici) per uso cosmetico, negli ultimi anni, vede crescite rilevanti: produrre lavanda (sia in biologico che in convenzionale) è diventato estremamente più redditizio e fa bene all'ambiente.

I prodotti trasformati della Lavanda ed i possibili usi sono molteplici, dai cosmetici, agli utilizzi alimentari, erboristici e ornamentali. Alcune lavorazioni possono essere fatte

direttamente in azienda e possono offrire una buona integrazione al reddito agricolo, tra l'altro sono adatte all'imprenditorialità e al lavoro femminile.

Non di secondaria importanza potrebbe essere la produzione di miele monoflora accanto alle coltivazioni e indicatore di benessere e buono stato anche della componente aria.

E' stato previsto un impianto di irrigazione a goccia, realizzazione di un pozzo artesiano e vasca di raccolta con sistema di pompaggio da utilizzare specialmente durante il primo anno di vita delle piantine e poi successivamente come irrigazione di soccorso.

Per quanto riguarda invece le fasce perimetrali dell'area interessata dall'impianto, sono state previste specie arboree e arbustive in grado di garantire una mitigazione dell'impianto agrovoltaico. La scelta è ricaduta tra le quercine per le arboree e specie di macchia mediterranea per le arbustive.

6. Analisi dei costi e dei ricavi

Per quanto riguarda i costi e i ricavi, innanzitutto bisogna analizzare le varie fasi e lavorazioni:

- Aratura profonda del terreno;
- Fresatura e livellamento;
- Concimazione di fondo;
- Messa a dimora piantine di lavandino;
- Inizio attività di coltivazione.

Per la fascia perimetrale sarà effettuato uno scasso, affinamento del terreno, concimazione di fondo e messa a dimora di specie arboree e arbustive.

- **Costi**

PREVENTIVO DI SPESA PIANTE OFFICINALI/HA					
	Descrizione	Costo (€/Ha)	N.	Costo Tot (€)	
1	Lavorazione terreno con scasso	1200,00		1200,00	
2	Concimazione	750,00		750,00	
3	Squadratura e picchettamento	700,00		700,00	
4	Costo piantina di 1 anno (vivaio)	1,00	13.500	13500,00	
5	Messa a dimora n. 1 piantina (trapianto meccanico)	0,05	13.500	675,00	
6	Irrigazione a goccia	0,25	13.500	3375,00	
			Tot. ettaro	20.200,00	x 21,75 ha= 439.350,00
	Trivellazione pozzo artesiano ml 300 Euro 60.000				60.000,00
	Vasca raccolta di recupero ad utilizzo irriguo compreso di telo Euro 40.000				40.000,00
PREVENTIVO DI SPESA SCHERMATURA A VERDE FASCE PERIMETRALI					
	Descrizione	Costo (€/Ha)	N.	Costo Tot (€)	
1	Lavorazione terreno con scasso	1200,00		1200,00	
2	Concimazione	750,00		750,00	
3	Costo piantina di 1 anno (vivaio)	1,62	800	1296,00	
4	Messa a dimora n. 1 piantina attraverso l'apertura di buca	3,62	800	2896,00	
5	Irrigazione a goccia	0,25	800	200,00	
			Tot. ettaro	6.342,00	x 4,60 ha= 29.173,20
			Totale investimento		568.523,20

- **Ricavi**

Le possibilità di mercato del Lavandino ibrido varietà "Grosso" sono diverse, in questo progetto ne prenderemo in considerazione due:

- *Commercializzazione del prodotto essiccato*
 Prodotto essiccato: 1.500 kg/ha (min 1.000, max 2.000)
 Prezzo medio: 2,70 – 3,00 €/Kg
 Resa /Ha: 4.050,00 – 4.500,00 €/ha
 Resa totale: 88.000,00 – 98.000,00 €

L'idea progettuale dell'imprenditore abbraccia anche la possibilità futura, magari anche attraverso il PSR della Regione Basilicata, di estrarre in loco gli oli essenziali per poi commercializzarli.

- *Estrazione e Commercializzazione oli essenziali*
 Prodotto estratto: 80 kg/ha (min 60, max 100)
 Prezzo medio all'ingrosso: 75 €/Kg (min 60, max 90)
 Resa /Ha: 6.000,00 €/ha
 Resa totale: 130.500,00 €/ha

7. Sistema di monitoraggio

In ragione della specificità dell'iniziativa candidata, appare molto importante porre l'accento anche sull'implementazione di un sistema di monitoraggio capace di verificare l'impatto della convivenza dell'agricoltura specializzata all'interno di un impianto solare. Il sistema di monitoraggio nasce dall'esigenza di monitorare diversi fattori tra due applicazioni differenti:

- le coltivazioni previste lungo le fasce interposte alle stringhe fotovoltaiche;
- le coltivazioni nelle n. 5 aree campione della superficie di 2.450 mq ciascuna dove è prevista la messa a dimora nella configurazione del campo aperto.

8. Considerazioni conclusive

Gli impianti agri-voltaici hanno un forte interesse per differenziare l'utilizzazione del territorio, mantenendo la potenzialità produttiva agricola ma consentendo, nel contempo, di produrre energia rinnovabile. Il risultato è che l'output energetico complessivo per unità di superficie in termini di produzione agricola e di energia, è superiore nei sistemi agri-voltaici rispetto a quanto ottenibile con le sole implementazioni agricole o energetiche. I sistemi agri-voltaici si configurano quindi come una modalità di gestione innovativa del territorio, che può permettere notevoli vantaggi a livello ambientale.

Nel caso del sistema in esame, può essere mantenuta una produzione agricola di circa il 62,5 % della superficie complessiva, con una potenzialità produttiva prossima a quella ottenibile in campo aperto.

Il sistema agrovoltaico ha degli aspetti vantaggiosi per l'utilizzazione delle risorse idriche. Su sistemi simili si dovrebbe avere una sensibile riduzione dei consumi idrici delle colture a parità di output rispetto a colture in pieno campo, il risparmio idrico può arrivare anche al 20% del fabbisogno in condizioni di campo, è ciò è un aspetto di particolare importanza in un'ottica di adattamento ai cambiamenti climatici.

La potenzialità ambientale del sistema agrovoltaico può essere inoltre valorizzata appieno convertendo l'area interessata all'agricoltura biologica. La presenza di fasce di terreno non lavorate sotto le file dei pannelli favorisce il mantenimento della biodiversità e degli antagonisti naturali degli insetti e funghi nocivi alle colture e consente di mantenere dei corridoi ecologici per piccole specie di selvatici. In un sistema biologico, inoltre, ci si può

attendere un apprezzabile sequestro di C atmosferico, per l'aumento del tenore in sostanza organica del suolo nella parte coltivata, che si somma a quanto ottenibile nelle fasce inerbite lungo le file di pannelli. Gli effetti sul consumo di suolo previsti sono sostanzialmente nulli, in quanto il sistema fotovoltaico in sé non determina effetti permanenti sul suolo. Il consumo di suolo si può avere solo per le strutture di supporto dell'impianto che, comunque, interessano superfici estremamente limitate. La realizzazione è comunque reversibile al termine del ciclo di vita dell'impianto.

Per quanto riguarda gli aspetti legati alla biodiversità, l'impianto in progetto non determina impatti diretti negativi rispetto all'utilizzazione attuale. In prospettiva, anzi, il mantenimento delle fasce coltivate lungo le file del sistema fotovoltaico, crea delle condizioni favorevoli per il mantenimento della biodiversità della microfauna e, in particolare predatori degli insetti ed altri artropodi dannosi per le colture.

Moliterno, 05/11/2021

Il Tecnico

Dott. Agr. Gino Panzardi

