



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
COMUNE DI VILLASOR
Provincia del Sud Sardegna (SU)



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
AGRO-FOTOVOLTAICO DENOMINATO VILLASOR

Loc. "Su Pranu", Villasor (SU) - 09034, Sardegna, Italia

Potenza Nominale 72'063 kWp + Sistema di accumulo di Potenza Nominale 26'340 kW

	<p>Coordinamento Progettisti INNOVA SERVICE S.r.l. Via Santa Margherita n. 4 - 09124 Cagliari (CA) P.IVA 03379940921, PEC: innovaserviceca@pec.it</p>	<p>Gruppo di lavoro VIA (S.I.G.E.A. S.r.l.) Dott. Geol. Luigi Maccioni - Coordinamento VIA Ing. Manuela Maccioni - Paesaggio Dr. Nat. Roberto Cogoni - Fauna Flora Vegetazione Dott.ssa Cristiana Cilla - Archeologia Dott. Geol. Stefano Demontis – Georisorse Dott. Geol. Valentino Demurtas – Georisorse</p> <p>Gruppo di lavoro Progettazione Agronomica Agr.Stefano Atzeni – Agronomo</p>
	<p>Coordinamento gruppo di lavoro VIA S.I.G.E.A. S.r.l. Via Cavalcanti n. 1 - 09047 Selargius (CA) P.IVA 02698620925, PEC: sigeamaccioni@pec.it</p>	
	<p>Committente - Sviluppo progetto FV: ALFA ARIETE S.r.l Via Mercato n. 3/5 - 20121 Milano (MI) P.IVA 11850890960, PEC: alfaarietesrl@lamiapec.it</p>	<p>Gruppo di lavoro Progettazione Elettrica Ing. Silvio Matta – Ing. Elettrico</p> <p>Altri Progettisti Ing. Luca Marmocchi – Ing. Civile - Strutturista Arch. Giorgio Roberto Porpiglia – Progettista Geom. Aurora Melis – Progettista</p> <p>Rilievo Piano-altimetrico - La SIA S.p.a. Viale Luigi Schiavonetti n. 286 – Roma (RM) P.IVA 08207411003, PEC: direzione.lasia@pec.it</p>
	<p>Sviluppo progetto Agricolo: Azienda Agricola Lotta Marco Michele Via Ponti sa Murta n. 21 - 09097 San Nicolò D'Arcidano (OR) P.IVA 01134970951, PEC: marcomichelelotta@pec.it</p>	

Elaborato

RELAZIONE PEDOLOGICA

<p>Codice elaborato REL_SP_PEDO</p>			<p>Scala</p>	<p>Formato</p>
<p>REV.</p>	<p>DATA</p>	<p>ESEGUITO</p>	<p>VERIFICATO</p>	<p>APPROVATO</p>
<p>03</p>	<p>Luglio 2023</p>	<p>Dott. Geol. Luigi Maccioni</p>	<p>Dott. Geol. St. Demontis</p>	<p>ALFA ARIETE S.r.l.</p>
<p></p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>
<p></p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>

Note

SOMMARIO

1 – INTRODUZIONE	2
2 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
3 – I SUOLI	6
3.1 – I SUOLI DELL’AREA DELL’AREA VASTA.....	6
3.2 – I SUOLI DELL’AREA DI INTERVENTO	7
3.2.1 - Premessa	7
3.2.2 - I suoli.....	8
4 - BILANCIO IDRICO	12
4.1 - METODOLOGIA	12
4.2 – BILANCIO IDRICO EX ANTE	15
4.3 – BILANCIO IDRICO EX POST	18
4.4 – CONCLUSIONI	21

1 – INTRODUZIONE

La società ALFA ARIETE S.r.l. con sede in Via Mercato 3/5 - 20121 Milano - ha in progetto la realizzazione di un impianto agri-fotovoltaico in agro del Comune di Villasor (CA) dal cui abitato dista circa 2.5 km.

L'area di progetto occupa complessivamente 132 ettari sui quali è prevista la costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico a terra con sistema ad inseguitori monoassiali, con una potenza complessiva installata pari a 72'063,68 KWp e una potenza in immissione alla RTN (P.O.I.) pari a 64'450,00 Kw ed una produzione di energia annua pari a circa 134,54 GWh,

La tipologia di impianto prescelta abbina la produzione di energia con un piano di miglioramento delle preesistenti attività agricole.

La seguente tabella mostra la ripartizione delle superfici.

Superficie totale del progetto	Ha 132.50.46
Superficie utilizzabile agricoltura sotto i tracker	Ha 27.69.12
Superficie utilizzabile agricoltura, interfila tracker e altre superfici agricole	Ha 72.30.88
Superficie di rispetto perimetrale (aree verdi di mitigazione)	Ha 9.57.70
Superfici occupate dalla viabilità	Ha 10.51.54
Tare	Ha 5.91.83

Tabella 1 - Utilizzazione dell'area dell'impianto



Figura 1 - aree impianto fotovoltaico

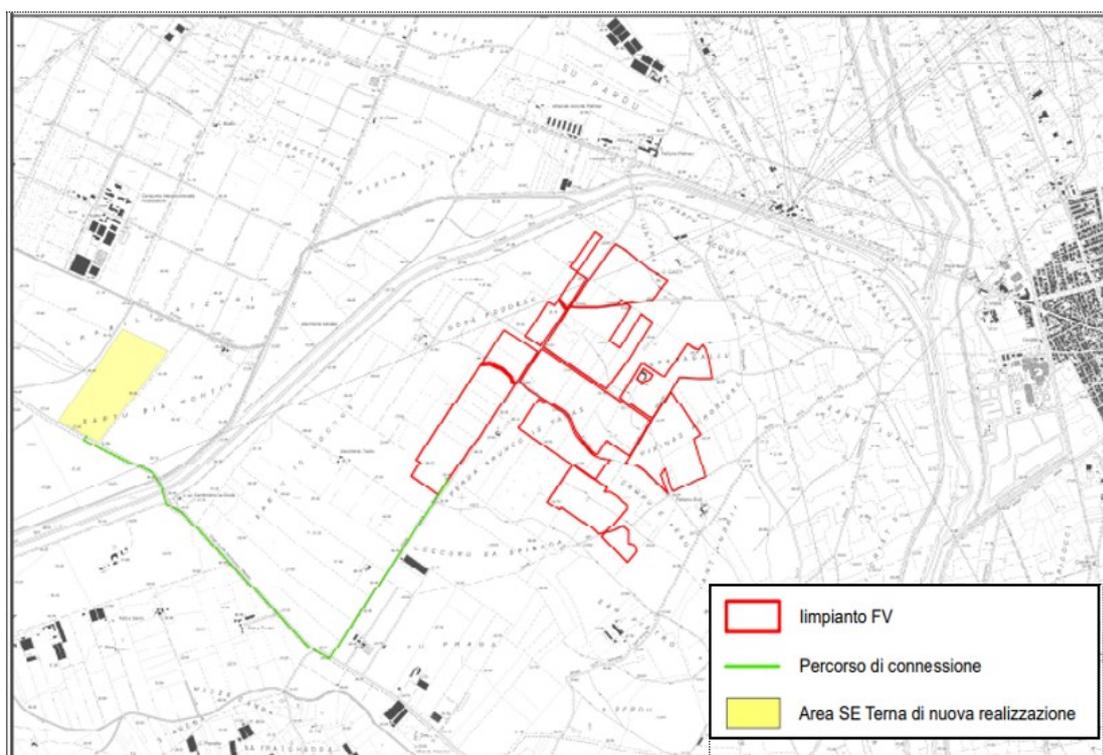


Figura 2 – Area impianto su CTR

2 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area interessate dall'impianto agri-fotovoltaico si estende per circa 133 ettari che ricadono nel territorio comunale di Villasor (SS) (figura 2).

L'impianto è ricompreso nel Foglio IGM 556 sez. I Villasor in scala 1:25.000 e nel foglio CTR 556 sez. 030 in scala 1:10.000.

L'impianto agro-fotovoltaico è localizzato nella pianura del Campidano su morfologie subpianeggianti con altimetria che degrada debolmente da 30 m slm circa 20 m verso Est.

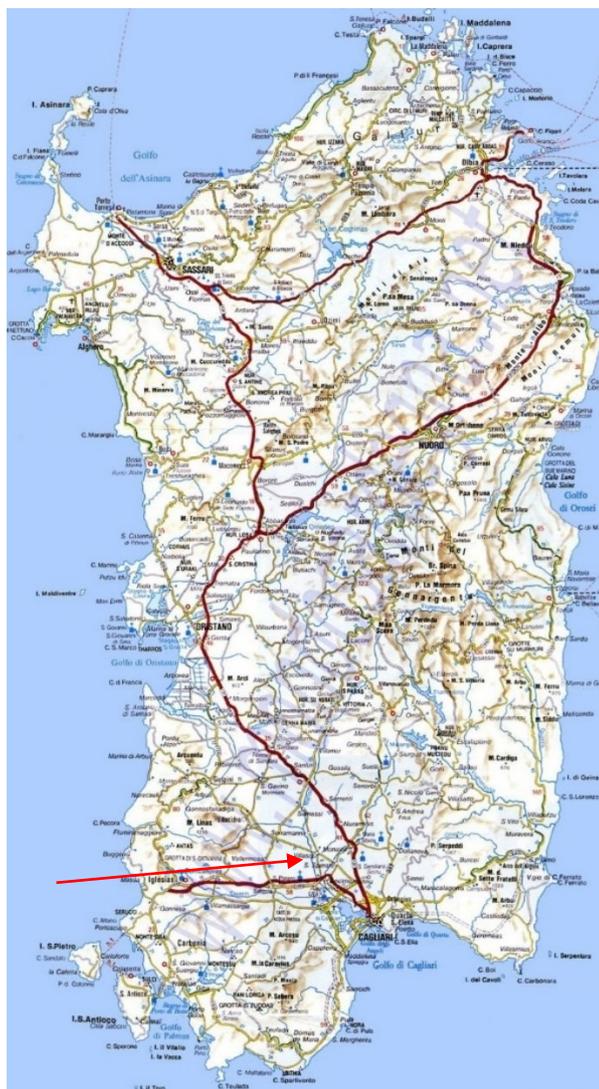


Figura 3 - Ubicazione dell'impianto

3 – I SUOLI

Lo studio dei suoli si è articolato in una prima fase a livello di riconoscimento finalizzato alla conoscenza del contesto pedologico dell'area vasta nella quale ricade il progetto.

Una seconda fase è stata dedicata allo studio di dettaglio dell'area di intervento attraverso rilevamenti di campagna sia con osservazioni superficiali che con lo scavo di tre profili di suoli dei quali si è proceduto alla elaborazione del bilancio idrico.

Il pattern di distribuzione dei suoli è riportato nella carta pedologica in scala 1:10.000.

3.1 – I SUOLI DELL'AREA DELL'AREA VASTA

L'area vasta è caratterizzata da due sistemi di paesaggio. Il primo è il paesaggio delle conoidi coalescenti ed occupa il settore occidentale: il secondo è il paesaggio della pianura alluvionale del Flumini Mannu.

Qui di seguito si riporta la legenda della carta dei suoli specificando che l'impianto in progetto ricade nel settore distale del sottosistema delle conoidi subrecenti i cui suoli sono dettagliatamente descritti nel successivo paragrafo 3.2.

Legenda carta dei suoli

SISTEMA DI PAESAGGIO DEI CONOIDI

Sottosistema Conoidi subrecenti

Settore intermedio

1 - Substrato: depositi alluvionali. **Pendenza media:** < 5%. **Processi in atto:** ruscellamento diffuso. **Suoli:** moderatamente ben drenati; molto profondi; da bruno a bruno giallastro; scarsa pietrosità, franco sabbiosi nel topsoil ed argillosi con comune scheletro ghiaioso; abbondanti screziature; poliedrica subangolare media e grossolana; estremamente resistente; subacidi.

Class. FAO: Gleyic LIXISOLS

Settore distale

2 - Substrato: depositi alluvionali. **Pendenza media:** < 5%. **Processi in atto:** ruscellamento diffuso. **Suoli:** moderatamente ben drenati; molto profondi; da bruno a bruno giallastro scuro; scarsa pietrosità; franco sabbiosi nel topsoil ed argillosi con comune scheletro ghiaioso; abbondanti screziature; poliedrica subangolare media e grossolana; estremamente resistente; da subacidi a neutri.

Class. FAO: Gleyic LUVISOLS, Gleyic LIXISOLS

SISTEMA DI PAESAGGIO DI PIANURA

Sottosistema pianura alluvionale

Fondovalle

3 - Substrato: depositi alluvionali. **Pendenza media:** < 2%. **Processi in atto:** deposizione. **Suoli:** moderatamente ben drenati; molto profondi; bruno scuro; argillosi; prismatica e poliedrica subangolare media, grossolana e grossolana ; estremamente resistente; neutri.

Class. FAO: Eutric VERTISOLS, Vertic CAMBISOLS

Alveo attuale

4 -Alveo attuale del Flumini Mannu

3.2 – I SUOLI DELL’AREA DI INTERVENTO

3.2.1 - PREMESSA

La conoscenza delle caratteristiche fisico-chimiche dei suoli è fondamentale per conoscere l’attitudine dei suoli e pianificare la scelta delle colture e le pratiche di gestione in grado di assicurare un significativo miglioramento delle attività agricole in termini ambientali ed economici.

A tal fine sono stati eseguiti rilievi di campagna nell’area di intervento sia con osservazioni superficiali che con lo scavo di tre profili pedologici la cui ubicazione è riportata nella figura 4.

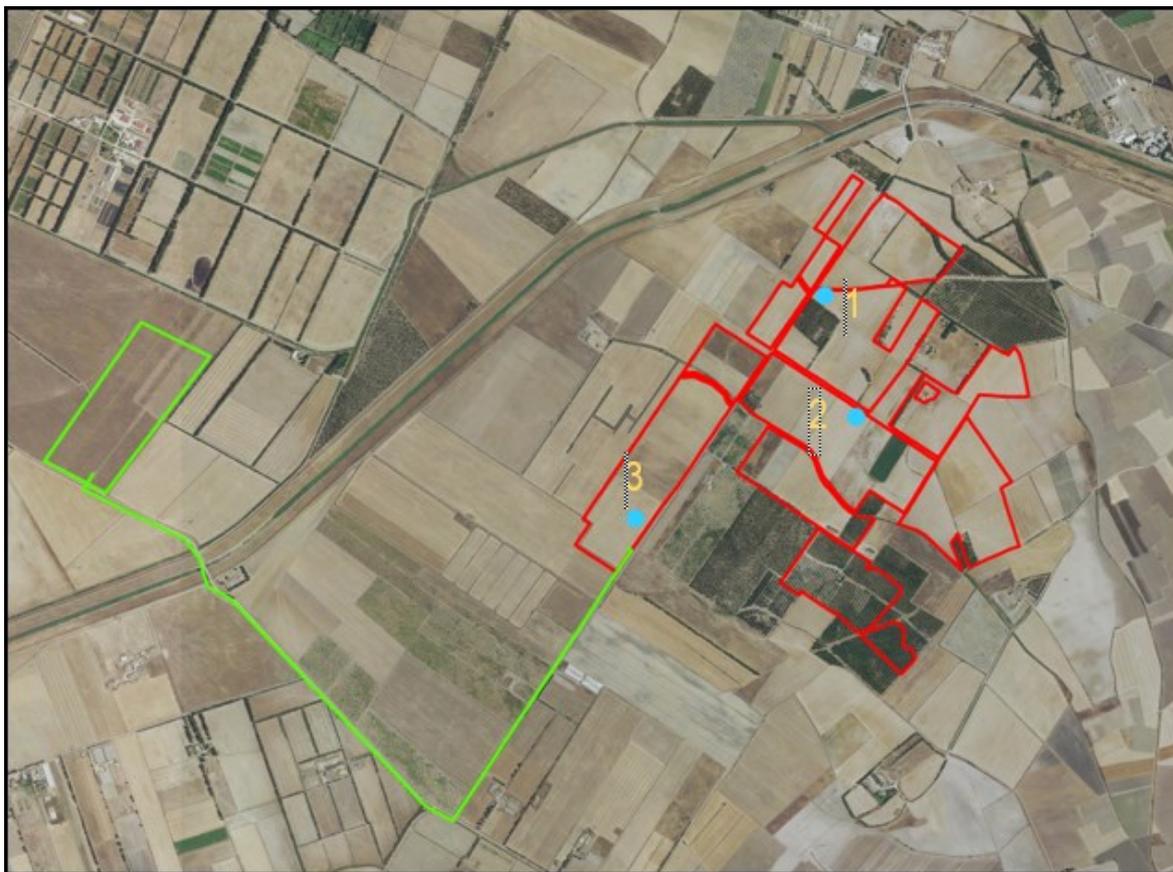


Figura 4- Ubicazione profili pedologici

Si è inoltre proceduto alla elaborazione del bilancio idrico dei suoli.

Come già scritto l'area di intervento progettuale ricade in un sottosistema di pianura. Lo studio pedologico di dettaglio ha permesso di identificare tre tipologie di suolo la cui distribuzione è rappresentata nella carta dei suoli in scala 1:10.000.

3.2.2 - I SUOLI

L'area nella quale ricade l'impianto in progetto è pedologicamente caratterizzata da tipologie di suolo abbastanza omogenei. Trattasi di suoli policiclici come ben si evince dalla sequenza degli orizzonti con un topsoil di 40-60 cm, poco coeso molto ricco in scheletro che ricopre un subsoil con caratteristiche gleyic potente oltre 100 cm, molto compatto, impenetrabile dalle radici e con lo scheletro inglobato in una matrice argillosa (foto 1).

La reazione è subacida, la saturazione in basi medio-bassa e la dotazione in fosforo e magnesio bassa.

Oltre a questo pedotipo, è presente una variante che si differenzia per un maggiore spessore (circa 100 cm) dell'orizzonte ricco in scheletro.



Foto 1 – Profilo tipico dei suoli dell'area dell'impianto

Il profilo tipico dei suoli dell'area dell'impianto è caratterizzato da un topsoil (Ap) di spessore da 40 a 60 cm, bruno (10YR 4/3) da asciutto, a tessitura sabbioso franca con oltre il 20% di scheletro di 2-6 cm di diametro, subacido (foto 2).

Segue un orizzonte B2tg bruno giallastro scuro (10YR 4/4) spesso circa 90/100 cm, franco sabbioso argilloso che ingloba scheletro di diametro 2-6 cm, pellicole di argilla comuni, concrezioni di Fe-Mn dure comuni, screziature bruno rossastre comuni, subacido. Molto umido a partire da 180-190 cm (foto 3).

Nell'area dell'impianto è presente una variante di questi in corrispondenza di una superficie posta a quote leggermente più elevate. I suoli di questa zona sono caratterizzati da un topsoil di spessore maggiore (circa 100) e con scheletro più abbondante (foto 4).



Foto 2 - Topsoil ricco in scheletro



Foto 3 – Orizzonte 2Btg



Foto 4 – Variante con topsoil > 100 cm

L'attitudine di questi suoli è fortemente limitata a causa della tenacità del topsoil da asciutto e dalla compattezza del subsoil. Questi fattori rendono le lavorazioni difficoltose soprattutto da asciutto e determinano una velocità di infiltrazione dell'acqua molto bassa. Di conseguenza gran parte dell'acqua piovano defluisce scorrendo in superficie piuttosto che infiltrarsi nel suolo a incrementare la riserva idrica.

Queste limitazioni possono essere attenuate o eliminate con appropriate lavorazioni quali profonde rippature integrate da calcitazioni e apporti di sostanza organica.

4 - BILANCIO IDRICO

4.1 - METODOLOGIA

Il bilancio idrico dei suoli di fornisce una misura indicativa della disponibilità d'acqua nel suolo nel corso dell'anno, viene largamente utilizzato in numerose discipline (agronomiche, naturalistiche ecc.) che necessitano di previsioni sull'effettiva disponibilità d'acqua per le piante, previsioni più puntuali di quelle basate sui soli dati climatici.

Il bilancio idrico dei suoli è stato calcolato utilizzando tre parametri:

1. pluviometria media mensile;
2. evapotraspirazione potenziale media mensile;
3. riserva idrica del suolo (indicata solitamente con la sigla AWC dall'inglese *Available Water Capacity*)

I dati pluviometrici e delle temperature si riferiscono agli anni 1981-2010 nella stazione di Villasor per la pluviometria e quella di Decimomannu per le temperature.

Per. osserv. 1981-2010	Pluviometria mm	Temperature Celsius
Gennaio	50.5	9.3
Febbraio	55.4	9.8
Marzo	40.4	11.7
Aprile	54.0	13.5
Maggio	29.7	18.3
Giugno	15.1	22.2
Luglio	4.4	25.4
Agosto	9.9	25.8
Settembre	40.7	22.3
Ottobre	56.9	18.7
Novembre	87.0	13.9
Dicembre	68.0	10.7

Tabella 2 - medie mensili di pluviometria e temperatura

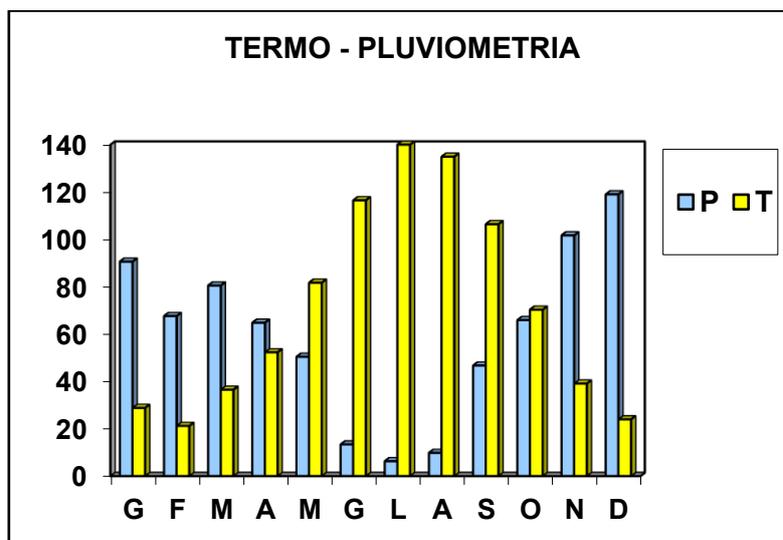


Figura 5 -Diagramma termo pluviometrico

Per mezzo delle medie mensili di questi dati viene determinata l'evapotraspirazione potenziale (ETP) media mensile secondo Thornthwaite.

L'evapotraspirazione potenziale rappresenta la quantità d'acqua che evaporerebbe dal suolo, direttamente o indirettamente attraverso le piante, senza esaurimento delle riserve idriche. Nella seguente tabella sono riportati i valori della evapotraspirazione potenziali della stazione di riferimento.

Per. osserv. 1981-2010	Evapotraspirazione potenziale mm (Thornthwaite)
Gennaio	18.2
Febbraio	19.7
Marzo	33.0
Aprile	45.8
Maggio	86.5
Giugno	122.3
Luglio	157.4
Agosto	151.5
Settembre	103.1
Ottobre	70.1
Novembre	36.5
Dicembre	22.5

Tabella 3 - Evapotraspirazione potenziale

La riserva idrica dei suoli o capacità d'acqua disponibile, si determina come differenza tra la quantità d'acqua presente alla capacità di campo e quella al punto di appassimento permanente.

La prima è la massima quantità d'acqua che può essere trattenuta una volta che sia stata eliminata l'acqua gravitazionale e viene raggiunta al termine della fase di drenaggio rapido, dopo che il suolo è stato saturato.

La seconda corrisponde alla quantità d'acqua che rimane nel suolo nella situazione in cui le piante non riescono più ad assorbirla, appassendo quindi in modo irreversibile.

L'AWC dipende dalle caratteristiche fisiche e chimiche del suolo e viene calcolata per l'intera profondità del suolo sommando i valori determinati nei singoli orizzonti (o strati) fino a una profondità di riferimento di 100 cm o pari alla profondità della roccia, se inferiore.

Solitamente viene determinata con metodi empirici o ricorrendo a pedofunzioni in grado di effettuare delle stime a partire da alcuni caratteri del suolo facilmente rilevabili.

Il bilancio idrico è stato determinato avvalendosi del modello di calcolo della *Cornell University*. Il bilancio viene rappresentato in una tabella che indica i periodi in cui la sezione di 1 metro del suolo è totalmente allo stato umido, oppure parzialmente umido oppure totalmente asciutta.

Il bilancio è inoltre rappresentato in un diagramma dove sulle ascisse vengono riportati i mesi dell'anno e sulle ordinate i valori medi mensili delle precipitazioni, dell'evapotraspirazione potenziale espressi in mm.

Sino a quando le precipitazioni risultano maggiori o uguali alla ETP, la riserva idrica del suolo rimane integra. Si può verificare anzi un surplus (S) d'acqua a disposizione per lo scorrimento superficiale.

Nel momento in cui la ETP è maggiore delle precipitazioni avrà inizio l'utilizzazione della riserva idrica (U) fino al suo esaurimento e avrà inizio il periodo di deficit idrico (D). Man mano che la riserva idrica diminuisce aumenterà lo stress idrico per le piante.

Allorquando le precipitazioni supereranno la ETP si avrà un periodo di ricarica durante il quale parte dell'acqua andrà a ricostituire la riserva idrica del suolo.

4.2 – BILANCIO IDRICO EX ANTE

Tenuto conto della tessitura, struttura, porosità, consistenza, densità apparente e sostanza organica l'AWC dei suoli allo stato attuale dell'area dell'impianto agrifotovoltaico è stata stimata tra 100 e 150 mm/m.

Qui di seguito vengono riportati il bilancio idrico sia per suoli con AWC di 100 mm/m, e con AWC di 150 mm/m.

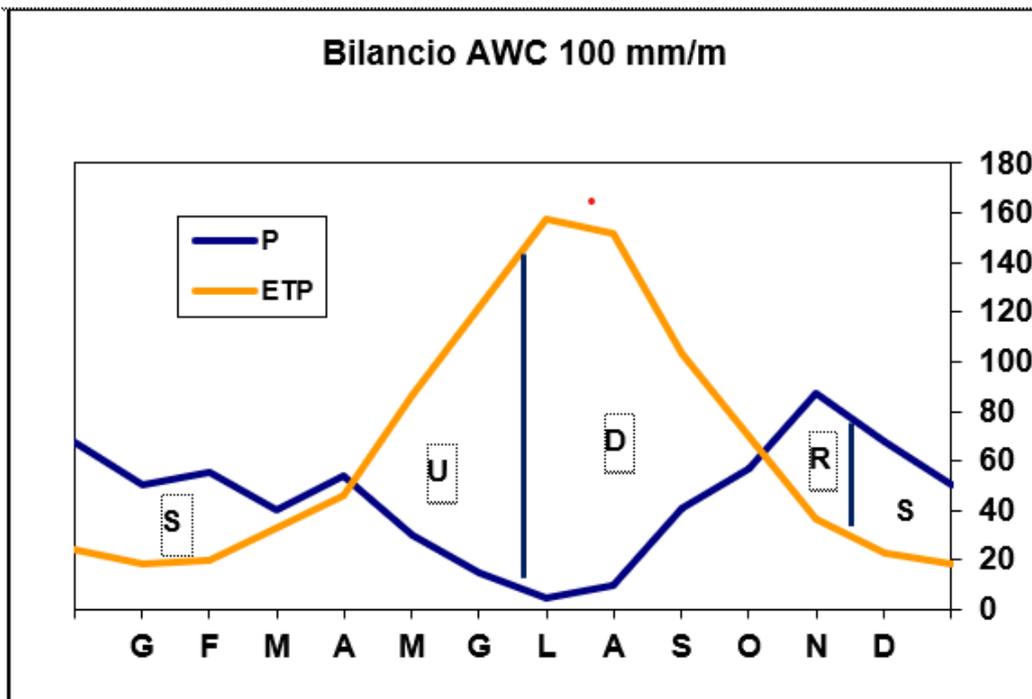
BILANCIO IDRICO DI SUOLI CON AWC DI 100 mm/m

Giorni cumulativi in cui la sezione di controllo dell'umidità è					
durante un anno			con temperatura del suolo > 5° C		
secca	secca/umida	umida	secca	secca/umida	umida
105	56	199	105	56	199
Massimo numero di giorni consecutivi in cui la sezione di controllo dell'umidità è					
umida in qualche parte		secca dopo il solstizio d'estate		umida dopo il solstizio d'inverno	
durante 1 anno	con T > 8° C				
246	246	75		120	

CALENDARIO UMIDITA'

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
G	umido														
F	umido														
M	umido														
A	umido														
M	umido														
G	umido	umido	umido/secco												
L	umido/secco														
A	umido/secco														
S	umido/secco														
O	umido/secco														
N	umido/secco														
D	umido														

umido
umido/secco
secco



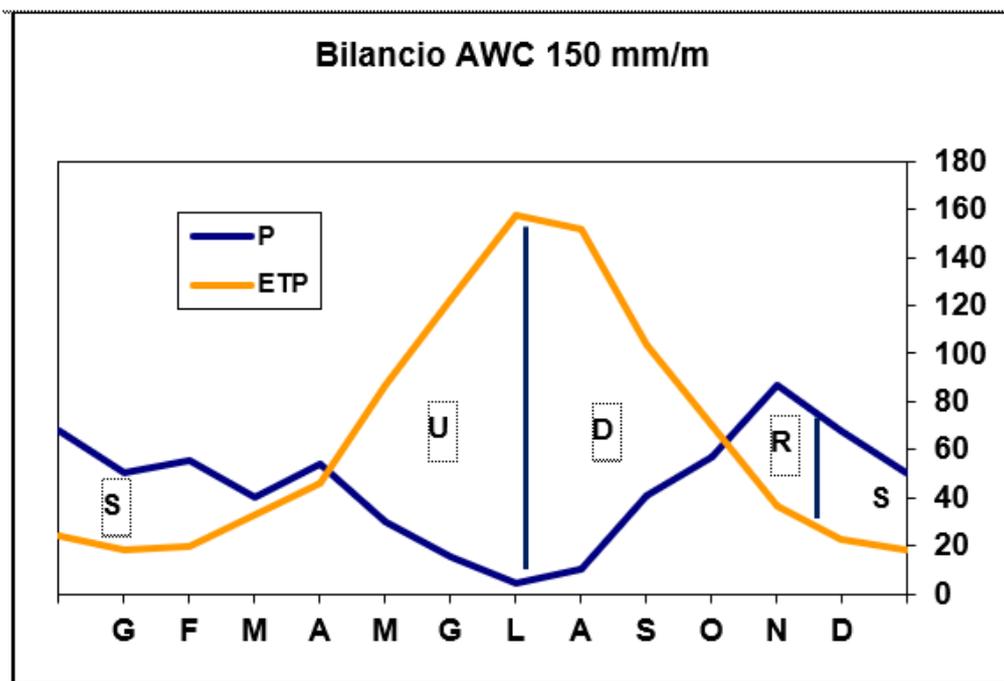
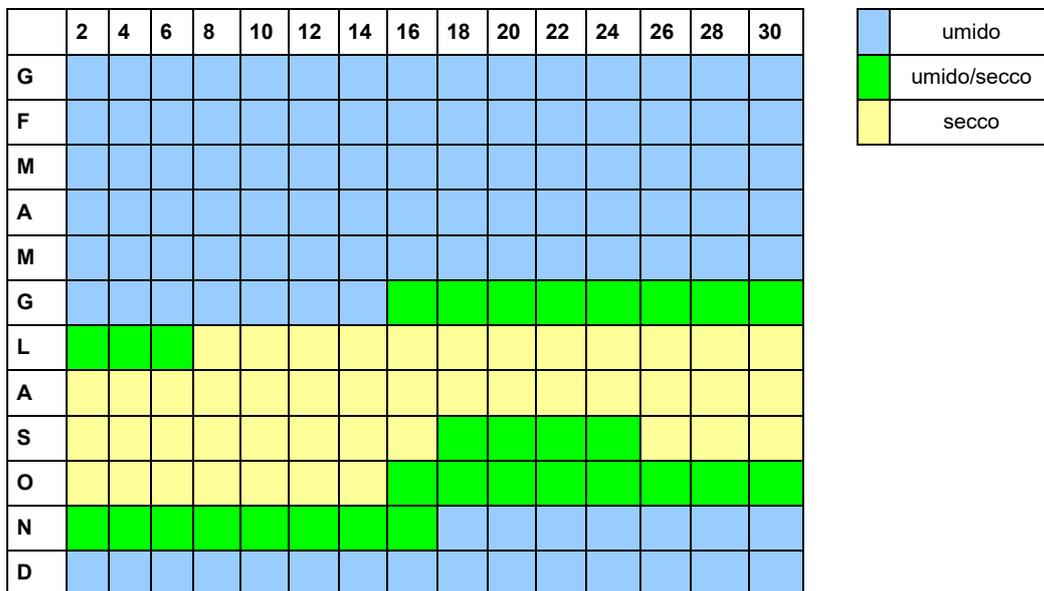
S = Surplus R = Ricarica D = Deficit U = Utilizzazione

BILANCIO IDRICO DI SUOLI CON AWC DI 150 mm/m

Giorni cumulativi in cui la sezione di controllo dell'umidità è					
durante un anno			con temperatura del suolo > 5° C		
secca	secca/umida	umida	secca	secca/umida	umida
90	61	209	90	61	209

Massimo numero di giorni consecutivi in cui la sezione di controllo dell'umidità è					
umida in qualche parte		secca dopo il solstizio d'estate		umida dopo il solstizio d'inverno	
durante 1 anno	con T > 8° C				
261	261	69		120	

CALENDARIO UMIDITA'



S = Surplus R = Ricarica D = Deficit U = Utilizzazione

Come si evince dai diagrammi nel caso di suoli con riserva di 100 mm/m il deficit idrico avrà inizio dalla terza settimana di giugno e si protrarrà fino a metà novembre allorquando la riserva idrica sarà totalmente ricostituita.

Nel caso di suoli con riserva idrica di 150 mm/m il deficit inizierà all'inizio della seconda settimana di luglio e durerà fino a metà novembre.

4.3 – BILANCIO IDRICO EX POST

Allorquando l'impianto sarà realizzato, l'ombreggiamento sotto i pannelli indurrà un cambiamento del microclima con l'aumento del grado di umidità e una diminuzione della temperatura e conseguente mutamento dei processi fotosintetici, del tasso di crescita delle piante e quello di respirazione dell'ecosistema.

Le nuove condizioni di microclima determineranno anche un mutamento del pedoclima sia per quanto concerne la temperatura dei suoli sia soprattutto per la diminuzione della evapotraspirazione e il conseguente aumento del periodo di utilizzazione della riserva idrica accumulata nei suoli.

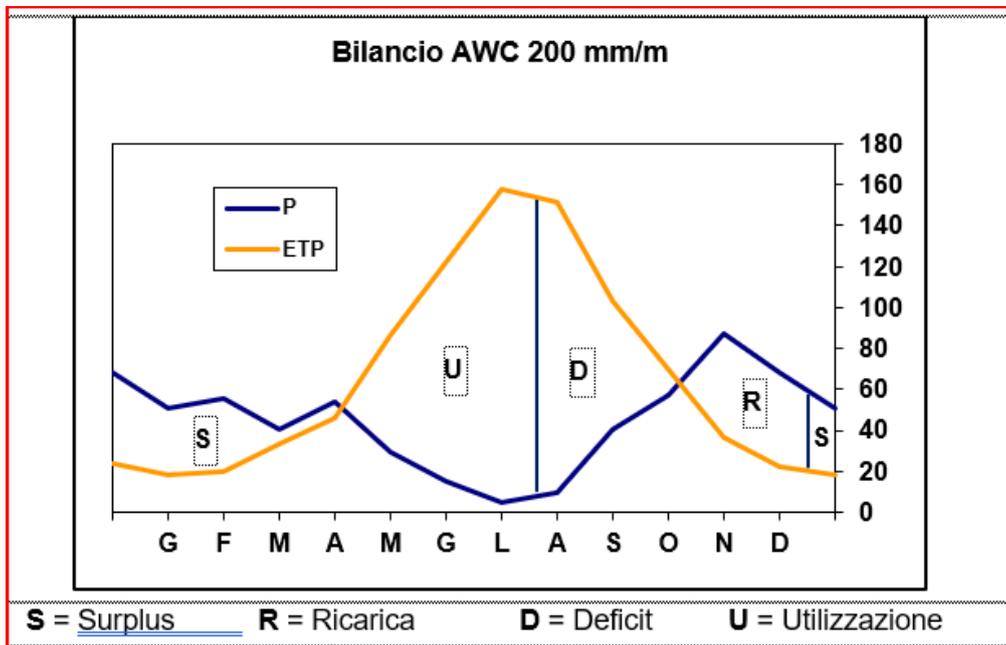
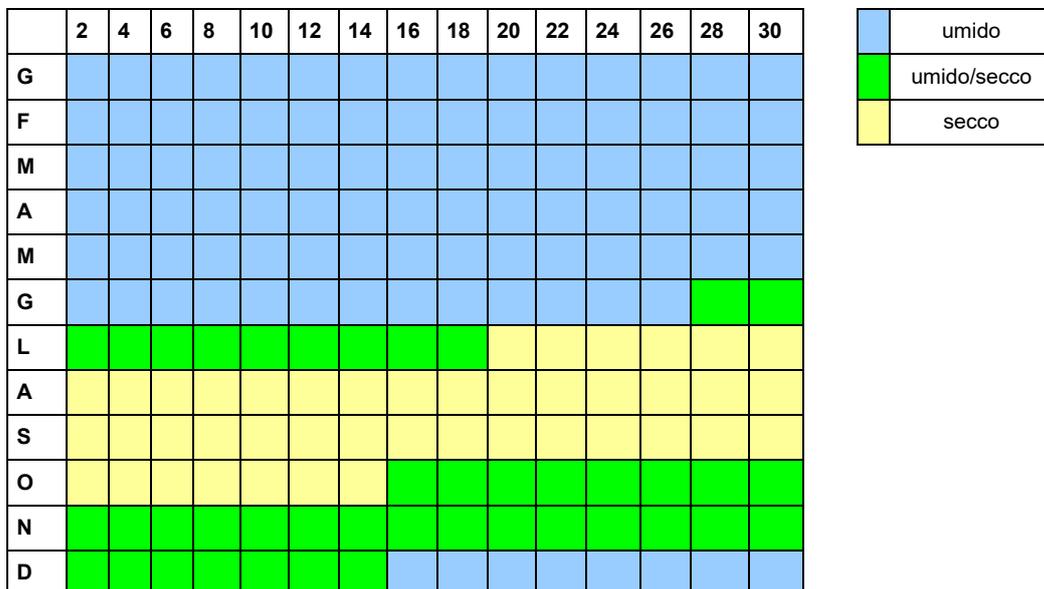
Di fatto, l'ombreggiamento indotto dalla presenza dei pannelli determina un microclima diverso con impatti favorevoli per l'ecosistema agricolo soprattutto in contesti *molto soleggiati che possono soffrire di siccità* come quello che caratterizza l'area di intervento.

Stimando che l'AWC dei suoli, nelle nuove condizioni che si andranno a creare dell'area dell'impianto agri-fotovoltaico, possa assumere valori tra 200 e 250 mm/m, si è proceduto a calcolare i bilanci idrici qui di seguenti riportati.

BILANCIO IDRICO DI SUOLI CON AWC DI 200 mm/m

Giorni cumulativi in cui la sezione di controllo dell'umidità è					
durante un anno			con temperatura del suolo > 5° C		
secca	secca/umida	umida	secca	secca/umida	umida
86	83	191	86	83	191
Massimo numero di giorni consecutivi in cui la sezione di controllo dell'umidità è					
umida in qualche parte		secca dopo il solstizio d'estate		umida dopo il solstizio d'inverno	
durante 1 anno	con T > 8° C				
274	274	86		120	

CALENDARIO UMIDITA'

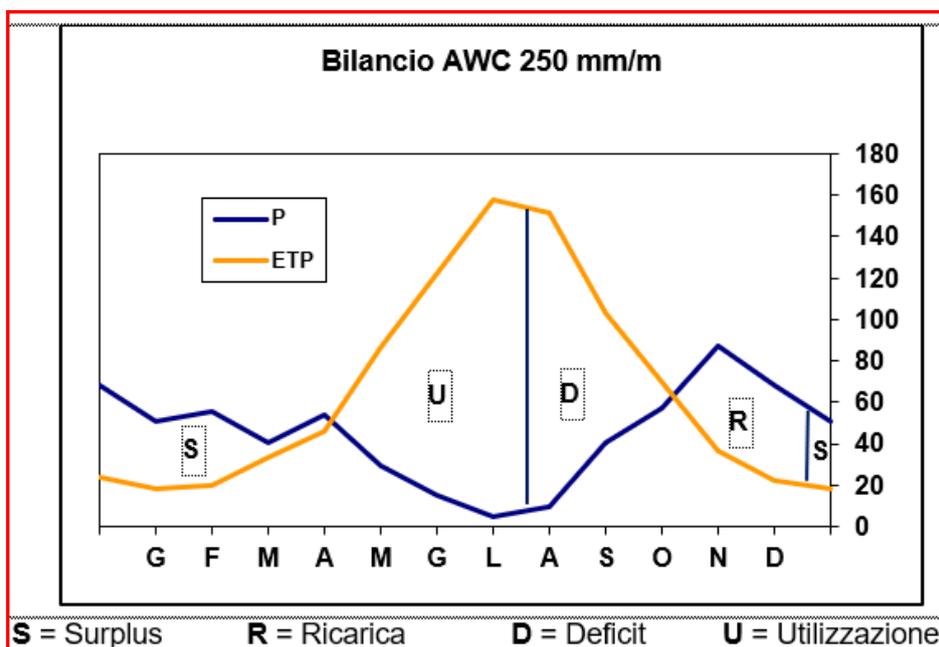


BILANCIO IDRICO DI SUOLI CON AWC DI 250 mm/m

Giorni cumulativi in cui la sezione di controllo dell'umidità è					
durante un anno			con temperatura del suolo > 5° C		
secca	secca/umida	umida	secca	secca/umida	umida
115	49	196	115	49	196
Massimo numero di giorni consecutivi in cui la sezione di controllo dell'umidità è					
umida in qualche parte		secca dopo il solstizio d'estate		umida dopo il solstizio d'inverno	
durante 1 anno	con T> 8° C	100		120	
245	245				

CALENDARIO UMIDITA'

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30		
G	umido																
F	umido																
M	umido																
A	umido																
M	umido																
G	umido																
L	umido	umido/secco															
A	umido/secco																
S	umido/secco																
O	umido/secco																
N	umido/secco																
D	umido/secco																



Come si evince dai diagrammi nel caso di suoli con riserva di 200 mm/m lo stress idrico avrà inizio nell'ultima settimana di giugno, il deficit idrico a fine luglio e si protrarrà fino a metà ottobre in corrispondenza del periodo di ricarica che si protrarrà fino a metà dicembre.

Nel caso di suoli con riserva idrica di 250 mm/m lo stress inizierà ai primi di luglio, il deficit comincerà l'ultima settimana di luglio e si protrarrà fino a metà novembre con l'inizio della ricarica che terminerà a metà dicembre.

4.4 – CONCLUSIONI

L'ombreggiamento determinato dai moduli fotovoltaici indurrà un cambiamento del pedoclima con abbassamento della evapotraspirazione e un aumento della riserva idrica dei suoli.

Avvalendosi anche della introduzione di opportune pratiche di gestione agronomiche sarà possibile incrementare la riserva idrica dei suoli dagli attuali 100 mm/m sino a 250 mm/m.

Assumendo questi valori, dalle elaborazioni del bilancio idrico ex-ante ed ex-post si evince che il periodo di stress idrico dagli attuali primi di giugno inizierebbe ad inizio luglio, posticipando il fabbisogno di irrigazione di un mese.