

Regione Emilia-Romagna
Città Metropolitana di Bologna
Comune di Castel Maggiore

PROGETTO DEFINITIVO

Progetto

"CASTEL MAGGIORE AFV"

Oggetto

Impianto agrivoltaico con potenza installata pari a circa 11.845,60 kWp, e delle relative opere di connessione, denominato "Castel Maggiore AFV" da realizzarsi nel Comune di Castel Maggiore (BO)

Titolo

ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA IN RELAZIONE ALL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Proponente

Cedro

Cedro S.r.l.
Via Caravaggio, 125
65125 Pescara (PE)

Coordinatore del progetto



Via Clodoveo Bonazzi,
2 40013 Castel
Maggiore (BO)

centrale
valutativa

Progettazione:

Centrale Valutativa Srl
Via Arduino 11 -00162
Roma

Responsabile elaborato
Dott. Agr. Stefano Lo Presti
Ordine Agronomi Roma n. 1.938
stefano.lopresti65@pec.it

5					
4					
3					
2					
1					
0	Giugno2026	EMISSIONE	S. LOPRESTI	x.x.	
REV.	DATA	MOTIVO REVISIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
Tipologia:RELAZIONE		Formato: A4		Foglio: 1 di 24	
Scala: -:-		File: R_AGRO_01_Analisistoricaprevisionale		Elaborato: 142_R_AGRO_02	

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI A NORMA DI LEGGE. Sono vietati la riproduzione e l'estrapolazione di parti senza la presenza di un'autorizzazione scritta da parte di Synergy S.r.l. ALL RIGHTS RESERVED BY LAW. Reproduction and extrapolation of parts are prohibited without the presence of a written mandate form Synergy S.r.l.

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

Sommario

1. PREMESSA.....	1
2. NOTA METODOLOGICA.....	3
3. ANALISI STORICA.....	4
3.1 Analisi dello stato di salute delle colture	5
3.2 Analisi dei fabbisogni idrici	6
3.3 Analisi della produzione di biomassa e dell'assorbimento di CO2	8
4. SCENARI FUTURI	17
5. CONCLUSIONI	22

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

1. PREMESSA

Il sito denominato "Castel Maggiore AFV", su cui verrà realizzato l'impianto agrivoltaico, comprende cinque particelle catastali, su cui sono state di recente coltivate le seguenti colture: frumento duro, colza, mais, barbabietola da zucchero e girasole oltre ad una piccola superficie a vite che è stata espantata nel 2024, per una superficie complessiva di circa 20 ettari (figura 1). Nella tabella 1 si riporta l'ordinamento culturale e la superficie agricola utilizzata (SAU) degli anni 2023, 2024 e 2025.

Figura 1 area d'interesse con i confini dei tre appezzamenti ante-operam



Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

Tabella 1 superficie interessata dall'impianto e rotazione colturale recente

particella	2023	2024	2025	SAU 2023 (ha)	SAU 2024 (ha)	SAU 2025 (ha)
59	vite	grano duro	colza	0,380	10,866	10,866
	mais			4,744		
	barbabietola			5,742		
129	girasole	grano duro	colza	5,017	5,017	5,017
138(*)	girasole	grano duro	colza	0,807	0,807	0,807
139	girasole	grano duro	colza	1,272	1,272	1,272
144	girasole	grano duro	colza	1,996	2,027	2,027
	vite			0,031		
Totale				19,989	19,989	19,989

(*) La particella 138 è interessata parzialmente all'impianto agrivoltaico

Nelle pagine che seguono vengono descritti gli esiti di un'analisi dell'andamento delle produzioni nel corso delle stagioni agricole trascorse, propedeutica alla costruzione di possibili scenari per il futuro, in funzione dell'entrata a regime dell'impianto fotovoltaico, degli interventi agronomici previsti nel piano di sviluppo agricolo e dei possibili andamenti meteo-climatici.

Tale analisi, oltre che sulle risultanze degli approfondimenti svolti in relazione all'aspetto pedologico dei suoli ed agli interventi agronomici previsti, cui si rimanda per ogni informazione di dettaglio, viene basata sulle elaborazioni svolte attraverso il sistema di supporto alle decisioni (DSS) denominato **TETHYS**, che consente di analizzare l'andamento storico di alcuni parametri fondamentali legati all'attività agricola (andamento vegetativo, stato di vigoria delle colture, fabbisogni idrici, crescita della biomassa e capacità di assorbimento della CO₂) a partire dalle informazioni rilevate tramite i sensori satellitari (costellazioni Sentinel 2 dell'ESA e Landsat 8 e 9 della NASA), e da alcuni parametri agronomici, di tessitura del suolo e dai dati meteo, questi ultimi forniti dalla società Hypermeteo.

L'utilizzo di tale strumento innovativo anche per l'analisi e il monitoraggio dell'andamento dell'attività agricola nella fase di funzionamento dell'impianto consentirà di confrontare la situazione reale con quanto previsto in fase di definizione del progetto, avanzando delle possibili motivazioni in caso di eventuali scostamenti significativi.

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

2. NOTA METODOLOGICA

Le analisi ed elaborazioni che vengono presentate nelle pagine seguenti sono basate, come detto, sul sistema di supporto alle decisioni denominato TETHYS.

TETHYS elabora dati di natura diversa (dati meteo e informazioni sul suolo e sulle tecniche agronomiche impiegate), ma l'elemento principale del sistema è costituito dalle **immagini satellitari**. I satelliti seguono orbite attorno alla terra e sorvolano la stessa porzione di terreno ad intervalli regolari (tempo di rivedita), acquisendo immagini su diverse bande di frequenza (rosso, infrarosso, vicino infrarosso e termico sono le più importanti per l'agricoltura).

Le immagini utilizzate da TETHYS sono acquisite da 4 satelliti, rispettivamente dell'ESA e della NASA, in modo da migliorare la risoluzione temporale dei rilasci e disporre di serie storiche più ricche e complete:

- **Sentinel 2A e Sentinel 2B**, con sensori multispettrali a 13 bande, risoluzione spaziale di 10×10 metri e tempo di rivedita di 5 giorni;
- **Landsat 8 e Landsat 9**, con sensori multispettrali a 4-5 bande e sensore termico, risoluzione 30×30 metri e rivedita di 8 giorni.

Le immagini satellitari consentono di disporre di una fotografia aggiornata, precisa e completa di quello che accade in campo, anche in fase di analisi ex-post.

Le immagini satellitari acquisite dai portali di ESA e NASA vengono sottoposte ad un "pre-trattamento" volto a renderle fruibili per le analisi successive:

1. Correzione dei dati di riflettanza rilevati dai sensori satellitari, per rimuovere le interferenze dovute alla presenza dell'atmosfera (diffusione e assorbimento del segnale), utilizzando i sistemi di calcolo messi a disposizione dall'ESA (Sentinel-2 toolbox; Sen2Cor) e dalla NASA (Land Surface Reflectance Code: LaSRC);
2. Individuazione e schermatura dei pixel nuvolosi, sempre applicando le metodologie suggerite dall'ESA (Sen2Cor) e dalla NASA (Fmask e ATCOR). Se i pixel nuvolosi superano i due terzi dei pixel totali dell'area monitorata, l'immagine viene scartata.

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

3. ANALISI STORICA

Al fine di mettere a fuoco gli andamenti agricoli “ordinari”, sia in termini aggregati per appezzamento, sia a livello puntuale con una risoluzione spaziale di 10 metri (mappe), viene effettuata un'**analisi storica sulle tre annate agrarie più recenti (2023, 2024 e 2025,)**, in modo da disporre degli elementi utili a mettere a fuoco scenari d'impatto possibili a seguito dell'installazione agrivoltaica.

Di seguito sono presentati per ciascun anno e coltura i principali risultati dell'analisi svolta su tre componenti fondamentali della produzione agricola:

1. l'analisi dell'**andamento dello sviluppo colturale**, attraverso l'utilizzo di specifici indici vegetazionali e biofisici;
2. l'analisi dei **fabbisogni irrigui delle colture** attraverso la redazione di un bilancio idrico giornaliero che tenga conto degli andamenti meteo-climatici delle diverse stagioni d'interesse;
3. l'analisi della **crescita della biomassa vegetale** e del prodotto agricolo utile, strettamente correlata con la capacità di assorbimento della CO₂ da parte delle colture.

Per effettuare un'analisi storica sull'andamento vegetativo delle colture ci si è basati sul modulo “Watch” del pacchetto di servizi di TETHYS, in grado di calcolare due indici vegetazionali:

- **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index): misura lo stato di salute delle colture con una scala compresa fra 0 e +1; si tratta di un indice molto utilizzato e diffuso che consente di mettere a fuoco eventuali differenze negli andamenti di crescita delle colture fra stagioni agricole diverse e di individuare aree degli appezzamenti mediamente più o meno produttive;
- **NDWI** (Normalized Difference Water Index): misura il contenuto di acqua di una coltura e quindi è molto impiegato in corso di stagione per scegliere il momento ottimale per la raccolta; all'interno di un'analisi storica consente di ipotizzare possibili correlazioni fra le condizioni meteo-climatiche contingenti e il ritmo di crescita delle colture;

e due indici biofisici:

- **LAI** (Leaf Area Index): misura il rapporto fra la superficie fogliare di una coltura e quella del terreno sottostante. Un'elevata superficie fogliare consente alla pianta di intercettare gran parte della radiazione solare in arrivo e quindi di crescere più vigorosamente e a ritmi più sostenuti;
- **F-Cover** (Fraction of Vegetation Cover): misura il grado di copertura vegetale del suolo ed è pertanto un indicatore del tasso di sviluppo e del vigore di una coltura. Anch'esso consente quindi di seguire la crescita delle colture e di individuare eventuali aree di sofferenza.

Per ognuno di essi, per ogni appezzamento e per ogni passaggio satellitare utile (ogni 3 giorni circa, esclusi i passaggi nuvolosi), il DSS produce una **mappa con risoluzione 10x10 metri e un valore medio dell'appezzamento**, utili per effettuare confronti nel tempo e nello spazio.

Di seguito si riporta una sintesi dei diversi parametri ottenibili dalla piattaforma TETHYS per le coltivazioni effettuate nei tre anni per l'intero ciclo colturale. In particolare l'evoluzione dell'indice NDVI una mappa dell'NDVI riferita ad una specifica data, il bilancio idrico stagionale, la crescita della biomassa totale e della resa e la mappa della biomassa a fine stagione (figure 2, 3, 4, 5, 6)

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

3.1 Analisi dello stato di salute delle colture

Il **girasole**, coltivato nella **stagione agricola 2023** sulle particelle 129, 138, 139 e 144, evidenzia un andamento stagionale senza scostamenti sostanziali dall'ordinarietà, con valori di NDVI che crescono fra la fine di maggio e metà giugno e la fase di maturazione che si conclude ad inizio agosto, con valori di NDVI di poco superiori a 0,8, fino ad arrivare alla fase di senescenza e la raccolta i primi di settembre (figura 2A).

L'andamento stagionale dell'NDVI evidenzia una **coltura in buona salute**, sebbene l'NDVI non raggiunga valori molto alti (valore massimo 0,8) probabilmente a causa di alcune zone non perfettamente coperte dal girasole (figura 2 B); confermato anche dalla mappa della biomassa prodotta alla fine della stagione dove si evidenziano le stesse zone con una produttività più bassa (figura 2E).

La **barbabietola da zucchero** coltivata nella stagione 2023 in parte della particella 59 per circa 5,7 ettari presenta una crescita regolare che si conclude a metà maggio (figura 3 A), la fase di maturazione si protrae fino ai primi di agosto con un leggero calo dell'indice NDVI a metà giugno, il ciclo colturale si conclude a fine settembre. La mappa dell'NDVI del 6 agosto (figura 2B) mostra alcune zone con valore dell'indice più basso, tali zone vengono confermate dalla mappa della biomassa che registra una certa variabilità all'interno dell'appezzamento (figura 3E).

Il **mais** sempre coltivato nel 2023 sull'altra porzione della particella 59, mostra una fase di crescita che finisce i primi giorni di giugno (figura 4 A), il valore dell'indice nella fase di maturazione è molto regolare ma non raggiunge valori medi molto alti (si posiziona infatti sotto la soglia di 0,8, mentre i valori ottimali per il mais dovrebbero essere pari a 0,95) la mappa dell'NDVI non mostra particolari zone problematiche (figura 4B).

Il **frumento duro** coltivato nella stagione 2023/24 sull'intero appezzamento presenta una fase di crescita che si conclude i primi di marzo in anticipo rispetto ad un andamento medio di questa coltura, probabilmente dovuto alle temperature miti dell'inverno 23/24. La fase di maturazione si protrae per circa 3 mesi fino ai primi di giugno, con valori molto alti e pari mediamente a oltre 0,9, la combinazione di questi due fenomeni evidenzia una evoluzione dell'indice NDVI ottimale per questa coltura. La raccolta è avvenuta a fine giugno (figura 5 A). La mappa dell'indice del 18 maggio non mostra zone problematiche (figura 5B).

La **colza** coltivata nella stagione 2024/25 sull'intero appezzamento presenta una evoluzione dell'indice NDVI problematica; la crescita sembra stentata e l'indice raggiunge valori massimi pari a 0,6, valori bassi, che per questa coltura, dovrebbero attestarsi intorno a 0,8 (figura 6 A). Anche la mappa dell'indice mostra diverse zone con valori bassi (figura 6E).

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

3.2 Analisi dei fabbisogni idrici

Per analizzare approfonditamente l'aspetto dei fabbisogni e dei consumi idrici negli appezzamenti d'interesse viene calcolato, per ogni giorno della stagione agricola, il cosiddetto "**bilancio idrico**" delle colture, utilizzando a tal fine il modulo "Aqua" del sistema TETHYS.

TETHYS Aqua, come detto, calcola giornalmente le "poste positive" (pioggia e irrigazione) e le "poste negative" (evaporazione dal suolo e traspirazione delle piante, oltre ai fenomeni di "ruscellamento") del bilancio idrico, in modo da desumere l'esatta quantità di acqua necessaria alle colture per ogni giorno della stagione agricola.

A tal fine le immagini satellitari vengono elaborate attraverso l'uso integrato di due modelli (SEBAL¹ e Penman-Monteith one-step²), per calcolare il **coefficiente colturale Kc**, un parametro che esprime l'effettiva capacità di evapotraspirazione delle piante.

Il coefficiente colturale può variare molto a seconda del grado di sviluppo delle colture: una pianta in salute e pienamente sviluppata assume un Kc elevato, una pianta ancora in crescita e/o in condizione di stress assume un Kc molto più basso. È quindi fondamentale che attraverso i dati satellitari si calcoli un Kc effettivo, desunto dalle reali condizioni di sviluppo delle piante, invece di basarsi unicamente su un valore teorico tabellare stimato in base ai giorni trascorsi dalla semina, che prescinderebbe da quanto sta effettivamente accadendo in campo.

I modelli utilizzati sono alimentati inoltre con **dati meteo orari** (temperatura e umidità dell'aria, pioggia, irradiazione solare e velocità del vento), anch'essi acquisiti da satellite (radar) e necessari al calcolo dell'evapotraspirazione delle colture.

Il sistema di calcolo tiene ovviamente conto della capacità del terreno di immagazzinare e trattenere l'acqua (ritenzione idrica), e quindi del tempo in cui l'acqua resta a disposizione delle radici. La quantità di acqua contenuta nel profilo di suolo esplorato dalle radici è suddiviso in quantità totale di acqua e quantità di acqua facilmente utilizzabile; una volta esaurita quest'ultima la pianta comincia ad avere uno stress idrico in quanto utilizza dell'energia per assorbirla. Tale stress è anche funzione della fase fenologica in cui la pianta si trova. Per calcolare la ritenzione idrica si utilizza la **tessitura del suolo**, cioè la distribuzione percentuale di sabbia, limo e argilla, che rappresenta un altro input necessario al calcolo del bilancio idrico. Nel caso in esame l'analisi pedologica ha evidenziato, per l'intero appezzamento un suolo franco.

Su tali basi teoriche sono stati calcolati i fabbisogni idrici storici degli appezzamenti, in modo che si possano poi avanzare delle ipotesi su quelli che potranno essere i consumi irrigui per il periodo di funzionamento dell'impianto, anche in considerazione della parziale schermatura delle colture dall'irradiazione solare offerta dai pannelli (effetto di riduzione dell'evapotraspirazione).

La stima del risparmio idrico che si potrà ottenere durante il periodo di esercizio dell'impianto potrà tenere conto anche dei suggerimenti d'irrigazione che potranno essere erogati attraverso il sistema TETHYS, che è in grado di fornire in tempo reale un "consiglio irriguo" su quando e quanto irrigare in

¹ Bastiaansen W.G.M., Hoekman D.H. e Roebeling R.A., "A methodology for the assessment of surface resistance and soil water storage variability at meso-scale based on remote sensing measurements", IAHS Special Publications, (1994) No. 2, IAHS Press, Wallingford, Oxfordshire, UK

² Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). "Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements". FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

funzione degli effettivi fabbisogni delle colture. L'utilizzo di tali strumenti consente un risparmio idrico di almeno il 20% della risorsa rispetto ad una situazione analoga senza utilizzo del DSS.

In premessa all'analisi dei fabbisogni idrici delle colture si deve tenere presente il fatto che l'irrigazione è stata necessaria solo nel 2023 per le colture mais, barbabietola e girasole, mentre per il grano duro e la colza coltivate nelle annualità 2023/24 e 2024/25 essendo colture autunno-vernine non è stato necessario irrigarle.

Le analisi che seguono valutano i **fabbisogni emersi dal calcolo del bilancio idrico quotidiano nel corso della stagione 2023**, tali fabbisogni permettono di stimare dei volumi irrigui effettivi applicati alle tre colture e di **stimare il risparmio idrico** che ci sarebbe potuto essere se l'agricoltore avesse utilizzato un sistema di consiglio irriguo basato sull'utilizzo di immagini satellitari. Per le altre due colture (frumento duro e colza) **attraverso i fabbisogni irrigui si valuta se questi sono stati soddisfatti dagli apporti idrici naturali**; e quindi se le colture interessate hanno attraversato o meno **fasi di stress idrico** legate ad uno sbilanciamento fra acqua entrata nella disponibilità delle piante tramite piogge e acqua uscita per evapotraspirazione. Pur trattandosi infatti di colture autunno-vernine (frumento e colza), che ordinariamente e storicamente non vengono irrigate, in conseguenza di un cambiamento climatico sempre più impattante, di precipitazioni più limitate e concentrate nel tempo e di temperature medie in progressivo aumento, ci potrebbe essere stata la necessità di irrigarle, anche solo per una o due volte nel corso della stagione.

Per le tre colture irrigue (girasole, barbabietola e mais) seminate nei primi 15 giorni di aprile, del 2023 si osserva per tutte e tre un andamento pluviometrico fino a metà giugno ottimale infatti, per nessuna delle tre colture è stato necessario irrigare.

Per il **girasole** l'irrigazione è stata necessaria dal 20 giugno in poi (figura 2C), e sono state effettuate 6 adacquate per un volume totale di 240 mm complessivo. Le irrigazioni sono finite i primi giorni di agosto sebbene la coltura è stata raccolta il 29 agosto nel periodo finale non è stato necessario irrigare in quanto la maturazione delle cariossidi era già completata.

Per la **barbabietola** sono state necessarie 7 adacquate per un volume complessivo di 260 mm la coltura ha manifestato un leggero stress idrico solo i primi di giugno ma complessivamente l'irrigazione ha soddisfatto i fabbisogni irrigui (figura 3C).

Il **mais** è stato irrigato con 240 mm distribuiti in 5 adacquate (figura 4C), sebbene il mais sia una coltura altamente idroesigente nel caso in esame si tratta di un mais a ciclo breve raccolto a maturazione cerosa per la produzione di foraggio, pertanto i volumi irrigui si attestano a valori più bassi di un mais a ciclo completo.

Al fine di stimare un risparmio idrico teorico nella tabella successiva si riporta per le tre colture i volumi irrigui ottenuti utilizzando il "consiglio irriguo" del DSS TETHYS ed uno scenario senza l'utilizzo del DSS. Dalla tabella si evince che i volumi risparmiati sono complessivamente pari a circa 11.500 m³ pari a circa un risparmio del 23%.

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

Tabella 2 Volumi irrigui con e senza l'utilizzo del DSS e risparmio irriguo per il mais, barbabietola e girasole

Coltura	Superficie	Stagione	Volumi irrigui con DSS		Volumi irrigui senza DSS		risparmio idrico
	ha		m ³ /ha	m ³	m ³ /ha	m ³	m ³
mais	5,12	2023	2.400	12.297	3.200	16.396	4.099
barbabietola	5,74	2023	2.600	14.929	3.467	19.905	4.976
girasole	9,12	2023	2.400	21.895	2.667	24.328	2.433
Totale	19,99			49.121		60.629	11.508

Per quanto riguarda il **frumento duro** coltivato nella stagione 2023/24 (figura 5 C) l'andamento del bilancio idrico mostra che fino ai primi di maggio le piogge hanno soddisfatto pienamente i fabbisogni irrigui; successivamente la coltura ha subito un leggero stress idrico, solo in parte soddisfatto dalle piogge di giugno che sono state mediamente abbondanti.

La **colza** della stagione 2024/25 presenta un andamento del bilancio idrico molto buono fino ai primi di giugno (figura 6C); successivamente le pochissime piogge hanno portato ad un evidente stress idrico che potrebbe aver in parte pregiudicato la resa della coltura.

3.3 Analisi della produzione di biomassa e dell'assorbimento di CO₂

L'analisi storica dell'andamento della produzione agricole lungo le stagioni 2022/23, 2023/24 e 2024/25 è propedeutica alla stima della capacità di **assorbimento della CO₂** da parte delle colture interessate dall'intervento. L'impiego dei dati satellitari consente infatti analisi retrospettive che, con altri strumenti di indagine solitamente utilizzati a tal fine (sensori a terra, campionamenti), non sarebbero state possibili.

Per tale analisi viene utilizzato il modulo "Grow" del pacchetto TETHYS, che utilizza dati di origine satellitare per calcolare la **produzione giornaliera di biomassa** in ogni area del campo, con una risoluzione spaziale di 10 metri. Il dato di produzione giornaliera viene cumulato dalla semina alla raccolta per calcolare la produzione lorda complessiva stagionale, anche sotto forma di mappa. Da questa è poi possibile ricavare, attraverso un *harvest index* sito-specifico, il dato del **prodotto utile, al netto delle radici e delle altre parti non utilizzabili della pianta**. La differenza tra il prodotto utile e la biomassa totale prodotta rappresenta il residuo colturale che potenzialmente può andare ad arricchire il contenuto di sostanza organica del suolo e rappresentare quindi lo stock di carbonio immagazzinato nel suolo, e non essere quindi mineralizzato sotto forma di CO₂.

Il confronto della produzione effettiva con il dato della produzione potenziale che si sarebbe potuta conseguire nella stagione agricola analizzata, con quelle determinate condizioni meteo-climatiche, dato anch'esso calcolato da TETHYS Grow, completa l'analisi storica. Tale confronto consente infatti di mettere a fuoco **eventuali margini di miglioramento produttivo** che sarà possibile ottenere nella fase di funzionamento degli impianti, anche grazie all'utilizzo di sistemi di supporto alle decisioni come TETHYS.

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

Il calcolo della produttività storica dell'area d'interesse consente poi di suddividere l'appezzamento per **aree omogenee di fertilità**; le quali possono essere utilizzate per produrre mappe di prescrizione per le fertilizzazioni di precisione.

Il **girasole**, coltivato nella **stagione agricola 2023** sulle particelle 129, 138, 139 e 144, evidenzia una **crescita della biomassa regolare** (figura 2 D), con una produzione di biomassa totale di 9,7 tonnellate per ettaro in sostanza secca e **una resa in prodotto utile di circa 2,4 tonnellate per ettaro** (area arancione nel grafico), **in linea con la potenzialità dell'appezzamento (2,5 t/ha)**, calcolate con una modellistica che tiene conto delle condizioni climatiche stagionali e delle specificità produttive dell'appezzamento in esame (linea tratteggiata in figura).

Dal punto di vista spaziale (figura 2 E), l'appezzamento mostra una **certa variabilità produttiva**, con le zone a sud est che producono circa 5 t/ha di biomassa ed **alcune aree al centro dell'appezzamento che arrivano a produrne quasi 10 t/ha**.

La **barbabietola da zucchero** coltivata nella stagione 2023 in parte della particella 59 per circa 5,7 ettari presenta una crescita regolare con una produzione cumulata di biomassa totale in sostanza secca che raggiunge le 14,3 tonnellate per ettaro (figura 3D), mentre **la biomassa in prodotto utile è pari a 9,3 t/ha di sostanza secca, a fronte di una potenzialità di 11,3 t/ha di sostanza secca. La percentuale tra la resa reale e quella potenziale è pari all'82%**.

La mappa della produzione di biomassa (figura 3E) mostra le porzioni più alte nella zona ad est circa 13 t/ha mentre le zone meno produttive si localizzano nella zona centrale ed a ovest (9-10 t/ha).

Il **mais** sempre coltivato nel 2023 sull'altra porzione della particella 59, mostra una crescita della biomassa totale regolare che raggiunge 19,6 t/ha la resa reale in granella è pari a 7,2 t/ha mentre quella potenziale è di poco superiore (7,8 t/ha). La mappa della biomassa presenta una certa variabilità con la zona a nord con le produzioni più basse e la zona a sud più alte (figura 4 E).

Il **frumento duro** coltivato nella stagione 2023/24 sull'intero appezzamento presenta una produzione in biomassa pari a 18,8 t/ha di sostanza secca (figura 5 D), con una resa in granella alta e pari a 6 t/ha superiore a quella potenziale (5,2 t/ha). I valori più alti di biomassa prodotta si localizzano nella zona centrale dell'appezzamento mentre le zone a nord e a sud presentano valori più bassi (figura 5 E).

La **colza** coltivata nella stagione 2024/25 sull'intero appezzamento presenta una evoluzione della biomassa totale irregolare e si attesta su una produzione di 7,9 t/ha di sostanza secca; la resa colturale è relativamente bassa e pari a 1,5 t/ha in linea con quella potenziale (1,4 t/ha). La mappa mostra estese zone con produzioni molto basse nella zona nord ovest dove la coltura potrebbe aver avuto problemi nutrizionali o fitosanitari.

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

Tabella 3 riepilogo delle coltivazioni e delle rese in sostanza secca nel triennio più recente

Coltura	Superficie	Stagione	Biomassa prodotta	Resa reale	Resa potenziale	Resa reale/potenziale
	ha			t/ha s.s.		%
mais	5,12	2023	19,63	7,27	7,84	93%
barbabietola	5,74	2023	14,33	9,27	11,31	82%
girasole	9,12	2023	9,76	2,42	2,46	98%
grano duro	19,99	2023/2024	18,84	6,03	5,20	116%
colza	19,99	2024/2025	7,94	1,45	1,41	103%

Una volta stimata la produzione degli appezzamenti oggetto di analisi nelle tre stagioni agricole più recenti, è quindi possibile calcolare il loro grado di **assorbimento della CO₂**.

Per stimare tale parametro è necessario quindi partire dal dato del peso secco totale della biomassa prodotta, sottrarre il prodotto utile, che entra nella filiera alimentare o zootecnica e ottenere la biomassa dei residui colturali che potenzialmente possono trasformarsi in carbon sink nel suolo. Tali variabili sono state calcolate con TETHYS Grow. Considerando che il 45% del peso della biomassa vegetale è costituito da carbonio, per stimare la quantità di CO₂ assorbita è sufficiente moltiplicare tale variabile per il fattore di conversione 3,6663, che è determinato dal rapporto tra il peso molecolare della CO₂ e il peso atomico del carbonio.

I risultati di tale stima vengono riassunti nella tabella seguente:

Tabella 4 stima dell'assorbimento di CO₂ nei residui colturali nel triennio 2023/25

Coltura	Superficie	Stagione	Biomassa prodotta	Resa	Residui colturali	CO2 assorbita nei residui colturali
	ha					T s.s.
mais	5,12	2023	19,627	7,272	12,355	104
barbabietola	5,74	2023	14,327	9,273	5,054	48
girasole	9,12	2023	9,764	2,421	7,343	111
grano duro	19,99	2023/2024	18,843	6,027	12,816	423
colza	19,99	2024/2025	7,936	1,453	6,483	214
Totale						899

Fonte: dati TETHYS Grow

L'area oggetto d'indagine ha assorbito quindi nell'ultimo triennio un totale di quasi 900 tonnellate di CO₂, con **una media di 300 tonnellate per anno** e un **valore unitario di quasi 15 tonnellate annue per ettaro**. Considerando che la quantità di biomassa che viene incorporata nel suolo e che si trasforma in sostanza organica stabile rappresenta l'8-10%, la quantità di CO₂ assorbita nel suolo può variare da 1,2 a 1,5 t/ha/anno.

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

Nel capitolo seguente, nel quale si effettuano alcuni ragionamenti e proiezioni riguardo alla produzione agricola durante il periodo di funzionamento dell'impianto agrivoltaico, verrà approfondito anche l'impatto dell'investimento sulle potenzialità di assorbimento di CO₂ dell'area interessata.

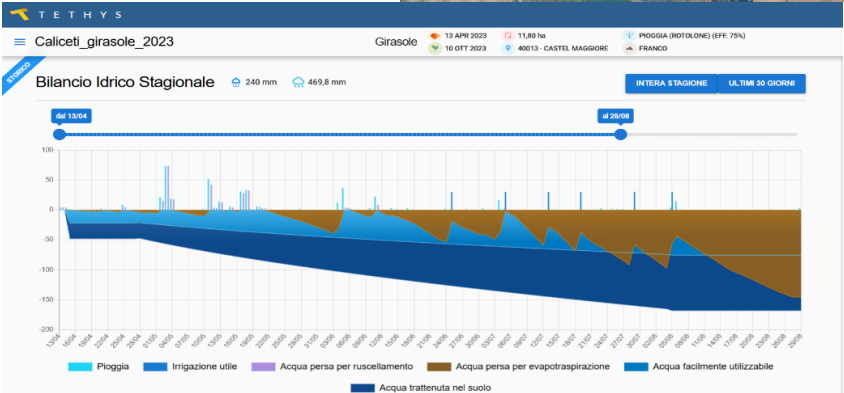
Figura 2 Girasole: Andamento dell'indice NDVI, mappa del NDVI del 7/6, bilancio idrico stagionale, crescita della biomassa e della resa e mappa della biomassa a fine stagione



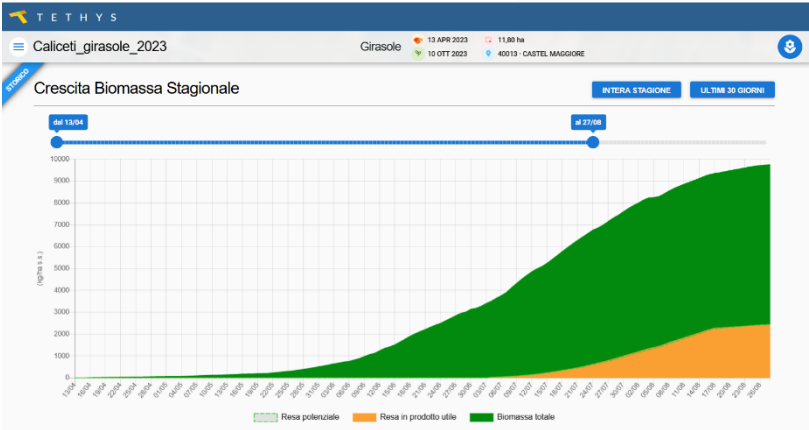
A)



B)



C)



D)



E)

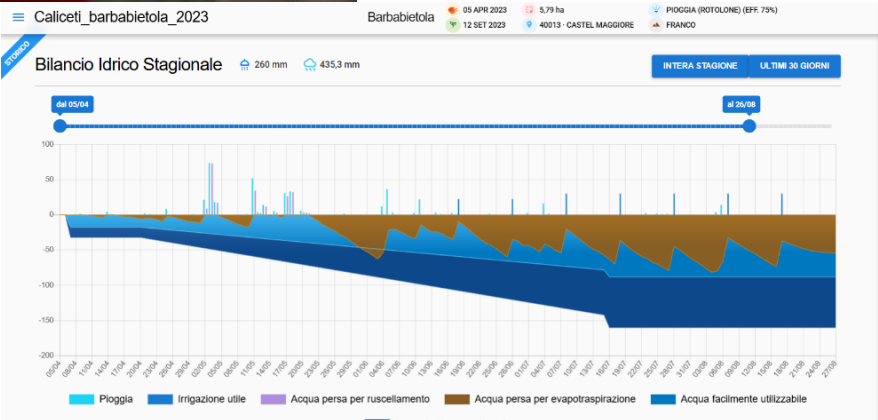
Figura 3 Barbabietola: Andamento dell'indice NDVI, mappa del NDVI del 6/8, bilancio idrico stagionale, crescita della biomassa e della resa e mappa della biomassa a fine stagione



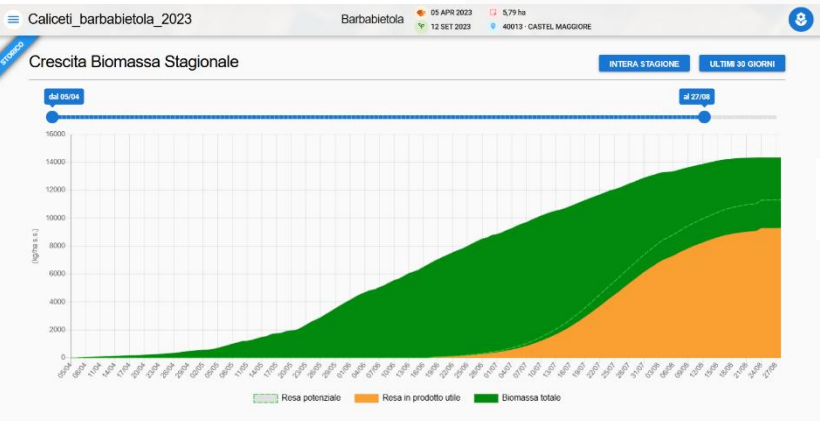
A)



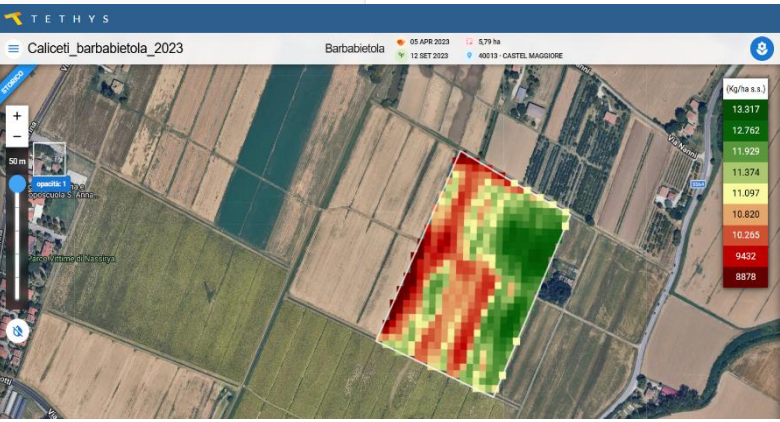
B)



C)



D)

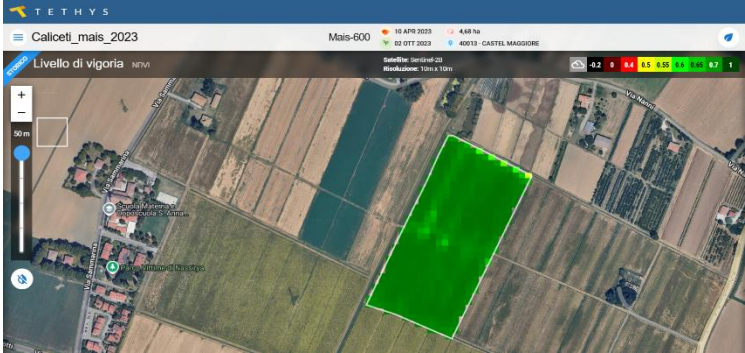


E)

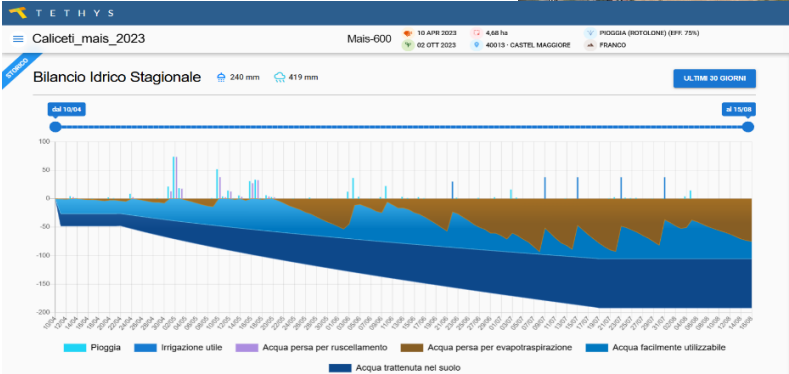
Figura 4 Mais: Andamento dell'indice NDVI, mappa del NDVI del 22/7, bilancio idrico stagionale, crescita della biomassa e della resa e mappa della biomassa a fine stagione



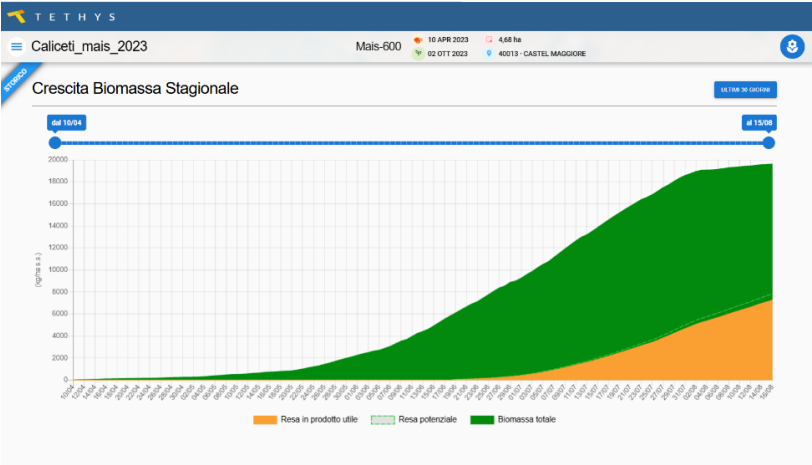
A)



B)



C)



D)



E)

Figura 5 Frumento: Andamento dell'indice NDVI, mappa del NDVI del 18/5, bilancio idrico stagionale, crescita della biomassa e della resa e mappa della biomassa a fine stagione

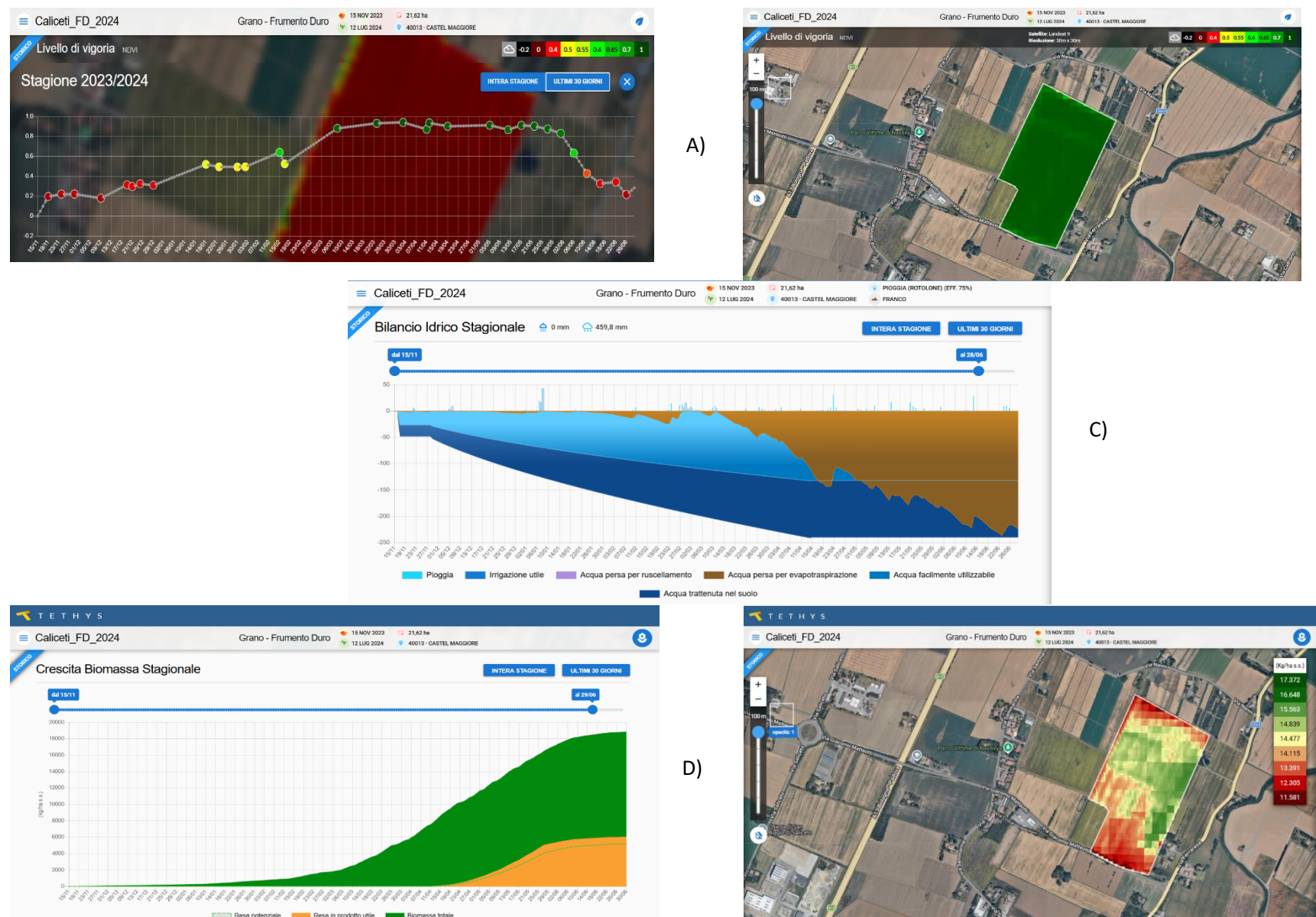
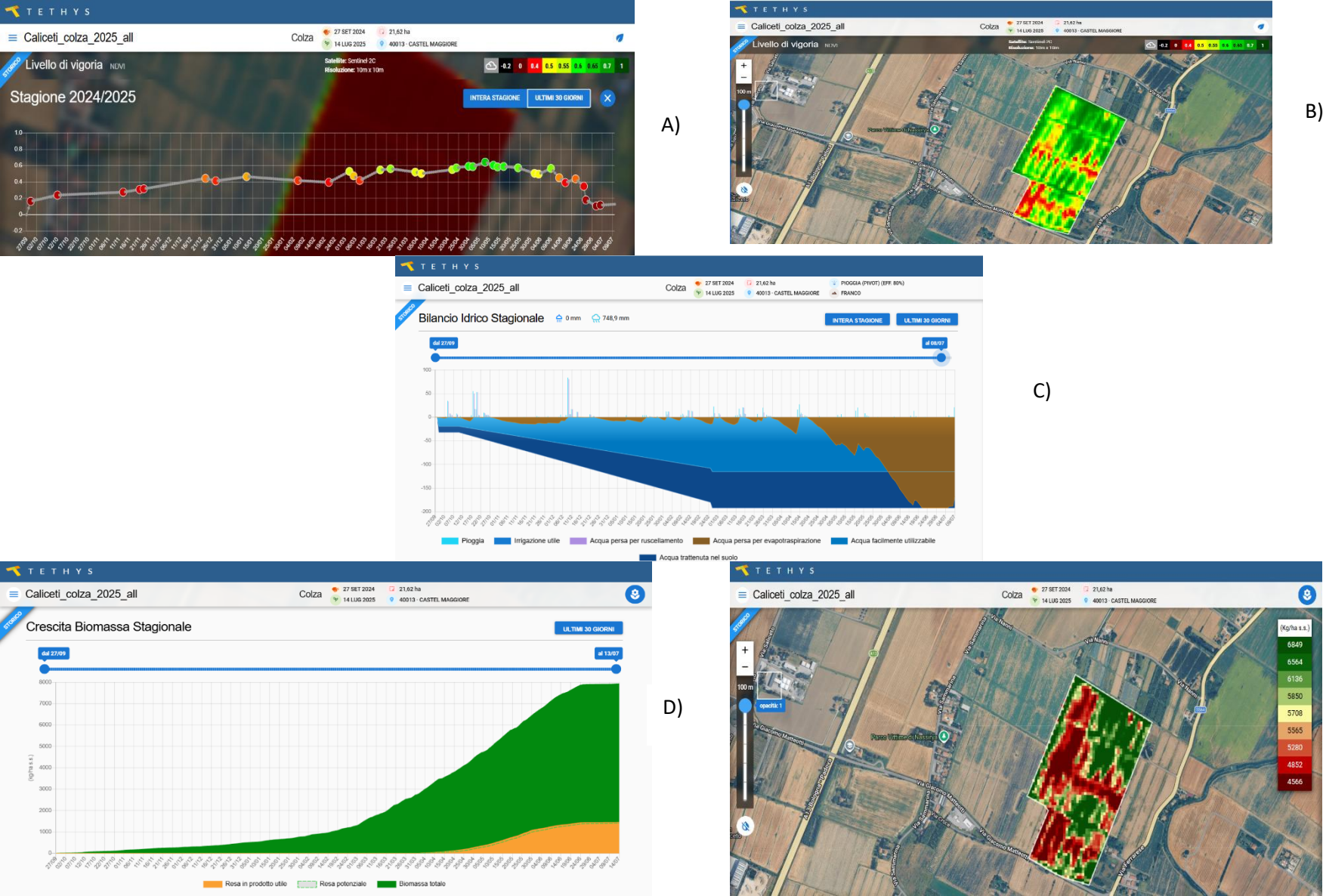


Figura 6 Colza: Andamento dell'indice NDVI, mappa del NDVI del 18/5, bilancio idrico stagionale, crescita della biomassa e della resa e mappa della biomassa a fine stagione



Proponente: Cedro Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto: SYNERGY. YOUR TRANSITION TO THE FUTURE Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione: centrale valutativa Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

4. SCENARI FUTURI

Al quadro di cosa è successo nel periodo più recente in una situazione di assenza di impianti agrivoltaici in azienda deve essere affiancato lo **scenario di cosa potrà accadere, dal punto di vista della produzione agricola, nella fase di esercizio dell'impianto**. La produzione di energia imporrà infatti una serie di "condizionamenti" alla produzione agricola, che determineranno effetti di diverso tipo, e di diverso segno, sui fabbisogni idrici e sulla produttività delle colture, oltre che comportare una riduzione della superficie effettivamente coltivabile.

Il piano agronomico relativo all'area di localizzazione dell'impianto agrivoltaico prevede per il periodo post-investimento una **rotazione colturale triennale** su una superficie netta di 15,81 ettari, che tiene conto delle nuove infrastrutture come la viabilità a servizio dell'impianto, le fasce di mitigazione, i canali di scolo, la vasca di laminazione evidenziata nella Figura 7.

Figura 7 area d'interesse nella situazione *post-operam*



Nella tabella seguente è riportato lo schema della rotazione triennale che interesserà l'area di realizzazione dell'impianto agrivoltaico. Rispetto alla situazione ante operam viene introdotta come secondo raccolto la soia già ampiamente coltivata all'interno dell'azienda agricola, e che si adatta bene ad un impianto AV.

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

Tabella 5 Ordinamento colturale nell'area di interesse nel triennio 2027-2029

Anno	Coltura principale	Secondo raccolto
2027	Orzo	Soia
2028	Frumento Duro	
2029	Colza	Soia

L'ordinamento colturale adottato è stato definito tenendo conto sia degli **obiettivi agronomici** sia dei **vincoli operativi imposti dall'impianto agrivoltaico**, sia dalle **colture coltivate dall'azienda negli anni precedenti**. La rotazione prevista (orzo seguito da soia di secondo raccolto, frumento duro e colza seguita da soia di secondo raccolto) consente di mantenere un'elevata produttività aziendale garantendo al contempo una gestione meccanica compatibile con la presenza delle strutture fotovoltaiche. Sono state privilegiate colture completamente meccanizzabili mediante macchine agricole convenzionali, evitando specie che richiedono raccoglitrice semoventi di grandi dimensioni, quali barbabietola da zucchero o patata, il cui impiego risulterebbe critico negli spazi disponibili tra le file dell'impianto.

La scelta di cereali autunno-vernini e colza permette inoltre di distribuire le operazioni colturali durante l'anno, riducendo la concentrazione dei transiti e limitando il rischio di compattamento del terreno. L'introduzione della soia di secondo raccolto consente di valorizzare le superfici durante il periodo estivo sfruttando la disponibilità irrigua aziendale mediante manichetta, soluzione particolarmente adatta al contesto agrivoltaico in quanto non interferisce con le strutture e garantisce elevata efficienza nell'uso della risorsa idrica. L'ordinamento colturale proposto rappresenta pertanto un equilibrio tra sostenibilità economica, praticabilità delle operazioni agricole e piena compatibilità con le caratteristiche geometriche e funzionali dell'impianto agrivoltaico.

Punto di partenza per la stima dell'eventuale riduzione di resa determinata dall'impianto agrivoltaico è il **calcolo dei parametri di ombreggiamento**: il **Ground Cover Ratio (GCR)**, che mette in relazione la superficie coperta da pannelli rispetto alla superficie totale dell'area interessata dall'impianto, e la **Reduction in Solar Radiation (RSR)**, che misura l'effettivo grado di ombreggiamento rispetto alle potenzialità (coltura in pieno sole). Nel caso in esame il GCR è pari al 29% e quindi il RSR, trattandosi di tracker mobili, è pari al 35/40%³.

Per ipotizzare poi quali potranno essere le **ricadute sulle principali variabili agronomiche** dell'installazione e del funzionamento dell'impianto fotovoltaico, si può fare riferimento alla **principale letteratura esistente in materia** che, seppure ancora abbastanza limitata, sta avendo di recente un impulso molto interessante.

In particolare, nel 2022⁴ è stata pubblicata una **meta-analisi** che "ha fatto il punto" delle pubblicazioni scientifiche esistenti riguardo agli **effetti dell'ombreggiamento sulle rese agricole**. Tale rassegna ha preso in considerazione inizialmente oltre 600 articoli sul tema, da cui sono stati poi selezionati 58

³ Dupraz, C. (2023) "Assessment of the ground coverage ratio of agrivoltaic systems as a proxy for potential crop productivity". Agrofor.Syst. 2023, 1–18.

⁴ Laub, M.; Pataczek, L.; Feuerbacher, A.; Zikeli, S.; Hogy, P. (2022) "Contrasting yield responses at varying levels of shade suggest different suitability of crops for dual land-use systems: a meta-analysis". Agron Sustain Dev 42:13.

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

studi maggiormente pertinenti, da cui estrarre delle curve che mettessero in relazione la riduzione di radiazione solare (RSR) dovuta all'impianto agrivoltaico con la variazione di resa agricola che ne consegue, per 9 macrocategorie di colture (frutta, piccoli frutti, cereali, foraggiere, leguminose da granella, mais, orticole con frutti, orticole con foglie, tuberi).

L'articolo in questione **classifica le colture in base alla loro risposta ad una riduzione crescente di irraggiamento solare**: fra le colture che addirittura beneficiano di una minor radiazione e che producono ancora di più in situazioni di ombreggiamento (*shade benefitting crops*) possono essere annoverate quelle frutticole, soprattutto i piccoli frutti; fra le colture che subiscono riduzioni di resa meno che proporzionali rispetto al calo dell'irraggiamento solare (*shade tolerant crops*) sono incluse le orticole e le foraggiere; le colture che invece soffrono maggiormente la riduzione della radiazione solare connessa all'impianto agrivoltaico (*shade susceptible crops*) sono il mais, i cereali e le leguminose da granella.

Oltre all'articolo di Laub et al. (2022), viene presa in considerazione la pubblicazione già citata di Dupraz (2023), che mette a sistema diverse altre pubblicazioni su ombreggiamento da agrivoltaico e rese agricole. I risultati di entrambi gli studi considerati sono concordi e quindi vengono utilizzati entrambi per le considerazioni che seguono.

Si cita inoltre l'articolo di Potenza et al.⁵ (2022) dove viene studiata la resa della soia in un impianto agrivoltaico installato nella provincia di Piacenza. Nell'area con ombreggiamento pari al 27% (GCR) simile all'impianto del presente studio la riduzione di resa è stata pari all'8%.

Pertanto dall'analisi degli articoli citati precedentemente è possibile calcolare la riduzione di resa e quindi di biomassa delle colture coinvolte in *post operam*. Per i cereali C3, quindi per frumento duro e orzo la riduzione è pari al 20%, per la soia è del 8% per la colza non avendo lavori su questa coltura si utilizza la riduzione dei cereali autunno vernini e pari al 20%.

Per completare l'analisi degli impatti dell'impianto agrivoltaico sulla continuità della produzione agricola, si stima di seguito **il grado di assorbimento della CO₂ da parte delle colture previste durante il periodo di funzionamento dell'impianto**.

Analogamente a quanto effettuato per la situazione ante-operam in conclusione del paragrafo 3.3, per la stima del grado di assorbimento della CO₂ è necessario partire dal dato del peso secco totale della biomassa che potrà essere prodotta nel periodo 2026/29, stimata in maniera analoga a quanto schematizzato in Tabella 4. I risultati di tale stima vengono riassunti nella tabella 6 della pagina seguente.

L'appezzamento agricolo oggetto d'intervento potrà assorbire quindi nel periodo di rotazione triennale 2027/29 un totale di circa 717 tonnellate di CO₂, **con una media di 239 tonnellate per anno, con una riduzione di 61 tonnellate rispetto a quanto registrato nella situazione ante-operam** (300 t/anno). Sebbene la superficie agricola si riduca del 21% così come la produzione in biomassa, grazie all'introduzione della soia di secondo raccolto negli anni 2027 e 2029, ogni ettaro utilizzato per l'agricoltura potrà comunque assorbire nel periodo di funzionamento dell'impianto una quantità di CO₂ in linea rispetto alla situazione iniziale (15 t/ha/anno). Analogamente a quanto esposto nel § 3.3. bisogna considerare che la quantità di biomassa che viene incorporata nel suolo e che si trasforma in

⁵ Potenza, E; Croci, M; Colauzzi, M; Amaducci, S;" Horticulture (2022)Agrivoltaic System and Modelling Simulation: A Case Study of Soybean (Glycine max L.) in Italy"

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

sostanza organica stabile rappresenta l'8-10% della biomassa dei residui colturali, pertanto si può stimare che la quantità di CO₂ assorbita nel suolo può variare da 1,2 a 1,5 t/ha/anno.

Tabella 6 stima dell'assorbimento di CO₂ nel triennio 2027/29

Colture	Stagione	Superficie	Biomassa totale	Resa prodotto principale	Residui colturali	CO ₂ assorbita nei residui colturali
		ha	t/ha s.s.			t
Orzo	2027	15,82	8,2	3,9	4,2	111
Soia	2027	15,82	7,1	3,2	3,9	101
Grano duro	2028	15,82	15,1	4,8	10,3	268
Colza	2029	15,82	6,3	1,2	5,2	135
Soia	2029	15,82	7,1	3,2	3,9	101
Totale						717

Fonte: dati TETHYS Grow

Sulla superficie interessata da attività agricola nello scenario ante-intervento è prevista però anche la realizzazione di una **fascia perimetrale di mitigazione** volta a mascherare la recinzione e il campo agrivoltaico, per una superficie con una larghezza di 5,5 metri e uno sviluppo lineare di circa 1.800 metri lungo tutto il perimetro dell'area d'impianto. La mitigazione verrà effettuata mediante la piantagione di **8 specie di arbusti autoctoni** (vedi § 7 del piano colturale), con **2.630 piante totali**.

Tale fascia di mitigazione contribuisce senza dubbio all'assorbimento di CO₂ e viene pertanto inclusa nel calcolo relativo allo scenario post-intervento. Facendo leva su una pubblicazione del CNR-IBIMET di Bologna che calcola la capacità di assorbimento della CO₂ e di altri inquinanti da parte di diverse specie arboree e arbustive del territorio⁶, si può considerare per gli arbusti in oggetto una **capacità di stoccaggio di carbonio di circa 15 Kg di CO₂ all'anno per pianta**. Considerando la numerosità complessiva degli arbusti che verranno piantati (2.630 unità), si può stimare dunque **un assorbimento di CO₂ da parte della fascia perimetrale di mitigazione di nuova realizzazione di quasi 39,5 tonnellate all'anno**, che in parte compensa la riduzione della CO₂ assorbita dai residui colturali (61 t/anno) in *post-operam*, pertanto si avrà un deficit di sole 12 t/anno.

Per quanto riguarda infine la valutazione dell'impatto dell'investimento sull'impiego di acqua con finalità di irrigazione delle colture, nella fase *post-operam* si prevede la coltivazione della specie primaverile-estiva idroesigenti come la soia. Visto che l'azienda ricade all'interno del Consorzio della Bonifica Renana, sarà installato un impianto di irrigazione ad ala gocciolante superficiale (tubo manichetta). Tale sistema di irrigazione prevede un ridotto consumo idrico (irrigazione localizzata), consente la fertirrigazione è di facile installazione, è caratterizzato da altissima efficienza (bassa evaporazione) e si adatta facilmente alla meccanizzazione delle operazioni colturali.

⁶ Baraldi, N.; Neri, L.; Carriero, G.; Facini, O. (2017) "Progetto di riqualificazione del territorio: il ruolo del verde nella mitigazione ambientale", Istituto per la BioEconomia del Consiglio Nazionale delle Ricerche, sede di Bologna; pubblicazione finale dell'omonimo progetto di ricerca: <https://webibe.ibe.cnr.it/projects/research-activities-projects/contents/progetto-di-riqualificazione-il-ruolo-del-verde.pdf>

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

Inoltre la gestione del calendario irriguo nella situazione post-operam sarà basata sui dati ed i suggerimenti forniti da TETHYS Aqua, che mette a disposizione dell'utente **un consiglio irriguo giornaliero sull'esatto ammontare di acqua necessario alle colture**.

In questo modo, combinando un impianto ad elevata efficienza ed una gestione irrigua basata sugli effettivi fabbisogni delle colture, **sarà possibile limitare al massimo i consumi idrici nella fase post-operam**. Per proiettare efficacemente tali parametri di consumo idrico alla situazione post-operam è necessario però ricordare che numerose pubblicazioni e studi hanno dimostrato che **l'ombreggiamento offerto dai moduli agrivoltaici riduce l'evapotraspirazione delle colture e di conseguenza le necessità idriche delle stesse⁷**.

Per una stima quantitativa dei consumi idrici nella situazione con l'impianto agrivoltaico a regime è possibile **utilizzare le analisi storiche effettuate con TETHYS Aqua**. Nel § 3.2 sono stati stimati i volumi irrigui risparmiati per il mais, la barbabietola e il girasole, attraverso le simulazioni dei bilanci idrici con e senza l'utilizzo del DSS TETHYS che fornisce un "consiglio irriguo". L'analisi ha permesso di quantificare anche il risparmio percentuale pari al 23%. Sebbene tali colture non verranno più coltivate, per problemi legati alla taglia (mais e girasole) o alla difficoltà di manovra dei cantieri di raccolta per la barbabietola, è possibile sviluppare uno scenario per l'irrigazione della soia. Per la soia non esistendo un'esperienza passata in azienda su cui basarsi, si può fare riferimento ai valori individuati dalla Regione Emilia-Romagna nella tabella dei "Fabbisogni irrigui stagionali", approvata con DGR 1415 del 5/10/2016, che indica per tale coltura, in provincia di Bologna, un **fabbisogno idrico medio stagionale di 1900 m³/ha**. Considerando la superficie di 15,82 ettari il volume irriguo totale è pari a 30.000 m³/anno che porta ad un consumo nel triennio a 60.000 m³ (due anni di coltivazione della soia), tale volume è lo stesso utilizzato *ante-operm* senza il DSS (cft. Tabella 2). Tale volume potrà essere ridotto grazie all'utilizzo di TETHYS Aqua e grazie alla minor evapotraspirazione dovuta alla copertura dei moduli fotovoltaici. Adottando un approccio cautelativo la riduzione può essere stimato pari al 25% dei volumi utilizzati senza l'impianto agrivoltaico, che corrispondono a circa 7500 m³/anno nei due anni di coltivazione della soia (per complessivi 15.000 m³).

⁷ Fra gli altri: Ingenhoff, J., Liu, W., Chen, F., Zhang, F., Mohammed, S., Chen, Y., Zhang, X., Fan, L., Liu, Z., Omer, A., Zheng, J., & Li, M. "Water evaporation reduction by the agrivoltaic systems development". *Solar Energy*, Volume 247, 2022, Pages 13-23.

Proponente:  Via Caravaggio, 125 65125 Pescara (PE)	Coordinatore del progetto:  Via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Progettazione:  Via Arduino, 11 00162 Roma
ANALISI STORICA E PREVISIONALE DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA		

5. CONCLUSIONI

L'analisi satellitare degli andamenti storici delle colture, in termini di sviluppo vegetativo, analisi dei fabbisogni irrigui, stima della produzione di biomassa e di capacità di assorbimento della CO₂, ha consentito di mettere a fuoco con più precisione la situazione produttiva precedentemente alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico.

La realizzazione di un impianto agri-voltaico con tracker mobili consentirà una **duplice valorizzazione, agricola ed energetica, delle superfici interessate, senza pregiudicare la continuità dell'attività agricola**, che anzi potrà giovare di investimenti collaterali come l'acquisto di un impianto d'irrigazione per **migliorare la produttività nel confronto ante/post**.

Pur in presenza di una contrazione di circa il 21% della superficie agricola utilizzata e di una riduzione dell'irraggiamento solare del 30/35%, la capacità di assorbimento di CO₂ rimarrà pressoché invariata, grazie all'introduzione nella rotazione colturale della soia di secondo raccolto.

Le analisi sulla stima degli utilizzi irrigui hanno mostrato un risparmio della risorsa pari a 7500 m³/anno per complessivi 15.000 m³ nel triennio *post-operam*.

Nel complesso quindi **l'investimento per la realizzazione di un impianto agrivoltaico sull'area denominata "Caliceti", laddove realizzato secondo le indicazioni fornite nel piano agronomico e nel presente documento, non compromette la continuità dell'attività agricola e, anzi, ne garantisce la produzione, ne favorisce il risparmio idrico e non preclude l'assorbimento di CO₂.**