

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "SOLAR ENERGY"
CON POTENZA NOMINALE DI 200 MVA
E POTENZA INSTALLATA DI 202,07 MWp**

REGIONE PUGLIA

PROVINCIA di BRINDISI

COMUNI di BRINDISI E MESAGNE

OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN NEI COMUNI DI BRINDISI E MESAGNE

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:

Titolo:

R32

**Studio di fattibilità ambientale
Studio Modellistico Previsionale degli
effetti sul microclima**

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

R32_StudioFattibilitàAmbientale_32

Progettazione:

Committente:



Dott. Ing. Fabio CALCARELLA

Studio Tecnico Calcarella
Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce
Mob. +39 340 9243575
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu

SOLAR ENERGY & PARTNERS S.R.L.

Località: Strizzi, 23 - 72100 Brindisi
P.IVA: 02257280749 - REA: BR-132374
PEC: solareenergypartners@gigapec.it

Dott.ssa Elisa Gatto

PhD in Biological and Environmental Sciences and
Technologies
Biologa ambientale
Albo Nazionale dei Biologi (n. AA090001)



Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Febbraio 2024	Prima emissione	EG	FC	SOLAR ENERGY & PARTNERS s.r.l.



ANALISI MODELLISTICA

*Studio modellistico previsionale degli effetti
sul microclima, comfort termico e qualità
dell'aria dell'impianto agrivoltaico sito nel
comune di Brindisi (BR)*

A cura di
Dott.ssa Elisa Gatto, PhD
Biologa





Sommario

Introduzione	3
1. ENVI-met: set up modellistico	4
1.1. Parametri modellistici investigati	7
<i>Calcolo del comfort termico: l'indice Temperatura fisiologica equivalente PET</i>	7
2. Analisi dei servizi ecosistemici legati allo stoccaggio e assorbimento di inquinanti	8
3. Analisi dei servizi ecosistemici legati alla sfera microclimatica e termica	10
3.1. Analisi dell'evoluzione del paesaggio prima e dopo l'infestazione da <i>Xylella</i> : le mappe tematiche	13
<i>Temperatura dell'aria (Tair)</i>	13
<i>Umidità relativa atmosferica (RHair)</i>	14
<i>Velocità del vento (WS)</i>	15
3.2. Analisi dell'impatto del progetto agrivoltaico: le mappe tematiche	16
<i>Temperatura dell'aria (Tair)</i>	16
<i>Umidità relativa atmosferica (RHair)</i>	17
<i>Velocità del vento (WS)</i>	18
<i>Temperatura delle superfici (Tsurf)</i>	19
4. Conclusioni	21



Introduzione

In rispetto ai requisiti del processo di Valutazione di Impatto Ambientale, il presente documento riporta i risultati di uno studio volto a **valutare la conformità del progetto di agrivoltaico** nell'area di Brindisi (BR) **in relazione ai rischi climatici identificati** nel documento "Analisi meteorologica e valutazione del rischio climatico".

A tal fine, sono stati analizzati **gli effetti microclimatici, il comfort termico e la qualità dell'aria** dell'area interessata dal progetto attraverso l'utilizzo dello strumento di simulazione modellistica fluidodinamica ENVI-met che ha permesso di ricostruire il layout progettuale ingegneristico e agronomico.

Tale approccio metodologico contribuisce a una **valutazione oggettiva dei potenziali impatti ambientali del progetto, fornendo una solida base scientifica per le decisioni e le misure di mitigazione necessarie** per mitigare i potenziali impatti negativi e massimizzare i benefici derivanti dall'agrivoltaico

L'agrivoltaico offre un potenziale significativo per la mitigazione delle emissioni di gas serra e per la sicurezza alimentare. Tuttavia, è essenziale comprendere appieno gli effetti microclimatici correlati, al fine di garantire un equilibrio ottimale tra le **esigenze agricole** e la **stabilità del clima locale**. Attraverso l'impiego di modelli di simulazione avanzati come ENVI-met, siamo in grado di valutare con precisione e dettaglio le variazioni microclimatiche che potrebbero emergere a seguito dell'integrazione di un sistema agrivoltaico nel paesaggio di Brindisi.

🔍 Nello specifico sono investigati (i) **parametri microclimatici**: temperatura dell'aria (T_{air}), umidità relativa atmosferica (RH_{air}), velocità del vento (WS), temperatura delle superfici (T_{surf}), umidità del suolo (RH_{soil}), quantità di acqua disponibile (AW); (ii) l'indice di **comfort termico** *Physiological Equivalent Temperature* (PET); (iii) la **qualità dell'aria** in termini di concentrazione (ppm) di CO₂ atmosferica.

Il presente approccio metodologico è stato validato in studi scientifici pubblicati in riviste internazionale sottoposte a *peer-reviewed*¹.

¹ Gatto, E., Buccolieri, R., Aarrevaara, E., Ippolito, F., Emmanuel, R., Perronce, L., Santiago, J.L., 2020. Impact of urban vegetation on outdoor thermal comfort: comparison between a Mediterranean city (Lecce, Italy) and a Northern European city (Lathi, Finland). *Forests* 11, 228.

Gatto, E., Buccolieri, R., Perronace, L., Santiago, J.L. 2021. The Challenge in the Management of Historic Trees in Urban Environments during Climate Change: The Case of Corso Trieste (Rome, Italy). *Atmosphere*, 12, 500.



1. ENVI-met: set up modellistico

Attraverso un approccio olistico, ENVI-met (Bruse & Fler, 1998) considera l'ambiente come un unico organismo in cui tutti i diversi elementi dell'ambiente urbano o del paesaggio e la vegetazione interagiscono tra loro. ENVI-met è particolarmente utile nella valutazione di impatto di nuovi interventi di *urban-design* in quanto è in grado di simulare in modo preventivo gli effetti dovuti a determinate azioni fornendo previsioni utili e numeriche sull'impatto ambientale di nuove strutture o aree verdi (www.envimet.com)

Il modello di calcolo implementato comprende:

- ✓ flussi di radiazioni su tutto lo spettro, dall'infrarosso all'ultravioletto, rispettando l'ombreggiamento, la riflessione e l'emissione delle radiazioni dal sistema di edifici e vegetazione;
- ✓ traspirazione, evaporazione e flussi di calore sensibile dalla vegetazione nell'aria;
- ✓ simulazione completa dei fattori fisici delle piante, come ad esempio la reazione di fotosintesi ed i suoi effetti;
- ✓ temperatura delle superfici dell'area di simulazione (edifici e suolo);
- ✓ scambi di calore e di acqua all'interno del suolo;
- ✓ calcolo indici biometeorologici dei fruitori dell'area in analisi;
- ✓ dispersione di gas inerti e particolato e sedimentazione su superfici e foglie;
- ✓ flussi d'aria e turbolenze, dati relativi al vento.

Gli input della simulazione possono essere suddivisi in tre componenti: "Area", "File di configurazione" e "Database". Il file "Area" è stato creato attraverso l'interfaccia grafica del software. Esso contiene primariamente i dati geometrici del modello simulato:

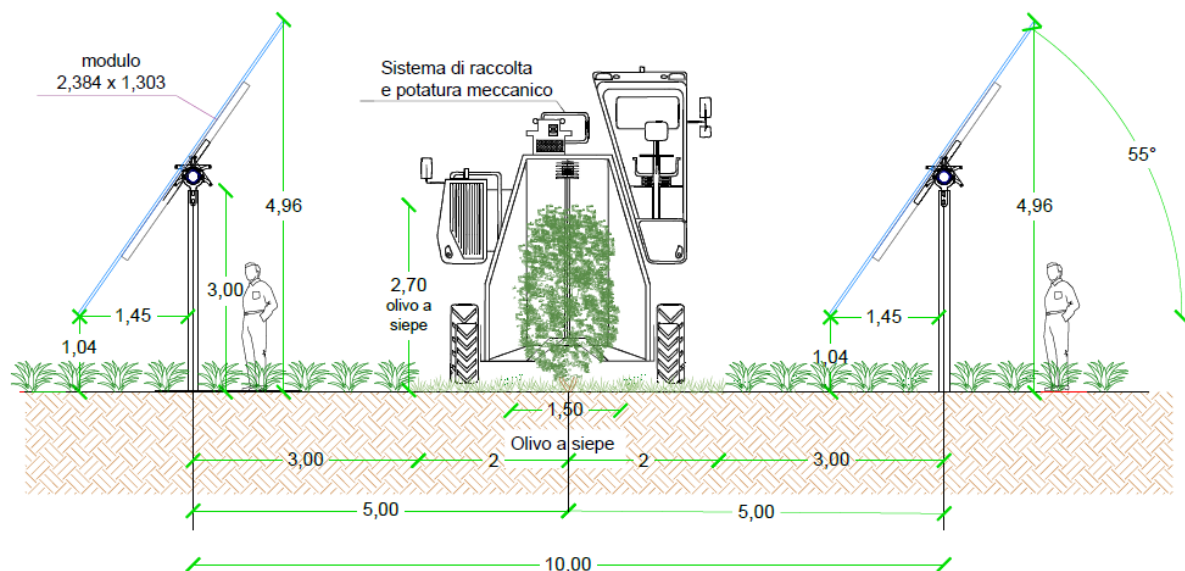
- Dimensione dell'area;
- Spazi verdi (a terra ed in quota);
- Tipo di vegetazione;
- Strade;
- Tipologie di suolo;



Attraverso questa interfaccia è stata identificata la zona geografica in cui è posta l'area di modello e l'orientamento cardinale della stessa. La determinazione dell'area geografica è avvenuta mediante l'indicazione delle coordinate di latitudine e longitudine del sito.

Per analizzare l'effetto del progetto agrivoltaico sono stati simulati due scenari e quindi generate due diverse "Aree": lo scenario allo stato di fatto (scenario attuale) e lo scenario di progetto (scenario agrivoltaico) in cui è stata ricostruita l'area con le scelte agronomiche riportate nella progettazione agricola e con il layout di progetto (Figura 1).

Sezione Impianto



scala N.A.

Figura 1: Sezione impianto agrivoltaico

Considerando la presenza di aree destinate all'agrivoltaico attualmente occupate da oliveti infetti da *Xylella fastidiosa*, sono stati simulati due scenari addizionali: uno con la presenza di oliveto (denominato scenario pre-Xylella) e uno senza oliveto (denominato scenario post Xylella).

Questa simulazione consente di effettuare un confronto accurato dei servizi ecosistemici compromessi a causa dell'infestazione da Xylella. Inoltre, offre la possibilità di confrontare l'evoluzione post-infestazione (scenario post Xylella) con lo scenario proposto di agrivoltaico e quindi di valutare la capacità di tale progetto di compensare le perdite di servizi ecosistemici



causate dall'infestazione da Xylella e di contribuire alla creazione di un ambiente agricolo più sostenibile e resiliente.

Per modellare l'area di lavoro e svolgere i calcoli associati ad equazioni di bilancio, lo spazio del modello di simulazione viene discretizzato in volumi finiti. Il file "Area" è costituito da celle tridimensionali scelte ed impostate in fase iniziale. Nello specifico, **la dimensione di ogni singola cella nel dominio computazionale della presente elaborazione modellistica è di 1m (asse x) x 1m (asse y) x 1m (asse z)**. L'area simulata in 3D (dominio computazionale) nei due scenari "attuale" e "agrivoltaico" ha una dimensione di 400 m (orizzontale) x 300 m (verticale), con un'altezza verticale di 50 m. Le aree degli scenari "pre Xylella" e "post Xylella" hanno invece una dimensione di 150 m (orizzontale) x 150 m (verticale) (Figura 2).

Per **aumentare l'accuratezza** delle simulazioni modellistiche e **ridurre il tempo computazionale** richiesto per il modello numerico, **le aree selezionate per l'analisi con ENVI-met rappresentano una porzione ridotta rispetto all'intera area del progetto di agrivoltaico**. Tuttavia, è importante sottolineare che i **risultati ottenuti** da questa area rappresentativa possono essere considerati **replicabili nello spazio**, data l'uniformità del progetto. Ciò significa che le informazioni ricavate dalla simulazione microclimatica possono essere generalizzate all'intero sito del progetto di agrivoltaico, consentendo di formulare conclusioni valide sull'impatto termico e sulla qualità dell'aria nell'intera area interessata.



Figura 2: Inquadramento geografico (Base: Google satellite) con indicazione dell'area di progetto complessiva e dell'area di progetto considerata per le simulazioni modellistiche: area di progetto con oliveto affetto da Xylella (riquadro blu); area di progetto simulata per agrivoltaico.

Per determinare l'andamento giornaliero della temperatura dell'aria e dell'umidità relativa è stata fissata come dato in ingresso la temperatura minima (T_{min}), la temperatura massima (T_{max}) e l'umidità relativa minima e massima (RH_{min} , RH_{max}) prendendo in considerazione un tipico giorno estivo. Il suolo è stato caratterizzato utilizzando il database di ENVI-met (*Default Soil*) e per



la rappresentazione della vegetazione sono state impiegati i modelli 3D delle specie presenti disponibili nel database *Albero* di ENVI-met.

1.1. Parametri modellistici investigati

L'impatto sul **microclima** del progetto di rigenerazione proposto è stato valutato con ENVI-met nei vari scenari in termini di **temperatura dell'aria (Tair)**, **umidità relativa atmosferica (RHair)**, **velocità del vento (WS)**, **temperatura delle superfici (Tsurf)**, **umidità relativa del suolo (RH soil)**, **quantità di acqua disponibile (AW)**. Lo studio dell'indice di *temperatura fisiologica equivalente PET* ha permesso invece di valutare l'impatto delle scelte progettuali sul **comfort termico**.

Calcolo del comfort termico: l'indice Temperatura fisiologica equivalente PET

Il PET è un indice di comfort termico basato su un modello prognostico del bilancio energetico umano che calcola la temperatura della pelle, la temperatura del nucleo corporeo, il tasso di sudorazione e, come variabile ausiliaria, la temperatura degli indumenti².

Si basa sul *Munich Energy Balance Model for Individuals* (MEMI) che definisce l'equazione del corpo umano come:

$$M + W + R + C + ED + ERe + ESw + S = 0$$

dove M è l'attività metabolica, W è il lavoro fisico prodotto, R è la radiazione netta del corpo, C è il flusso di calore convettivo, ED è il flusso di calore latente che si diffonde attraverso la pelle sotto forma di vapore acqueo, ERe è la somma dei flussi di calore per il riscaldamento e l'umidificazione dell'aria inspirata, ESw è il flusso di calore dovuto all'evaporazione del sudore, S è il flusso di calore di accumulo per il riscaldamento o il raffreddamento della massa corporea. Tutti i valori sono espressi in *watt*. Il PET si presta bene alla valutazione della componente termica di diversi climi. È preferibile ad altri indici termici per la sua unità di misura (°C), che rende i risultati più comprensibili e in linea con la moderna terminologia biometeorologica umana.

L'indice PET è stato calcolato da ENVI-met che ha rielaborato i flussi di radiazione all'interno dell'area investigata, la temperatura dell'aria, la velocità del vento e la radiazione solare.

I valori di PET e le corrispondenti percezioni termiche sono indicati nella Tabella 1.

² Höppe, P. 1999. *The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment*. *Int J Biometeorol* 43, 71–75.



Tabella 1: Scala di percezione termica PET

SCALA DI VALORI (PET °C)	PERCEZIONE TERMICA
<4	Molto freddo
4-8	Freddo
8-13	Fresco
13-18	Fresco moderato
18-23	Neutro
23-29	Caldo leggero
29-35	Caldo moderato
35-41	Molto caldo
>41	Caldo estremo

2. Analisi dei servizi ecosistemici legati allo stoccaggio e assorbimento di inquinanti

L'utilizzo del modello ha fornito un quadro predittivo e quantitativo delle possibili variazioni nella concentrazione di CO₂ atmosferica nell'area di progetto, consentendo una valutazione più accurata e dettagliata degli **effetti del progetto agrivoltaico sulla qualità dell'aria**. Nello specifico, il modello ha considerato il **processo di fotosintesi** delle piante incluse nel progetto agricolo e quindi ha permesso la **valutazione dell'assorbimento di CO₂ dall'atmosfera** durante la fotosintesi e la conversione della stessa in biomassa.

La quantità di CO₂ atmosferica è stata calcolata in tutta l'area di progetto ed è stato effettuato un confronto dello scenario "Progetto Agrivoltaico" con uno scenario di riferimento senza il progetto "Scenario attuale".

Si è osservata una diminuzione di **CO₂ pari a 0.12 ppm nello scenario "Progetto Agrivoltaico"**.

Questo può essere dovuto a:

1. **Assorbimento di CO₂ dalle piante:** durante il processo di fotosintesi le piante assorbono CO₂ dall'atmosfera e la utilizzano per la produzione di energia. Di conseguenza, la presenza di colture nell'area di progetto può portare a un maggiore assorbimento di CO₂, contribuendo a una diminuzione della sua concentrazione atmosferica.
2. **Effetto mitigante della vegetazione sulla temperatura:** la presenza di piante nell'area di progetto può influire anche sulla temperatura ambientale. Le piante, attraverso l'evapotraspirazione, rilasciano vapore acqueo nell'atmosfera. Questo processo può contribuire a ridurre la temperatura dell'aria circostante, creando un ambiente più fresco. Temperature più basse possono influenzare la capacità di assorbimento della CO₂ da parte delle piante stesse e favorire una maggiore efficienza del processo fotosintetico.



Inoltre, la concentrazione di CO₂ può essere ulteriormente abbattuta da pratiche di gestione del suolo che promuovono la fertilità e la conservazione del terreno. Queste pratiche possono contribuire a migliorare la struttura del suolo, aumentare la sua capacità di trattenere carbonio e ridurre la sua emissione di CO₂. Di conseguenza, uno scenario agrivoltaico può contribuire a un **bilancio del carbonio più equilibrato nel suolo**, influenzando indirettamente anche la concentrazione di CO₂ atmosferica.



3. Analisi dei servizi ecosistemici legati alla sfera microclimatica e termica

La Tabella 2 presenta i risultati dettagliati delle simulazioni ENVI-met, con dati specifici estratti alle ore 12:00. Questi risultati includono misurazioni a 1.4 metri di altezza, che forniscono insight approfonditi sui parametri microclimatici atmosferici. Tali dati sono fondamentali per **analizzare l'impatto combinato delle pratiche agricole e dell'installazione fotovoltaica nell'ambiente locale, specialmente nei contesti degli scenari "Attuale" e "Agrivoltaico"**. Inoltre, si esamina l'effetto del patogeno *Xylella fastidiosa*, che ha provocato significative trasformazioni nel paesaggio rurale e nella perdita di oliveti, alterando così l'equilibrio ecologico dell'area.

Per quanto riguarda i dati rilevati a livello del suolo (0 metri), questi si concentrano sui parametri relativi alla salute del terreno. Questi sono cruciali per valutare gli impatti dell'agricoltura combinata con l'energia fotovoltaica sulla vitalità del suolo e sulla crescita delle colture, oltre a fornire una comprensione di come i parametri pedologici varino in presenza o assenza di oliveti.

Infine, si presenteranno delle mappe di distribuzione spaziale per alcuni di questi parametri, che saranno utili per visualizzare l'interazione dinamica tra gli impianti fotovoltaici e il contesto agricolo circostante, permettendo così una valutazione più completa e integrata degli effetti dell'agrivoltaico sull'ambiente.

Tabella 2: Sintesi dei risultati emersi dalla simulazione modellistica previsionale.

	Parametro	Scenario				Impatto
		Xylella	Pre-Xylella	Attuale	Agrivoltaico	
MICROCLIMA	Temperatura dell'aria (°C)	32.92	32.03	32.80	28.22	Positivo
	Umidità relativa (%)	32.85	36.61	31.70	37.06	Non rilevante considerate le specie vegetali da mettere a dimora.



	Velocità del vento (m/s)	2.43	2.03	2.85	2.45	Non rilevante. Se si considera che la diminuzione della ventilazione in ambiente agrivoltaico rispetto allo scenario attuale è uguale alla diminuzione osservata in presenza di oliveto nello scenario "Pre Xylella". E comunque rimane maggiore rispetto allo scenario solo olivi.
	Temperatura superficiale (°C)	39.49	38.77	39.47	33.97	Positivo
	Umidità del suolo (%)	27.85	27.93	27.60	27.98	Positivo
	Quantità di acqua disponibile nel suolo (%)	8.80	9.25	7.91	8.73	Positivo



COMFORT TERMICO	Physiological Equivalent Temperature (°C)	45.60	39.81	45.55	36.84	Positivo. Lo scenario agrivoltaico ha un <u>miglioramento del comfort termico</u> maggiore dello scenario con solo oliveto. Il comfort cambia da "Caldo Estremo" a "Molto caldo".
QUALITA' DELL' ARIA	CO2 (ppm)	401	398	401	398	Positivo

La presenza di valori elevati nella tabella è attribuibile alla simulazione effettuata per il giorno con il più alto stress termico estivo, tipico dell'area di riferimento. Questa scelta metodologica è stata adottata per fornire una **stima realistica e precisa** degli **impatti climatici più severi che possono verificarsi in condizioni di picco di calore**. Tale approccio è cruciale per comprendere in modo approfondito gli effetti che temperature estreme possono avere sull'interazione tra le pratiche agrivoltaiche e l'ambiente.

Analizzare il sistema sotto condizioni di massimo stress termico permette di valutare la resilienza dell'ecosistema e dell'infrastruttura agrivoltaica, nonché di prevedere possibili impatti sul microclima, sulla salute del suolo, e sulla crescita delle colture. Questo tipo di analisi è particolarmente rilevante in contesti afflitti da cambiamenti climatici, dove gli eventi di calore estremo sono sempre più frequenti e intensi. La comprensione di questi scenari aiuta a formulare strategie di mitigazione e adattamento più efficaci, assicurando la sostenibilità a lungo termine del progetto agrivoltaico.



3.1. Analisi dell'evoluzione del paesaggio prima e dopo l'infestazione da *Xylella*: le mappe tematiche

Temperatura dell'aria (T_{air})

La Figura 3 mostra le differenze di T_{air} nei due scenari investigati Pre-*Xylella* (con oliveto) e post *Xylella* (senza oliveto). Si osserva una diminuzione media in tutta l'area nello scenario "Pre-*Xylella*" uguale a 0.89 °C.

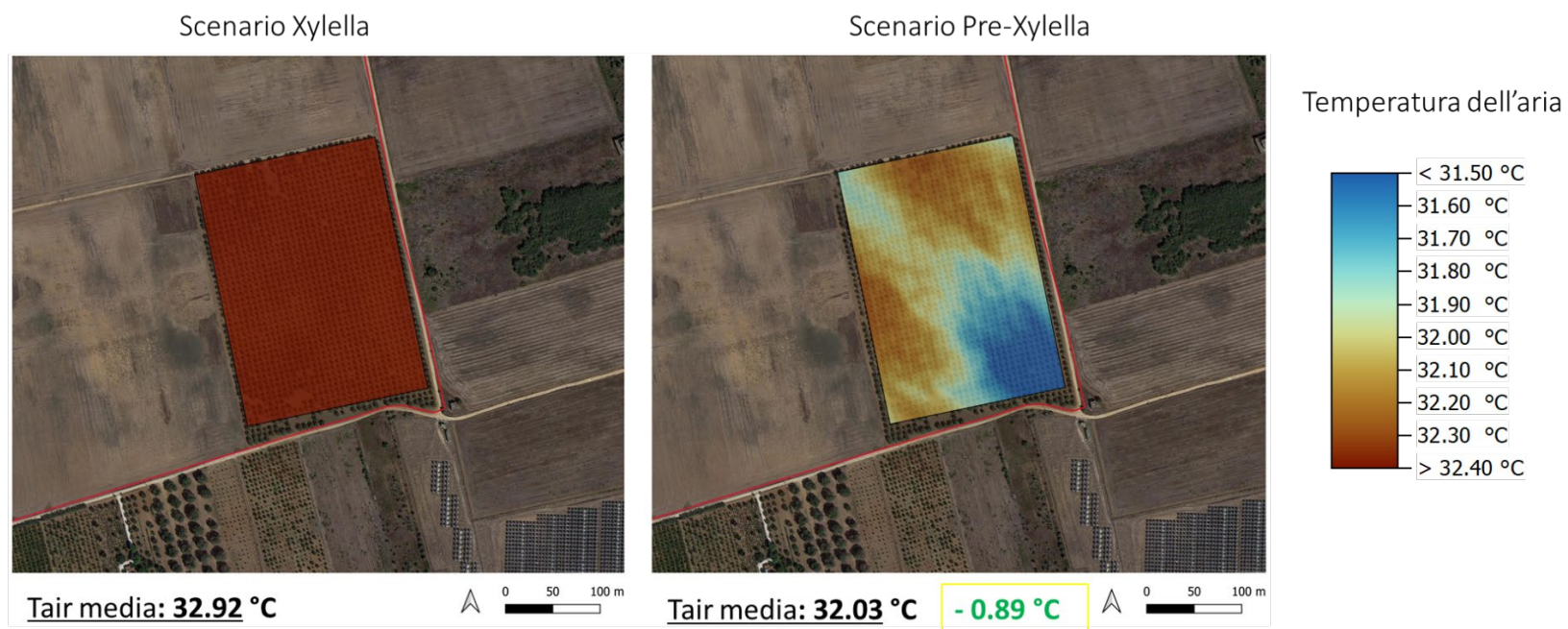


Figura 3: Mappe di distribuzione spaziale di T_{air} estratte alle 12:00 ad un'altezza pedestre di 1.4m.



Umidità relativa atmosferica (RHair)

La Figura 4 mostra le differenze di RH nei due scenari investigati Pre-Xylella (con oliveto) e post Xylella (senza oliveto). Si osserva che la presenza di vegetazione aumenta il tasso di umidità relativa con un aumento medio in tutta l'area nello scenario "Pre-Xylella" pari a 3.76%.

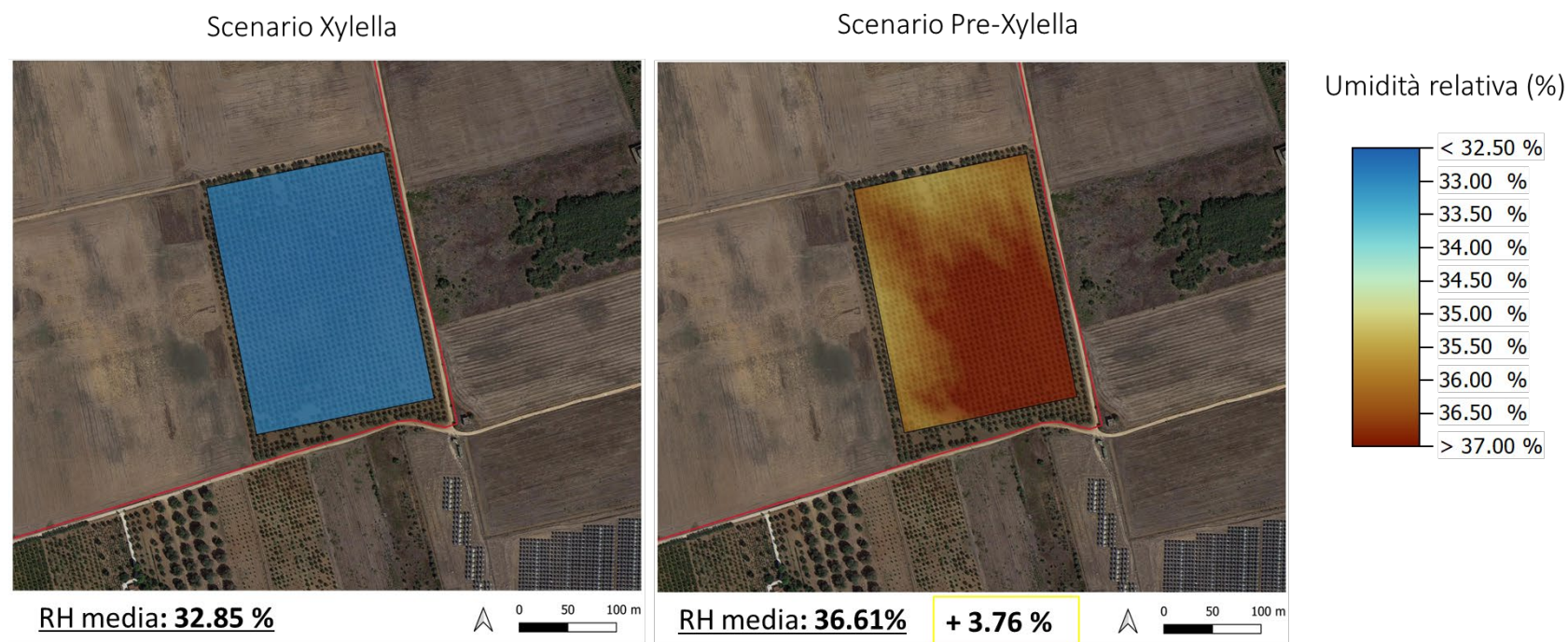


Figura 4: Mappe di distribuzione spaziale di RH estratte alle 12:00 ad un'altezza pedestre di 1.4m.



Velocità del vento (WS)

La Figura 4 mostra le differenze di WS nei due scenari investigati Pre-Xylella (con oliveto) e post Xylella (senza oliveto). Si osserva che la presenza di vegetazione porta ad una diminuzione della ventilazione nello scenario "Pre-Xylella" pari a 0.40 m/s.

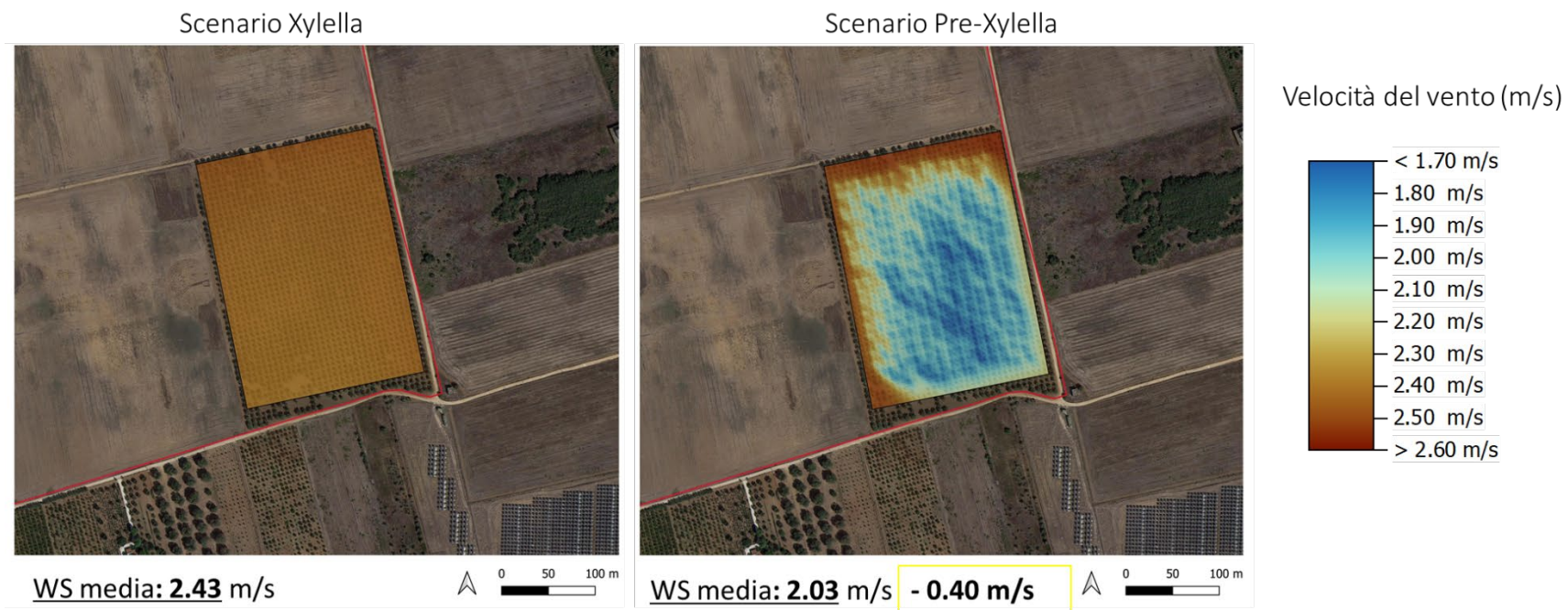


Figura 5: Mappe di distribuzione spaziale di WS estratte alle 12:00 ad un'altezza pedestre di 1.4m.



3.2. Analisi dell'impatto del progetto agrivoltaico: le mappe tematiche

Temperatura dell'aria (T_{air})

La Figura 6 mostra le differenze di T_{air} nei due scenari investigati: attuale (terreno incolto) e scenario agrivoltaico (scenario di progetto con olivo a siepe interfilare). Si osserva una diminuzione media in tutta l'area nello scenario "Agrivoltaico" uguale a 4.58 °C.

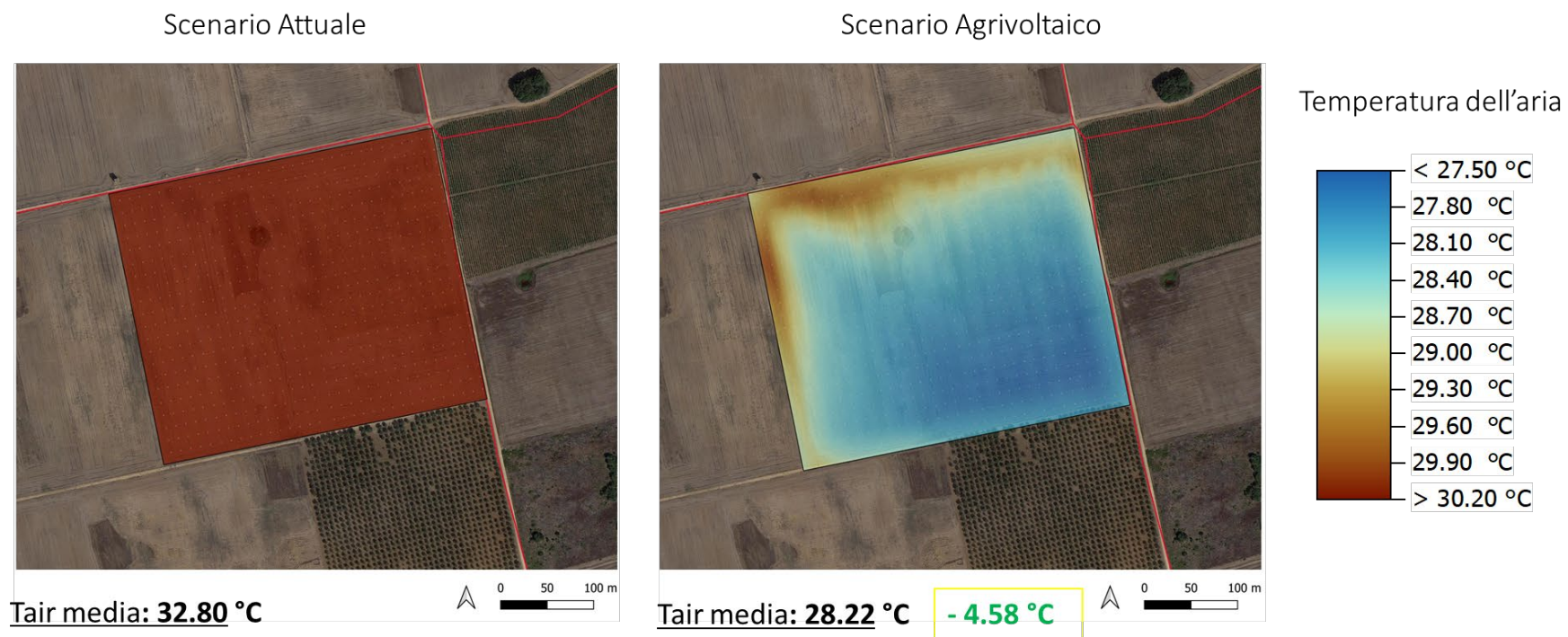


Figura 6: Mappe di distribuzione spaziale di T_{air} estratte alle 12:00 ad un'altezza pedestre di 1.4m.



Umidità relativa atmosferica (RHair)

La Figura 6 mostra le differenze di Tair nei due scenari investigati: attuale (terreno incolto) e scenario agrivoltaico (scenario di progetto con olivo a siepe interfilare). Si osserva che la presenza di vegetazione aumenta il tasso di umidità relativa con un aumento medio in tutta l'area nello scenario "Agrivoltaico" pari a 5.96%.

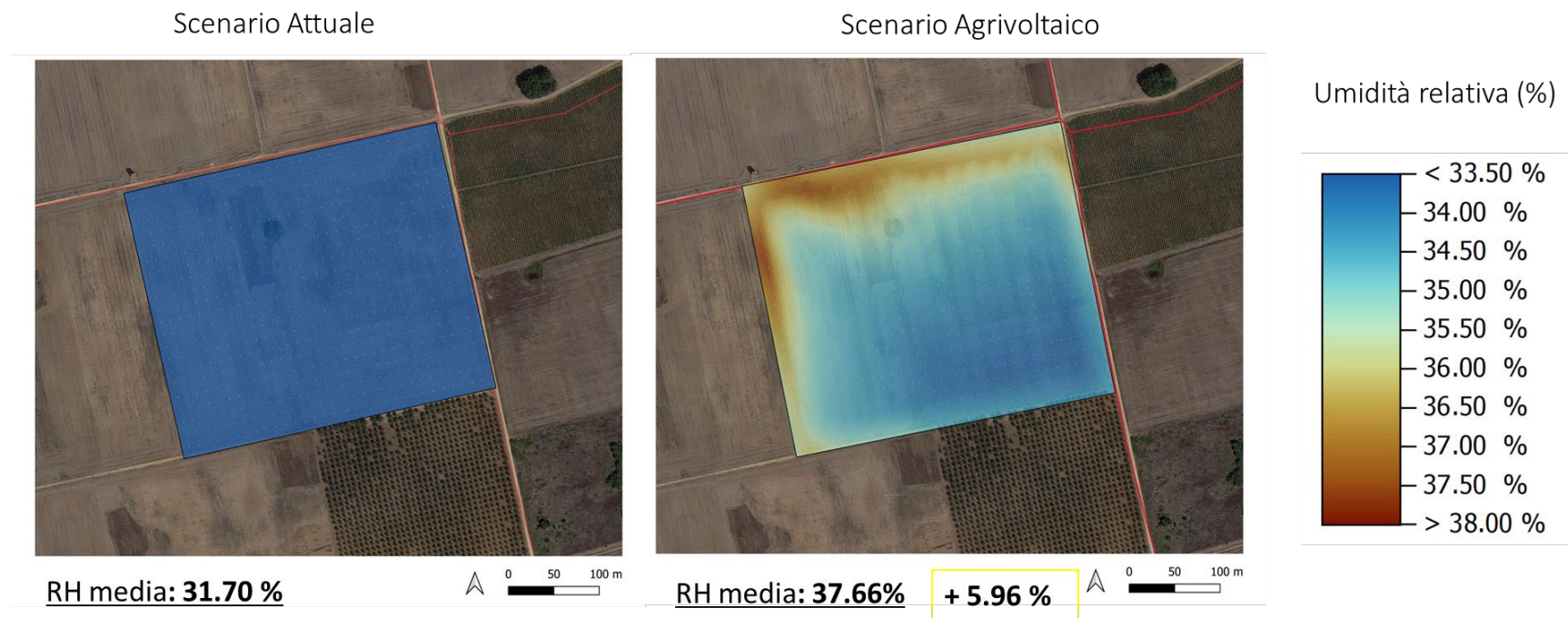


Figura 7: Mappe di distribuzione spaziale di RH estratte alle 12:00 ad un'altezza pedestre di 1.4m.



Velocità del vento (WS)

La Figura 8 mostra le differenze di WS nei due scenari investigati: attuale (terreno incolto) e scenario agrivoltaico (scenario di progetto con olivo a siepe interfilare). Si osserva che la presenza di vegetazione porta ad una diminuzione della ventilazione nello scenario "Agrivoltaico" pari a 0.40 m/s.

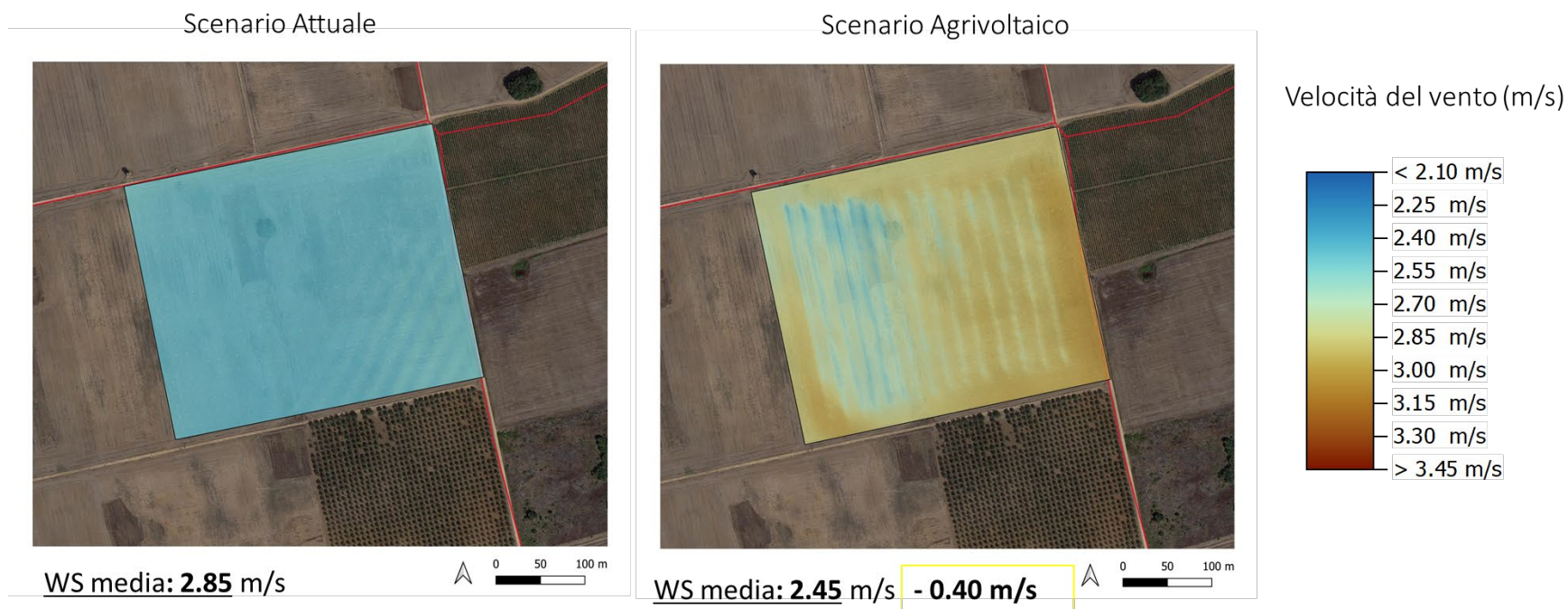


Figura 8: Mappe di distribuzione spaziale di WS estratte alle 12:00 ad un'altezza pedestre di 1.4m.



Temperatura delle superfici (T_{surf})

La Figura 9 mostra le differenze di T_{surf} nei due scenari investigati. Si osserva che la presenza di vegetazione e dei pannelli genera un maggiore ombreggiamento del suolo e porta ad una diminuzione della temperatura superficiale. Nello scenario "Agrivoltaico" si osserva infatti una diminuzione media pari a 5.5 °C.

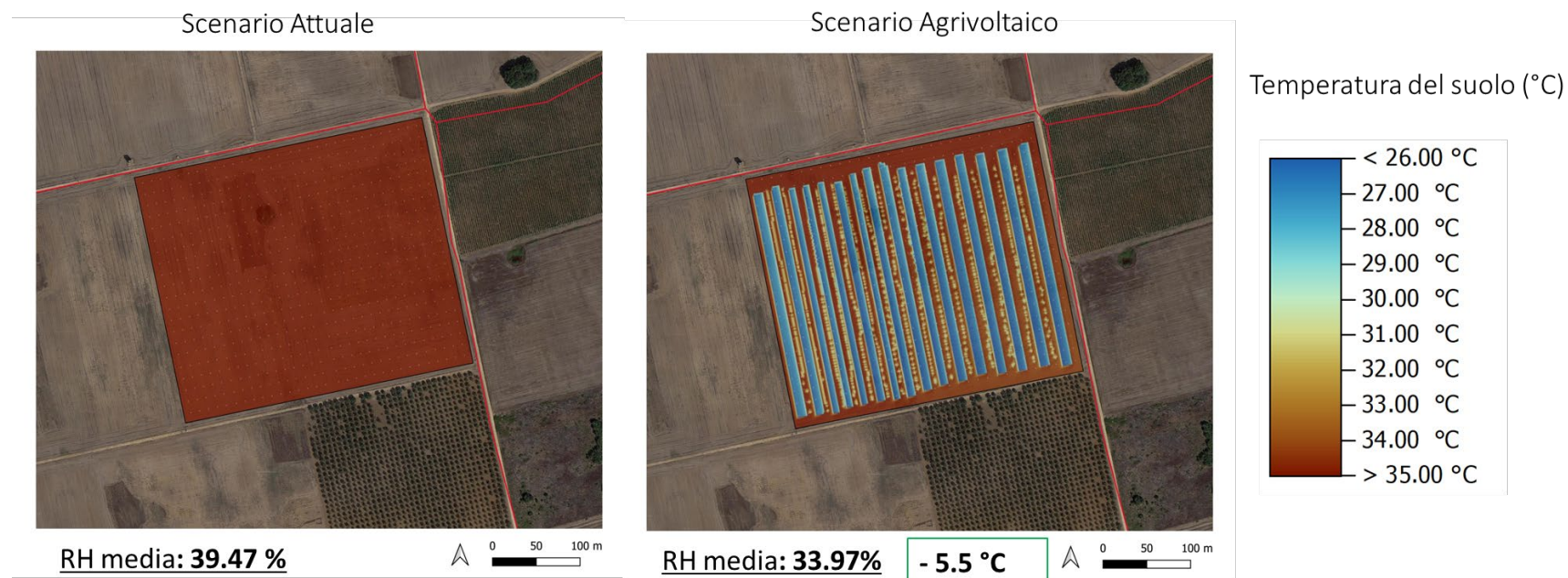


Figura 9: Mappe di distribuzione spaziale di T_{surf} estratte alle 12:00 ad un'altezza pedestre di 1.4m.



Dall'analisi dei risultati relativi agli scenari Xylella, Pre-Xylella, Attuale e Agrivoltaico, emerge che:

Microclima:

- Temperatura dell'aria: si nota una **diminuzione significativa di 4.6 °C** della temperatura dell'aria nello scenario agrivoltaico (28.22°C) rispetto allo scenario attuale e allo scenario "Xylella" (32.92°C). Questo suggerisce che **l'agrivoltaico mitiga efficacemente l'aumento delle temperature dovuto alla perdita di copertura vegetale causata dalla Xylella e comunque, porta ad un netto miglioramento rispetto alla condizione attuale dell'area caratterizzata per lo più da terreno non coltivato.**
- Umidità relativa: l'umidità relativa mostra un incremento nello scenario agrivoltaico (37.06%) rispetto allo scenario attuale (31.70%). Le variazioni non siano rilevanti per le specie vegetali pianificate e comunque sono in linea con i livelli di umidità in presenza di oliveti (Scenario Pre-Xylella).
- Velocità del vento: le variazioni nella velocità del vento tra gli scenari non sono significative. Sia la presenza di un oliveto che quella dell'impianto agrivoltaico determinano una riduzione proporzionale e comparabile della velocità del vento, suggerendo che questo aspetto non ha un impatto rilevante sull'ambiente.
- Temperatura superficiale e umidità del suolo: entrambi questi parametri mostrano miglioramenti nello scenario agrivoltaico, con una **diminuzione sostanziale della temperatura superficiale fino a 5.5 °C** e un aumento dell'umidità del suolo (0.4%).

Comfort Termico:

- Physiological Equivalent Temperature (PET): i cambiamenti **microclimatici osservati si traducono in un miglioramento del comfort termico con una diminuzione termica massima percepita pari a 8.7 °C** nello scenario agrivoltaico.

Qualità dell'Aria:

- CO₂: la concentrazione di CO₂ rimane relativamente stabile tra gli scenari, con una lieve riduzione nello scenario agrivoltaico. Anche se il cambiamento è marginale, suggerisce un potenziale beneficio dell'agrivoltaico sulla qualità dell'aria.



4. Conclusioni

Il presente elaborato tecnico offre un'analisi dettagliata degli effetti che il progetto agrivoltaico, implementato in un'area del comune di Brindisi (BR), ha **sul microclima, sul comfort termico e sulla qualità dell'aria**. Un'attenzione specifica è stata rivolta all'analisi delle conseguenze associate alla trasformazione del paesaggio, in particolare all'area parzialmente caratterizzata da un oliveto colpito dalla *Xylella fastidiosa* destinato all'espianto. L'analisi ha considerato in modo specifico le trasformazioni intervenute a seguito dell'emergenza *Xylella fastidiosa*, un patogeno che ha drasticamente modificato la copertura vegetale e, di conseguenza, l'ecosistema locale.

Questo studio mira a comprendere in che modo il progetto agrivoltaico possa contribuire a mitigare gli effetti di tali cambiamenti ambientali e paesaggistici, offrendo un quadro chiaro delle sue potenziali implicazioni sul contesto naturale e umano circostante. Attraverso un'approfondita valutazione dei dati raccolti e confrontando gli scenari pre e post *Xylella*, si intende fornire un'analisi comprensiva delle capacità dell'agrivoltaico di rispondere alle sfide ambientali attuali e future.

Il **raffreddamento** osservato nello scenario agrivoltaico pari a **4.6 °C** ha due ragioni principali negli scenari investigati: **l'ombra e l'evapotraspirazione delle specie vegetali** scelte e dei moduli fotovoltaici ed è in linea con quanto riscontrato in letteratura scientifica³.

Considerando le evidenze emerse nel seguente studio e sintetizzate nella Tabella 2 e i risultati della relazione specialistica "*Analisi meteorologica e valutazione del rischio climatico*" è possibile concludere che:

1. L'impianto agrivoltaico può contribuire a **ridurre l'uso dell'acqua per l'irrigazione** mediante **l'ombreggiamento** dei moduli fotovoltaici. Ciò **ridurrà le esigenze idriche delle colture e aumenterà l'efficienza nell'uso dell'acqua**. Questo è particolarmente importante considerato il **pericolo moderato alla siccità** a cui è soggetta l'area e che un aumento della temperatura atmosferica causato dal riscaldamento globale e un aumento delle condizioni meteorologiche estreme causeranno ulteriore stress alle regioni soggette a siccità.

³ Santiago, J.-L.; Rivas, E. *Advances on the Influence of Vegetation and Forest on Urban Air Quality and Thermal Comfort*. *Forests* 2021, 12, 1133.

Yang, X.; Zhao, L. *Diurnal Thermal Behavior of Pavements, Vegetation, and Water Pond in a Hot-Humid City*. *Buildings* 2016, 6, 2

Duarte, D.H., Shinzato, P., Santos Gusson C.D., Alves, C.A. *The impact of vegetation on urban microclimate to counterbalance-built density in a subtropical changing climate*. *Urban Climatology* 2015, 14, 224-239

FAO. 2016. *Guidelines on urban and peri-urban forestry*, by F. Salbitano, S. Borelli, M. Conigliaro and Y. Chen. *FAO Forestry Paper No. 178*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.



2. Il progetto agrivoltaico si dimostra efficace nel **migliorare la qualità dell'aria** nell'area interessata dal progetto grazie all'assorbimento e all'accumulo di inquinanti da parte delle specie vegetali selezionate. Questo effetto riveste **un'importanza significativa nel contesto dei rischi climatici**. Attraverso l'assorbimento di CO₂ e altri inquinanti atmosferici da parte delle specie vegetali impiegate nell'agrivoltaico, si può contribuire alla riduzione della concentrazione di gas serra nell'atmosfera, **essenziale per contrastare i cambiamenti climatici e i loro effetti negativi, come l'aumento delle temperature, l'innalzamento del livello del mare, l'alterazione dei regimi delle precipitazioni e l'incremento degli eventi meteorologici estremi**.
3. I cambiamenti microclimatici indotti dal progetto agrivoltaico hanno un impatto significativo sul **comfort termico**. Si registra un miglioramento con un passaggio nella scala del comfort da "Caldo estremo" a "Molto caldo". Questo contribuisce a creare un ambiente più confortevole per gli addetti alla manutenzione dell'impianto e per il personale addetto alla raccolta agricola e alle colture.

Il presente studio fornisce evidenze concrete sugli impatti positivi del progetto agrivoltaico a Brindisi, includendo la riduzione dell'inquinamento atmosferico, il miglioramento delle condizioni microclimatiche e la promozione di pratiche agricole più sostenibili. Tali risultati confermano che **il progetto agrivoltaico è in linea con la Convenzione quadro delle Nazioni Unite e degli accordi a essa collegati, quali il Protocollo di Kyoto e gli Accordi di Parigi, per fronteggiare il rischio climatico**. Tali impegni mondiali prevedono che i Paesi si attivino per contenere l'incremento della temperatura media globale tramite la riduzione delle emissioni e l'aumento degli assorbimenti (mitigazione – un esempio è l'attività di rimboschimento), e altresì a predisporre strategie di adattamento per difendersi dagli effetti avversi.