

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2015 DEL TIPO DI  
OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA  
SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA"  
FOCUS AREA 2A, 4B, 4C, 5A E 5E  
DGR N. 2268 DEL 28 DICEMBRE 2015**

**RELAZIONE TECNICA  INTERMEDIA  FINALE**

**DOMANDA DI SOSTEGNO 5004939**

**DOMANDA DI PAGAMENTO 5157215**

**FOCUS AREA: 4B**

Titolo Piano	AGRICOLTURA DI PRECISIONE SULLE COLTURE ORTICOLE INDUSTRIALI PER MIGLIORARE LA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE, DEI FERTILIZZANTI E DEI PESTICIDI
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	CONSERVE ITALIA SOC. COOP. AGRICOLA
Elenco partner del Gruppo Operativo	UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO CONSORZIO INTERPROVINCIALE COOPERATIVE AGRICOLE C.I.C.A. – BOLOGNA SOCIETA' COOPERATIVA SOC. AGR. OASI S.S. di GARBIN ANTONIO e C AZ. AGR. PARTITORE DI GATTI S.S. SOCIETA' AGRICOLA VALENTINI MAURO AZIENDA AGRICOLA

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	36
Data inizio attività	11/2016
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	<b>10/01/2020</b>

Relazione relativa al periodo di attività dal	<b>11/2016</b>	<b>10/01/2020</b>
Data della relazione	07/05/2020	

Autore della relazione	Roberto Confalonieri	
telefono		email

## Sommario

### **1 - DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO**

**3**

#### **1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO**

**3**

### **2 - DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE**

**3**

#### **2.1 ATTIVITÀ E RISULTATI**

**3**

#### **2.2 PERSONALE**

**4**

#### **2.3 TRASFERTE**

**4**

#### **2.4 MATERIALE CONSUMABILE**

**4**

#### **2.5 SPESE PER MATERIALE DUREVOLE E ATTREZZATURE**

**5**

#### **2.6 MATERIALI E LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI**

**5**

#### **2.7 ATTIVITÀ DI FORMAZIONE**

**5**

#### **2.8 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI**

**6**

### **3 - CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ**

**6**

### **4 - ALTRE INFORMAZIONI**

**6**

### **5 - CONSIDERAZIONI FINALI**

**7**

### **6 - RELAZIONE TECNICA**

**7**

## 1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

*Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano. Richiamare eventuali richieste di modifiche inviate agli organi Regionali ed apportate al progetto.*

Tutte le attività previste sono state espletate, trattandosi di rendicontazione finale. La domanda è stata oggetto di una richiesta di variante sostanziale, inoltrata in data 01/04/2019 ed approvata con DETERMINAZIONE Num. 7558 del 02/05/2019.  
La domanda è stata inoltre oggetto di una richiesta di proroga, concessa con DETERMINAZIONE Num. 177 del 09/01/2019.

### 1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

*Indicare per ciascuna azione il mese di inizio dell'attività originariamente previsto nella proposta ed il mese effettivo di inizio, indicare analogamente il mese previsto ed effettivo di termine delle attività. Indicare il numero del mese, ad es.: 1, 2, ... considerando che il mese di inizio delle attività è il mese 1. Non indicare il mese di calendario.*

<b>Azione</b>	<b>Unità aziendale responsabile</b>	<b>Tipologia attività</b>	<b>Mese inizio attività previsto</b>	<b>Mese inizio attività effettivo</b>	<b>Mese termine attività previsto</b>	<b>Mese termine attività effettivo</b>
Az. 1	C.I.C.A.	Esercizio della Cooperazione	04/2016	08/2016	07/2019	12/2019
Az. 2	C.I.C.A.	Studi necessari alla realizzazione del piano	04/2016	08/2016	07/2019	12/2019
Az. 3	UNIMI	Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sui sistemi colturali	08/2016	Novembre 2016	07/2019	Settembre 2019

Az. 4	UNIMI	Adattamento di modelli per la previsione del rischio di infezione da	08/2016	Marzo 2017	07/2019	Novembre 2019
Az. 5	UNIMI	Sviluppo di APP per la lettura del LAI	08/2016	Gennaio 2017	07/2019	Dicembre 2019
Az. 6	CCCI	Studio dell'LCA	08/2016	Novembre 2016	07/2019	Dicembre 2019
Az. 7	CCCI	Divulgazione e trasferimento dei risultati	08/2016	Novembre 2016	07/2019	Gennaio 2020
Az. 8	C.I.C.A.	Formazione	01/2019	07/2019	11/2019	01/2020

## 2 - Descrizione per singola azione

### *Compilare una scheda per ciascuna azione*

#### 2.1 Attività e risultati

Azione	Esercizio della Cooperazione
Unità aziendale responsabile	C.I.C.A.
Descrizione delle attività	<p>Sono state determinate alcune scadenze fisse per momenti di incontro tra i diversi partner per la discussione dei seguenti punti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rendicontazione dell'attività scientifica, risultati attesi e ottenuti.</li> <li>- Programmazione delle attività future e di eventuali cambiamenti da apportare a parti del progetto.</li> <li>- Definizione delle azioni future.</li> </ul> <p>Successivamente al ricevimento della concessione di contributo da parte della Regione Emilia Romagna è seguita una (kick-off meeting), per l'analisi della stessa. Sono stati coinvolti, oltre ai referenti scientifico ed organizzativo, anche l'amministrazione delle aziende, per una corretta impostazione delle attività di rendicontazione.</p> <p>Sono quindi state individuati i periodi per le altre riunioni plenarie, per quali è stato deciso di non coinvolgere il partner per la formazione, Dinamica, se non in prossimità della data di attuazione delle attività di formazione previste.</p> <p>Si sono quindi programmate ed eseguite una serie di riunioni.</p> <p>Non sono state predisposte liste di messaggistica telefonica, visto l'esiguo numero di partecipanti e l'attività continuativa in atto.</p> <p>Si sono invece condivisi indirizzi e-mail.</p> <p>Il Coordinatore, in stretta collaborazione con la società di consulenza, ha fornito supporto al</p>

	<p>controllo della corretta documentazione delle azioni, sia al fine della efficace comunicazione tra le parti, che della produzione della documentazione delle attività per come prevista nei termini indicati dalla RER, al fine di consentire la preparazione ed inoltro della domanda di liquidazione, ed ha supportato la gestione della raccolta della documentazione necessaria alla redazione di una eloquente divulgazione il tutto secondo le seguenti modalità:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fornire ai partner effettivi ed associati l'elenco dei documenti tecnici necessari o utili alla redazione della comunicazione/divulgazione;</li> <li>2. Curare le comunicazioni tra i partner effettivi ed associati, i fornitori per le attività di divulgazione e la rete PEI fornendo dettagli sui contenuti e sugli aspetti formali della documentazione da approntare, a cura dei fornitori e dei beneficiari.</li> <li>3. Mantenere i partner aggiornati sugli sviluppi delle attività di divulgazione e sulle eventuali ulteriori integrazioni necessarie.</li> <li>4. Fornire ai partner effettivi ed associati l'elenco dei documenti amministrativi e tecnici necessari o utili alla redazione dei documenti finali di progetto;</li> <li>5. Curare le comunicazioni tra i beneficiari effettivi ed associati, i fornitori e la Regione Emilia Romagna, fornendo dettagli sugli aspetti formali della documentazione da approntare.</li> <li>6. Curare la raccolta dei documenti e delle informazioni necessarie alla redazione delle relazioni di chiusura del progetto.</li> <li>7. Mantenere tutti i partner effettivi ed associati aggiornati sugli sviluppi della predisposizione della documentazione di chiusura e sulle eventuali ulteriori integrazioni richieste.</li> <li>8. Curare i rapporti con l'Ente Pubblico nella gestione del progetto, mantenendo informati tutti i partner effettivi ed associati e dando riscontro a tutti i membri del GO delle comunicazioni intercorse, sia nel corso delle riunioni calendarizzate che con tempestive comunicazioni in caso di necessità.</li> </ol>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>L'obiettivo della gestione e controllo del progetto è stato raggiunto. Tuttavia è importante evidenziare il verificarsi di alcune criticità che hanno richiesto azioni correttive:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il responsabile scientifico del progetto ha cambiato lavoro, rendendo quindi necessaria una comunicazione alla Regione Emilia Romagna in merito alla sua sostituzione</li> <li>• Le attività, come esposto sotto, hanno avuto degli scostamenti dalle aspettative, rendendo necessario una proroga per completarle correttamente.</li> </ul>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	

## 2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Impiegata	Coordinamento attività	534	€ 11.391,00
	Responsabile ufficio agricolo e in particolare delle produzioni orticole.	Resp. scientifico di progetto, coordinamento,	29	€1.742,20
	Responsabile produzione pomodoro	Coordinamento,	18	€1.051,94
	Resp. sperimentazione e successivamente resp. scientifico del progetto	Come sostituto di Pennucci, Resp. scientifico di progetto	27	€ 660,41
Totale: € 14.845,55				

## 2.1 Attività e risultati

Azione	Analisi ed organizzazione Filiera
Unità aziendale responsabile	C.I.C.A.
Descrizione delle attività	<p>Sono stati analizzati Statuti e regolamenti di CONSERVE ITALIA e le modalità organizzative delle aziende agricole e degli enti di ricerca coinvolti, nonché l'organizzazione aziendale tramite l'analisi dei relativi statuti, regolamenti, organigrammi, Sistemi Qualità e quant'altro illustrante l'oggetto di studio.</p> <p>A fronte di tale analisi, sono state identificate modalità atte all'interazione tra i detti soggetti, finalizzate a ottimizzare flussi di beni e informazioni e a pianificare l'attività organizzativa e logistica necessaria nel corso della ricerca, che attivi corrette metodologie di comunicazione e consenta la gestione ed il controllo delle attività, necessario al buon fine delle operazioni successive e alla corretta rendicontazione del progetto.</p> <p>Sono state altresì indicate le corrette metodologie di gestione della comunicazione e delle interazioni tra gli enti di ricerca coinvolti. Non si è ritenuto opportuno adottare metodologie particolarmente complesse di condivisione delle informazioni, visto l'esiguo numero di soggetti coinvolti.</p> <p>Inoltre, il soggetto fornitore del servizio ha supervisionato la corretta compilazione e del corretto flusso dei documenti afferenti il progetto; ogni documento intermedio e finale è stato pertanto sottoposto per conoscenza al il soggetto fornitore del servizio.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi,	Gli obiettivi sono stati raggiunti, sebbene a fronte

scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	delle modifiche di responsabile di progetto si siano effettuati degli aggiustamenti in corso d'opera non previsti.
Attività ancora da realizzare	<i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i>

## 2.2 Personale

*Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.*

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Responsabile produzione pomodoro	Esercizio della cooperazione, studi, coordinamento, divulgazione	33	1.939,44
	Resp. sperimentazione e successivamente resp. scientifico del progetto	Rilievi su parcelle in campi sperimentali. E poi, come sostituto di Pennucci, Resp. scientifico di progetto, esercizio della cooperazione, studi, coordinamento, divulgazione	45	1.097,87
Totale:			76,00	3.037,31

## 2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

### CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Totale:			

### CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto
Stecchezzini s.r.l.		€ 5.000,00	Studi propedeutici e monitoraggio

Totale:			€ 5.000

## 2.1 Attività e risultati

Azione 3	Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sui sistemi colturali attuali per elaborare strategie di adattamento a medio termine: gestionali; genetiche (ideotyping)								
Unità aziendale responsabile	UNIMI partecipa CCCI								
Descrizione delle attività	La prima parte del lavoro (Task 1) ha riguardato l'individuazione del modello colturale da utilizzare nello studio e il suo adattamento ai sistemi colturali di interesse (borlotto, pisello da industria, mais dolce e pomodoro da industria), tramite l'uso di dati raccolti in campo con sperimentazioni dedicate (Task 5). Il modello è stato quindi utilizzato per valutare l'impatto dei cambiamenti climatici su ciascuna coltura testata (Task 2), in termini di variazione delle rese e dell'efficienza irrigua rispetto allo scenario attuale (baseline). A tal fine sono stati generati scenari di cambiamento climatico di medio termine (serie ventennale incentrata sul 2040) e sono stati individuati contesti agro-climatici rappresentativi dell'area studio. Sono state quindi messe a punto strategie di adattamento gestionali (Task 3, anticipo della data di semina/trapianto) e genetiche (Task 4, definizione di ideotipi) volte a minimizzare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici sull'efficienza irrigua e sulle rese dei sistemi colturali testati. Nella relazione tecnica allegata è fornita una descrizione dettagliata delle attività condotte e dei risultati ottenuti.								
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Gli obiettivi previsti sono stati pienamente raggiunti (in media -7% di acqua irrigua utilizzata per unità di prodotto, risultato ottenibile nel medio periodo adottando le strategie di adattamento genetiche e gestionali individuate. I risultati ottenuti, come potenzialità di risparmio, sono sintetizzati nelle seguenti tabelle:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Consumo m3 H2O <b>pisello</b> per Ha tot conserve italia</td> <td style="text-align: center;">Risparmio H2O 5%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">526009,52</td> <td style="text-align: center;"><b>26300,48</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Consumo m3 H2O <b>mais</b> per Ha tot conserve italia</td> <td style="text-align: center;">Risparmio H2O 5%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3.469.353,58</td> <td style="text-align: center;"><b>173467,68</b></td> </tr> </table>	Consumo m3 H2O <b>pisello</b> per Ha tot conserve italia	Risparmio H2O 5%	526009,52	<b>26300,48</b>	Consumo m3 H2O <b>mais</b> per Ha tot conserve italia	Risparmio H2O 5%	3.469.353,58	<b>173467,68</b>
Consumo m3 H2O <b>pisello</b> per Ha tot conserve italia	Risparmio H2O 5%								
526009,52	<b>26300,48</b>								
Consumo m3 H2O <b>mais</b> per Ha tot conserve italia	Risparmio H2O 5%								
3.469.353,58	<b>173467,68</b>								

	Consumo m3 H2O fagiolo per Ha tot conserve italia	Risparmio H2O 5%
	1.397.129,32	69.856,47
	Consumo m3 H2O pomodoro per Ha tot conserve italia+apoconerpo	Risparmio H2O 5%
	20.061.000	1.003.050
	Si evidenzia però che, in alcuni casi (e.g., mais dolce in trapianto tardivo), alcune delle strategie di adattamento gestionale individuate (anticipo della data di trapianto) rendano di fatto necessario anche un adattamento dal parte dell'impianto di trasformazione della materia prima.	
Attività ancora da realizzare	Nessuna	

## 2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Professore associato	Coordinamento delle attività di ricerca e implementazione di modelli colturali	539	22410.25
	Professore ordinario	Valutazione comparative sui modelli colturali	76	4940.049
	Assegnista di Ricerca	Valutazione delle performance di ideotipi	1005	19965.66
	Assegnista di Ricerca	Valutazione delle performance di ideotipi	1444.5	22157.34
	Assegnista di Ricerca	Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sulle produzioni	1033.5	16255.33
	Assegnista di Ricerca	Identificazione delle strategie di adattamento	717	11161.74
Totale: 96890.37				

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Responsabile ufficio agricolo e in particolare delle produzioni	Coordinamento	4	240,08

	orticole.			
	Responsabile produzione pomodoro	Coordinamento	12	702,84
	Tecnico agricolo_pisello/borlott o	Rilievi	110	3.604,32
	Tecnico agricolo_pomodoro	Rilievi	72	2.459,52
	Tecnico agricolo_pomodoro	Rilievi	76	2.037,88
	Tecnico agricolo_mais dolce e borlotto	Rilievi	175	5.395,08
	Resp. sperimentazione e successivamente resp. scientifico del progetto	Rilievi in campo e analisi dati	66	1.604,02
	Resp. sperimentazione e successivamente resp. scientifico del progetto	Data entry	50	1.208,85
Totale:			565	17.252,59

## 2.1 Attività e risultati

Azione 4	Adattamento di modelli per la previsione del rischio di infezione da patogeni fungini ed animali alle coppie coltura-patogeno identificate
Unità aziendale responsabile	UNIMI partecipa CCCI
Descrizione delle attività	Attraverso un'ampia ricerca bibliografica il modello di rischio di infezione potenziale è stato parametrizzato per ciascuna coppia patogeno-cultura individuata, ovvero: peronospora del pisello, antracnosi del fagiolo, peronospora e alternaria del pomodoro. In particolare, dall'analisi della letteratura esistente sono stati ricavati i parametri del modello che consentono di riprodurre la crescita del patogeno in funzione di variabili ambientali (e.g., temperatura, umidità), nonché dati relativi alle dinamiche di sviluppo del patogeno e dell'epidemia osservati in campo (e.g., dati da captaspore) necessari per validare il rischio di infezione potenziale simulato. Una volta messo a punto il modello, è stata sviluppata l'infrastruttura software che consente di simulare giornalmente il rischio di infezione per ogni coppia patogeno-cultura a 2 Km di risoluzione spaziale, dato poi aggregato a scala comunale per tutta l'area di interesse. Sono stati inoltre messi a punto i bollettini di rischio fitopatologico, che riportano sia la mappa del rischio di infezione potenziale a livello regionale sia informazioni specifiche a livello comunale. Tali bollettini includono inoltre un'analisi delle dinamiche temporali del rischio di infezione nel periodo di $\pm 2$ giorni dalla data di emissione del documento, necessaria a supportare la definizione del momento ottimale di intervento. Nel 2019 il responsabile scientifico per il progetto di Conserve Italia Stefano Moretti ha creato un gruppo whatsapp tramite il quale è stato divulgato il link <a href="http://conserveitalia2019.unibox.it/pdf/">http://conserveitalia2019.unibox.it/pdf/</a> .

Questo link consente di avere accesso ai bollettini fitosanitari, emessi giornalmente, disponibili per le seguenti colture:

- fagiolo borlotto (antracnosi);
- pisello da industria (peronospora)
- pomodoro da industria (peronospora e alternaria)

Il bollettino riporta sia la mappa del rischio di infezione potenziale a livello regionale (Figura 1) sia informazioni specifiche a livello comunale (Figura 2), che includono un'analisi delle dinamiche temporali del rischio di infezione nel periodo di  $\pm 2$  giorni dalla data di emissione del documento.

Le stime riportate derivano da analisi condotte con modelli di simulazione specificatamente sviluppati per il patosistema di interesse e fanno riferimento al rischio di infezione potenziale, ovvero a quanto le condizioni meteorologiche giornaliere siano favorevoli ad eventi di infezione del patogeno.



**Figura 1.** Esempio di mappa di rischio di infezione potenziale per peronospora del pomodoro riportata nei bollettini di allerta. La mappa mostra il Rischio Stimato (alto, medio, basso), ovvero quanto le condizioni meteorologiche giornaliere siano favorevoli ad eventi di infezione. Per ciascun comune, il rischio riportato è la media dei valori stimati su celle 2x2km all'interno del comune nel periodo di riferimento (intervallo di  $\pm 2$  giorni rispetto alla data di emissione del bollettino).



**Figura 2.** Esempio di informazioni a livello comunale presenti nel bollettino fitopatologico. Per ciascun comune dell'area pianiziale romagnola viene riportato il rischio aggregato (alto, medio, basso) e il grafico con l'andamento del rischio stimato giornaliero nel periodo di  $\pm 2$  giorni dalla data di emissione del bollettino. Si tenga presente che le stime per i giorni futuri sono basate su previsioni meteorologiche, inevitabilmente soggette ad un margine d'errore.

Nel gruppo WhatsApp sono stati coinvolti nove tecnici, scelti in quanto rappresentativi dei diversi areali di produzione delle colture di interesse:

Durante la campagna 2019, attraverso l'uso del link, i tecnici hanno consultato regolarmente i bollettini durante tutto il ciclo culturale, riscontrando una corrispondenza tra i giorni di allarme infezione del bollettino e quella effettivamente riscontrata in campo.

I rilievi sono stati svolti da Stefano Moretti nei campi sperimentali presso l'azienda dell'università di Bologna dove erano presenti prove varietali di tutte le colture di interesse; presso l'azienda Agricola "Oasi di Garbin" nel Ferrarese, Azienda agricola Gatti e l'azienda agricola "Valentini Mauro" di Longastrino (Fe).

Oltre a queste aziende pilota i bollettini sono stati testati da tutti i tecnici coinvolti

	presso le numerose aziende di loro competenza distribuite nei diversi areali dell'Emilia-Romagna.												
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>Per quanto riguarda il rischio di infezione potenziale da patogeni fungini, gli obiettivi sono stati pienamente raggiunti. Il sistema, erogato nel corso dell'ultimo anno di progetto, è pienamente operativo e consente, in media, di evitare un trattamento a stagione</i></p> <table border="1"> <tr> <td>Pomodoro</td> <td>Media numero trattamenti Peronospora+ Alternaria</td> <td>10</td> <td>Abbiamo deciso di riportare un unico numero rappresentante la media di trattamenti per entrambe le patologie perché raramente si effettuano interventi solo per alternaria in quanto sono di modesta efficacia e anche perché alcuni principi attivi usati contro la peronospora sono già di per se efficaci anche su alternaria. Esistono anche prodotti che sono una miscela di sostanza attiva contro la peronospora più sostanza attiva contro alternaria.</td> </tr> <tr> <td>Pisello</td> <td>Media numero trattamenti Peronospora</td> <td>2</td> <td>Nell'areale EmiliaRomagna si effettua in media un trattamento contro la peronospora su pisello. Il disciplinare prevede un massimo di 3 interventi per gruppo di s.a.</td> </tr> <tr> <td>Fagiolo</td> <td>Media numero trattamenti Antracnosi</td> <td>2</td> <td>Nell'areale dell'emilia romagna facciamo una media di 2 trattamenti a base di prodotti rameici contro l'antracnosi del fagiolo, il disciplinare prevede un massimo di 3 trattamenti</td> </tr> </table> <p><i>Per quanto riguarda il rischio derivante dalla presenza di insetti fitofagi, l'analisi del contesto studio ha evidenziato come l'incertezza relativa ai dati di input necessari alla simulazione dello sviluppo della popolazione fitofaga e relativa diffusione spaziale (e.g., presenza di colture e/o piante ospiti in tutto il territorio analizzato) inficiasse di fatto l'efficacia dell'analisi delle dinamiche di sviluppo della popolazione fitofaga. Pertanto, si è deciso di concentrare il lavoro sui patogeni fungini, che rappresentano un'avversità chiave per le colture oggetto di studio.</i></p>	Pomodoro	Media numero trattamenti Peronospora+ Alternaria	10	Abbiamo deciso di riportare un unico numero rappresentante la media di trattamenti per entrambe le patologie perché raramente si effettuano interventi solo per alternaria in quanto sono di modesta efficacia e anche perché alcuni principi attivi usati contro la peronospora sono già di per se efficaci anche su alternaria. Esistono anche prodotti che sono una miscela di sostanza attiva contro la peronospora più sostanza attiva contro alternaria.	Pisello	Media numero trattamenti Peronospora	2	Nell'areale EmiliaRomagna si effettua in media un trattamento contro la peronospora su pisello. Il disciplinare prevede un massimo di 3 interventi per gruppo di s.a.	Fagiolo	Media numero trattamenti Antracnosi	2	Nell'areale dell'emilia romagna facciamo una media di 2 trattamenti a base di prodotti rameici contro l'antracnosi del fagiolo, il disciplinare prevede un massimo di 3 trattamenti
Pomodoro	Media numero trattamenti Peronospora+ Alternaria	10	Abbiamo deciso di riportare un unico numero rappresentante la media di trattamenti per entrambe le patologie perché raramente si effettuano interventi solo per alternaria in quanto sono di modesta efficacia e anche perché alcuni principi attivi usati contro la peronospora sono già di per se efficaci anche su alternaria. Esistono anche prodotti che sono una miscela di sostanza attiva contro la peronospora più sostanza attiva contro alternaria.										
Pisello	Media numero trattamenti Peronospora	2	Nell'areale EmiliaRomagna si effettua in media un trattamento contro la peronospora su pisello. Il disciplinare prevede un massimo di 3 interventi per gruppo di s.a.										
Fagiolo	Media numero trattamenti Antracnosi	2	Nell'areale dell'emilia romagna facciamo una media di 2 trattamenti a base di prodotti rameici contro l'antracnosi del fagiolo, il disciplinare prevede un massimo di 3 trattamenti										
Attività ancora da realizzare	Nessuna												

## 2.2 Personale

*Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.*

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Professore associato	Coordinamento delle attività di ricerca e sviluppo di sistemi di previsione di rischio infezione	331	14135.62
	Professore ordinario	Valutazione su sistema di previsione di rischio di infezione	78	5051.162
	Asegnista di Ricerca	Implementazione di modelli di simulazione di risposta di patogeni fungini e studio di fattibilità per lo sviluppo di sistemi di allerta per insetti fitofagi	973	15667
	Asegnista di Ricerca	Adattamento dei modelli per la sima dell'infezione a specifiche coppie piante-patogeno	716	11230.3
	Asegnista di	Adattamento dei modelli per la	3296.3	51181.74

	Ricerca	sima dell'infezione a specifiche coppie piante-patogeno		
Totale: 97265.82				

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Tecnico agricolo_pisello	Rilievi patogeni	23	753,28
	Tecnico agricolo_pomodoro	Rilievi patogeni	24	819,84
	Tecnico agricolo_pomodoro	Rilievi patogeni	33	924,81
	Tecnico agricolo_mais dolce e borlotto	Rilievi patogeni	52	1.607,62
	Resp. sperimentazione e successivamente resp. scientifico del progetto	Rilievi patogeni e analisi dati	53	1.311,99
	Resp. sperimentazione e successivamente resp. scientifico del progetto	Data entry	34	843,80
Totale:			219	6.261,34

## 2.1 Attività e risultati

Azione 5	Sviluppo di APP per la lettura del LAI per stimare la concentrazione critica di Azoto e la valutazione della necessità di concimazione
Unità aziendale responsabile	UNIMI
Descrizione delle attività	Al fine di ottimizzare l'impiego dei concimi azotati in mais dolce considerando in modo esplicito lo stato nutrizionale azotato della coltura, è stata sviluppata una nuova applicazione, PocketNNI che integra e invoca automaticamente due app: PocketN, per la stima della concentrazione di N effettiva (concentrazione di N nella pianta al momento della diagnosi) e PocketLAI, che stima la concentrazione di N critica (concentrazione di N al di sotto della quale la crescita della coltura è limitata dall'N). Dal rapporto tra N effettivo e N

	<p>critico PocketNNI fornisce in automatico un indice sintetico (Nitrogen Nutritional Index, NNI), che assume convenzionalmente valori inferiori di 1 nel caso di stress azotato e superiori a 1 per situazioni di consumo di lusso. La app presenta un'interfaccia molto intuitiva ed è di facile uso. Per quanto riguarda gli aspetti tecnico-scientifici alla base dello sviluppo della app PocketNNI, sono state condotte sperimentazioni dedicate sia in pieno campo che in vaso per (i) raccogliere i dati necessari alla creazione di un modello lineare (retta di taratura) per mais dolce tra l'indice di greenness DGCI fornito dell'applicazione PocketN e il contenuto di azoto nelle piante stimato in modo distruttivo con analizzatore elementare CHN, e (ii) testare la capacità della app PocketNNI di discriminare tra condizioni di stress azotato e consumo di lusso. Una descrizione dettagliata della app e del suo sviluppo/test è fornita nella relazione tecnica allegata.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi dell'azione sono stati pienamente raggiunti. L'applicazione – essendo basata sulla quantificazione di NNI – consente di ottimizzare la gestione dell'azoto, evitando sotto- e sovra-dosaggi, garantendo in media di utilizzare 3.4% in meno di azoto per unità di prodotto.</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p>Nessuna</p>

## 2.2 Personale

*Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.*

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Professore associato	Coordinamento delle attività di ricerca e definizione di regole per il supporto delle concimazioni	61	2597.749
	Professore ordinario	Allestimento delle sperimentazioni e definizione dei protocolli di misura	14	895.3182
	Assegnista di Ricerca	Rilievi sperimentali con campionamenti distruttivi e misure indirette con strumenti commerciali. Rilievi sperimentali con le smart-app per la stima dell'indice di area fogliare e dell'azoto. Analisi delle relazioni tra dati misurati	2580	48604.74

		e resa ed efficienza d'uso delle colture		
Totale: 52097.81				

## 2.1 Attività e risultati

Azione 6	Studio dell'LCA
Unità aziendale responsabile	CCCI
Descrizione delle attività	<p>La Società CCCI ha deciso di utilizzare la metodologia LCA (Life Cycle Assessment) per la quantificazione e la comunicazione della prestazione ambientale dei propri prodotti attraverso una Etichetta Ambientale di Tipo III, quale è la Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD, Environmental Product Declaration).</p> <p>Lo studio LCA è stato condotto in conformità alle norme ISO 14040 e 14044, alla norma ISO 14025 e seguendo le indicazioni del documento "General Programme Instructions for Environmental Product Declarations, EPD", The International EPD Consortium (IEC), (<a href="http://www.environdec.com">www.environdec.com</a>) e dei PCR (Product Category Rules) di riferimento con lo scopo di ottenere la convalida dell'EPD.</p> <p>In questo contesto è stato sviluppato il sistema EPD Process di Conserve Italia, allo scopo di utilizzare un modello affidabile e consolidato di raccolta, gestione ed elaborazione dei dati necessari alla realizzazione degli studi LCA dei prodotti oggetto della certificazione.</p> <p>I sistemi di prodotto studiati appartengono alle seguenti categorie UN Central Product Classification (CPC) Version 2.1: Section: 2 - Food products, beverages and tobacco; textiles, apparel and leather products. Division: 21 - Meat, fish, fruit, vegetables, oils and fats. Groups: 213 - Prepared and preserved vegetables, pulses and potatoes</p>

	<p>214 - Prepared and preserved fruit and nuts.</p> <p>I confini del Sistema includono le fasi di Upstream Processes, Core Module, Downstream Processes. L'Analisi d'Inventario comprende la raccolta dei dati ed i procedimenti di calcolo che consentono di quantificare i flussi in entrata ed in uscita di un sistema di prodotto. Dopo aver effettuato l'Analisi dell'Inventario, è necessario imputare i consumi e le emissioni ottenuti in questa fase a specifiche categorie di impatto riferibili ad effetti ambientali conosciuti (classificazione), e nel quantificare, con opportuni metodi di caratterizzazione, l'entità del contributo complessivo che il processo arreca agli effetti considerati.</p> <p>Lo studio ha consentito di realizzare N.40 Schede Prodotto, all'interno del Sistema EPD Process, relative alle seguenti tipologie di vegetali:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Polpa di pomodoro</li> <li>2. Passata di pomodoro</li> <li>3. Pomodori Pelati</li> <li>4. Fagioli borlotti</li> <li>5. Ceci</li> <li>6. Mais</li> <li>7. Piselli</li> </ol> <p>Ed ai seguenti packaging:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bottiglia in vetro</li> <li>• Scatola in banda stagnata</li> <li>• Brik</li> <li>• Plastica</li> <li>• Bag Box</li> </ul> <p>Si allegano le Schede Prodotto EPD corrispondenti.</p> <p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità</p>	<p>L'azione prevedeva la realizzazione di N.40 Schede Prodotto EPD relative ad altrettanti</p>

evidenziate	prodotti oggetto di analisi. Non vi sono stati scostamenti rispetto al piano di lavoro e non si evidenziano specifiche criticità tecnico-scientifiche.  <i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i>
Azione 6	Studio dell'LCA

## 2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

### CONSULENZE - PERSONE FISICHE CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto
CE.SI.S.P. - Centro per lo Sviluppo della Sostenibilità dei Prodotti		44.000	Realizzazione studi a supporto del progetto secondo LCA (Life Cycle Assessment) - AZIONE 6
Tetis Institute Srl		65.000	Realizzazione schede prodotto da inserire in sistema certificato EPD Process- AZIONE 6
Totale:			€ 109.000

## 2.1 Attività e risultati

Azione 7	PIANO DIVULGAZIONE DI TRASFERIMENTO DEI RISULTATI E IMPLEMENTAZIONE DELLA RETE PEI
Unità aziendale responsabile	Conserve Italia
Descrizione delle attività	- Sito internet dedicato al piano di innovazione ( <a href="https://www.conserveitalia.it/it/attivita-agricole/programma-di-sviluppo-rurale">https://www.conserveitalia.it/it/attivita-agricole/programma-di-sviluppo-rurale</a> ) e pagine informative su diverse testate giornalistiche on line in occasione dell'uscita di comunicati stampa o

eventi inerenti l'attività in oggetto. Gli articoli in particolare riportano informazioni e aggiornamenti sull'andamento delle attività e delle ricerche del piano di innovazione nonché notizie nazionali ed internazionali relative all'oggetto del piano.

- Newsletter elettronica consultabile periodicamente nei diversi canali di comunicazione (sito web, pagina linkedin e facebook del piano) nonché nei canali propri di alcuni fra i partner, in modo da raggiungere un gran numero di soggetti interessati.

[https://www.linkedin.com/posts/conserven-italia\\_conserveitalia-sostenibilitaeg-ambiente-activity-6629001044653412352-tjEP](https://www.linkedin.com/posts/conserven-italia_conserveitalia-sostenibilitaeg-ambiente-activity-6629001044653412352-tjEP)

[https://www.linkedin.com/posts/conserven-italia\\_conserveitalia-agricolturadiprecisione-precisionfarming-activity-6626066694932701184-YHn6](https://www.linkedin.com/posts/conserven-italia_conserveitalia-agricolturadiprecisione-precisionfarming-activity-6626066694932701184-YHn6)

Link al video dell'evento di chiusura:

<https://lnkd.in/gedGHVR>

[https://www.linkedin.com/posts/conserven-italia\\_conserve-italia-punta-sullagricoltura-di-activity-6622414522546302976-Tjnc](https://www.linkedin.com/posts/conserven-italia_conserve-italia-punta-sullagricoltura-di-activity-6622414522546302976-Tjnc)

[https://www.linkedin.com/posts/conserven-italia\\_agricoltura-ridurre-il-consumo-di-acqua-activity-6560524619999133696-P2ah](https://www.linkedin.com/posts/conserven-italia_agricoltura-ridurre-il-consumo-di-acqua-activity-6560524619999133696-P2ah)

<https://italiacooperativa.coop/FEDERAZIONI/conserven-italia-riduce-uso-acqua-e-fertilizzanti>

- Pubblicazioni tecnico-scientifiche: sarà fortemente incentivata la pubblicazione di articoli su riviste scientifiche e fortemente favorita quella su riviste tecniche dedicate al canale dell'industria alimentare e dell'agricoltura.

Si allegano quelle redatte dall'Università di Genova.

- Seminario al termine del primo anno di sperimentazione, rivolto ai partner del piano, alle loro aziende e organizzazioni associate.

#### AGRICOLTURA DI PRECISIONE

Incontro presso Centro A.U.B. di Cadriano (Bo), Università di Bologna, 26 giugno 2018

Seminario su agricoltura di precisione, stato di avanzamento del progetto seguito da visita ai campi sperimentali (vedi più avanti specifica descrizione della visita).

- Visite guidate (una per anno) presso i campi sperimentali durante i due anni di svolgimento del piano d'innovazione.

#### VISITA AI CAMPI SPERIMENTALI

Incontro presso l'azienda di Cadriano dell'Università di Agraria di Bologna, 24 luglio 2019

Durante la riunione, per quanto riguarda il pomodoro da industria, è stato illustrato lo stato di avanzamento del progetto dei DSS finanziati dalla Regione ER tramite PSR 2014-2020 Tipo di Operazione 16.1.01 FA 4B

#### PRESENTAZIONE DELLE ATTIVITA' DI CONSERVE ITALIA: ANALISI DEI MERCATI E PROSPETTIVE FUTURE

Incontro presso Hotel Tenuta Inagro, San Severo, 25 giugno 2019

Durante l'incontro è stato illustrato il progetto dell'agricoltura di precisione alle cooperative del sud come possibile applicazione futura

	<p><b>AGRICOLTURA SOSTENIBILE: UNA SFIDA DA VINCERE</b>  Convegno presso la Casa dell'Agricoltura, Milano, 13 giugno 2019</p> <p>In occasione del convegno Conserve Italia ha presentato la propria attività nel campo dell' innovazione e della sostenibilità illustrando i progetti in corso sul pomodoro e le orticole da industria con un focus particolare a quelli finanziati nell'ambito delle Mis. 16.1 e 16.2 del PSR 2014-2020 della Regione Emilia-Romagna</p> <p><b>POLITICHE DI SVILUPPO RURALE E PROGRAMMA LIFE</b>  Workshop presso l'auditorium del Ministero dell'Ambiente con la partecipazione del MIPAAFT e del CREA, Roma, 14 febbraio 2019  Scambio di esperienze e trasferimento di buone pratiche e soluzioni innovative per la tutela dell'ambiente e l'azione per il clima</p> <p><b>AGRICOLTURA DI PRECISIONE</b>  Incontro presso Centro A.U.B. di Cadriano (Bo), Università di Bologna, 26 giugno 2018  Incontro su agricoltura di precisione, stato di avanzamento del progetto e visita ai campi sperimentali</p> <p>Workshop conclusivo pubblico del piano al termine del secondo anno.  <b>PRESENTAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI</b></p> <p>Convegno organizzato da Conserve Italia presso la sala auditorium aziendale, San Lazzaro di Savena, il 10 gennaio 2020 ore 11.00</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comunicati stampa: materiali per i comunicati stampa saranno preparati e condivisi con i/il partner proponente.</li> </ul> <p>Sono stati allegati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gli inviti e le presentazioni dei relatori intervenuti ai convegni sopra elencati e al workshop conclusivo;</li> <li>- comunicati stampa;</li> <li>- articoli e redazionali vari.</li> </ul> <p>Link al video dell'evento di chiusura del progetto tenutosi il 10/01/2020  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=ZBiRpTUKF7k&amp;t=567s">https://www.youtube.com/watch?v=ZBiRpTUKF7k&amp;t=567s</a></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Brochure, leaflet, poster descrittivi dell'evoluzione delle diverse fasi del piano.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- E-book – Proceeding contenente tutti i risultati raggiunti nei due anni di durata del piano. Vedi punto sopra</li> </ul> <p>Collegamento alla Rete PEI</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Tutti gli obiettivi di diffusione sono stati raggiunti</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p>

--	--

## 2.2 Personale

*Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.*

<b>Cognome e nome</b>	<b>Mansione/ qualifica</b>	<b>Attività svolta nell'azione</b>	<b>Ore</b>	<b>Costo</b>
	Responsabile ufficio agricolo e in particolare delle produzioni orticole.	Organizzazione e partecipazione a convegni, anche in qualità di oratore, interni ed esterni. Stesura articoli, comunicati e redazionali.	28	1.680,56
	Responsabile produzione pomodoro	Collaborazione nell'organizzazione di convegni e partecipazione anche in qualità di oratore soprattutto in quelli interni. Collaborazione nella stesura di articoli, comunicati e redazionali.	6,5	382,31
	Resp. sperimentazione e successivamente resp. scientifico del progetto	Organizzazione e partecipazione a convegni, anche in qualità di oratore, interni ed esterni. Stesura articoli, comunicati e redazionali.	24,5	622,51
<b>Totale:</b>			59	2.685,38
<b>Cognome e nome</b>	<b>Mansione/ qualifica</b>	<b>Attività svolta nell'azione</b>	<b>Ore</b>	<b>Costo</b>
	Responsabile ufficio agricolo e in particolare delle produzioni orticole.	Organizzazione e partecipazione a convegni, anche in qualità di oratore, interni ed esterni. Stesura articoli, comunicati e redazionali.	28	1.680,56
	Responsabile produzione pomodoro	Collaborazione nell'organizzazione di convegni e partecipazione anche in qualità di oratore soprattutto in quelli interni. Collaborazione nella stesura di articoli, comunicati e redazionali.	6,5	382,31
	Resp. sperimentazione e successivamente resp. scientifico del progetto	Organizzazione e partecipazione a convegni, anche in qualità di oratore, interni ed esterni. Stesura articoli, comunicati e redazionali.	24,5	622,51
<b>Totale:</b>			59	2.685,38

## 2.1 Attività e risultati

Azione 8	Formazione
Unità aziendale responsabile	C.I.C.A.
Descrizione delle attività	È stata realizzata l'attività di coaching n° 5005426 - Agricoltura di precisione sulle colture orticole industriali per migliorare la gestione delle risorse idriche e dei fertilizzanti e pesticidi. Hanno partecipato tutte le aziende inizialmente indicate.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Hanno partecipato tutte le aziende inizialmente indicate, con una partecipazione al 100% delle ore previste da parte delle persone coinvolte.
Attività ancora da realizzare	<i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i>

## 2.7 Attività di formazione

*Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto*

È stata realizzata l'attività di coaching n° 5005426 - Agricoltura di precisione sulle colture orticole industriali per migliorare la gestione delle risorse idriche e dei fertilizzanti e pesticidi. Hanno partecipato tutte le aziende inizialmente indicate.  
Hanno partecipato tre aziende, per ognuna delle quali è stato presente il titolare al 100% del tempo previsto per le attività.  
Il costo per ogni attività è stato pari ad € 744,00, per un totale di € 2.232,00.

## 3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

*Lunghezza max 1 pagina*

<b>Criticità tecnico-scientifiche</b>	<b>UNIMI INSERIRE QUI LE CRITICITA', AD ESEMPIO QUELLE RELATIVE AL MODELLO DI DIFFUSIONE PER GLI INSETTI</b>
---------------------------------------	--

<p><b>Criticità gestionali</b> (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)</p>	<p>Nell'arco dei tre anni del progetto sono intervenute diverse variazioni nella composizione del team di lavoro coinvolto, sia nella fase di studio e coordinamento, sia in quella operativa di rilevazione degli effetti climatici sulle coltivazioni e delle eventuali patologie riscontrate. Questi avvenimenti più in generale sono coincisi anche con la riorganizzazione interna del reparto agricolo a seguito di alcune defezioni e pensionamenti. Proprio per effetto delle dimissioni o del pensionamento di personale con diversi anni di servizio e con alte retribuzioni, sono subentrati dipendenti con competenze adatte al ruolo richiesto con livelli retributivi più bassi e proporzionali all'anzianità di servizio. Inoltre, si è scelto di realizzare una parte della attività in campi prova vicino alla sede aziendale, con un conseguente risparmio di tempo. Per questi motivi si è quindi deciso di riutilizzare le risorse non allocate nella comunicazione dei risultati di progetto, tramite la realizzazione di schede di prodotto con la metodologia dell' EPD Process.</p>
<p><b>Criticità finanziarie</b></p>	

#### 4 - Altre informazioni

Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti

***Di seguito si riporta il collegamento delle attività condotte con gli obiettivi previsti da progetto***

##### ***Obiettivi***

###### ***Priorità ambientale 1: riduzione degli impatti***

È possibile osservare come, riducendo gli apporti di azoto, fosforo e potassio, si riduca il consumo energetico per produrre tali elementi, e, al tempo stesso, si ottenga una riduzione nella emissione di CO<sub>2</sub>.

Es: per produrre 1 kg di azoto, sono necessari 47,4 MJ con una emissione di 7,72 KG di CO<sub>2</sub>. Inoltre, distribuire azoto minerale in ambiente aerobico porta rapidamente alla formazione di azoto in forma nitrica, particolarmente solubile e mobile. Sovradosaggi, in tutto l'appezzamento o in aree isolate dello stesso (in caso di eterogeneità spaziale nello stato nutrizionale), portano infatti a lisciviazione in falda dell'elemento. Rendendo più efficiente la distribuzione di tali elementi nutritivi, sarà possibile ridurre l'impatto ambientale ed agronomico.

Carichi notevoli di inquinanti possono derivare anche dall'utilizzo di principi attivi destinati a controllare le principali patologie fungine e gli insetti.

### Priorità ambientale 2: resilienza ai cambiamenti climatici

L'agricoltura, è uno dei settori maggiormente esposti agli effetti dei cambiamenti climatici (IPCC, 2007). In un recente studio volto alla valutazione degli effetti del cambiamento climatico sulle produzioni agricole sono stati stimati per il 2011 danni alle produzioni globali compresi tra 35 e 100 miliardi di dollari (Mendelsohn e Williams, 2004). Nel caso di scenari climatici caratterizzati da un incremento pronunciato delle temperature, decrementi produttivi importanti sono attesi già prima del 2050 (de la Torre et al., 2009). In questo contesto, si è scelto di valutare gli impatti ambientali delle pratiche agronomiche da una parte e l'impatto dei cambiamenti climatici sulla produzione agricola dall'altra. In questo progetto si è scelto di dare corpo, tramite l'adattamento ed il trasferimento di conoscenze, al concetto di sostenibilità, nel suo significato di ricercare un mantenimento della produzione agraria e della fertilità del suolo, tutelare le risorse idriche sul lungo periodo, riducendo i rischi ambientali legati alle pratiche agronomiche stesse.

**In pratica si è risposto alle priorità ambientali identificate, tramite un articolato insieme di risposte dotate di un elevato grado di innovazione tecnologica, organizzativa e di controllo.**

**Le varie azioni, nel loro complesso, hanno portato ai seguenti obiettivi.**

#### Obiettivo 1

Migliorare l'accuratezza di gestione delle tecniche colturali per portare le coltivazioni ad esprimere al meglio le proprie potenzialità sia in termini produttivi che qualitativi, integrando in tali aspetti la performance ambientale.

Questo processo sarà supportato nelle annate a seguire, da modelli che danno origine a supporti decisionali (DSS) che permettono di gestire in modo obiettivo e più efficiente, la scelta di un'operazione agronomica o lavorazione rispetto ad un'altra, conferendo la capacità di adattamento in tempo reale al mutare delle condizioni meteorologiche e delle esigenze di crescita della pianta.

In particolare, l'elaborazione di linee guida alla coltivazione in un panorama di adattamento ai cambiamenti climatici, messe a disposizione sul sito di Conserve Italia, consente agli agricoltori la corretta valutazione delle operazioni colturali.

Le indicazioni derivanti dalla identificazione degli ideotipi, fornisce invece indicazioni concrete alle case sementiere circa le caratteristiche da introdurre in varietà che potranno più facilmente adattarsi ai cambiamenti climatici previsti. I profili degli ideotipi forniscono infatti degli obiettivi da raggiungere a livello di variazioni in tratti di particolare interesse, il tutto espresso in modo quantitativo in termini di variazioni percentuali dei valori dei tratti rispetto a quelli delle varietà attuali. Le informazioni fornite consentiranno (i) di modulare i programmi di miglioramento genetico in corso, riducendone costi e tempi di sviluppo e (ii) di sviluppare genotipi adatti alle condizioni attese nel medio termine, abbattendo il rischio di sviluppare materiale che, in un clima in evoluzione, possa risultare obsoleto poco dopo il suo rilascio. Questo è da considerarsi di particolare interesse per una azienda come Conserve Italia, dal momento che il gruppo include una ditta sementiera (Tera Seeds).

L'elasticità nella gestione delle risorse naturalmente disponibili, comporta una riduzione degli input, con riduzione delle sostanze inquinanti ed apporti idrici, che vanno anche ad impattare sui costi di coltivazione cui, a seconda delle annate, può aggiungersi un miglioramento della resa e della qualità.

Per quanto riguarda lo sviluppo dell'APP Pocket NNI gli obiettivi dell'azione sono stati pienamente raggiunti. L'applicazione – essendo basata sulla quantificazione di NNI (Nitrogen Nutritionale Index) – consente di ottimizzare la gestione dell'azoto, evitando sotto- e sovra-dosaggi, garantendo in media di utilizzare 3.4% in meno di azoto per unità di prodotto.

In relazione ai bollettini di allerta patogeni, il sistema, erogato nel corso dell'ultimo anno di progetto, è pienamente operativo e consente, in media, di evitare un trattamento a stagione.

#### Obiettivo 2

Una volta valutate ed introdotte le pratiche agronomiche, è stato necessario dare risposta alla domanda "ma quanto impatta l'attività agricola sull'intero ciclo di vita di un prodotto agroindustriale?" Per rispondere a questa domanda si sono impostate una serie di valutazioni, sulla base delle nuove modalità di gestione introdotte, il cui fine è stato quello di quantificare i carichi energetici ambientali e degli impatti potenziali associati a un prodotto/processo/attività lungo l'intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie.

Inoltre sono state prodotte schede riferite ad EPD Declaration per prodotti derivati dalla materia prima agricola oggetto di analisi LCA, contribuendo alla conoscenza delle certificazioni ambientali da parte del consumatore.

#### **Risultati attesi**

Dalle attività di progetto sono stati ottenuti i seguenti prodotti, con specifico riferimento alle colture

pomodoro, mais dolce, pisello e borlotto:

- Modelli per la redazione di Linee guida per una migliore gestione delle colture in ottica di cambiamento climatico e con particolare riguardo alla riduzione di rilascio di sostanze inquinanti: le Linee Guida sono state redatte e pubblicate sul sito di Conserve Italia ai link:  
<https://www.conserveitalia.it/it/attivita-agricole/2020-02-18-09-56-51/borlotto>;  
<https://www.conserveitalia.it/it/attivita-agricole/2020-02-18-09-56-51/pisello>;  
<https://www.conserveitalia.it/it/attivita-agricole/2020-02-18-09-56-51/mais-dolce>;  
<https://www.conserveitalia.it/it/attivita-agricole/2020-02-18-09-56-51/pomodoro-da-industria>Analisi LCA per la verifica di efficacia dei modelli proposti: lo studio di LCA è stato redatto ed è disponibile
- Individuazione dei tratti delle colture di interesse su cui concentrare l'attività di miglioramento genetico, e potenzialmente in grado di determinare incrementi di resa, anche alla luce di aspetti già oggetto di programmi di miglioramento genetico:
- Definizione di ideotipi in silico per i tratti individuati, considerando le caratteristiche del germoplasma disponibile e il range di variabilità genetica nota;
- Valutazione delle prestazioni produttive degli ideotipi così definiti nell'area target e in scenari di cambiamento climatico.

Il risultato, in termini di miglioramento della gestione delle risorse idriche compresa la gestione dei fertilizzanti e pesticidi, sarà data, su larga scala nel medio periodo dall'applicazione delle linee guida, dall'utilizzo dell'APP e dall'introduzione di ideotipi migliorati per le aree di studio.

## 5 - Considerazioni finali

*Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare*

Sarebbe utile una maggiore flessibilità a SIAG per accogliere le modifiche non oggetto di segnalazione.

## 6 - Relazione tecnica

**DA COMPILARE SOLO IN CASO DI RELAZIONE FINALE**

*Descrivere le attività complessivamente effettuate, nonché i risultati innovativi e i prodotti che caratterizzano il Piano e le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale*

**Verranno di seguito illustrate le attività condotte in relazione alle azioni realizzative, in collaborazione tra UNIMI e Conserve Italia**

Università degli Studi di Milano, ESP, Via Celoria 2, 20133 Milano.

**AZIONE 3 – Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sui**

## **sistemi colturali attuali per elaborare strategie di adattamento a medio termine: gestionali; genetiche (ideotyping)**

### ***Task 1: Sviluppo e valutazione di modelli di simulazione specifici per i sistemi colturali di interesse***

#### ***1.1 Scelta del modello di simulazione***

La prima parte del lavoro ha riguardato l'individuazione del modello colturale da utilizzare nello studio, al fine di riprodurre in modo adeguato la risposta dei sistemi colturali di interesse (borlotta, pisello da industria, mais dolce e pomodoro da industria) alle strategie di adattamento gestionali (Task 3) e genetiche (Task 4) testate. In particolare, la scelta del modello è stata condotta basandosi su quattro criteri:

- capacità del modello di riprodurre in modo adeguato la crescita e sviluppo delle colture orticole di interesse, inclusi comportamenti di crescita differenti (determinata o indeterminata) per poter riprodurre in-silico le dinamiche di competizione trofica tra organi di *sink* (e.g. frutti) e *source* (foglie);
- capacità del modello di simulare la crescita della coltura in condizioni limitate dalla disponibilità di acqua e di azoto, al fine di valutare l'impatto delle strategie di adattamento genetiche e gestionali sull'uso delle risorse;
- presenza di parametri del modello (che rappresentano caratteristiche morfo-fisiologiche della coltura) direttamente correlati con i tratti fenotipici oggetto di miglioramento genetico per le colture di interesse (Tabelle 10-13, Task 4). Una corrispondenza il più possibile diretta tra i tratti fenotipici oggetto di breeding e i parametri del modello è cruciale per minimizzare le possibili discrepanze tra gli ideotipi derivati con i modelli di simulazione e i genotipi effettivamente ottenibili con programmi di miglioramento genetico;
- possibilità di eseguire un elevato numero di simulazioni in serie.

Questi criteri hanno permesso di selezionare il modello di simulazione colturale STICS (Brisson et al., 1998) come il più adatto ai fini dello studio rispetto agli altri due modelli valutati (e.g., WOFOST, van Keulen e Wolf, 1986; e CropSyst, Stöckle et al., 2003).

STICS (Simulateur multIdisciplinaire pour les Cultures Standard; Brisson et al., 1998), è un modello di simulazione colturale sviluppato dall'ente di ricerca francese INRA. E' un modello generico, consentendo di simulare colture estremamente differenti (e.g., cereali, orticole, arboree, etc.) attraverso opportune modifiche del valore dei parametri. Lo sviluppo e la crescita della coltura sono riprodotte con scala temporale giornaliera a partire da (i) variabili di input relative a clima, suolo e pratiche di gestione agronomica e (ii) parametri del modello che riproducono caratteristiche morfo-fisiologiche specifiche della specie e della varietà simulata. Gli output forniti riguardano diversi aspetti del sistema colturale analizzato quali, ad esempio, informazioni legate al bilancio idrico e azotato e dati relativi alle dinamiche di crescita della coltura (e.g., fenologia, resa, biomassa totale e biomassa allocata ai diversi organi della pianta).

#### ***1.2 Adattamento del modello di simulazione al contesto studio***

Prima di essere utilizzati i modelli di simulazione devono essere sottoposti a calibrazione, ovvero alla definizione del valore dei parametri che consente di riprodurre correttamente il sistema

colturale analizzato. La calibrazione viene condotta cercando di minimizzare lo scarto tra dati simulati e misurati e, una volta messa a punto, viene testata tramite validazione con dataset indipendenti.

Essendo STICS un modello ampiamente utilizzato, in letteratura sono già disponibili set di parametri di partenza per diverse specie. Ad esempio, per quanto riguarda le colture coinvolte nel progetto, erano presenti parametrizzazioni per pomodoro e pisello da industria. Per queste due colture la calibrazione è stata quindi condotta al fine di raffinare ulteriormente la parametrizzazione disponibile per riprodurre le caratteristiche delle varietà coltivate nell'area studio. Per mais dolce e borlotto, invece, non erano disponibili parametrizzazioni ed è quindi stato necessario svilupparne di nuove.

In entrambi i casi è stata utilizzata una strategia di calibrazione manuale (*trial and error*) e, al fine di evitare fenomeni di equifinalità (medesimi output del modello per diverse combinazioni di parametri), il confronto tra dato simulato e misurato è stato condotto considerando più variabili (e.g. fenologia, indice di area fogliare, biomassa aerea totale e biomassa in diversi organi della pianta, resa).

I dati misurati utilizzati in fase di calibrazione sono stati raccolti durante l'attività sperimentale condotta presso prove allestite da Conserve Italia e presso le aziende agricole coinvolte nel progetto (vedi Task 5 per una descrizione completa dell'attività sperimentale effettuata). I dati meteorologici e pedologici utilizzati in fase di calibrazione sono stati derivati, rispettivamente, dall'ARPA Emilia Romagna (<https://simc.arpae.it/dext3r/>) e dalla carta dei suoli messa a disposizione da Regione Emilia Romagna (<https://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo/>). I dati di gestione agronomica provengono invece dal quaderno di campagna delle aziende agricole coinvolte nel progetto e dalla documentazione messa a disposizione dai tecnici di Conserve Italia.

I dataset sono stati suddivisi in dataset di calibrazione e di validazione e la concordanza tra dati misurati e simulati (Tabelle da 1 a 4) è stata valutata impiegando cinque indici di *agreement* (Loague and Green, 1991):

- MAE (Mean Absolute Error): valori compresi tra 0 e +∞, ottimo 0;
- RRMSE (Relative Root Mean Square Error): valori compresi tra 0 e +∞, ottimo 0;
- EF (model Efficiency): valori compresi tra -∞ e 1, ottimo 1;
- CRM (Coefficient of Residual Mass): valori compresi tra -∞ e +∞, ottimo 0;
- R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione): valori compresi tra -∞ e +∞, ottimo 1.

I risultati confermano l'adeguatezza del modello colturale STICS per riprodurre la crescita e lo sviluppo delle colture orticole testate, con indici nella maggior parte dei casi prossimi ai valori ottimali.

Tabella 1. Risultati della calibrazione e validazione effettuate per borlotto.

DATASET	VARIABILE	MAE	RRMSE	EF	CRM	R <sup>2</sup>
Calibrazione	LAI <sup>a</sup> (-)	1.32	53.27	-0.07	-0.07	0.08
	Biomassa totale <sup>b</sup> (t ha <sup>-1</sup> )	0.89	23.74	0.89	-0.11	0.92
	Biomassa foglie (t ha <sup>-1</sup> )	0.47	61.41	-1.22	-0.47	0.57
	Biomassa steli (t ha <sup>-1</sup> )	0.33	35.03	0.74	-0.28	0.94
	Biomassa baccelli (t ha <sup>-1</sup> )	0.41	18.42	0.50	-0.17	0.99
Validazione	LAI <sup>a</sup> (-)	0.76	34.46	0.32	-0.11	0.40
	Biomassa totale <sup>a</sup> (t ha <sup>-1</sup> )	2.32	85.05	-0.08	-0.55	0.43

<i>Biomassa foglie (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.58	66.93	-0.17	-0.26	0.07
<i>Biomassa steli (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.50	67.91	-0.39	-0.50	0.35
<i>Biomassa baccelli (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.44	20.48	0.45	-0.19	0.97

<sup>a</sup> Leaf Area Index, indice di area fogliare

<sup>b</sup> La biomassa totale si riferisce solo alla parte area (epigea) della pianta.

Tabella 2. Risultati della calibrazione e validazione effettuate per pisello da industria.

DATASET	VARIABILE	MAE	RRMSE	EF	CRM	R <sup>2</sup>
Calibrazione	LAI <sup>a</sup> (-)	0.46	33.58	0.87	0.24	0.99
	<i>Biomassa totale<sup>b</sup> (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.79	45.75	0.77	0.12	0.82
	<i>Biomassa foglie (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.24	29.71	0.75	0.08	0.78
	<i>Biomassa steli (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.34	33.10	0.81	0.08	0.84
	<i>Biomassa baccelli (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.12	9.67	0.61	0.04	0.70
Validazione	LAI <sup>a</sup> (-)	-	-	-	-	-
	<i>Biomassa totale<sup>b</sup> (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.85	24.70	0.88	0.07	0.89
	<i>Biomassa foglie (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.39	44.73	0.11	0.03	0.37
	<i>Biomassa steli (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.31	28.83	0.77	0.02	0.77
	<i>Biomassa baccelli (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.10	7.90	-0.78	0.04	0.74

<sup>a</sup> Leaf Area Index, indice di area fogliare

<sup>b</sup> La biomassa totale si riferisce solo alla parte area (epigea) della pianta.

Tabella 3. Risultati della calibrazione e validazione effettuate per mais dolce.

DATASET	VARIABILE	MAE	RRMSE	EF	CRM	R <sup>2</sup>
Calibrazione	LAI <sup>a</sup> (-)	0.45	35.01	0.85	-0.08	0.86
	<i>Biomassa totale<sup>b</sup> (t ha<sup>-1</sup>)</i>	1.41	50.86	0.82	0.26	0.91
	<i>Biomassa foglie (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.45	60.45	0.65	0.27	0.84
	<i>Biomassa steli (t ha<sup>-1</sup>)</i>	1.06	79.50	0.63	0.42	0.88
	<i>Biomassa spighe (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.27	73.87	0.80	-0.16	0.91
Validazione	LAI <sup>a</sup> (-)	0.55	40.48	0.58	0.12	0.78
	<i>Biomassa totale<sup>b</sup> (t ha<sup>-1</sup>)</i>	2.04	57.94	0.74	0.37	0.90
	<i>Biomassa foglie (t ha<sup>-1</sup>)</i>	1.10	107.04	0.19	0.56	0.56
	<i>Biomassa steli (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.36	40.86	0.91	0.13	0.92
	<i>Biomassa spighe (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.66	144.16	0.16	0.46	0.26

<sup>a</sup> Leaf Area Index, indice di area fogliare

<sup>b</sup> La biomassa totale si riferisce solo alla parte area (epigea) della pianta.

Tabella 4. Risultati della calibrazione e validazione effettuate per pomodoro da industria.

DATASET	VARIABILE	MAE	RRMSE	EF	CRM	R <sup>2</sup>
Calibrazione	LAI <sup>a</sup> (-)	0.47	28.05	0.84	-0.10	0.86
	<i>Biomassa totale<sup>b</sup> (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.71	19.46	0.95	0.06	0.96
	<i>Biomassa foglie (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.34	34.40	0.80	-0.01	0.81

	<i>Biomassa steli (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.31	24.73	0.89	-0.04	0.90
	<i>Biomassa frutti (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.51	51.45	0.85	0.26	0.97
Validazione	<i>LAI<sup>a</sup> (-)</i>	0.56	17.78	0.72	-0.08	0.81
	<i>Biomassa totale<sup>b</sup> (t ha<sup>-1</sup>)</i>	3.21	33.98	0.73	-0.01	0.90
	<i>Biomassa foglie (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.67	39.71	-1.81	-0.26	0.09
	<i>Biomassa steli (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.95	49.66	-0.59	-0.45	0.74
	<i>Biomassa frutti (t ha<sup>-1</sup>)</i>	0.88	17.78	0.09	-0.12	0.90

<sup>a</sup> Leaf Area Index, indice di area fogliare

<sup>b</sup> La biomassa totale si riferisce solo alla parte area (epigea) della pianta.

## Task 2: Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla produttività dei sistemi e sull'efficienza d'uso delle risorse

### 2.1 Definizione dell'area studio e delle pratiche gestionali standard

Le aree di studio sono state selezionate in base alla distribuzione delle prove di campo effettuate nel corso del progetto (Task 5), tenendo in considerazione le superfici occupate dalle singole colture sul territorio regionale (fonte ISTAT) e valutando la variabilità presente in termini di caratteristiche climatiche medie. Sono state identificate due sottozone, una nell'area di Piacenza (45° N, 9.45° E) indicata nel testo come sito A, e una nell'areale di Ravenna (44.25° N, 12° E) indicata nel testo come sito B, utilizzate come casi studio separati.

L'analisi degli impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi colturali di interesse (Task 2.3) è stata condotta considerando condizioni gestionali standard (Tabelle 5-8), sia per lo scenario climatico attuale (Baseline) che per le proiezioni future (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD, definiti nel vedere Task 2.2). Una possibile ottimizzazione del management per mitigare gli effetti delle variazioni climatiche attese è invece riportata nel Task 3.

Le pratiche gestionali standard sono state definite utilizzando le informazioni contenute nei quaderni di campagna forniti dalle aziende agricole in cui si è svolta l'attività sperimentale, integrate con la consultazione delle Norme Tecniche di Coltura presenti sui disciplinari di produzione integrata della regione Emilia Romagna al fine di derivare tecniche di management rappresentative di tutto il contesto analizzato (e non delle singole aziende).

In tutto sono stati considerati nove casi studio (Tabella 9) dati dalla combinazione delle quattro colture di interesse (pisello, borlotto, mais dolce e pomodoro), delle due località individuate (Piacenza e Ravenna) e delle diverse pratiche gestionali più adottate nel contesto analizzato (semine/trapianti precoci e tardivi).

Tabella 5. Borlotto: pratiche gestionali utilizzate per la simulazione della coltura in condizioni standard (nessun adattamento).

Tipo evento	Descrizione	Note
Semina	Profondità 4 cm, densità 25 piante m <sup>-2</sup> DOY 101	DOY 101: 11 aprile
Lavorazioni	Aratura: profondità 30cm, DOY 5 Ripuntatura: profondità 40cm, DOY 32 Coltivatore: profondità 15cm, DOY 60	DOY 5: 5 gennaio DOY 32: 1 febbraio DOY 60: 1 marzo

Concimazione	50 kg N/ha in copertura alla quinta foglia vera <sup>a</sup>	Concime utilizzato: urea
Irrigazione <sup>b</sup>	In media 172 mm/stagione in circa 6 interventi	Metodo irriguo: aspersione (efficienza 0.75)

<sup>a</sup> la data di intervento (DOY) è variabile negli scenari futuri essendo legata allo stadio fenologico.

<sup>b</sup> valori medi del ventennio di riferimento (baseline 1986-2005).

*Tabella 6. Pisello da industria: pratiche gestionali utilizzate per la simulazione della coltura in condizioni standard (nessun adattamento).*

Tipo evento	Descrizione	Note
Semina	Profondità: 4 cm, densità: 86 piante m <sup>-2</sup> , DOY 101	DOY 101: 11 aprile
Lavorazioni	Aratura: profondità 30cm, DOY 99 Erpicatura: profondità 25cm, DOY 100	DOY 99: 9 aprile DOY 100: 10 aprile
Concimazione	36 kg N/ha in post-emergenza <sup>a</sup>	Concime utilizzato: urea
Irrigazione <sup>b</sup>	In media 35 mm a stagione in circa 1.5 interventi, per entrambi i siti considerati (Piacenza e Ravenna)	Metodo irriguo: aspersione (efficienza 0.75)

<sup>a</sup> la data di intervento (DOY) è variabile negli scenari futuri essendo legata allo stadio fenologico.

<sup>b</sup> valori medi del ventennio di riferimento (baseline 1986-2005).

*Tabella 7. Mais dolce: pratiche gestionali utilizzate per la simulazione della coltura in condizioni standard (nessun adattamento).*

Tipo evento	Descrizione	Note
Semina	Due epoche: - Precoce: semina DOY 113 - Tardiva: semina DOY 160 Densità di semina utilizzata in entrambi i casi 5 piante m <sup>-2</sup>	DOY 113: 23 aprile DOY 160: 9 giugno
Lavorazioni	Semine precoci: - Aratura: profondità 30cm, DOY 74 - Coltivatore: profondità 15 cm, DOY 100 Semine tardive: - Aratura: profondità 30 cm, DOY 112 - Coltivatore: profondità 15 cm, DOY 138	DOY 74: 15 marzo DOY 100: 10 aprile DOY 74: 22 aprile DOY 138: 18 maggio
Concimazione	Presemina: 60 kg N/ha Copertura 1: - precoci e tardivi: 70 kg N/ha alla quinta foglia vera (fase: V5) <sup>a</sup> Copertura 2: - precoci: 70 kg N/ha alla decima foglia (V10) <sup>a</sup> - tardivi: 40 kg N/ha alla decima foglia (V10) <sup>a</sup>	Concime utilizzato: urea
Irrigazione <sup>b</sup>	Semine precoci: - in media 207 mm a stagione in circa 6 interventi Semine tardive: - in media 185 mm a stagione in circa 5 interventi	Metodo irriguo: aspersione (efficienza 0.75)

<sup>a</sup> la data di intervento (DOY) è variabile negli scenari futuri essendo legata allo stadio fenologico.

<sup>b</sup> valori medi del ventennio di riferimento (baseline 1986-2005).

*Tabella 8. Pomodoro da industria: pratiche gestionali utilizzate per la simulazione della coltura in condizioni standard (nessun adattamento).*

<b>Tipo evento</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Note</b>
Trapianto	Due epoche principali: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Precoci: trapianto il DOY 118</li> <li>- Tardivi: trapianto il DOY 149</li> </ul> Densità utilizzata in entrambi i casi 3.5 piante m <sup>-2</sup>	DOY 118: 28 aprile DOY 149: 29 maggio
Lavorazioni	Trapianti precoci <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aratura 30 cm, DOY 100</li> <li>- Coltivatore 10 cm, DOY 116</li> </ul> Trapianti tardivi <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aratura 30 cm, DOY 130</li> <li>- Coltivatore 10 cm, DOY 148</li> </ul>	DOY 100: 10 aprile DOY 116: 26 aprile DOY 130: 10 maggio DOY 148: 28 maggio
Concimazione	Trapianti precoci: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pre-trapianto: 70 kgN/ha</li> <li>- Copertura: 70 kgN/ha (fioritura)<sup>a</sup></li> </ul> Trapianti tardivi: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pre-trapianto: 66 kgN/ha</li> <li>- Copertura: 51 kgN/ha (fioritura)<sup>a</sup></li> </ul>	Concime utilizzato: urea
Irrigazione <sup>b</sup>	Sito A (Piacenza): <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trapianti precoci: in media 175 mm a stagione in circa 5 interventi</li> <li>- Trapianti tardivi: in media 170 mm a stagione in 4.8 interventi</li> </ul> Sito B (Ferrara): <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trapianti precoci: in media 174 mm a stagione in circa 4.9 interventi</li> <li>- Trapianti tardivi: in media 160 mm a stagione in circa 4.5 interventi</li> </ul>	Metodo irriguo: aspersione (efficienza 0.75)

<sup>a</sup> la data di intervento (DOY) è variabile negli scenari futuri essendo legata allo stadio fenologico.

<sup>b</sup> valori medi del ventennio di riferimento (baseline 1986-2005).

*Tabella 9. Casi studio utilizzati per la valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici e la definizione e valutazione di strategie di adattamento gestionali e genetiche per le colture di interesse.*

<b>Caso studio</b>	<b>coltura</b>	<b>sito</b>	<b>epoca semina/trapianto</b>
1	borlotto	Piacenza	unica

2	pisello	Piacenza	unica
3		Ravenna	
4	mais dolce	Piacenza	precoce
5			tardiva
6	pomodoro	Piacenza	precoce
7			tardivo
8		Ravenna	precoce
9			tardivo

## 2.2 Generazione degli scenari climatici futuri

Gli scenari di cambiamento climatico sono stati derivati utilizzando il generatore climatico LARS-WG (Semenov and Barrow, 2002). I dati meteorologici della serie storica di riferimento (baseline, 1986-2005) sono stati forniti dall' *European Center for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF; <https://www.ecmwf.int/>) mentre le variazioni attese di temperatura e di precipitazione per diversi scenari di cambiamento climatico sono stati derivati dai dati forniti dall'IPCC (<https://www.ipcc-data.org/>).

Per gestire l'incertezza associata alla generazione di scenari climatici di medio-lungo termine sono state utilizzate le proiezioni climatiche fornite da due diversi modelli di circolazione globale (*General Circulation Models*, GCM) – GISS GCM Model II (Rosenzweig and Abramopulos, 1997) e HadGEM2 (Collins et al., 2011) – per due diversi scenari di emissione di CO<sub>2</sub> (*Representative Concentration Pathways*, RCP; IPCC, 2013), uno più ottimistico (RCP4.5) e uno più pessimistico (RCP8.5). Il primo prevede la riduzione delle emissioni nel breve-medio periodo mentre il secondo ipotizza strategie di mitigazione molto limitate e persistenza nell'uso di combustibili fossili. Per prendere in considerazione la variabilità climatica inter annuali, è stata utilizzata una finestra temporale di vent'anni, sia per gli scenari futuri – incentrati sul 2040 (2030-2049) – che per la baseline.

L'analisi delle proiezioni climatiche ottenute per le quattro combinazioni RCP × GCM ha consentito di individuare i due scenari RCP4.5- GISS GCM Model II e RCP8.5 HadGEM2, (d'ora in poi nel testo, rispettivamente RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD) come rappresentativi della variabilità ottenuta nelle proiezioni climatiche nelle aree studio. In particolare, lo scenario RCP4.5-GISS è risultato il più favorevole, con incrementi termici nel medio termine abbastanza contenuti, mentre lo scenario RCP8.5-HAD ha evidenziato anomalie termiche decisamente più pronunciate, soprattutto nel periodo estivo (Figura 1). Per quanto riguarda i due siti considerati (Piacenza e Ravenna) non sono state individuate differenze significative in termini di anomalie termiche attese. Per quanto riguarda le precipitazioni, non sono riscontrabili variazioni marcate tra gli scenari futuri e la baseline in termini di volumi annuali medi, con aumenti di 10 mm annui nello scenario RCP4.5-GISS e riduzioni pari a 30 mm per lo scenario RCP8.5-HAD nel sito di Piacenza e aumenti di 20 e 30 mm per il sito B rispettivamente per lo scenario RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD (Figura 2). Le maggiori differenze riguardano invece la distribuzione degli eventi piovosi nell'arco dell'anno, soprattutto per lo scenario RCP8.5-HAD, nel quale si possono riscontrare sensibili

incrementi nei volumi di precipitazione mensile nei mesi primaverili (fino ad aprile) e sostanziali riduzioni durante i mesi da maggio a settembre (fino al -40% nel mese di settembre per il sito di Ravenna). Questa variazione è risultata invece meno marcata nello scenario RCP4.5-GISS e anticipata ai mesi compresi tra aprile e giugno, con riduzioni mediamente pari al 20% per entrambi i siti.

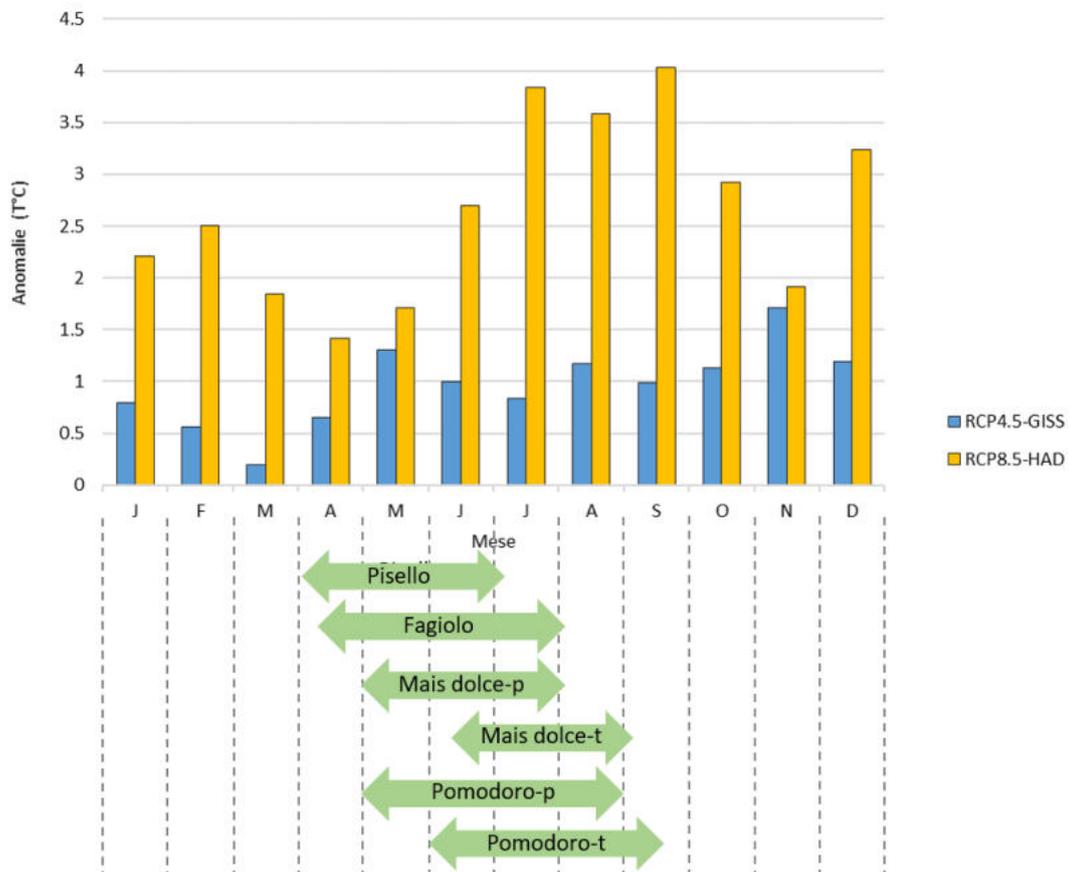


Figura 1. Incrementi termici mensili (°C) attesi rispetto alla serie climatica di riferimento (baseline, 1986-2005) per l'area studio per i due scenari di cambiamento climatico considerati (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD) nella finestra temporale 2030-2049. Le frecce rappresentano il periodo in cui le diverse colture sono presenti in campo (p: precoce; t: tardivo).

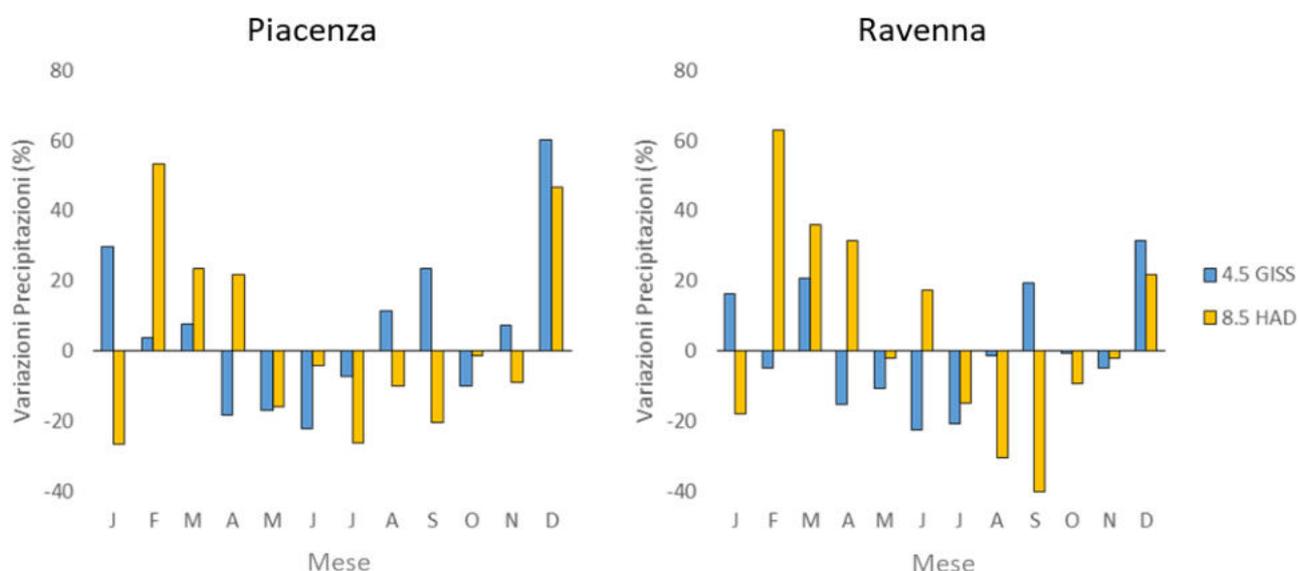


Figura 2. Variazione nei volumi di precipitazione mensile (%) attesi nell'area studio rispetto alla baseline (1986-2005) nei due scenari di cambiamento climatico considerati (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD) per la finestra temporale 2030-2049.

### 2.3 Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici

L'effetto dei cambiamenti climatici sulle performance produttive del sistema colturale di interesse è stato valutato in termini di variazione di resa tal quale ( $t\ ha^{-1}$ ), richiesta irrigua ( $mm\ stagione^{-1}$ ) e efficienza di trasformazione degli apporti irrigui ( $t\ ha^{-1}/mm\ stagione^{-1}$ ) medi del ventennio 2030-2049 rispetto alla media della baseline (ventennio 1986-2005).

Altre variabili di output del modello (e.g. durata del ciclo colturale, indice di area fogliare (LAI) massimo) sono state utilizzate per analizzare le dinamiche di crescita della coltura alla base delle performance produttive osservate.

#### Borlotto

L'incremento delle temperature che caratterizza le proiezioni climatiche future influenza negativamente le rese di borlotto, con riduzioni comprese tra il 5 e il 23% a seconda dello scenario climatico considerato (Figura 3). I cali di resa maggiori vengono evidenziati nello scenario caratterizzato dagli incrementi termici più pronunciati (RCP8.5-HAD, Figura 1) che determinano un accorciamento del ciclo vegetativo (-5 giorni, in media) e, soprattutto, condizioni termiche poco favorevoli durante il riempimento dei baccelli. Inoltre, le temperature elevate condizionano negativamente lo sviluppo dell'area fogliare (in media -7% di LAI massimo rispetto alla baseline) con conseguente riduzione della capacità di intercettazione della radiazione luminosa. Nel caso dello scenario climatico più conservativo (RCP4.5-GISS), la coltura riesce invece a mantenere tassi di crescita adeguati nelle fasi iniziali del ciclo (LAI massimo invariato, -0.4%), ma le temperature elevate nella fase di riempimento della granella impediscono comunque di ottenere livelli produttivi pari agli attuali.

Queste dinamiche di crescita si riflettono nelle richieste irrigue volte a mantenere la coltura allo stesso livello di status idrico adottato nel contesto gestionale attuale (Tabella 5). L'analisi evidenzia infatti un leggero aumento (+12 mm) dei volumi irrigui distribuiti nello scenario RCP4.5-GISS – in cui la coltura riesce a mantenere livelli di crescita adeguati nella parte iniziale del ciclo – e richieste irrigue leggermente più contenute (-10 mm) nello scenario RCP8.5-HAD, in cui invece la crescita è più compromessa (Figura 3). Tutto ciò si traduce in variazioni negative dell'efficienza irrigua in entrambi i casi (comprese tra -12 e -18% per rispettivamente RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD).

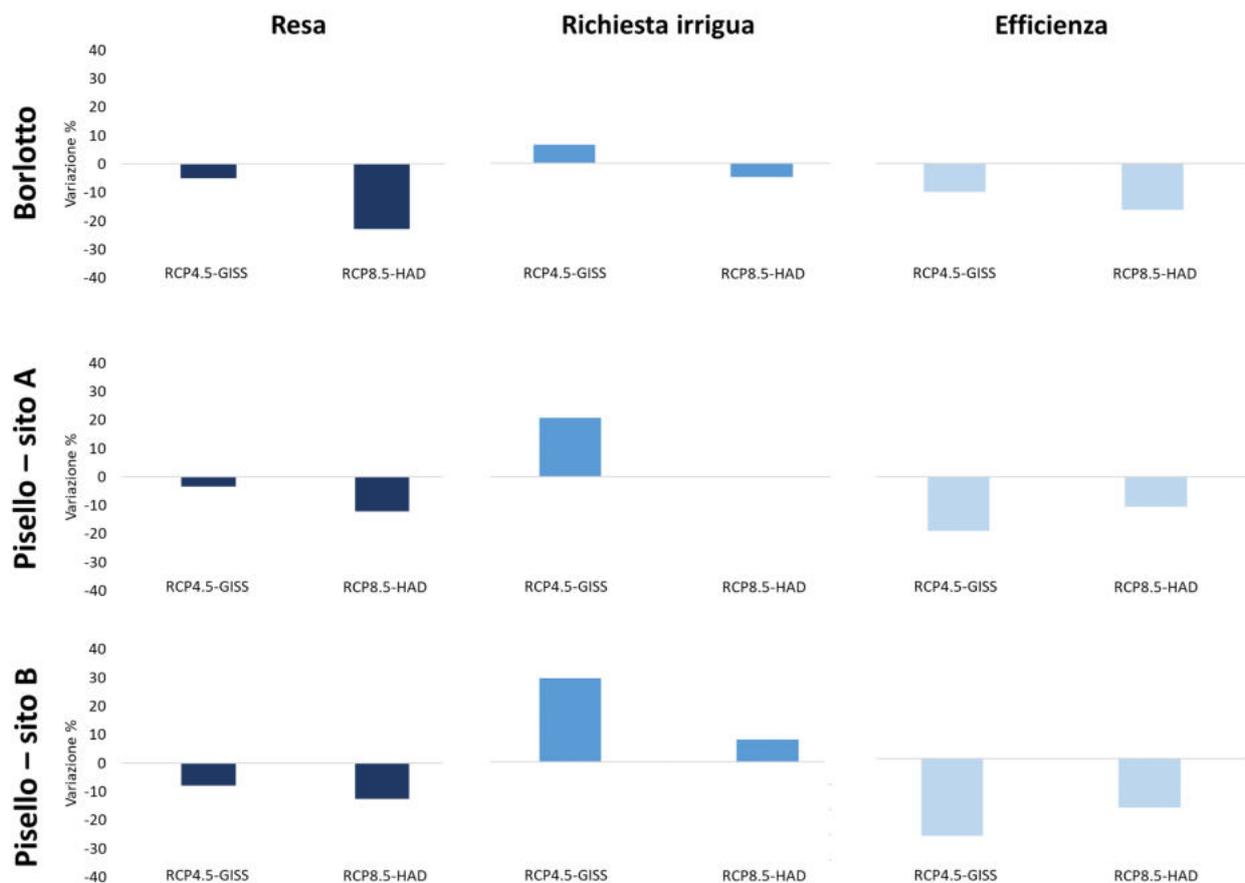


Figura 3. Impatto dei cambiamenti climatici su borlotto e pisello da industria in termini di resa tal quale ( $t\ ha^{-1}$ ), volumi irrigui stagionali (mm) ed efficienza di conversione dell'acqua irrigua ( $t\ ha^{-1}\ mm^{-1}$ ) negli scenari climatici RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD (2030-2049). L'impatto è valutato come variazione percentuale media rispetto al contesto climatico attuale (baseline). Sito A: Piacenza; sito B: Ravenna.

### Pisello da industria

Le medesime dinamiche negative descritte per borlotto sono state osservate anche nel caso del pisello da industria (Figura 3), anche se il calo medio delle rese negli scenari futuri è risultato complessivamente più contenuto, compreso tra il 3% e il 12% nel sito di Piacenza e tra l'8% e il 13% nel caso del sito di Ravenna. Questo può essere dovuto al fatto che essendo pisello una coltura più precoce rispetto a fagiolo (Figura 1), beneficia maggiormente dell'aumento termico nei mesi primaverili e risente meno dell'incremento marcato delle temperature estive.

Come osservato per fagiolo, anche in questo caso si evidenzia un leggero accorciamento del ciclo (-2 e -3 giorni nello scenario RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD, rispettivamente, in entrambi i siti) e un lieve aumento della richiesta irrigua nello scenario termicamente più favorevole (RCP4.5-GISS) in particolare nel sito di Ravenna (+10 mm). Data la riduzione delle rese a fronte di richieste irrigue in lieve aumento o invariate, l'efficienza di conversione dell'acqua irrigua è prevista peggiorare in entrambi i siti, con valori compresi tra -22% e -12% nel sito di Piacenza e tra -31% e -20% a Ravenna.

### Mais dolce

In linea con quanto osservato per pisello e fagiolo, anche per mais dolce sono attese variazioni di

resa negative negli scenari climatici di medio termine rispetto al contesto attuale (Figura 4) – con riduzioni di resa leggermente più marcate per le semine di giugno rispetto a quelle di aprile (-3% e -11% nello scenario RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD, rispettivamente, per le semine di aprile, -4% e -15% per le semine di giugno). Anche in questo caso le riduzioni di resa più marcate si evidenziano nello scenario più “pessimistico” (RCP8.5-HAD), dovuto sia a temperature elevate in fase di fioritura e riempimento della granella che ad una riduzione marcata della durata del ciclo colturale (fino a -10 giorni nello scenario RCP8.5-HAD per entrambe le epoche di semina). Le richieste irrigue sono risultate nel complesso stabili, con una riduzione massima dell’8% (pari a 15 mm) nello scenario RCP8.5-HAD nel caso di semine precoci, data da una crescita (e una resa) della coltura più contenuta. La variazione di efficienza rispetto allo scenario attuale risulta negativa, soprattutto nel caso delle semine tardive.

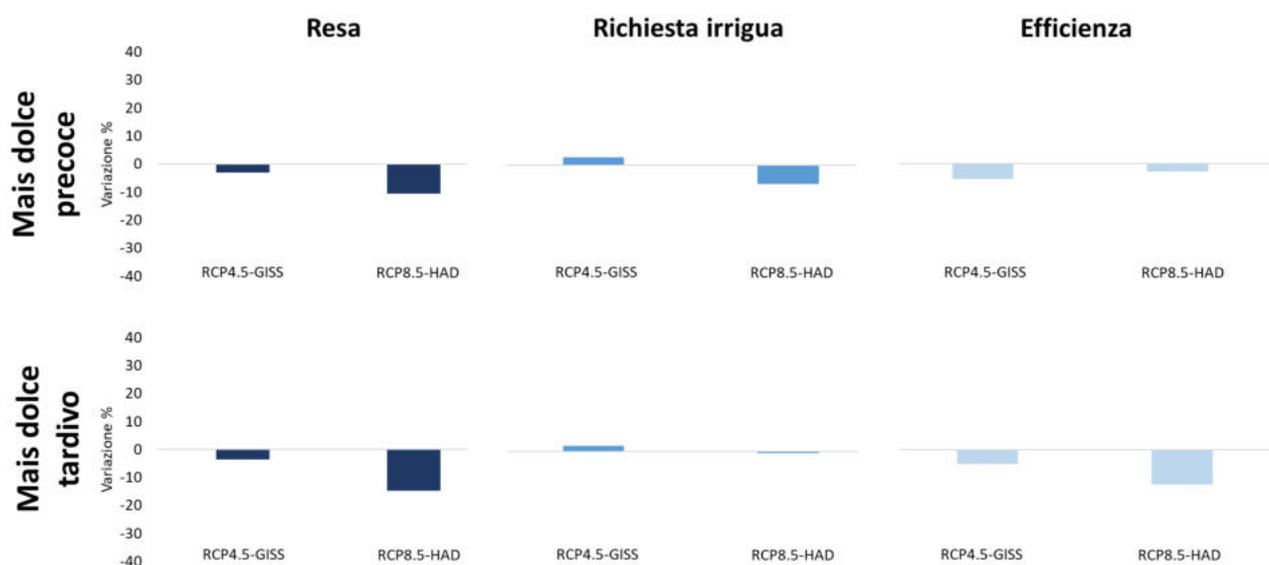


Figura 4. Impatto dei cambiamenti climatici su mais dolce (semina precoce e tardiva) in termini di resa tal quale ( $t\ ha^{-1}$ ), volumi irrigui stagionali (mm) ed efficienza di conversione dell’acqua irrigua ( $t\ ha^{-1}\ mm^{-1}$ ) negli scenari climatici RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD (2030-2049). L’impatto è valutato come variazione percentuale media rispetto al contesto climatico attuale (baseline).

### Pomodoro da industria

Le dinamiche osservate per pomodoro (Figura 5) sono simili a quanto evidenziato per mais dolce, essendo anch’essa una coltura che svolge il proprio ciclo nei mesi dell’anno in cui sono attesi gli incrementi termici più elevati (Figura 1). Anche in questo caso le riduzioni di resa sono risultate più marcate per i trapianti tardivi rispetto a quelli precoci, senza differenze sostanziali tra i due siti considerati (sito A: -2% e -20% nello scenario 4.5-GISS e 8.5-HAD, rispettivamente, per i precoci e -8% e -29% per i tardivi; sito B: -4 e -19% per i precoci nei medesimi scenari e -9 e -31% per i tardivi). Le perdite produttive sono risultate fortemente correlate con l’accorciamento del ciclo colturale dovuto all’aumento delle temperature, con riduzioni molto maggiori nello scenario RCP8.5-HAD rispetto allo scenario RCP4.5-GISS in entrambi i siti (per lo scenario RCP8.5-HAD: -13 e -17 giorni nel sito A e -13 e -15 giorni nel sito B per trapianti precoci e tardivi, rispettivamente).

Per quanto riguarda gli apporti irrigui, i volumi stagionali sono risultati stabili o, in alcuni casi, inferiori. In particolare, nello scenario climatico più sfavorevole per la crescita della coltura (RCP8.5-HAD) è presente una riduzione dei volumi irrigui distribuiti compresa tra l’8 e il 15%

(corrispondenti rispettivamente a 28 e 42 mm) a seconda del sito considerato. Questa contrazione dei fabbisogni irrigui è correlata con le dinamiche dello sviluppo dell'area fogliare, che rappresenta la superficie disponibile per la traspirazione. Nelle medesime condizioni, infatti, il LAI massimo è risultato decisamente ridotto (-12 e -19%) rispetto alla baseline.

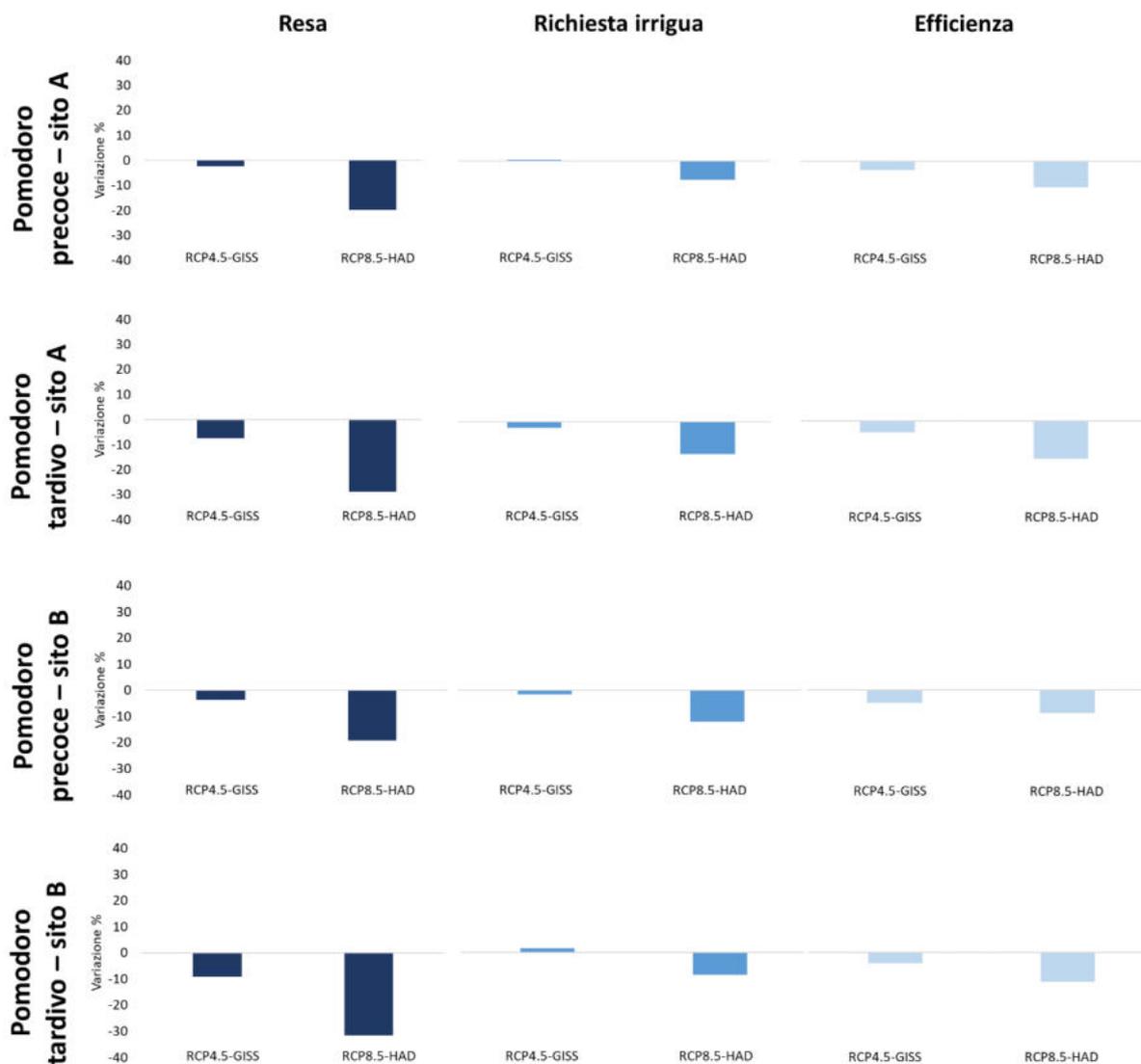


Figura 5. Impatto dei cambiamenti climatici su pomodoro da industria (trapianto precoce e tardivo) nel sito A (Piacenza) e B (Ravenna), in termini di resa tal quale ( $t\ ha^{-1}$ ), volumi irrigui stagionali (mm) ed efficienza di conversione dell'acqua irrigua ( $t\ ha^{-1}\ mm^{-1}$ ) negli scenari climatici RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD (2030-2049). L'impatto è valutato come variazione percentuale media rispetto al contesto climatico attuale (baseline).

### Task 3: Identificazione di strategie di adattamento gestionali

Poiché l'analisi relativa all'impatto dei cambiamenti climatici sulle performance produttive dei diversi sistemi colturali testati ha evidenziato come le alte temperature nella fase finale del ciclo fossero uno dei principali fattori correlati con la riduzione delle rese, il primo elemento preso in considerazione come strategia di adattamento gestionale ha riguardato lo spostamento (anticipo) della data di semina. Sono stati utilizzati intervalli crescenti di 5, 10 e 15 giorni, evitando variazioni

troppo marcate rispetto alle date di semina correnti per non proporre strategie di difficile implementazione a livello aziendale. Per una questione di sintesi, di seguito vengono riportati solo i risultati relativi alla strategia che ha fornito i risultati migliori, solitamente riferiti all'anticipo della data di semina maggiore (15 giorni).

### Borlotto

I risultati hanno evidenziato come l'anticipo della data di semina di 15 giorni consenta di ridurre le perdite di resa nello scenario caratterizzato dagli incrementi termici più marcati (RCP8.5-HAD) fino ad un massimo del 6% (Figura 6). Lo spostamento del ciclo della coltura in un periodo caratterizzato da condizioni climatiche previste più favorevoli consente anche di migliorare leggermente l'efficienza irrigua rispetto alla gestione attuale.

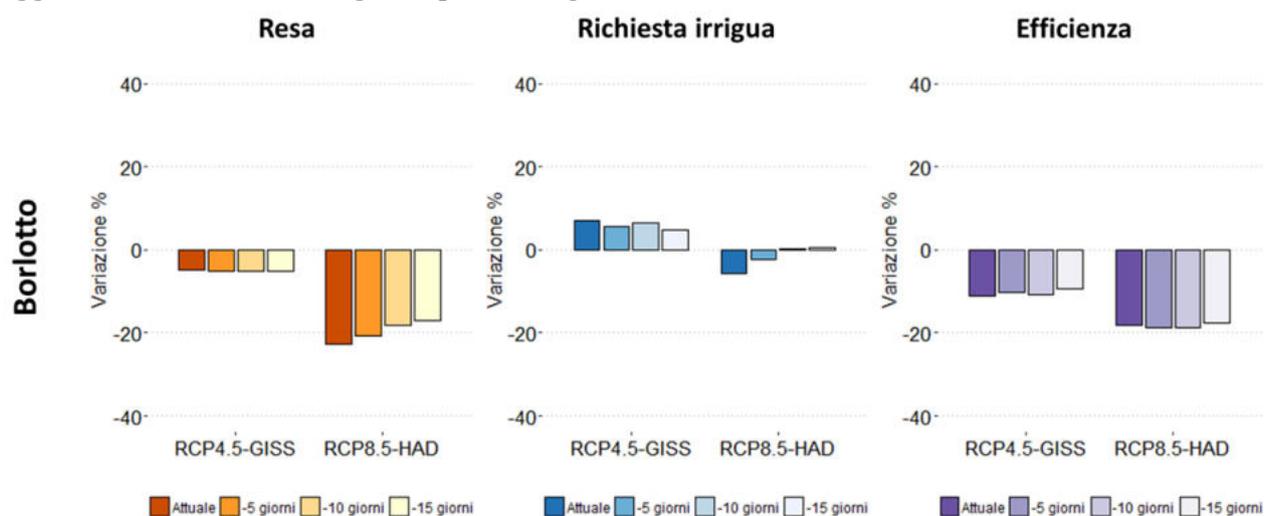


Figura 6. Effetto dell'anticipo della data di semina sulle performance produttive di borlotto in termini di resa, consumi idrici stagionali ed efficienza irrigua (variazione % media del ventennio 2030-2049 rispetto alla baseline) nei due scenari di cambiamento climatico considerati (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD). Le date di semina testate comprendono sia quella attualmente adottata ("Attuale") che anticipi di 5, 10 e 15 giorni.

### Pisello da industria

Anche per pisello l'anticipo della data di semina ha effetti positivi (Figura 7), soprattutto nel sito B (Ravenna) e per gli anticipi maggiori (15 giorni). In generale, si osserva anche una variazione positiva dell'efficienza irrigua, soprattutto nel sito di Ravenna.

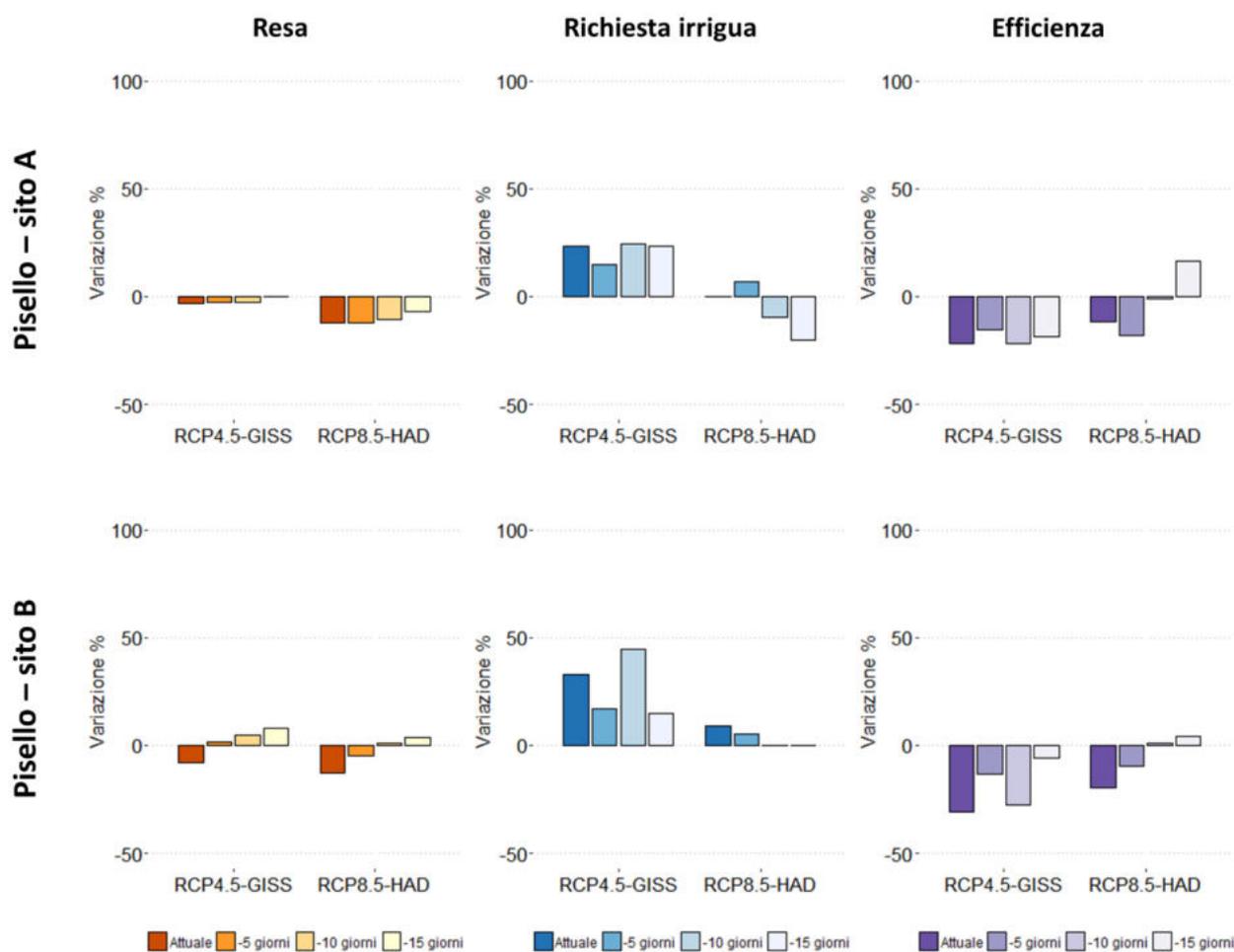


Figura 7. Effetto dell'anticipo della data di semina sulle performance produttive di pisello da industria in termini di resa, consumi idrici stagionali ed efficienza irrigua (variazione % media del ventennio 2030-2049 rispetto alla baseline) nei due scenari RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD e nei due siti considerati (A: Piacenza, B: Ravenna). Le date di semina testate comprendono sia quella attualmente adottata ("Attuale") sia anticipi di 5, 10 e 15 giorni.

### Mais dolce

L'anticipo della data di semina consente di ridurre l'impatto negativo dell'aumento delle temperature anche in mais dolce (Figura 8), ma non consente di annullarle del tutto nel caso dello scenario più pessimistico (RCP8.5-HAD). In questo caso le perdite di resa – seppur vengano ridotte – rimangono attorno a -10% sia nelle semine precoci che tardive. Per quanto riguarda l'efficienza irrigua, nel caso del mais precoce lo slittamento della crescita della coltura in un periodo caratterizzato da condizioni climatiche previste più favorevoli consente di ridurre le richieste irrigue, con miglioramento dell'efficienza irrigua.

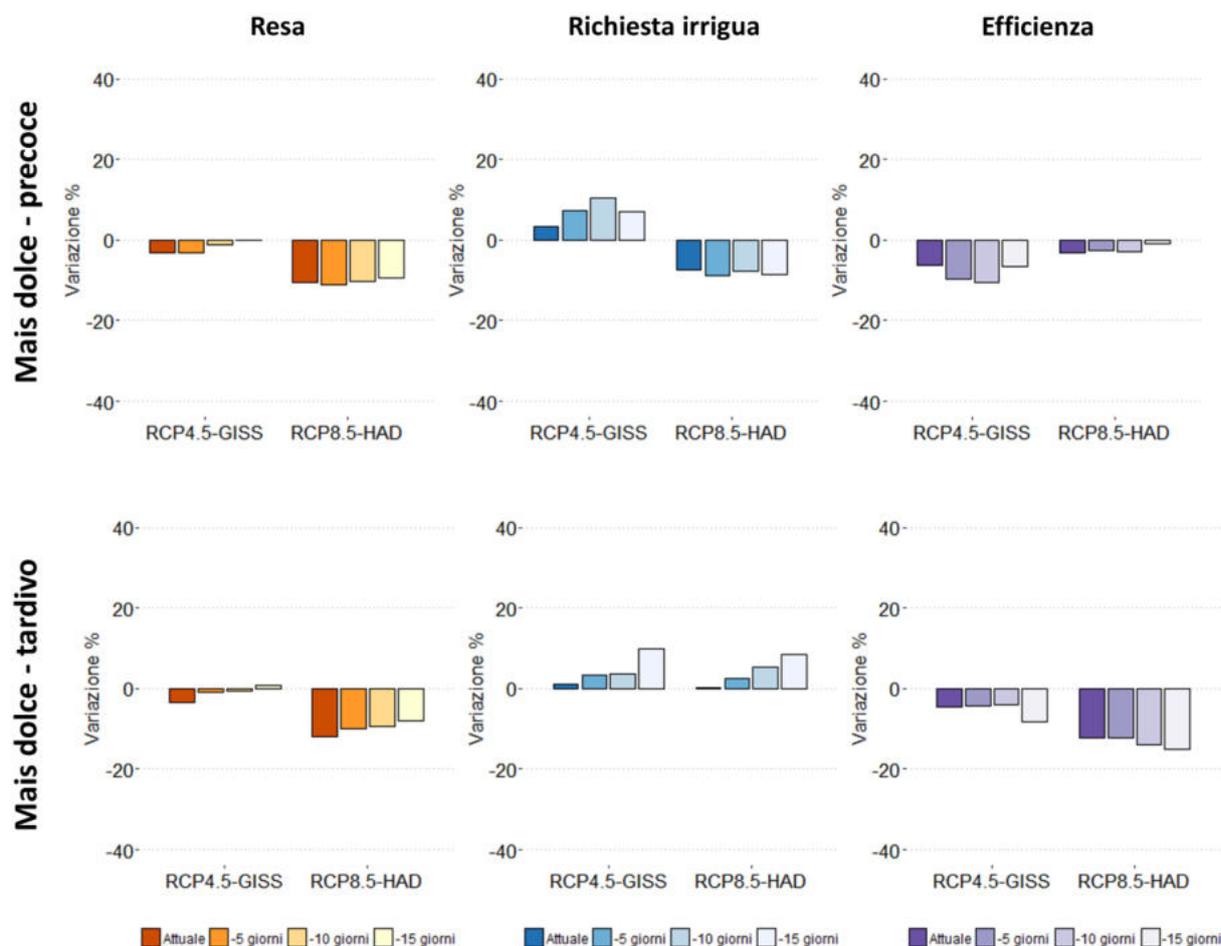
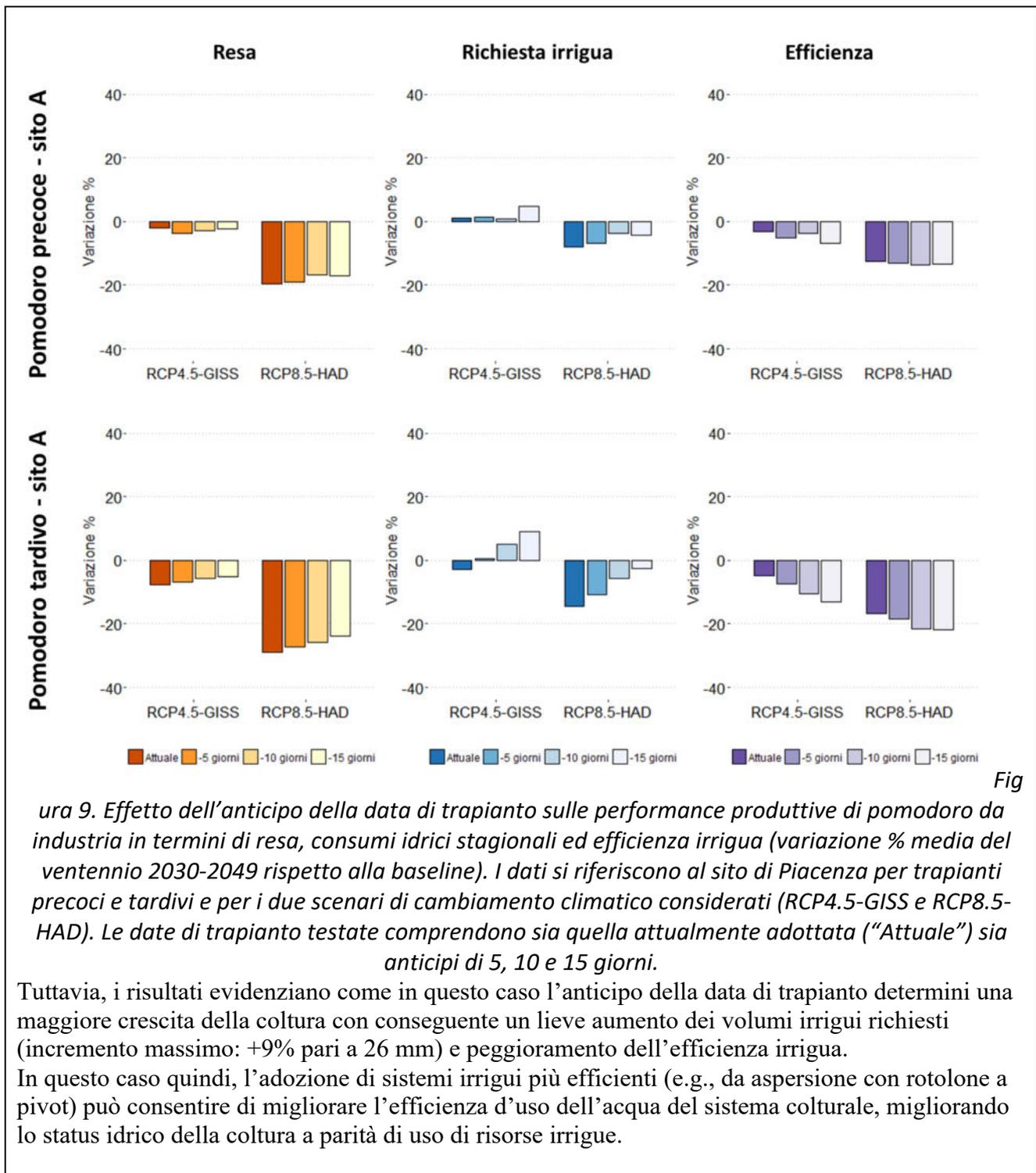


Figura 8. Effetto dell'anticipo della data di semina sulle performance produttive di mais dolce (sia semine precoci che tardive) in termini di resa, consumi idrici stagionali ed efficienza irrigua (variazione % media del ventennio 2030-2049 rispetto alla baseline) nei due scenari di cambiamento climatico considerati (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD). Le date di semina testate comprendono sia quella attualmente adottata ("Attuale") sia anticipi di 5, 10 e 15 giorni.

Nel caso del mais tardivo invece, il miglioramento della crescita della coltura dato dall'anticipo della data di semina si traduce in un aumento delle richieste irrigue in modo più che proporzionale, con conseguente peggioramento dell'efficienza irrigua. In questo caso, l'adozione di sistemi irrigui più efficienti (e.g., da aspersione con rotolone a pivot) può consentire di migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua del sistema colturale, contribuendo a soddisfare le richieste idriche della coltura a parità di uso di risorse.

### Pomodoro da industria

Per quanto riguarda pomodoro nel sito di Piacenza (Figura 9) e nel sito di Ravenna (Figura 10), i risultati delle simulazioni evidenziano come l'anticipo dei trapianti abbia effetti positivi soprattutto nel caso dei trapianti tardivi.



Fig

ura 9. Effetto dell'anticipo della data di trapianto sulle performance produttive di pomodoro da industria in termini di resa, consumi idrici stagionali ed efficienza irrigua (variazione % media del ventennio 2030-2049 rispetto alla baseline). I dati si riferiscono al sito di Piacenza per trapianti precoci e tardivi e per i due scenari di cambiamento climatico considerati (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD). Le date di trapianto testate comprendono sia quella attualmente adottata ("Attuale") sia anticipi di 5, 10 e 15 giorni.

Tuttavia, i risultati evidenziano come in questo caso l'anticipo della data di trapianto determini una maggiore crescita della coltura con conseguente un lieve aumento dei volumi irrigui richiesti (incremento massimo: +9% pari a 26 mm) e peggioramento dell'efficienza irrigua. In questo caso quindi, l'adozione di sistemi irrigui più efficienti (e.g., da aspersione con rotolone a pivot) può consentire di migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua del sistema colturale, migliorando lo status idrico della coltura a parità di uso di risorse irrigue.

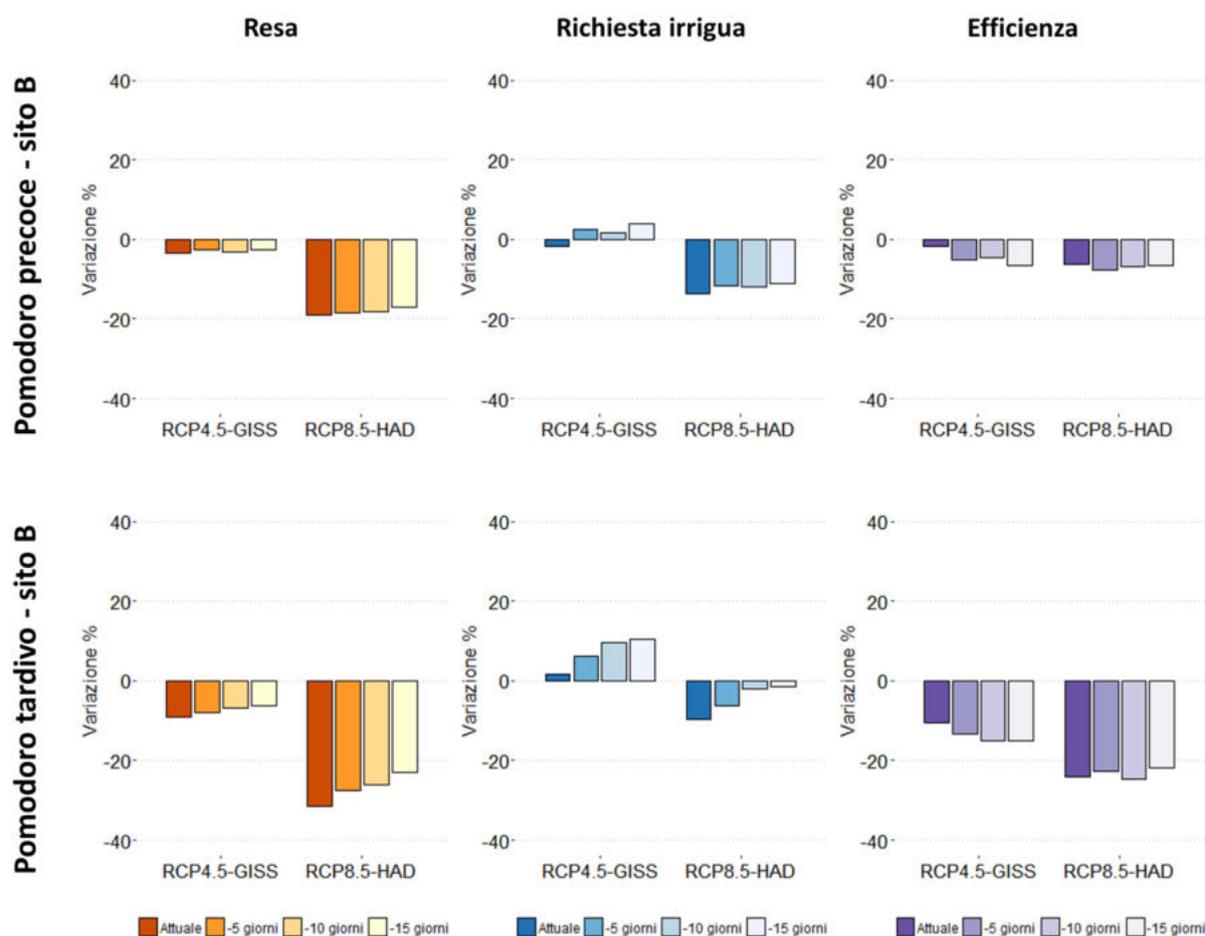


Figura 10. Effetto dell'anticipo della data di trapianto sulle performance produttive di pomodoro da industria in termini di resa, consumi idrici stagionali ed efficienza irrigua (variazione % media del ventennio 2030-2049 rispetto alla baseline). I dati si riferiscono al sito di Ravenna per trapianti precoci e tardivi e per i due scenari di cambiamento climatico considerati (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD). Le date di trapianto testate comprendono sia quella attualmente adottata ("Attuale") sia anticipi di 5, 10 e 15 giorni.

#### Task 4: Identificazione di ideotipi più adatti alle condizioni climatiche previste e valutazione in silico delle loro performance

I risultati delle task 3 evidenziano come, con solo strategie di adattamento gestionale (che non prevedano un aumento degli interventi irrigui al fine di tutelare la risorsa) non sia possibile colmare del tutto le riduzioni di resa evidenziate negli scenari futuri, soprattutto nel caso di colture che svolgono il loro ciclo colturale durante i mesi caratterizzati dagli incrementi termici maggiori (mais dolce e pomodoro, Figura 1). In tal caso, è strettamente necessario sviluppare nuove varietà più adatte al contesto climatico atteso nel medio termine. A tal fine, i modelli di simulazione di sistemi colturali possono essere efficacemente utilizzati per supportare programmi di miglioramento genetico attraverso la definizione e la valutazione delle performance in silico di ideotipi (ovvero combinazioni ottimali di tratti della pianta). In questo task, le attività di progetto hanno previsto due step:

1. definizione di ideotipi per identificare tratti e/o complessi di geni sui quali concentrare le risorse disponibili per i programmi di miglioramento genetico;
2. valutazione delle performance degli ideotipi rispetto alle varietà attuali nei medesimi scenari, al fine di fornire una stima dei benefici ottenibili, in termini di produttività ed uso delle risorse, con eventuali programmi di miglioramento genetico dedicati.

Come indicato nel paragrafo 1.1., la prima parte del lavoro ha previsto l'analisi della letteratura esistente per individuare i tratti di interesse per il miglioramento genetico delle colture testate, al fine di migliorare l'aderenza tra gli ideotipi definiti in silico e i genotipi potenzialmente realizzabili in vivo. Una volta definiti i tratti fenotipici di interesse sono stati quindi individuati i parametri del modello ad essi corrispondenti.

Tali parametri sono stati sottoposti ad analisi di sensitività, al fine di identificare i tratti chiave per il miglioramento delle performance produttive delle colture testate nei differenti scenari di cambiamento climatico. L'analisi di sensitività è stata eseguita utilizzando il metodo E-FAST (*Extended Fourier Sensivity Test*; Saltelli et al., 1999; Tarantola and Becker, 2016), scelto in quanto migliore compromesso tra efficacia di esplorazione dell'iperspazio parametri e tempo computazionale richiesto (Confalonieri et al., 2010). Le distribuzioni dei parametri (Tabelle 10-13) sono state derivate dai tratti misurati direttamente in campo, se disponibili, oppure derivate tramite ricerca bibliografica. Nel caso in cui non fossero disponibili informazioni sufficienti a derivare distribuzioni affidabili è stato utilizzato l'approccio standard proposto da Richter et al. (2010), che prevede di assumere una distribuzione come normale con deviazione standard pari al 5% della media. I parametri coinvolti nello studio di analisi di sensitività sono stati nove per pisello da industria, venti per borlotto, quattro per mais dolce e diciotto per pomodoro da industria (Tabelle 10-13).

Gli ideotipi, ovvero le combinazioni di parametri (che rappresentano tratti della pianta) ottimali per garantire produttività ed efficienza dell'uso delle risorse idriche anche negli scenari attesi nel medio termine sono stati derivati in due passaggi.

Per prima cosa, i potenziali ideotipi derivati esplorando l'iperspazio dei parametri tramite *sensitivity analysis* sono stati ordinati in funzione delle loro performance produttive, valutate considerando sia la resa che la sua stabilità nelle diverse annate (Equazione 1).

$$\text{Resa ponderata} = \left[ \frac{Yield_i}{Yield_{MAX}} * 0.7 \right] + \left[ 1 - \frac{CVY_i}{CVY_{MAX}} * 0.3 \right]$$

(1)

Dove  $Yield_i$  è la resa dell'*i-esimo* ideotipo,  $Yield_{MAX}$  è la resa massima della popolazione di ideotipi,  $CVY_i$  è il coefficiente di variazione delle rese nel ventennio dell'*iesimo* ideotipo e  $CVY_{MAX}$  è il massimo coefficiente di variazione della resa nel ventennio tra la popolazione di ideotipi.

A questo punto, all'interno degli miglior 1% degli ideotipi sono stati individuati quelli che garantivano produzioni negli scenari futuri prossime ai livelli attuali (massima variazione di resa ammessa rispetto all'attuale pari a  $\pm 5\%$ ) ma, al contempo, richieste idriche invariate. Ciò ha consentito di definire ideotipi in grado di tutelare al meglio la risorsa idrica minimizzando al contempo gli effetti negativi dei cambiamenti climatici sulle rese.

Gli ideotipi sono stati valutati in tutti gli scenari climatici considerando la loro produttività (resa) ed efficienza d'uso della risorsa idrica rispetto alle varietà attuali. Inoltre, al fine di sfruttare le sinergie tra le strategie di adattamento genetiche e gestionali individuate, gli ideotipi sono stati sottoposti alle stesse strategie di adattamento gestionale testate nel Task 3 (anticipo della data di semina).

Nei paragrafi successivi vengono quindi riportati, per ogni coltura:

- I tratti considerati nello studio di ideotyping e i corrispondenti parametri del modello;
- i risultati della sensitivity analysis, che consentono di identificare i tratti chiave per

derivare varietà più adatte ai contesti climatici attesi nel medio termine (maggiore l'indice di sensibilità, maggiore l'impatto di variazioni del tratto sulle performance produttive)

- i profili degli ideotipi definiti per i diversi scenari climatici, che forniscono indicazioni circa l'entità della variazione suggerita per ogni tratto rispetto alle varietà attualmente disponibili;
- le performance produttive e l'efficienza d'uso delle risorse idriche degli ideotipi individuati rispetto alle varietà attuali, al fine di quantificare i benefici derivanti dall'adozione degli ideotipi proposti.

### **Borlotto**

#### **Caratteristiche degli ideotipi definiti**

In Tabella 10 vengono riportati i tratti fenotipici considerati per definire ideotipi di borlotto e i corrispondenti parametri del modello, mentre in Figura 11 vengono riportati i risultati della sensitivity analysis e i profili degli ideotipi.

I risultati indicano come i tratti relativi all'efficienza fotosintetica, alla persistenza dell'area fogliare, al tasso di traslocazione dei fotosintetati alla granella e alla durata del periodo di riempimento siano quelli di maggiore rilevanza per ridurre gli impatti negativi dei cambiamenti climatici sulla produttività di borlotto e sull'uso delle risorse. In particolare, gli ideotipi sono caratterizzati da una maggiore efficienza di utilizzo della radiazione luminosa durante la fase vegetativa (parametro *efcroiveg*) e il riempimento della granella (parametro *efcroirepro*), nonché da un incremento richiesto del tasso di traslocazione dei fotosintetati ai baccelli (parametro *vitircarbT*). Inoltre, particolare rilevanza assume l'aumento della durata della fase di riempimento e maturazione della granella (parametro *stdrpmat*), accompagnata da una persistenza fogliare maggiore (parametro *durvieF*) in particolare nello scenario più caldo (RCP8.5HAD). Queste caratteristiche possono essere spiegate considerando l'aumento nelle temperature medie previsto per gli scenari futuri, soprattutto nei mesi di giugno e luglio (Figura 1), che determina una precoce senescenza dell'apparato fogliare e una riduzione complessiva della durata della fase di riempimento della granella (dato da accumulo di tempo termico più rapido). Tassi fotosintetici maggiori e una copertura vegetale in grado di rimanere fotosinteticamente attiva più a lungo compensano gli effetti dell'incremento termico, consentendo di mantenere livelli produttivi adeguati. Infine, le variazioni termiche e pluviometriche attese negli scenari futuri si traducono in una maggiore tolleranza agli stress idrici (parametro *psiturg*) e un maggiore adattamento alle alte temperature (parametri *temax* e *tdmax*) degli ideotipi rispetto alle varietà attuali.

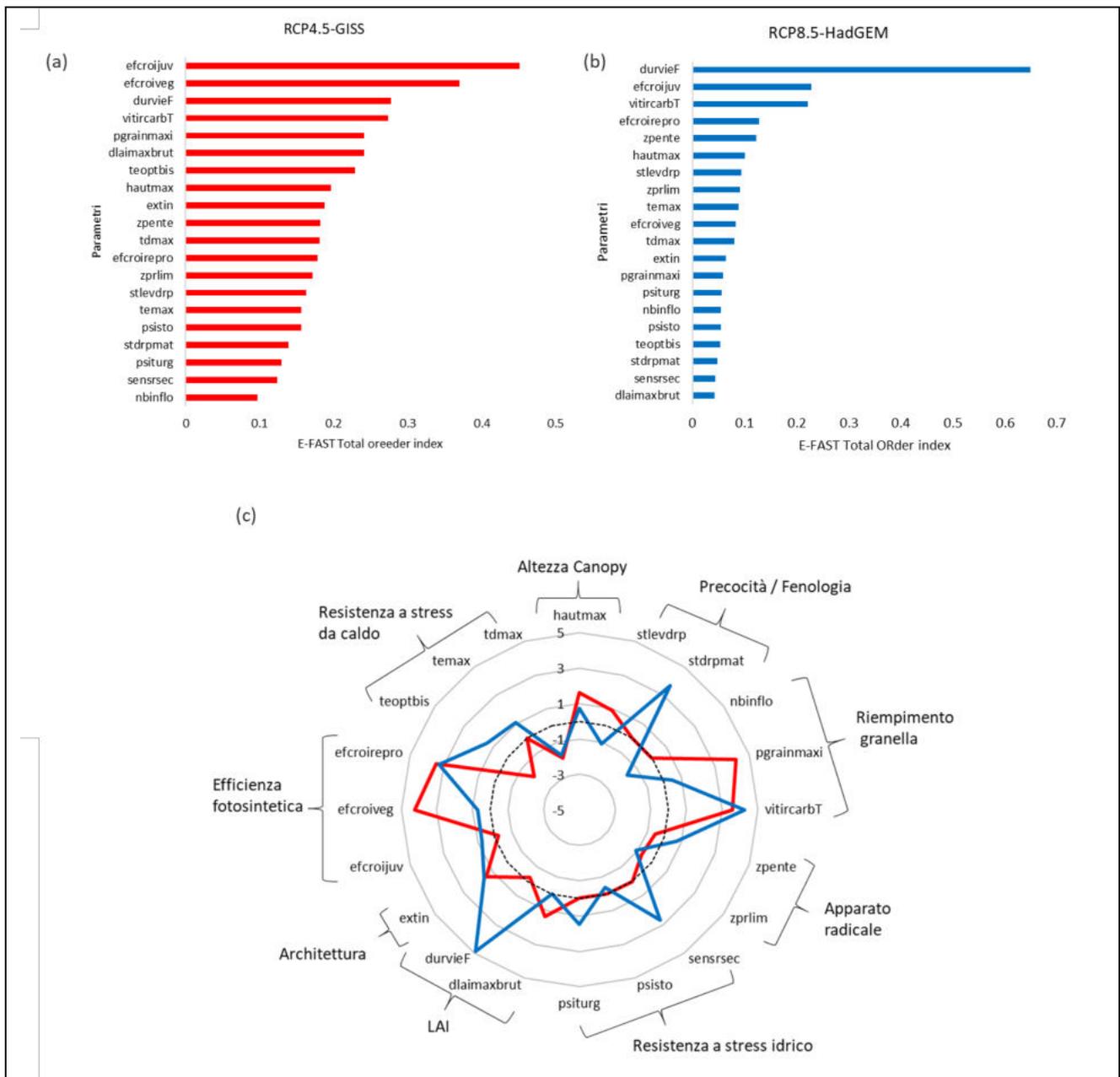


Figura 112. Risultati della sensitivity analysis (a, b) e profilo degli ideotipi (c) per i diversi scenari climatici (rosso: RCP 4.5-GISS; blu: RCP 8.5-HAD). Il profilo degli ideotipi è riportato come variazione percentuale dei diversi tratti rispetto alle varietà attuali. Vedere Tabella 10 per la spiegazione degli acronimi dei parametri.

Tabella 10: Fagiolo borlotto: tratti fenotipici d'interesse per il miglioramento genetico della coltura e corrispondenti parametri del modello di simulazione colturale STICS.

Processo	Tratto	Parametro	Unità	Distribuzione	Importanza per il breeding
Fotosintesi	Efficienza fotosintetica tra post emergenza e inizio fase vegetativa	efcroijuv	g MJ <sup>-1</sup>	Normale (m: 1.5, s: 0.075)	Giunta et al., 2009 Tesfaye et al., 2006
	Efficienza fotosintetica in fase vegetativa	efcroiveg	g MJ <sup>-1</sup>	Normale (m: 2.75, s: 0.1375)	
	Efficienza fotosintetica in fase di riempimento della	efcroirepro	g MJ <sup>-1</sup>	Normale (m: 2.85, s: 0.1425)	

granella					
Formazione dei componenti della resa	Numero massimo di baccelli per pianta	nbinflo	-	Normale (m: 6, s: 0.3)	Beattie et al. 2003
	Traslocazione giornaliera ai baccelli	vitircarbT		Normale (m: 0.00077, s: 0000385)	Asfaw et al., 2012
	Peso massimo del seme	pgrainmaxi	g	Normale (m: 0.47, s: 0.0235)	Beebe et al 2009
Sviluppo e architettura della copertura vegetale	Altezza massima della pianta	hautmax	m	Normale (m: 0.6, s: 0.03)	Beattie et al. 2003
	Coefficiente di estinzione della luce	extin	-	Normale (m: 0.9, s: 0.045)	Acquaah et al., 1991
	Tasso di sviluppo della copertura fogliare	dlaimaxbrut	m <sup>2</sup> area fogliare pianta <sup>-1</sup> °C-d <sup>-1</sup>	Normale (m: 0.0023, s: 0.000115)	Tesfaye et al., 2006
	Stay-green	durvieF	°C-d	Normale (m: 150, s: 7.5)	Tesfaye et al., 2006
Sviluppo fenologico	Intervallo tra emergenza e inizio riempimento della granella	stlevdrp		Normale (m: 280, s: 14)	Vale et al., 2015
	Durata del periodo di riempimento della granella	stdrpmat	°C-d	Normale (m: 410, s: 20.5)	Vale et al., 2015
Tolleranza a stress abiotici	Tolleranza allo stress idrico	sensrsec	-	Normale (m: 0.5, s: 0.025)	Seidel et al., 2016; Beebe et al. 2009
		psisto	bar	Normale (m: 10, s: 0.5)	
		psiturg	bar	Normale (m: 4, s: 0.2)	
Sviluppo radicale		zpente	cm	Normale (m: 85, s: 4.25)	Beebe et al. 2008
		zprlim	cm	Normale (m: 150, s: 7.5)	Beebe et al. 2010
Risposta alle alte temperature		teoptbis	°C	Normale (m: 24, s: 1.2)	Beaver et al., 2008;
		temax		Normale (m: 34, s: 1.7)	Beebe et al. 2010;
		tdmax		Normale (m: 23, s: 1.15)	S.J.Seidel et al., 2016

### **Valutazione delle performance produttive degli ideotipi individuati**

L'adozione degli ideotipi individuati consente di adattare efficacemente il sistema colturale ai cambiamenti climatici, consentendo di ottenere livelli produttivi molto simili agli attuali (Figura 12b). Combinando le strategie di adattamento genetiche e gestionali (Figura 12c, anticipo della data di semina di 15 giorni) si ottengono le performance migliori, con rese leggermente in crescita nello scenario più ottimistico (RCP4.5-GISS, +2.5%) e solo in lieve calo (-2%) nello scenario più pessimistico (RCP8.5-HAD). In entrambi i casi l'efficienza irrigua è in netto miglioramento rispetto allo scenario attuale (+6% e +3% nello scenario RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD rispetto a -12% e -18% della cultivar attuale).

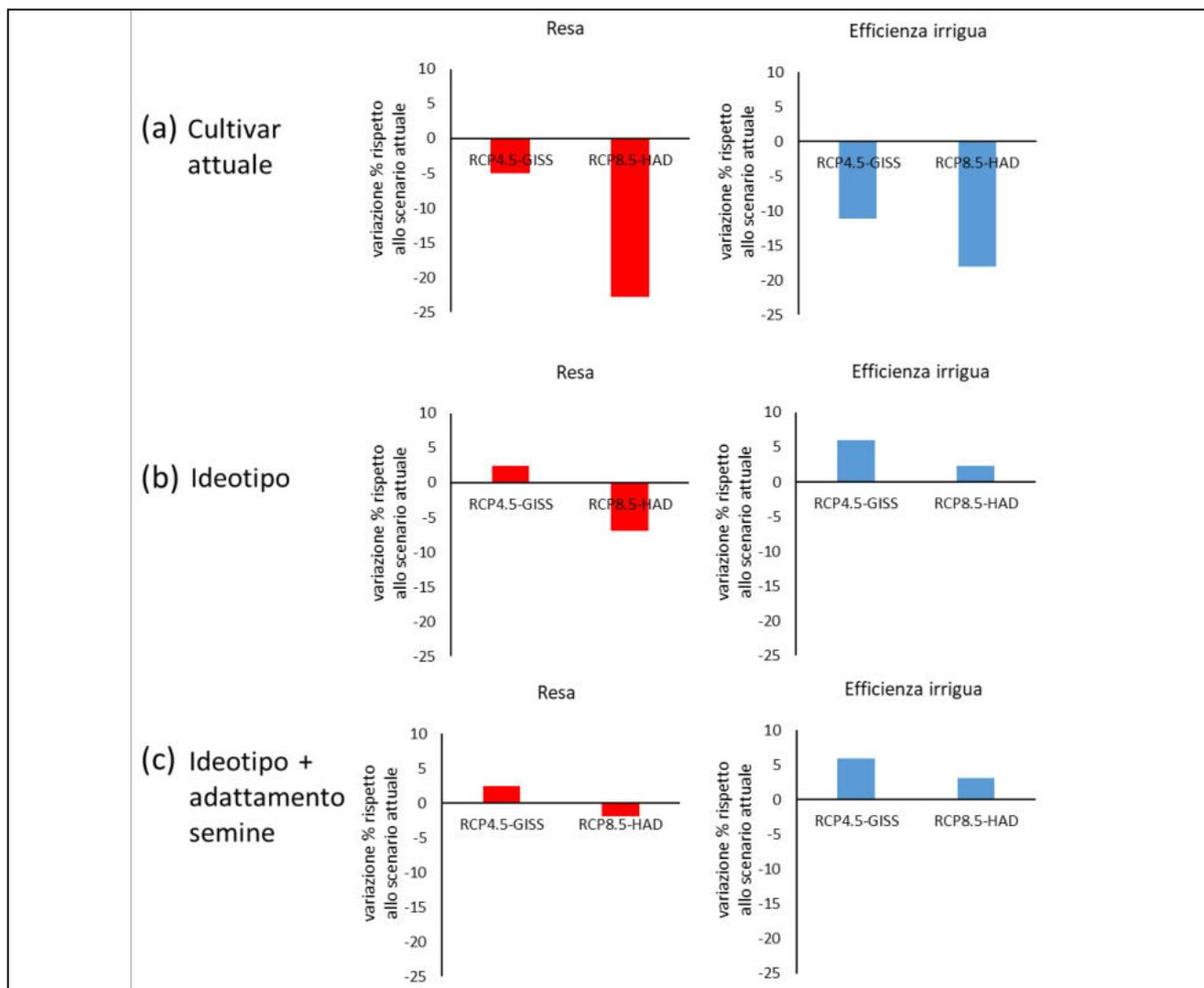


Figura 123. Performance degli ideotipi individuati per borlotto per massimizzare l'efficienza irrigua e minimizzare al contempo le perdite di resa negli scenari climatici attesi nel 2040 (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD) sia considerando le pratiche gestionali attuali (b) che adattate (c). L'impatto dei cambiamenti climatici sulle varietà attuali (a), già valutato nel Task 2, viene riportato a scopo di confronto.

### Pisello da industria

#### Caratteristiche degli ideotipi definiti

I tratti considerati per la definizione di ideotipi di pisello da industria migliorati per la produttività e l'efficienza irrigua sono riportati in Tabella 11.

Tabella 11: Pisello da industria: tratti fenotipici d'interesse per il miglioramento genetico della coltura e corrispondenti parametri del modello di simulazione colturale STICS. (m: media, s: deviazione standard)

Processo	Tratto	Parametro	Unità	Distribuzione	Importanza per il breeding
Sviluppo e architettura della copertura	Altezza massima della pianta	hautmax	m	Normale (m: 0.65, s: 0.0325)	Tar'an, et al. 2003

vegetale					
Sviluppo fenologico	Intervallo tra emergenza e inizio dello sviluppo rapido della copertura vegetale	stlevamf	°C-d	Normale (m: 320, s: 16)	Vocanson and Jeuffroy 2008
	Intervallo tra emergenza e inizio riempimento della granella	stlevdrp	°C-d	Normale (m: 490, s: 24.5)	
Tolleranza a stress abiotici	Tolleranza al gelo	tgmin	-	Normale (m: 3, s: 0.15)	McPhee 2003
		tdebgel	-	Normale (m: -4, s: -0.2)	
	Tolleranza all'anossia radicale	sensanox	-	Normale (m: 0.3, s: 0.015)	Vozáry, et al. 2012
	Sensibilità allo stress idrico	sensrsec	-	Normale (m: 0.4, s: 0.02)	McPhee 2003
	Risposta alle alte temperature	teoptbis	°C	Normale (m: 25, s: 1.25)	Vocanson and Jeuffroy 2008
temax		°C	Normale (m: 33, s: 1.65)		

L'analisi di sensitività ha evidenziato come per entrambi i siti (Figura 13 e Figura 14) i tratti più importanti per garantire produttività del pisello da industria anche negli scenari di cambiamento climatico riguardino la fenologia e, in particolare, l'intervallo tra emergenza e inizio riempimento della granella (parametro stlevdrp).

In entrambi i siti e in tutti gli scenari considerati, infatti, gli ideotipi presentano una richiesta di tempo termico per raggiungere la fioritura più ridotto (parametro stlevdrp) rispetto alle varietà attuali, che si traduce in una fioritura e inizio riempimento della granella anticipati. I vantaggi produttivi legati a questa caratteristica sono dati dal fatto che consente di evitare l'occorrenza della fioritura e della formazione dei frutti in concomitanza degli incrementi termici più pronunciati (Figura 1).

La necessità di anticipare l'inizio della fase riproduttiva rende importante anche una tolleranza al gelo più marcata (parametri tdebgel e tadmin), nel sito di Piacenza in particolare. Sempre in questo sito risulta vantaggioso un inizio dello sviluppo rapido della canopy un po' più tardivo (parametro stlevamf), al fine da evitare temperature troppo basse per la crescita della coltura nel momento di massimo sviluppo vegetativo.

## Piacenza

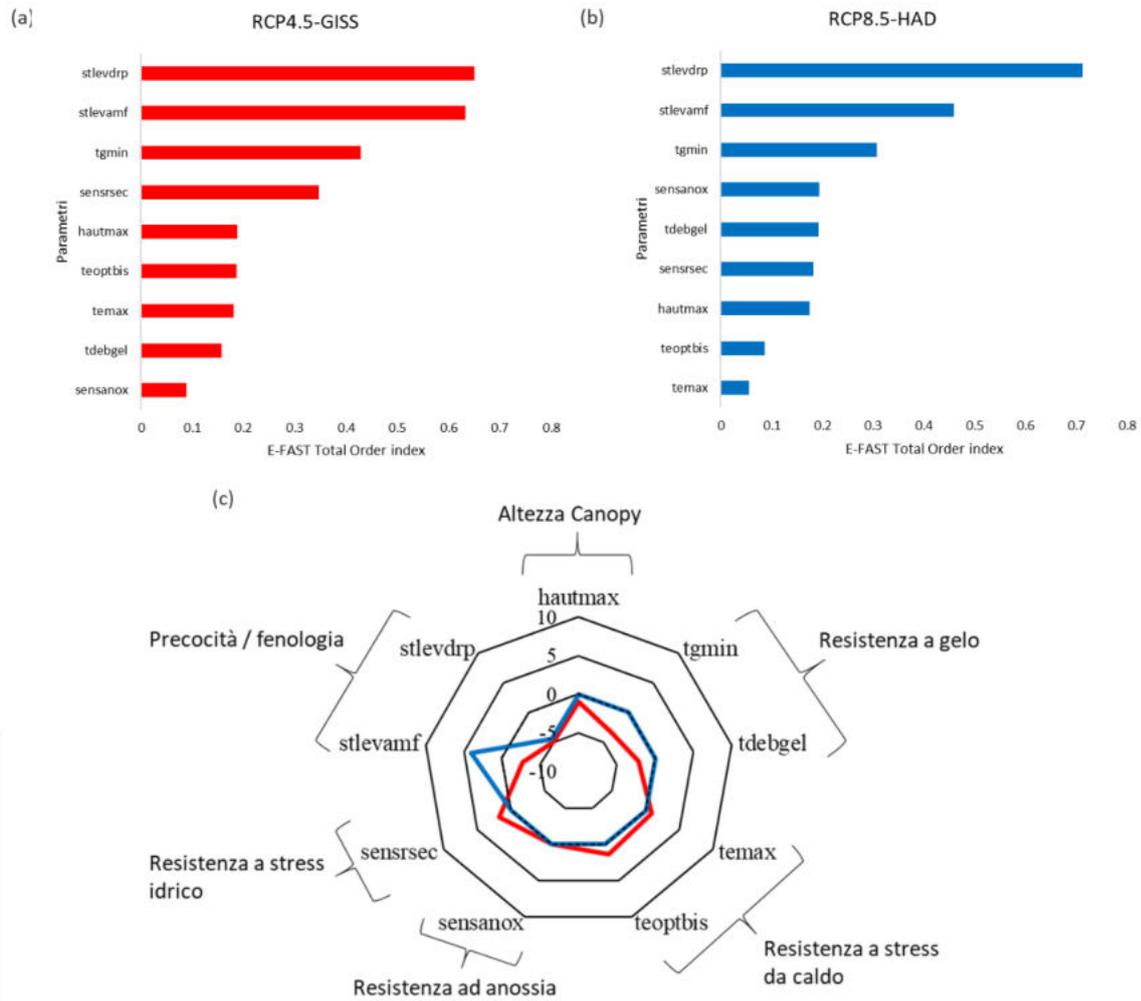


Figura 13. Risultati della sensitivity analysis (a, b) e profilo degli ideotipi (c) per il sito di Piacenza per i diversi scenari climatici analizzati (rosso: RCP 4.5-GISS; blu: RCP 8.5-HAD). Il profilo degli ideotipi è riportato come variazione percentuale dei diversi tratti rispetto alle varietà attuali.

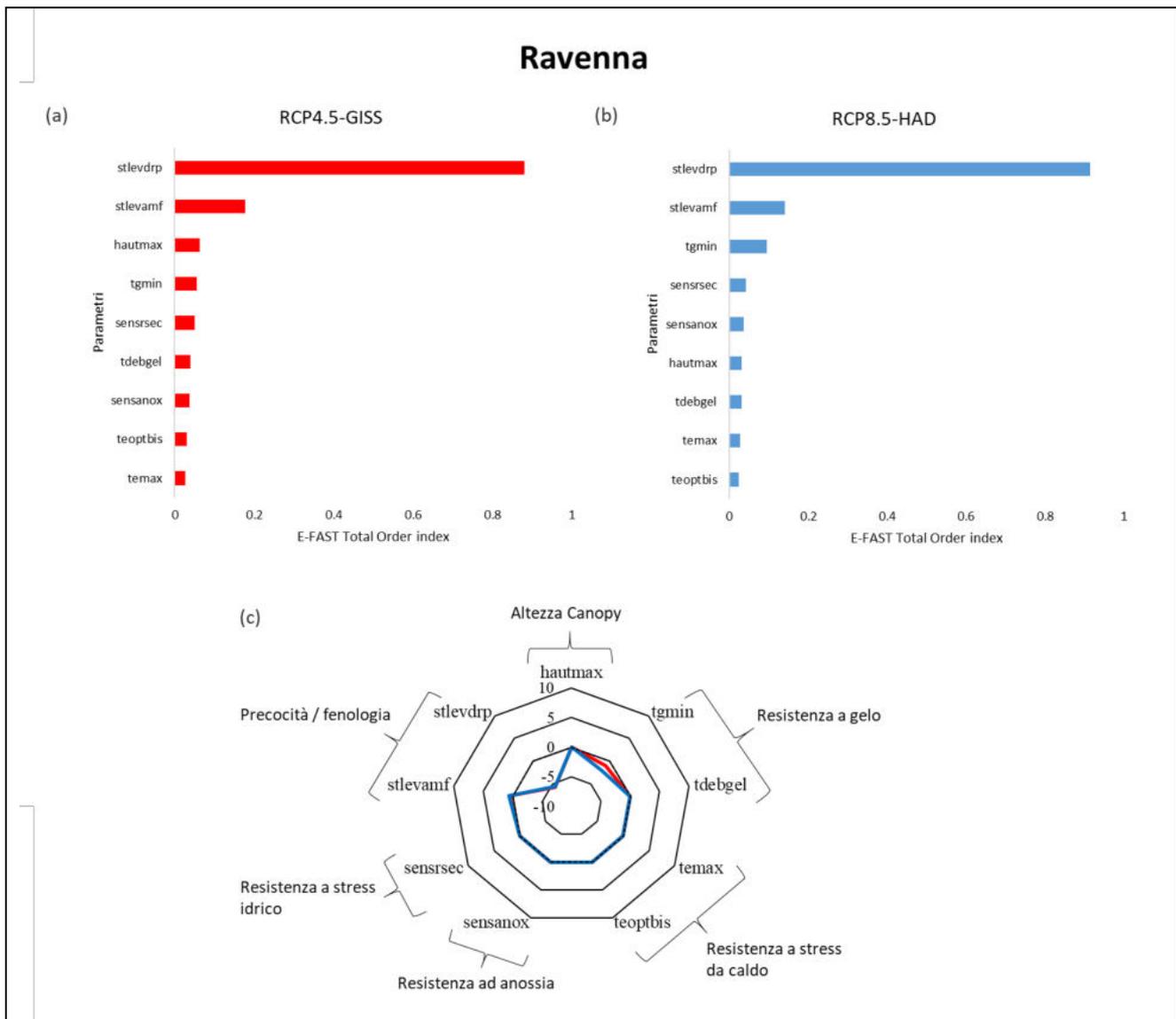


Figura 14. Risultati della sensitivity analysis (a, b) e profilo degli ideotipi (c) per il sito di Ravenna per i diversi scenari climatici analizzati (rosso: RCP 4.5-GISS; blu: RCP 8.5-HAD). Il profilo degli ideotipi è riportato come variazione percentuale dei diversi tratti rispetto alle varietà attuali.

#### Valutazione delle performance produttive degli ideotipi individuati

Per pisello da industria nel sito di Piacenza, l'adozione degli ideotipi in combinazione con l'anticipo delle semine di 15 giorni (Figura 15c) consente da un lato di ridurre le perdite di resa rispetto allo scenario attuale (-1% e -6% rispettivamente nello scenario RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD invece di -3% e -12% della varietà attuale). Inoltre, consente al contempo di migliorare notevolmente l'efficienza irrigua, con variazioni positive che raggiungono il +27% nello scenario più sfavorevole (RCP8.5-HAD).

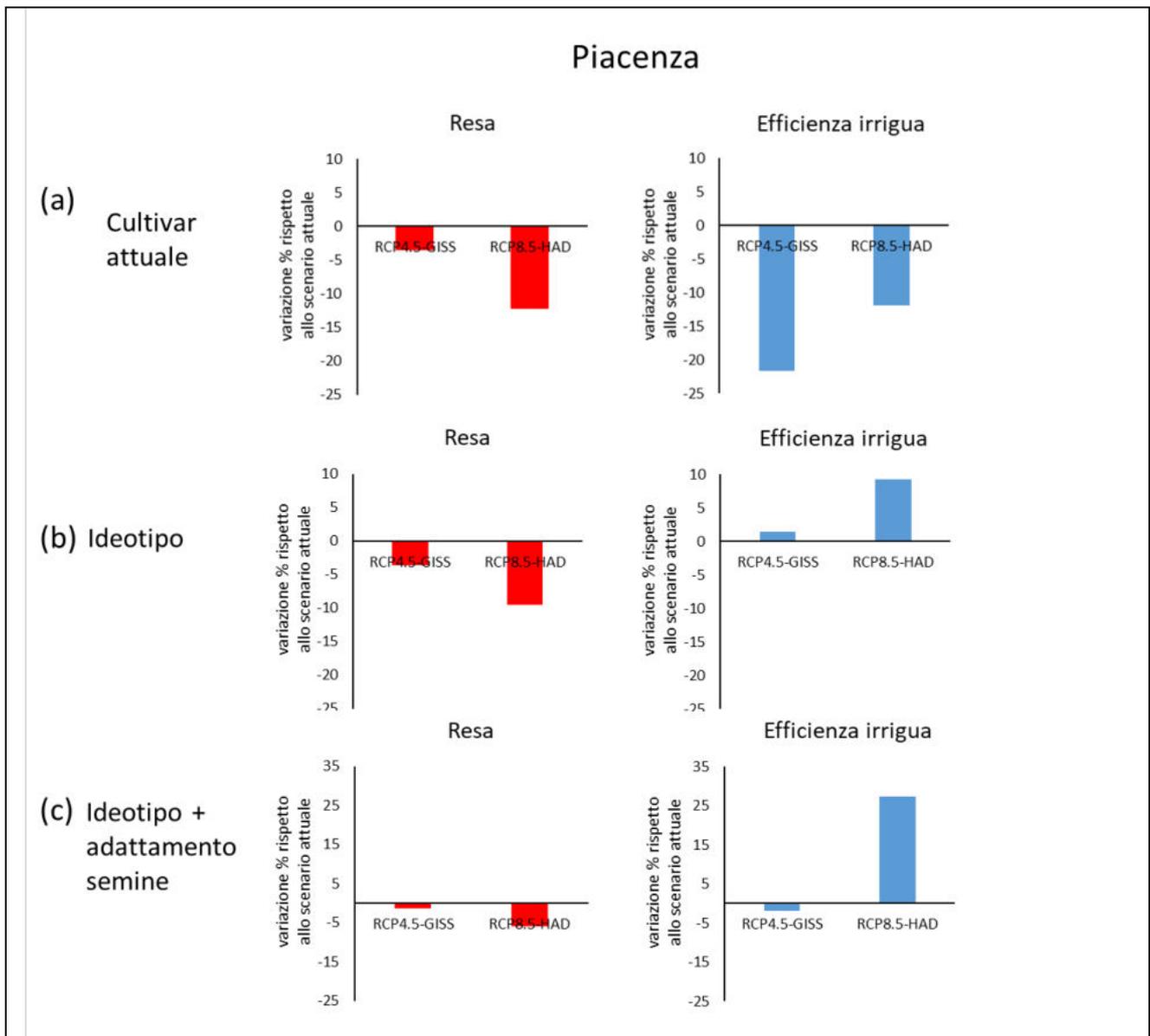


Figura 154. Performance degli ideotipi individuati per pisello da industria nel sito di Piacenza per massimizzare l'efficienza irrigua e minimizzare al contempo le perdite di resa negli scenari climatici attesi nel 2040 (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD) sia considerando le pratiche gestionali attuali (b) che adattate (c). L'impatto dei cambiamenti climatici sulle varietà attuali (a), già valutato nel Task 2, viene riportato a scopo di confronto.

Risultati simili si ottengono per il sito di Ravenna (Figura 16), dove anche in questo caso la sinergia tra strategie di adattamento gestionali e genetiche (Figura 16c) consente di ottenere risultati molto positivi, sia in termini di produttività (+9.5 % e +5% per lo scenario RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD) che, soprattutto, in termini di efficienza dell'uso della risorsa irrigua (+14.5% e +5% invece di -31% e -20% della cultivar attuale).

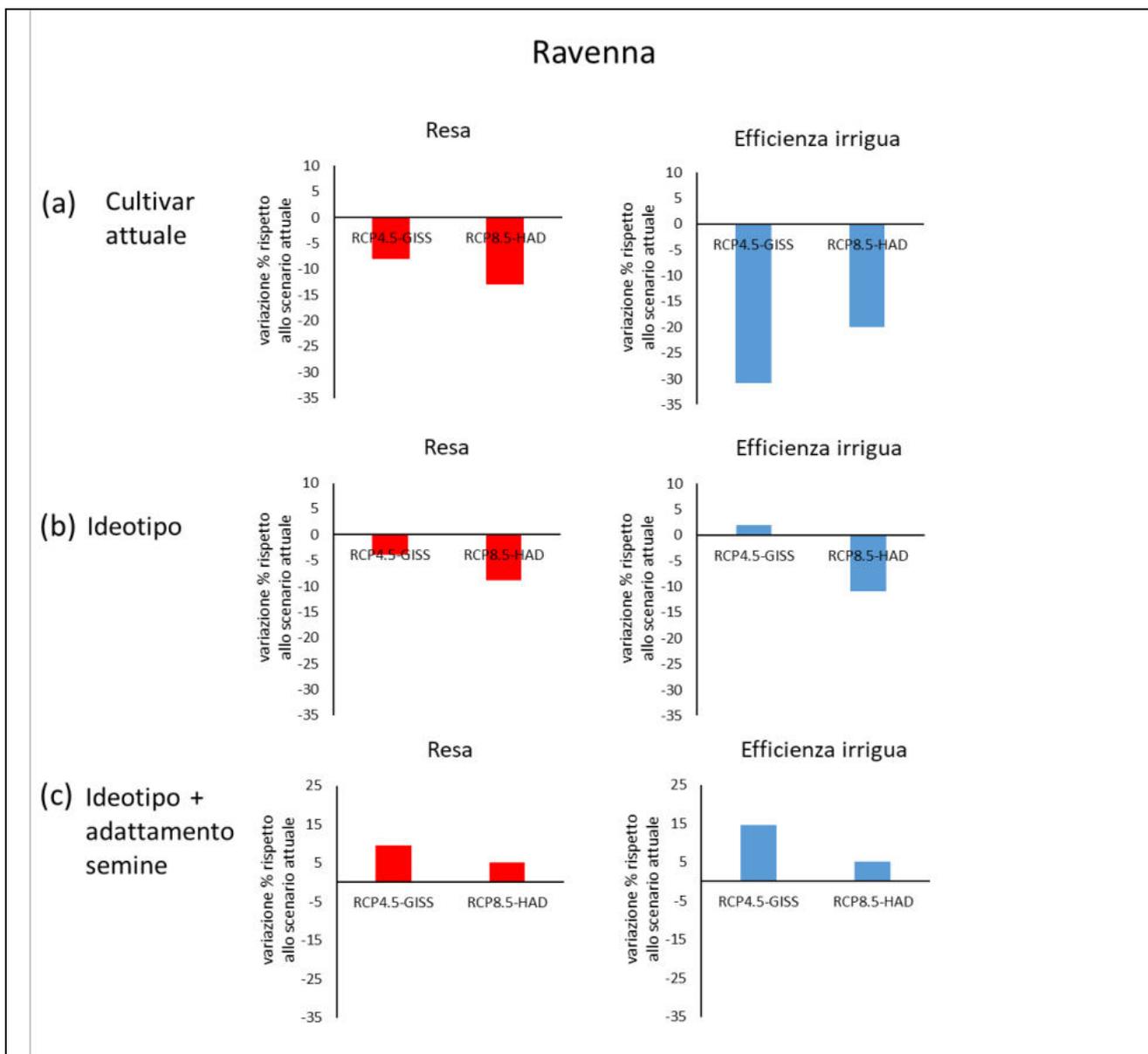


Figura 165. Performance degli ideotipi individuati per pisello da industria nel sito di Ravenna per massimizzare l'efficienza irrigua e minimizzare al contempo le perdite di resa negli scenari climatici attesi nel 2040 (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD) sia considerando le pratiche gestionali attuali (b) che adattate (c). L'impatto dei cambiamenti climatici sulle varietà attuali (a), già valutato nel Task 2, viene riportato a scopo di confronto.

### Mais dolce

#### Caratteristiche degli ideotipi definiti

I tratti considerati per la definizione di ideotipi di mais dolce migliorati per la produttività e l'efficienza irrigua sono riportati in Tabella 12, unitamente ai parametri del modello STICS che li rappresentano.

Tabella 12. Mais dolce: tratti fenotipici d'interesse per il miglioramento genetico della coltura e corrispondenti parametri del modello di simulazione colturale STICS.

Processo	Tratto	Parametro	Unità	Distribuzione	Importanza per il breeding
----------	--------	-----------	-------	---------------	----------------------------

Sviluppo e architettura della copertura vegetale	Coefficiente di estinzione della luce	extin	-	Normale (m: 0.8, s: 0.04)	Mansfield and Mumm, 2014
	Tasso di sviluppo della copertura fogliare	dlaimaxbrut	m <sup>2</sup> area fogliare pianta <sup>-1</sup> °C-d <sup>-1</sup>	Normale (m: 0.0047, s: 0.000235)	Chozin et al. 2017
		pentalimax	-	Normale (m: 3.5, s: 0.175)	Chozin et al. 2017
Sviluppo fenologico	Durata del periodo tra emergenza e inizio riempimento della granella	stlevdrp	°C-d	Normale (m: 750, s: 37.5)	Shelton and Tracy, 2015

Lo studio ha evidenziato come gli ideotipi, sia per semine precoci che tardive (Figura 17 e Figura 18), siano caratterizzato principalmente da un'architettura della pianta migliorata, con foglie più erette (parametro extin) per migliorare l'efficienza d'uso della radiazione a livello di copertura vegetale, e senza eccessivo vigore vegetativo (parametri pentalimax e dlaimaxbrut) per evitare consumi idrici eccessivi dati da un'elevata superficie fogliare traspirante. Inoltre gli ideotipi presentano una fioritura anticipata (parametro stlevdrp), per evitare l'antesi e il riempimento della granella nei mesi caratterizzati dalle condizioni termicamente più sfavorevoli (Figura 1).

### Mais dolce - precoci

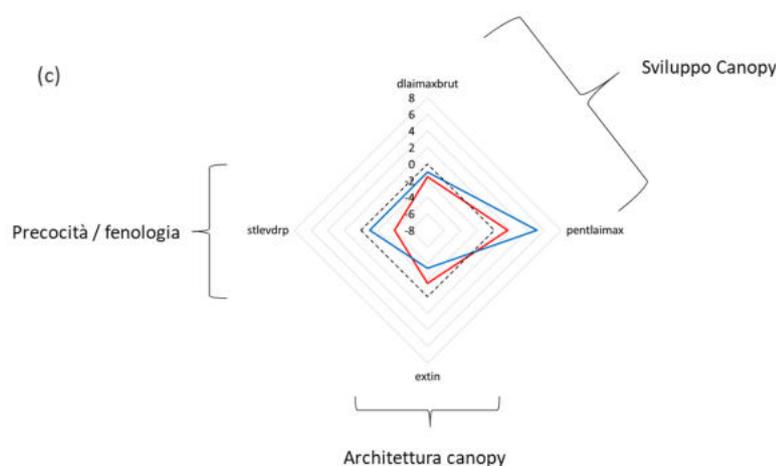
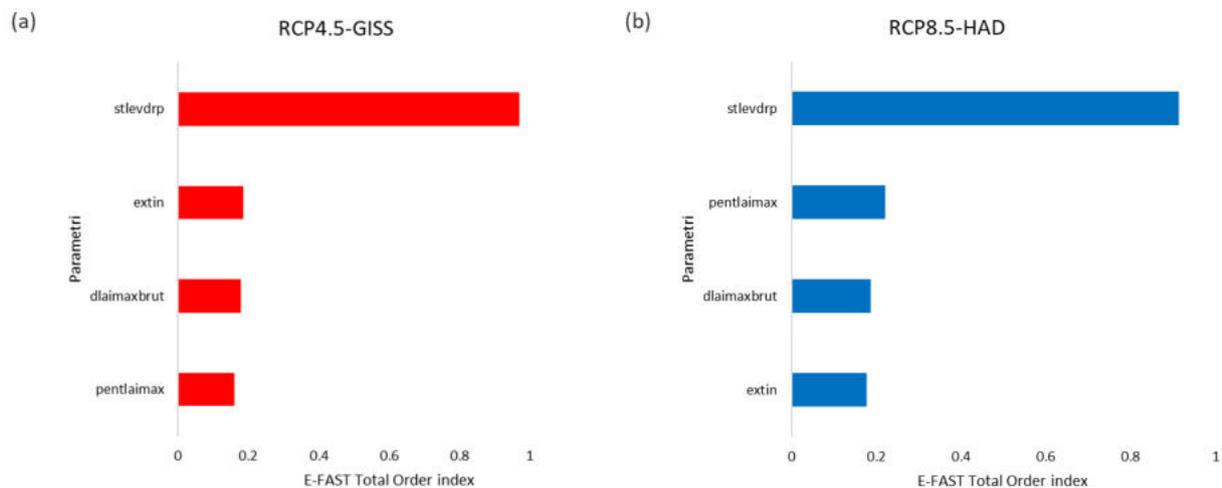


Figura 17. Risultati della sensitivity analysis (a, b) e profilo degli ideotipi (c) definiti per mais dolce per semine precoci per i due scenari climatici analizzati (rosso: RCP 4.5-GISS; blu: RCP 8.5-HAD). Il profilo degli ideotipi è riportato come variazione percentuale dei diversi tratti rispetto alle varietà attuali.

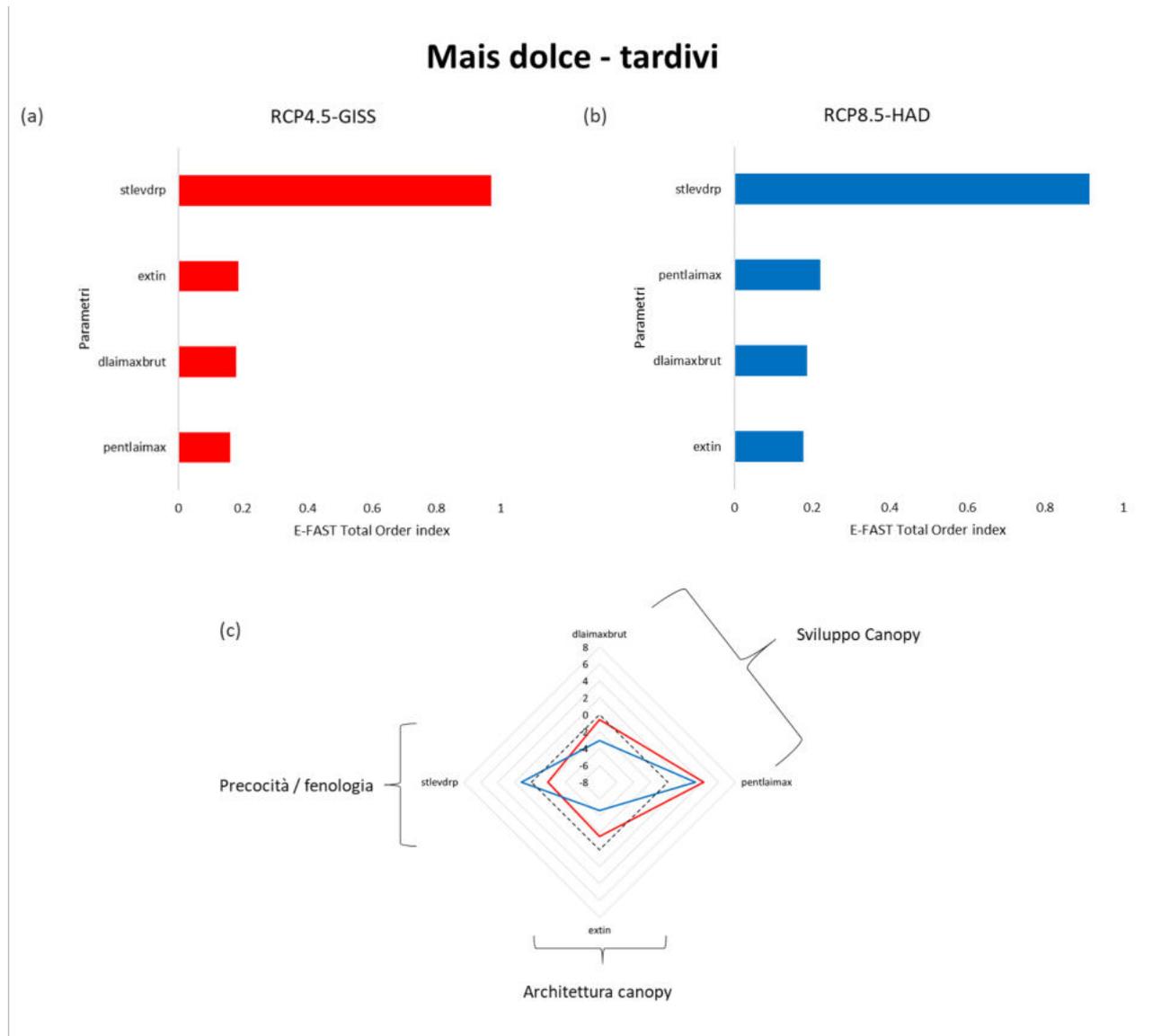


Figura 18. Risultati della sensitivity analysis (a, b) e profilo degli ideotipi (c) definiti per mais dolce per semine tardive per i due scenari climatici analizzati (rosso: RCP 4.5-GISS; blu: RCP 8.5-HAD). Il profilo degli ideotipi è riportato come variazione percentuale dei diversi tratti rispetto alle varietà attuali.

### Valutazione delle performance produttive degli ideotipi individuati

Nel caso di semine precoci l'adozione degli ideotipi consente di migliorare notevolmente le performance di mais dolce, riducendo le perdite di resa in entrambi gli scenari e migliorando l'efficienza irrigua rispetto alle cultivar attuali, anche se un lieve peggioramento rispetto allo scenario attuale è comunque atteso (-4.8% e -1.2% per l'ideotipo nello scenario RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD, rispettivamente, invece di -6.2% e -3.3% delle varietà attuali nei medesimi scenari, Figura 19a). In questo caso, l'anticipo della data di semina (figura 16c) ha effetti positivi sulle

performance produttive ma non sull'efficienza irrigua.

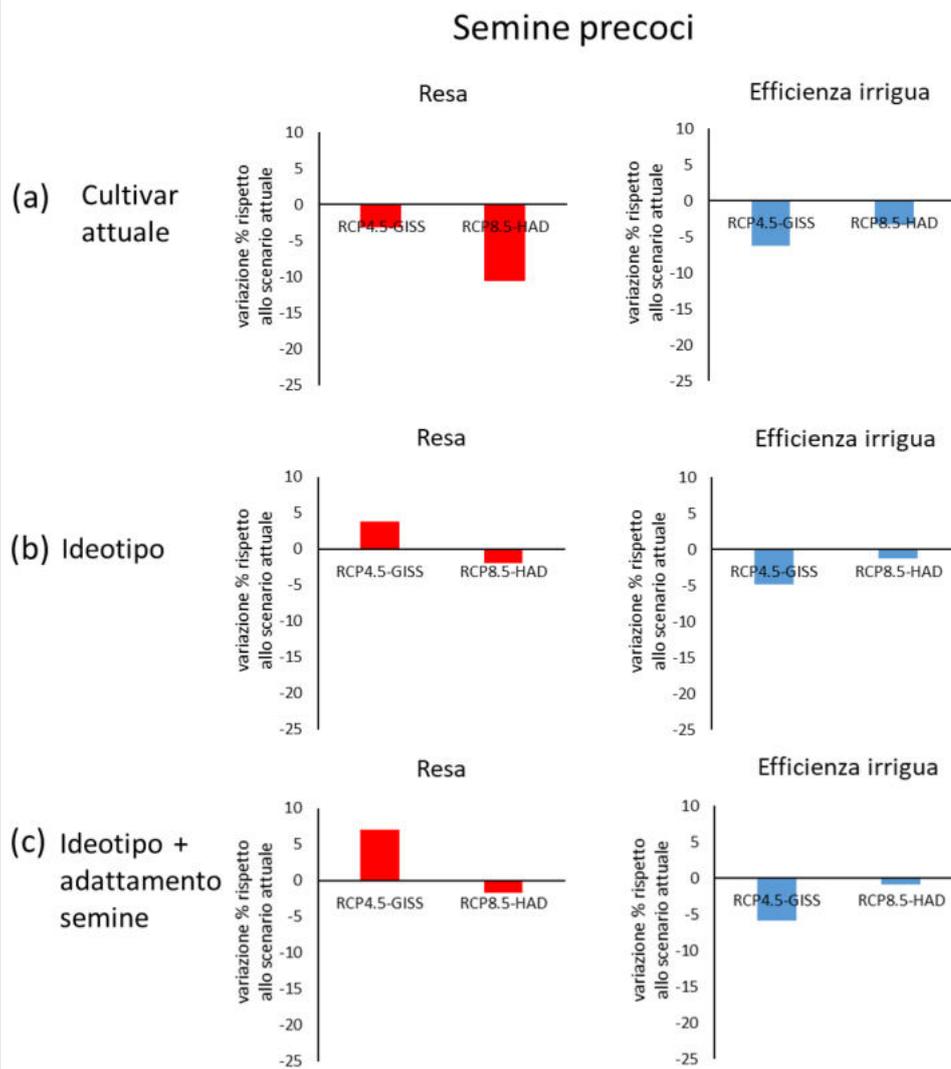


Figura 196. Performance degli ideotipi individuati per mais dolce con semina precoce per massimizzare l'efficienza irrigua e minimizzare al contempo le perdite di resa negli scenari climatici attesi nel 2040 (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD) sia considerando le pratiche gestionali attuali (b) che adattate (c). L'impatto dei cambiamenti climatici sulle varietà attuali (a), già valutato nel Task 2, viene riportato a scopo di confronto.

Risultati simili sono stati ottenuti per mais dolce seminato in epoca tardiva (Figura 20), anche se in questo caso le migliori performance produttive non vengono accompagnate da un miglioramento altrettanto significativo per l'efficienza irrigua. In questo caso, l'adozione di tecniche irrigue più efficienti (e.g. pivot) risulta fondamentale per migliorare l'efficienza irrigua del sistema culturale.

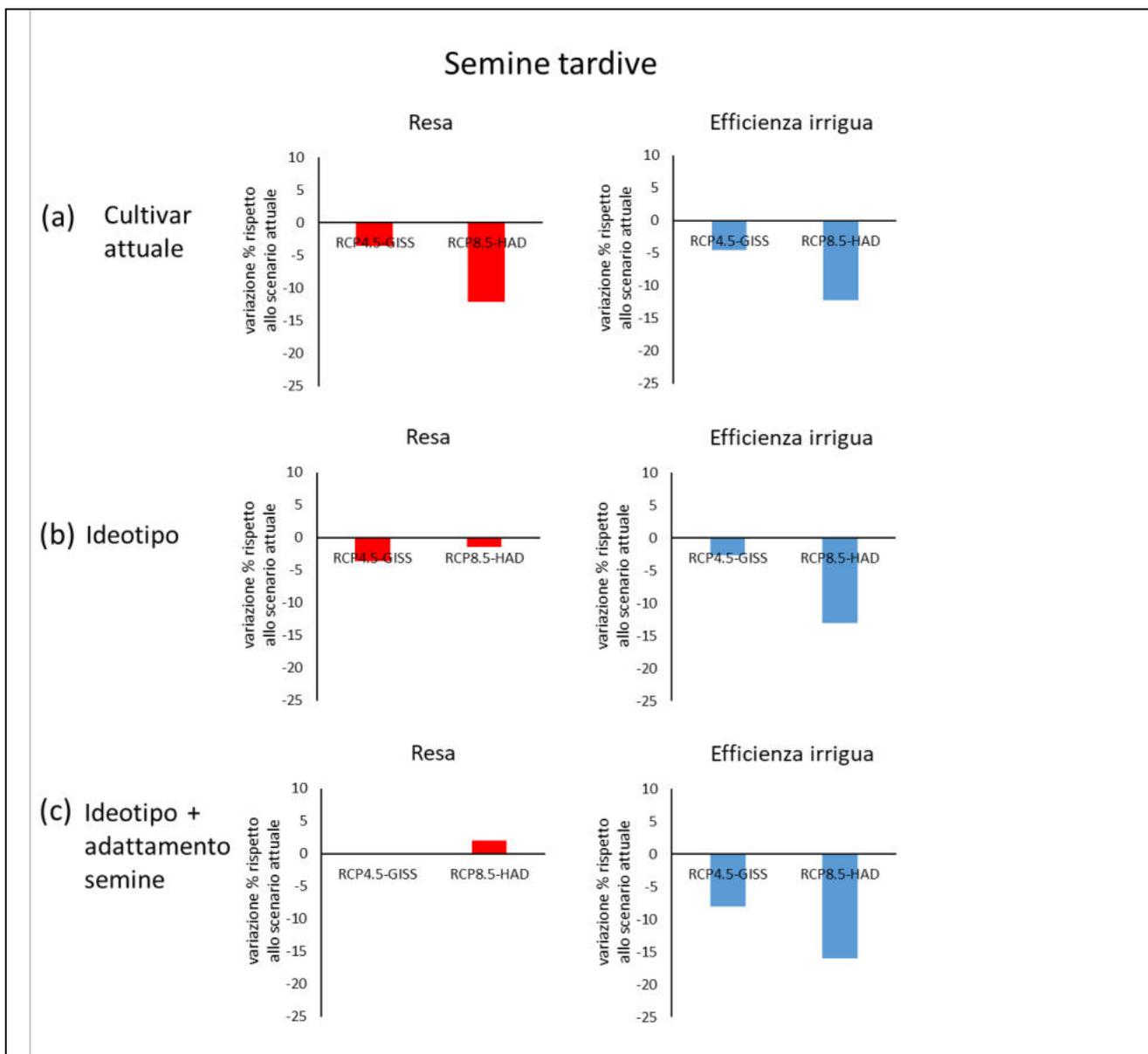


Figura 207. Performance degli ideotipi individuati per mais dolce con semina tardiva per massimizzare l'efficienza irrigua e minimizzare al contempo le perdite di resa negli scenari climatici attesi nel 2040 (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD) sia considerando le pratiche gestionali attuali (b) che adattate (c). L'impatto dei cambiamenti climatici sulle varietà attuali (a), già valutato nel Task 2, viene riportato a scopo di confronto.

### Pomodoro da industria

#### Caratteristiche degli ideotipi definiti

In Tabella 13 vengono riportati i tratti e i parametri utilizzati nello studio di ideotyping per pomodoro da industria.

Tabella 13. Pomodoro da industria: tratti fenotipici d'interesse per il miglioramento genetico della coltura e corrispondenti parametri del modello di simulazione colturale STICS.

Processo	Tratto	Parametro	Unità	Distribuzione	Importanza per il breeding
Formazione dei componenti	Massima allocazione di fotosintetati ai frutti	allocfrmax	-	Normale (m: 0.81, s: 0.0405)	Zhen et al. 2010
	Numero massimo di frutti	nboite		Normale	Rashwan, 2015.

della resa				(m: 8, s: 0.4)	
		nbinflo		Normale (m: 12, s: 0.6)	
Sviluppo e architettura della copertura vegetale	Coefficiente di estinzione della luce	extin	-	Normale (m: 0.8, s: 0.04)	Sarlikioti et al. 2011
	Tasso di sviluppo della copertura fogliare	dlaimaxbrut	m <sup>2</sup> area fogliare pianta <sup>-1</sup> °C-d <sup>-1</sup>	Normale (m: 0.006, s: 0.0003)	
		pentaimax	-	Normale (m: 5, s: 0.25)	
	Altezza pianta	hautmax	m	Normale (m: 0.6, s: 0.03)	McKenzie, 2014
Sviluppo fenologico	Durata del periodo tra trapianto e inizio maturazione primi frutti	stlevdrp	°C-d	Normale (m: 280, s: 14)	Bhardwaj and Pal., 2018
	Tempo necessario per lo sviluppo dei frutti (da allegagione e maturazione)	dureefruit	°C-d	Normale (m: 1150, s: 57.5)	
	Durata del periodo di allegagione (tra inizio fioritura e fine allegagione)	stdrpnou	°C-d	Normale (m: 380, s: 19)	
Tolleranza a stress abiotici	Tolleranza allo stress idrico	sensrsec	-	Normale (m: 0.8, s: 0.04)	
		psisto	bar	Normale (m: 12, s: 0.6)	
		psiturg	bar	Normale (m: 3, s: 0.15)	
	Risposta alle alte temperature	tmaxremp	°C	Normale (m: 37, s: 1.85)	Kuan-Hung, et al 2006; Zhou et al., 2019
		temax	°C	Normale (m: 32, s: 1.6)	
		tcmx	°C-d	Normale (m: 33, s: 1.65)	
Risposta alle basse temperature	tminremp	°C	Normale (m: 10, s: 0.5)		
	temin	°C	Normale (m: 10, s: 0.5)		

Per quanto riguarda i profili degli ideotipi ottenuti per i trapianti precoci (Figure 21 e 22), i risultati ottenuti per entrambi i siti di Piacenza e Ravenna evidenziano come una minore scalarità nello sviluppo dei frutti (parametro nboite) e una maggiore durata del periodo di riempimento della bacca (parametro dureefruit) – necessaria a compensare gli effetti negativi dati da un accumulo di tempo termico più rapido a causa dell’aumento delle temperature – siano fondamentali per mitigare gli effetti negativi degli incrementi termici attesi nel medio termine sulla produttività del pomodoro. Inoltre, gli ideotipi si caratterizzano per una maggiore tolleranza alle alte temperature (parametro temax) e allo stress idrico (parametri psisto e sensrsec).

## Piacenza - precoci

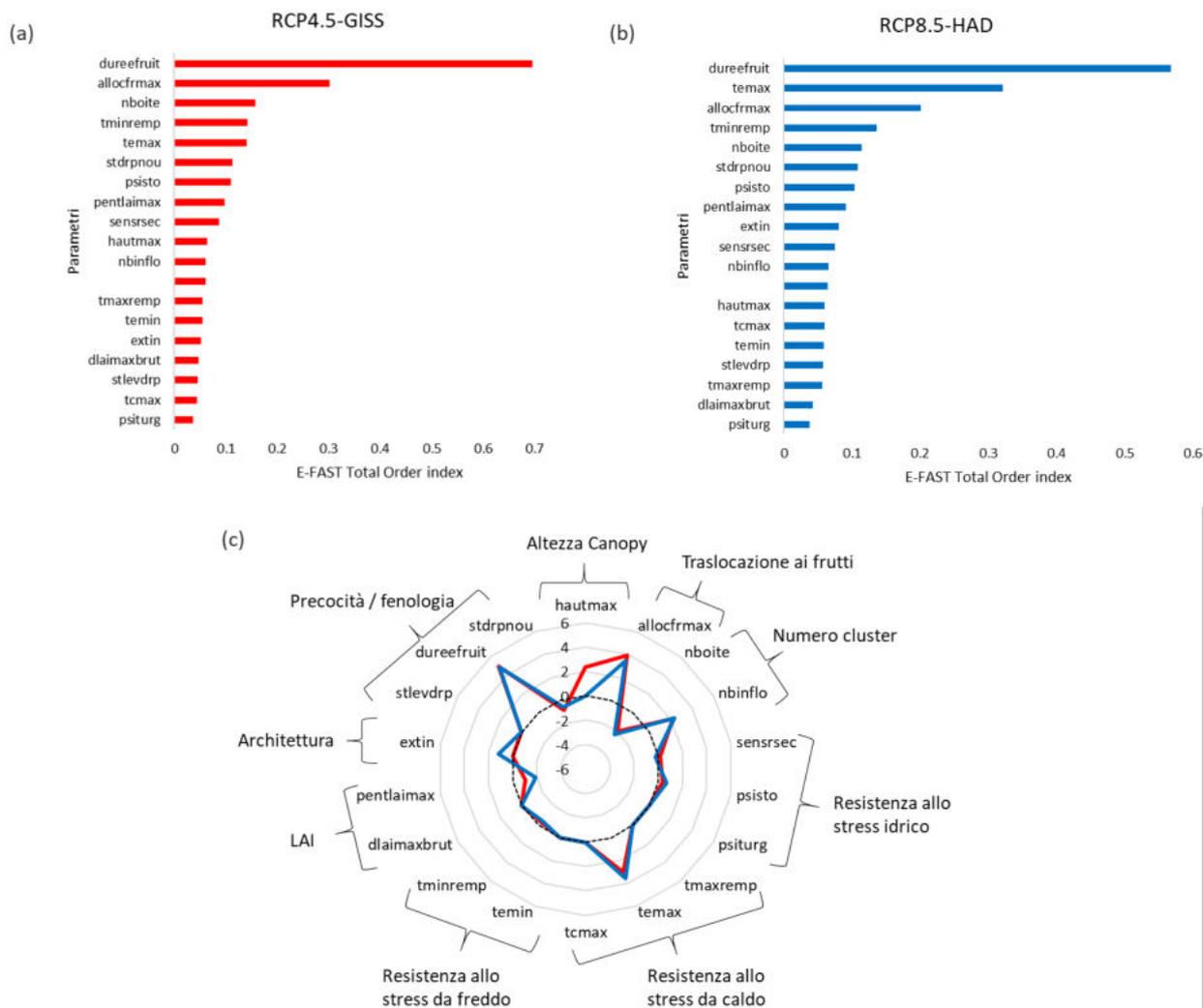


Figura 21. Pomodoro da industria, trapianto precoce: risultati della sensitivity analysis (a, b) e profilo degli ideotipi (c, d) nel sito di Piacenza nei diversi scenari climatici (rosso: RCP 4.5-GISS; blu: RCP 8.5-HAD). Il profilo degli ideotipi è riportato come variazione percentuale dei diversi tratti rispetto alle varietà attuali.

## Ravenna - precoci

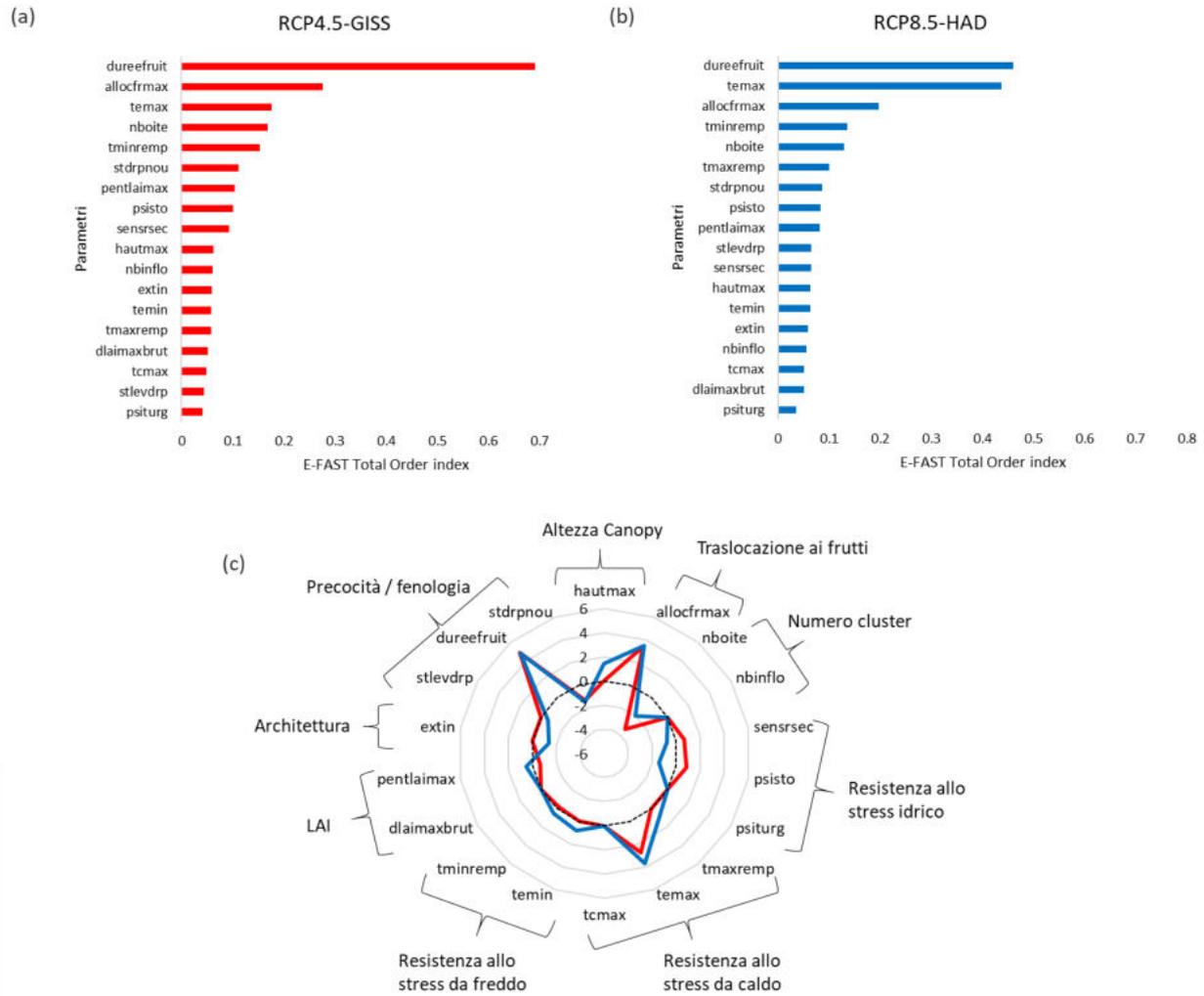


Figura 22. Pomodoro da industria, trapianto precoce: risultati della sensitivity analysis (a, b) e profilo degli ideotipi (c, d) nel sito di Ravenna nei diversi scenari climatici (rosso: RCP 4.5-GISS; blu: RCP 8.5-HAD). Il profilo degli ideotipi è riportato come variazione percentuale dei diversi tratti rispetto alle varietà attuali.

Risultati simili soprattutto in termini di caratteristiche principali degli ideotipi sono stati ottenuti anche per i trapianti tardivi (Figura 23 e24), anche se in questo caso risulta più marcato il miglioramento suggerito per la tolleranza alle alte temperature (parametro temax), allo stress idrico (parametri psisto e sensrsec).

## Piacenza - tardivi

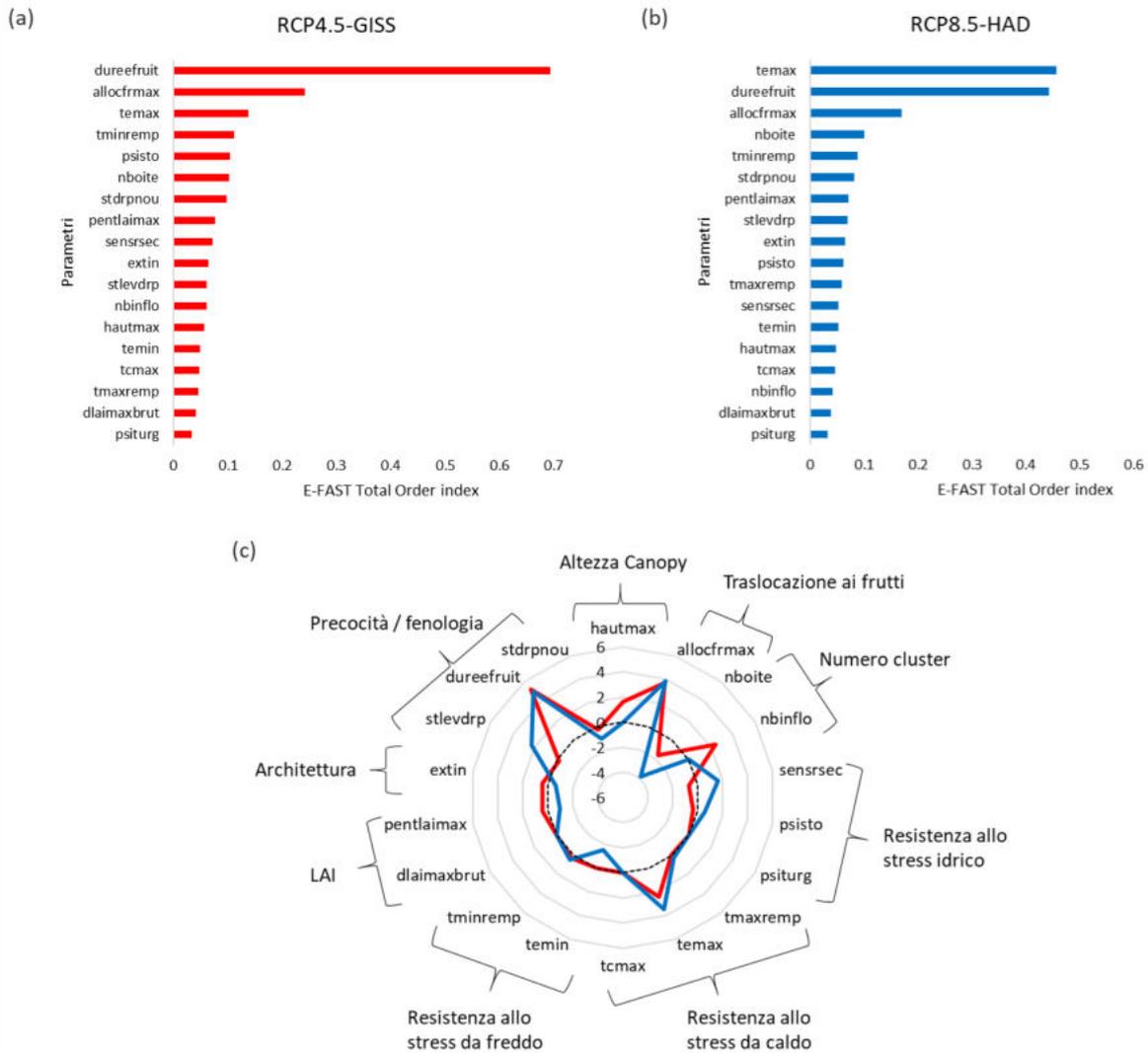


Figura 23. Pomodoro da industria, trapianto tardivo: risultati della sensitivity analysis (a, b) e profilo degli ideotipi (c, d) nel sito di Piacenza nei diversi scenari climatici (rosso: RCP 4.5-GISS; blu: RCP 8.5-HAD). Il profilo degli ideotipi è riportato come variazione percentuale dei diversi tratti rispetto alle varietà attuali.

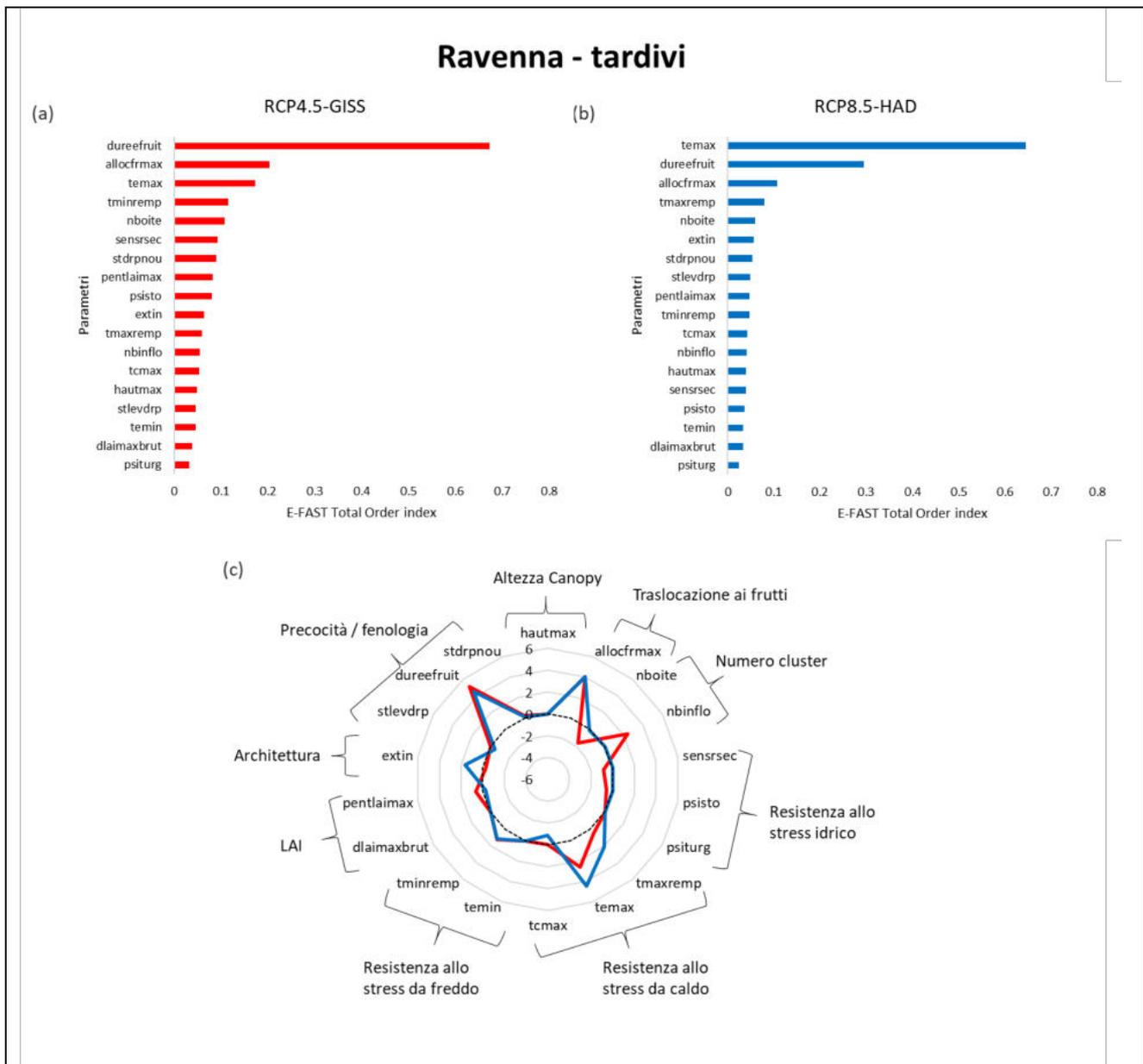


Figura 24. Pomodoro da industria, trapianto tardivo: risultati della sensitivity analysis (a, b) e profilo degli ideotipi (c, d) nel sito di Ravenna nei diversi scenari climatici (rosso: RCP 4.5-GISS; blu: RCP 8.5-HAD). Il profilo degli ideotipi è riportato come variazione percentuale dei diversi tratti rispetto alle varietà attuali.

#### Valutazione delle performance produttive degli ideotipi individuati

Nel caso di trapianti precoci, l'adozione degli ideotipi proposti consente di ridurre le perdite di resa previste negli scenari futuri (Figura 25), anche se non è possibile colmare del tutto il gap di resa nel caso dello scenario più sfavorevole (RCP8.5-HAD, variazione di resa attesa per l'ideotipo pari a -7.7% invece di -13.8% nel caso della varietà attuale nel sito di Piacenza).

Per i trapianti precoci non si osserva nessun vantaggio produttivo dato dall'anticipo della data di trapianto, mentre è fortemente auspicabile l'adozione di sistemi irrigui a maggiore efficienza rispetto a quello testati (aspersione con rotolone). Le simulazioni effettuate hanno infatti evidenziato come il fattore acqua sia uno dei più limitanti le rese di pomodoro da industria negli scenari futuri, a causa delle variazioni termiche e pluviometriche attese. Pertanto, sistemi irrigui più efficienti possono consentire di migliorare lo status idrico della coltura senza al contempo

incrementare il consumo lordo di risorsa idrica.

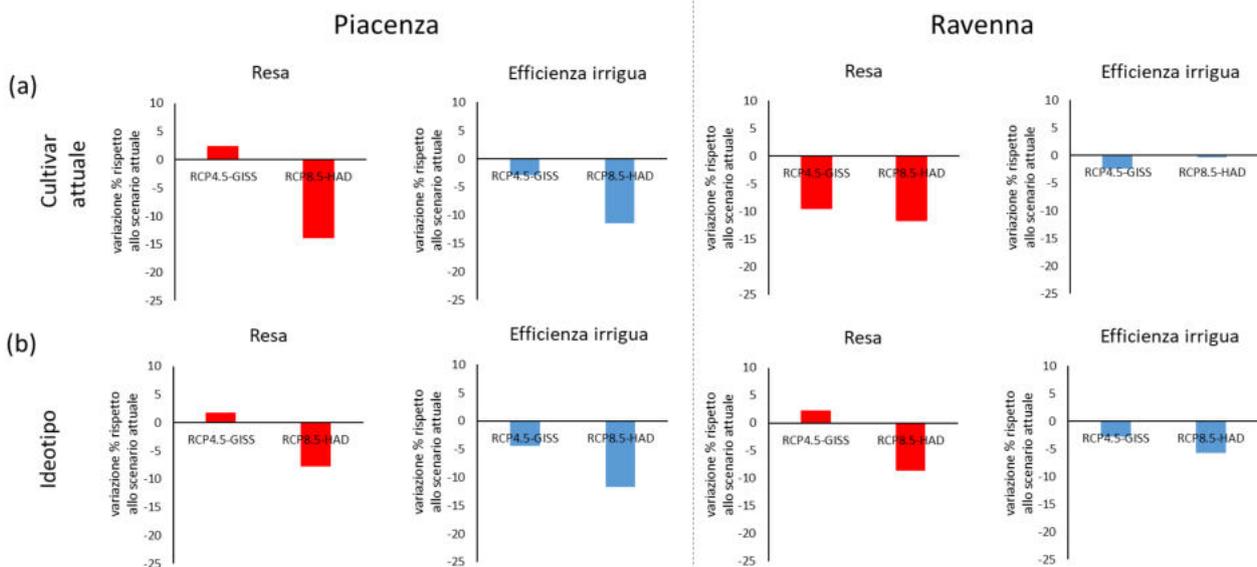


Figura 25. Performance degli ideotipi individuati per pomodoro da industria con trapianto precoce per massimizzare l'efficienza irrigua e minimizzare al contempo le perdite di resa negli scenari climatici attesi nel 2040 (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD) considerando le pratiche gestionali attuali (b). L'impatto dei cambiamenti climatici sulle varietà attuali (a), già valutato nel Task 2, viene riportato a scopo di confronto.

Queste considerazioni valgono in modo più marcato nel caso dei trapianti tardivi (Figura 26), per i quali il fattore acqua diventa ancor più cruciale. In questo caso, l'adozione degli ideotipi e l'anticipo dei trapianti consente infatti di ottenere miglioramenti rispetto a quanto si otterrebbe con le cultivar e la gestione attuale (e.g. nel sito di Piacenza, resa pari a +4% e -20.7% nello scenario RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD invece di -6.2% e -30% della varietà attuale), ma non di evitare perdite produttive rispetto allo scenario attuale. E' da sottolineare come l'anticipo della data di trapianto apporti dei benefici significativi solo nel sito di Ravenna, mentre in quello di Piacenza si osserva una migliore efficienza irrigua nel caso si semine non anticipate (Figura 26b).

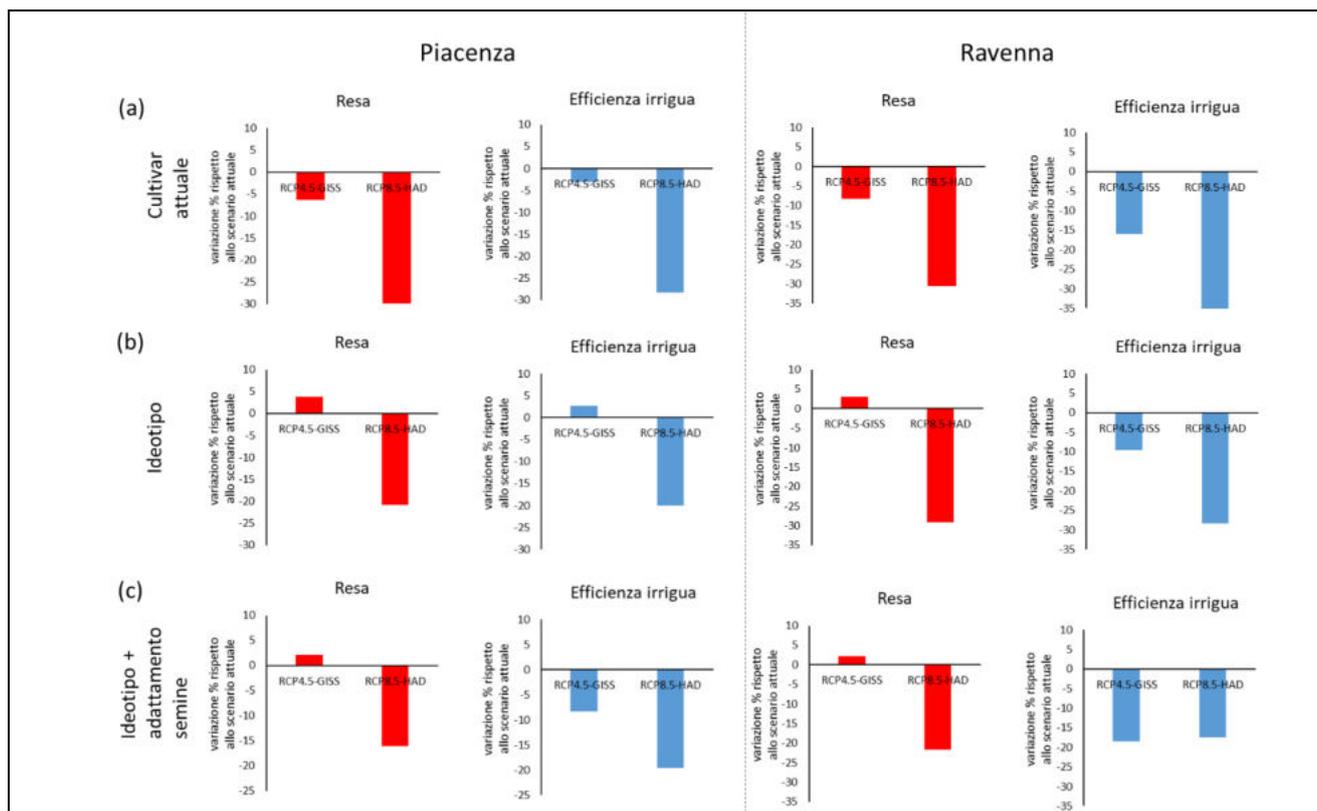


Figura 26. Performance degli ideotipi individuati per pomodoro da industria con trapianto tardivo per massimizzare l'efficienza irrigua e minimizzare al contempo le perdite di resa negli scenari climatici attesi nel 2040 (RCP4.5-GISS e RCP8.5-HAD) sia considerando le pratiche gestionali attuali (a) che adattate (b). L'impatto dei cambiamenti climatici sulle varietà attuali (a), già valutato nel Task 2, viene riportato a scopo di confronto.

## Task 5: Prove su campo

### 5.1 Descrizione dei campi sperimentali

Agli scopi di adattare il modello colturale scelto dal task1 ai contesti specifici e di validare il sistema diagnostico per la stima dei fabbisogni nutrizionali delle coltivazioni (AZIONE 5) sono state effettuate sperimentazioni in campo dedicate per tutte e quattro le colture di interesse: borlotto, pisello da industria, mais dolce e pomodoro da industria.

I siti sperimentali sono stati in tutto 24 (Figura 27, Tabella 14) dislocati in tutta l'area studio, e hanno riguardato le aziende agricole direttamente coinvolte nel progetto, i campi sperimentali messi a disposizione da Conserve Italia e, in un caso (Mais dolce 2019), l'area sperimentale presso l'Università degli Studi di Milano.

Nei paragrafi successivi vengono specificati per ogni coltura i disegni sperimentali, le variabili raccolte e le procedure di acquisizione.

Tabella 14. Siti sperimentali e anno in cui si è svolta l'attività sperimentale per le quattro colture oggetto di studio. L'identificativo del sito è il medesimo riportato in Figura 27.

Coltura	Anno	Longitudin		id	Comune
		e	Latitudine		
Fagiolo	2017	45.11684	9.96511	F1	Castelvetro Piacentino (PC)
Fagiolo	2017	44.99935	9.63850	F2	Gossolengo (PC)

Fagiolo	2017	45.08534	9.67013	F3	Guardamiglio (LO)
Fagiolo	2016	44.88000	11.97000	F4	Jolanda di Savoia (FE)
Fagiolo	2018	44.55000	11.41000	F5	Cadriano (BO)
Pisello	2016	44.32000	12.08000	P1	San Pietro in Trento (RA)
Pisello	2016	45.08000	9.69000	P2	San Rocco al Porto (LO)
Pisello	2016	45.02000	12.04000	P3	Adria (Spin) (RO)
Pisello	2016	44.88000	11.98000	P4	Jolanda di Savoia (FE)
Pisello	2016	44.32000	12.08000	P5	San Pietro in Trento (RA)
Pisello	2016	45.08000	9.69000	P6	San Rocco al Porto (LO)
Pisello	2017	44.92000	9.96000	P7	Alseno (PC)
Pisello	2017	44.93000	9.94000	P8	Bagnolo (CR)
Pisello	2017	45.08000	9.69000	P9	San Rocco al Porto (LO)
Mais Dolce	2016	44.92200	9.95600	M1	Alseno (PC)
Mais Dolce	2016	45.07700	9.68700	M2	San Rocco al Porto(LO)
Mais Dolce	2017	45.14400	9.66600	M3	Monticchie (LO)
Mais Dolce	2017	45.09200	9.65800	M4	San Rocco al Porto (LO)
Mais Dolce	2018	44.55000	11.41000	M5	Cadriano (BO)
Mais Dolce	2019	45.48000	9.23000	M6	Milano (MI)
Pomodoro	2017	44.62000	12.06000	T1	Longastrino (FE)
Pomodoro	2017	44.85300	12.16100	T2	Pontelangorino (FE)
Pomodoro	2018	44.63100	12.02600	T3	Comacchio (FE)
Pomodoro	2018	44.81700	12.22800	T4	Pomposa (FE)

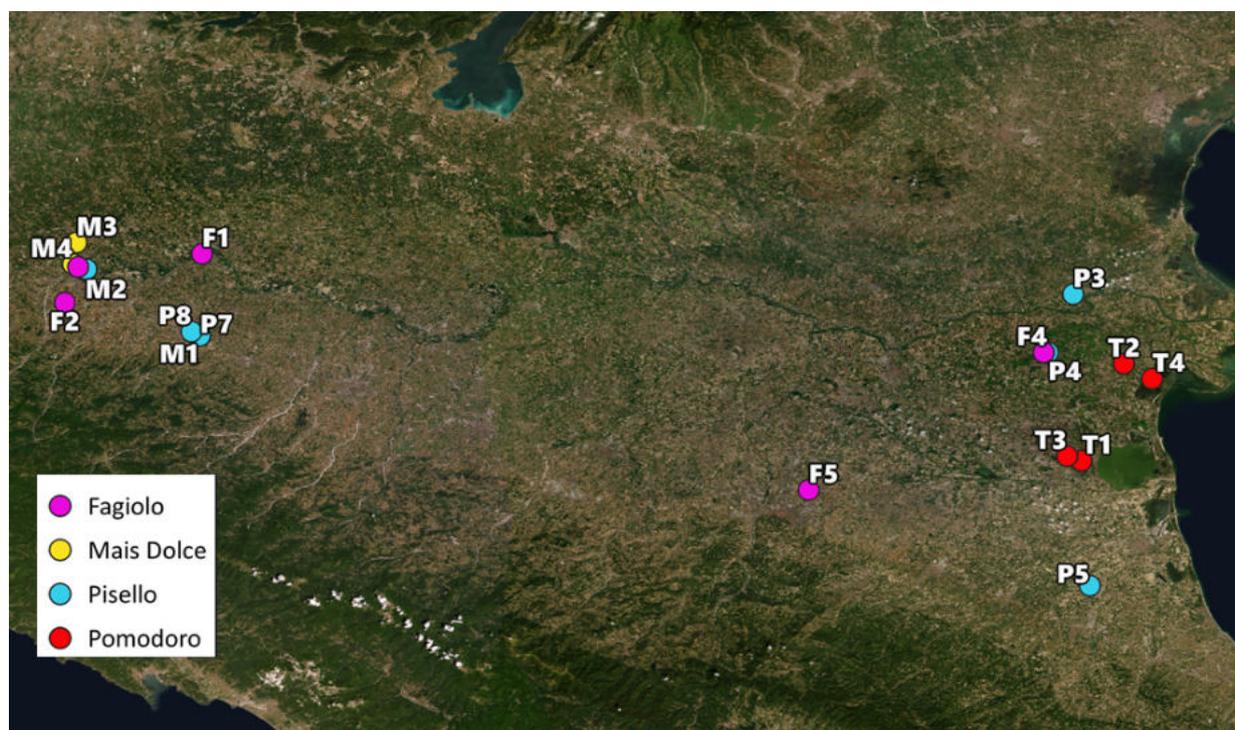


Figura 27. Localizzazione dei siti sperimentali per pisello (P), fagiolo borlotto (F), mais dolce (M) e pomodoro (T).

### **Pisello da industria**

Le prove sperimentali condotte durante la stagione 2016 hanno riguardato sei campi distribuiti all'interno dell'area di studio, nello specifico: San Pietro in Trento (RA) (P1; 44.32° N, 12.08° E),

San Rocco al Porto (PC) (P2; 45.08° N, 9.69° E), Adria (RO) (P3; 45.02° N, 12.04° E), Jolanda di Savoia (P4; 44.88° N, 11.98° E), San Pietro in Trento (RA) (P5; 44.32° N, 12.08° E), San Rocco al Porto (PC) (P6; 45.08° N, 9.69° E). Sono state considerate due differenti varietà: Waverex, nelle aziende P3, P5 e P6, e Wolf, nelle aziende P1, P2 e P4. Le semine, distribuite su un arco di tempo di 15 giorni, sono state effettuate dall'01/04 (P4), al 15/04 (P5); gli altri eventi di semina sono stati registrati i seguenti giorni: 09/04 (P3), 11/04 (P6), 12/04 (P2), 13/04 (P1).

La misurazione delle variabili relative alla biomassa secca dei differenti organi della pianta (culmi, foglie, organi riproduttivi), alla biomassa totale, e all'avanzamento fenologico della coltura in campo è stata effettuata in tutti gli appezzamenti menzionati in quattro eventi, corrispondenti a precisi stadi fenologici: estensione internodi (BBCH 30-39), fioritura (BBCH 59-68), inizio sviluppo baccelli (BBCH 69-72), maturazione commerciale (BBCH 74-77, con grado tenderometrico compreso tra 80 e 105).

Per la stagione 2017, sono stati individuati tre campi sperimentali situati ad: Alseno (PC, 44.92° N, 9.96° E), Bagnolo (PC, 44.93° N, 9.94° E) e San Rocco al Porto (LO, 45.09° N, 9.66° E). La semina è stata eseguita il 13/03/2017 ad Alseno, il 15/03/2017 a Bagnolo e il 23/03/2017 a San Rocco al Porto. In tutti i siti è stata seminata la varietà "Wolf".

I campionamenti sono effettuati in tre macroaree omogenee per ciascun campo. Le uscite sperimentali sono state eseguite nei giorni 24/04/2017 e 18/06/2017.

Le variabili misurate sono state: biomassa secca totale (aerea), biomassa secca dei culmi, delle foglie e degli organi riproduttivi, sviluppo fenologico, indice di area fogliare LAI, area fogliare specifica SLA, altezza della canopy, numero di foglie, numero di diramazioni, numero di infiorescenze e lunghezza del culmo principale.

Per la descrizione dettagliata dei protocolli di misura adottati per le diverse variabili vedere paragrafo 5.2.

### **Borlotto**

I rilievi necessari a calibrare e validare il modello STICS per borlotto per il Task 3 e 4, nel 2016 sono stati effettuati in un unico campo sperimentale (semina 30/04/2016) localizzato a Jolanda di Savoia (FE), in quattro eventi: 30/05/2016, 06/06/2016, 23/06/2016, 13/07/2016, corrispondenti rispettivamente allo stadio fenologico BBCH 15, BBCH 55, BBCH 65 e BBCH 89.

Per quanto riguarda il 2017, l'attività sperimentale ha invece riguardato tre campi sperimentali, situati a: Castelvetro Piacentino (PC, 45.12° N, 9.97° E), Gossolengo (PC, 45.00° N, 9.63° E) e Guardamiglio (LO, 45.13° N, 9.65° E). Le semine sono state effettuate in data 14/05/2017 per Gossolengo e Guardamiglio e 18/05/2017 per Castelvetro Piacentino. In tutte le aziende è stata seminata la varietà "Etna". Come per pisello da industria le misurazioni sono state effettuate in tre macro-aree individuate in modo randomizzato all'interno di ogni campo sperimentale. La raccolta dei dati è stata condotta in quattro momenti del ciclo colturale: 30/05/2017, 15/06/2017, 27/06/2017 e 11/07/2017. Le variabili misurate sono state le medesime campionate per pisello da industria con l'aggiunta della lunghezza dei baccelli, del numero di semi per pianta, del numero di semi per baccello e del peso dei semi.

Nel 2018, sono stati effettuati invece dei rilievi presso il campo varietale di Cadriano (BO, Figura 28), allo scopo di derivare ulteriori dati necessari alla definizione e valutazione di ideotipi di borlotto (Task 4).

Per la descrizione dettagliata dei protocolli di misura adottati per le diverse variabili vedere paragrafo 5.2.

		4C	3C	2C	1C	BB		<b>ID</b>	<b>Varieta'</b>
10								1	ETNA
		2B	3B	4B	5B	BB		2	Taylor's
9								3	Meccearly
		1B	7R	6R	5R	BB		4	Meccano
8								5	Magico
		1R	2R	3R	4R	BB		6	17B916
7								7	17B917
		29	28	27	26	BB		8	17B919
6								9	17B921
		21	22	23	24	25		10	17B923
5								11	17B925
		20	19	18	17	16		12	18B978
4								13	17B927
		11	12	13	14	15		14	18B983
3								15	18B984
		10	9	8	7	6		16	18B987
2								17	17B931
		1	2	3	4	5		18	18B989
1								19	18B992
	1	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	1	20	18B994
								21	18B993
								22	18B995
								23	18B996
								24	18B998
								25	18B999
								26	18B1002
								27	18B988
								28	18B997
								29	18B1000

Figura 28. Campo varietale di mais dolce di Cadriano (BO) nel 2018.

### Mais dolce

Le sperimentazioni sono state condotte negli anni 2016, 2017, 2018 e 2019 nelle seguenti località:

- Alseno (PC) e San Rocco al Porto (LO) nel 2016;
- Somaglia (LO) e San Rocco al Porto (LO) nel 2017;
- Cadriano (BO) nel 2018;
- Milano (MI) nel 2019;

In entrambi i siti del 2016 sono state seminate le varietà GSS8529 e OVERLAND e GSS1477 (Syngenta), mentre le varietà GSS8529 e OVERLAND sono state adottate nel 2017; nel 2019 la varietà coltivata è stata GSS1477.

Le semine sono state effettuate il 28/04/2016 a Alseno; il 19/06/2016 a San Rocco al Porto (2016); il 23/04/2017 a Somaglia; il 09/05/2017 a San Rocco al Porto (2017); il 15/05/2018 a Cadriano e il 3/6/2019 a Milano.

Per il 2016 e il 2017, lo schema sperimentale prevedeva due fattori sperimentali: la varietà (descritte sopra), e la concimazione azotata. Questo ultimo fattore presentava tre livelli: testimone non trattato; 50% della dose nominale ( $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ ); 100% della dose nominale ( $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ ). Il tutto in due repliche. Le singole parcelle (plot) misuravano  $3 \times 10 \text{ m}^2$ .

Lo schema è stato costruito per calibrare l'applicazione PocketN (Confalonieri et al., 2015) e per valutare l'eventuale effetto varietale sulla retta di taratura, oltre che per raccogliere informazioni utili ad adattare i modelli colturali alla simulazione del mais dolce.

La prova sperimentale condotta durante il 2018 (Figura 29), effettuata nel campo di prove varietali

di Cadriano, ha invece riguardato la raccolta di dati sperimentali necessari alla definizione e valutazione in silico di ideotipi (Task 4). Le variabili raccolte in questo caso hanno riguardato la misurazione di due variabili specifiche: l'altezza delle piante e l'architettura fogliare.

Nel 2019, l'esperimento è stato invece condotto con l'obiettivo specifico di stimare lo stato nutrizionale azotato della coltura (AZIONE 5). I livelli di azoto sono stati gli stessi testati in precedenza nel 2016-2017: con gli stessi livelli e dosi di N, ma con piante in vaso e 11 repliche per trattamento.

Per tutti i campi sperimentali, i campionamenti sono stati effettuati nelle date elencate in tabella 15. Le variabili campionate hanno riguardato la biomassa secca totale (aerea), la biomassa secca dei diversi organi, l'altezza della pianta e il LAI, con l'aggiunta della concentrazione di azoto nei tessuti dei diversi organi, misurata sia con metodi distruttivi sui campioni di biomassa prelevati (analizzatore elementare CHN, Nitrogen Analyzer 1500 series 2, Carlo Erba Instruments) che stimata con metodi indiretti (PocketN; Dualex, Cartelat et al., 2005; e Konica Minolta Spad, Markwell et al., 1995).

Per la descrizione dettagliata dei protocolli di misura adottati per le diverse variabili vedere paragrafo 5.2.

*Tabella 15 Date di campionamento su mais dolce nei diversi siti sperimentali*

<b>campionamenti</b>	<b>Alseno</b>	<b>San Rocco</b>	<b>Somaglia</b>	<b>San Rocco</b>	<b>Milano</b>
1° copertura	31/05/2016	12/07/2016	23/05/2017	30/06/2017	01/07/2019
2° copertura	13/06/2016	20/07/2016	23/06/2017	14/07/2017	05/07/2019
fioritura			30/06/2017		23/07/2019
maturazione cerosa	28/07/2016	07/09/2016	14/07/2017	25/08/2017	8/07/2109

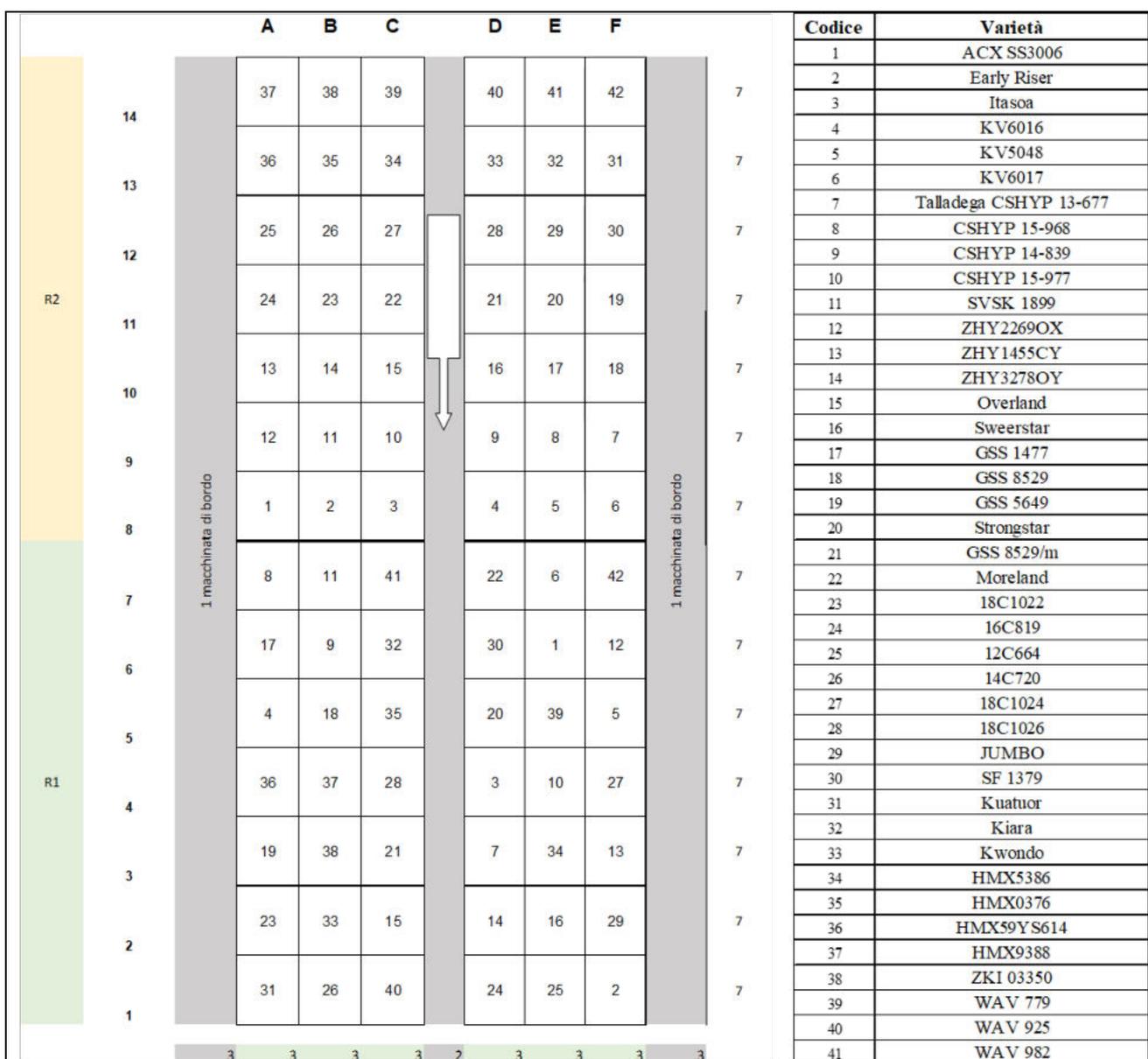


Figura 29. Campo varietale di mais dolce di Cadriano (BO) nel 2018.

### Pomodoro da industria

Le aziende sperimentali individuate erano situate a Longastrino (44.62° N, 12.06° E) e Pontelangorino (44.89° N, 12.17° E) nel 2017, e a Comacchio (44.631° N, 12.026° E) e Pomposa (44.817° N, 12.228° E) nel 2018. Nel 2017 le varietà trapiantate sono state “Fokker” (data di trapianto: 19/05/2017) e “Leader” (data di trapianto: 28/04/2017), rispettivamente nelle aziende di Longastrino e Pontelangorino. Nel 2018 le varietà trapiantate sono state “Fokker” (data di trapianto: 23/05/2018) e “Leader” (data di trapianto: 12/04/2018), rispettivamente nelle aziende di Pomposa e Comacchio.

Analogamente alle altre colture, le misurazioni sono state effettuate in tre aree omogenee per campo scelte in modo randomizzato. Le variabili acquisite hanno riguardato la biomassa secca totale (aerea), biomassa secca dei culmi, delle foglie e degli organi riproduttivi, sviluppo fenologico, indice di area fogliare LAI, area fogliare specifica SLA, altezza della canopy, numero di foglie composte, numero di foglie semplici, numero di diramazioni, numero di infiorescenze e lunghezza del culmo principale, percentuale frutti maturi per pianta, umidità dei frutti e numero di frutti per pianta. Per la descrizione dettagliata dei protocolli di misura adottati per le diverse variabili vedere

paragrafo 5.2.

*Tabella 16 Date di campionamento su pomodoro nelle due annate sperimentali (2017 e 2018). I campionamenti sono stati condotti in entrambi i siti nel medesimo giorno.*

<b>Fase fenologica</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Inizio fioritura	19/06/2017	20/06/2018
Sviluppo frutti	04/07/2017	06/07/2018
Sviluppo frutti	28/07/2017	31/07/2018
Raccolta	23/08/2017	

## **5.2 Protocolli di misura per ciascun plot o macro-area**

### **Biomassa**

La biomassa aerea è stata campionata in modo differente per tutte le colture, in quanto troppo eterogenee tra loro in termine di caratteristiche vegetative e di tipologia di impianto. Per pisello da industria è stata misurata mediante il campionamento dell'area identificata da tre lanci casuali di un quadrato metallico di area 0.25 m<sup>2</sup>; per fagiolo mais dolce e pomodoro, sono state campionate piante singole per la distanza elevata tra le piante che rende impossibile l'adozione della procedura usata su pisello da industria. Per mais ne sono state campionate 7, per pomodoro 10, e per borlotto 20. Il numero varia in funzione della variabilità osservata e della difficoltà di trasporto. Le piante raccolte indiscriminatamente dalla coltura sono state successivamente divise in organi e seccate in stufa a 105°C fino a peso costante (circa 48 ore) per poi essere pesati con bilancia di precisione. Nel caso del mais dolce invece, l'essiccamento è avvenuto a 65°C, per non compromettere la successiva analisi relativa alla concentrazione di azoto nei tessuti vegetali.

### **Conteggio organi e altezza culmo principale**

Cinque piante casualmente selezionate e raccolte prestando particolare cura a non spezzarle o rovinarle in alcun modo, sono state divise per organi che sono stati poi classificati e contati e/o misurati.

### **Altezza**

In tre punti casuali è stata misurata l'altezza della canopy.

### **LAI (Leaf Area index)**

Sono state effettuate quindici acquisizioni casuali con PocketLAI (Confalonieri et al., 2013), una smart-application in grado di acquisire immagini della canopy vegetale e di processarle automaticamente. Per pomodoro e pisello da industria, avendo una canopy molto omogenea e completamente coprente le acquisizioni sono state effettuate casualmente all'interno della canopy. Per mais e borlotto, essendo coltivati a file molto distanti con canopy quindi non è omogenea, è stata adottata la procedura standard per questo tipo di impianti ovvero sono stati scelti 3 punti casuali in cui si sono effettuate cinque misurazioni: la prima nel centro dell'interfila la seconda a un quarto dell'interfila, la terza sulla fila la quarta a tre quarti di interfila successivo e l'ultima nel centro del medesimo interfila.

### **SLA (Specific Leaf Area)**

Lo SLA è stato misurato in laboratorio con l'ausilio di uno scanner e di un software per il calcolo dell'area fogliare (Leafarea). Una volta acquisite l'area fogliare, le foglie sono state essiccate fino a peso costante e pesate con la stessa procedura usata per la biomassa. Lo SLA (m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>) è stato quindi derivato come rapporto tra area fogliare e biomassa delle foglie.

### **Concentrazione di azoto nella pianta**

Per quanto riguarda la stima della concentrazione di N nella pianta con metodi indiretti (non distruttivi), sia per PocketN che per Dualex le acquisizioni sono state effettuate su 5 foglie

appartenenti a piante differenti (le stesse foglie sono state lette da entrambi gli strumenti). Le piante sono state scelte casualmente all'interno della parcella, mentre è stata campionata la foglia più giovane completamente sviluppata del culmo principale. Con il Dualex le letture sono state effettuate sia sulla pagina superiore che su quella inferiore (per un totale di 10 letture), mentre per PocketN sono state effettuate misurazioni solo sulla pagina superiore della foglia. Per quanto riguarda invece i metodi distruttivi (valore di riferimento), i campioni di biomassa secca sono stati macinati a 0.2mm con mulino ultracentrifugo e analizzati con analizzatore elementare CHN (Nitrogen Analyzer 1500 series 2, Carlo Erba Instruments).

## **AZIONE 4 – Adattamento di modelli per la previsione del rischio di infezione da patogeni fungini ed animali alle coppie coltura-patogeno identificate**

Considerando le malattie crittogame più importanti in termini di impatto sulle rese delle colture orticole di maggiore interesse nell'area studio e considerando i patogeni causa di maggiori criticità per i partner di progetto, lo studio si è concentrato sulle seguenti coppie coltura-patogeno:

- fagiolo borlotto – antracnosi;
- pisello da industria- peronospora;
- pomodoro da industria – peronospora;
- pomodoro da industria – alternaria.

Di seguito (paragrafo 4.1) vengono riportati brevemente le informazioni principali circa i patogeni oggetto di studio. Nel paragrafo 4.2 vengono invece riportate le parametrizzazioni patogeno-specifiche sviluppate nel corso del progetto a fini previsionali del rischio di infezione potenziale. Infine, nel paragrafo 4.3 vengono descritti brevemente le modalità con cui il servizio di allerta viene erogato.

### **4.1 Patogeni di interesse**

#### ***Phytophthora infestans – peronospora del pomodoro***

Agente eziologico della peronospora del pomodoro e della patata, *Phytophthora infestans* è un cromista appartenente alla classe degli oomiceti e alla famiglia delle Peronosporaceae (eppo.int). Questo patogeno obbligato è endemico del continente americano ed il Messico sembra essere il suo centro di origine (Shattock, 2002). Sono trascorsi più di 170 anni dal primo evento epidemiologico in Europa (Andrison, 1995) e, da allora, nel corso di pochi decenni questo oomicete si è diffuso in tutto il mondo; nel ventesimo secolo una seconda forma sessuata di questo patogeno (mating type A2), trasportata accidentalmente nei nostri areali, ha portato ad un aumento della sua virulenza causando problemi per la protezione delle colture (Smart, 2001). Questa malattia provoca notevoli danni all'apparato aereo del pomodoro, colpendo foglie, steli e frutti con diversa intensità a seconda dell'andamento meteorologico e dello stadio di sviluppo della pianta (Lapwood, 1976). I sintomi sul frutto (Figura 29) sono ascrivibili a delle lesioni necrotiche di colore brunastro che successivamente portano a marciumi molli; anche in caso di attacchi poco significativi le bacche risultano comunque non commercializzabili. I danni stimati in Europa si aggirano attorno ai 900 milioni di euro l'anno (Andrison, 2017).



Figura 29. Sintomi di *P. infestans* su bacche di pomodoro

### **Caratteristiche e ciclo biologico**

L'agente causale della peronospora del pomodoro presenta un ciclo biologico (Figura 30) caratterizzato da fasi sessuate alternate a fasi di propagazione asessuate. Lo sviluppo epidemico di questo patogeno emibiotrofico dipende in gran parte dalle condizioni climatiche locali in cui esso si trova (Grunwald, 2005).

Diverse sono le possibili forme di inoculo di questo microrganismo eterotallico (Zwankhuizen, 1998); esso può, infatti, svernare da svariate piante solanacee ospiti (Nelson, 2008) sotto forma di micelio oppure può trascorrere la stagione sfavorevole come oospora (Warren, 1975). Nei nostri areali i miceli favoriscono la diffusione dell'epidemia mentre le oospore garantiscono la sopravvivenza del patogeno durante l'inverno e fungono da inoculo primario all'inizio della stagione favorevole (Smart, 2001). Il processo infettivo inizia con il trasporto dello sporangio, generatosi dall'oospora, sulla superficie dell'ospite. Giunta sulla lamina fogliare lo sporangio può germinare direttamente e penetrare attivamente i tessuti oppure può rilasciare zoospore che infetteranno, dopo essersi spostate lungo un velo d'acqua, la pianta ospite (Fry, 2008b). Il verificarsi di una di queste due modalità di penetrazione dipende dalla temperatura aerea presente al momento dell'infezione; infatti vi è uno spartiacque termico che si aggira attorno ai 15°C (Andersson 2007). Entrate all'interno della pianta le ife producono inizialmente degli austori, in questa fase *P. infestans* cresce come biotrofico; tuttavia i tessuti infettati presto muoiono ed il fungo comincia a diffondersi nella foglia tramite attività necrotrofica (Nowicki, 2012). Conclusa la fase trofica, il patogeno fuoriesce dagli stomi attraverso delle ramificazioni portanti gli sporangiofori, strutture contenenti gli sporangi: spore asessuate deputate alla dispersione del patogeno e al mantenimento del processo epidemico (Hardham, 2009). Nei climi temperati, alla fine della stagione vegetativa, questo oomicete si conserva all'interno dei residui vegetali come micelio oppure in specifiche strutture di conservazione, le oospore, formatesi dopo la fusione tra un oogonio ed un anteridio, i gameti del patogeno. L'evento meiotico si verifica unicamente quando vi è la compresenza di entrambi i mating type (A1 e A2) della specie (Runno –Paurson *et al.*, 2016).

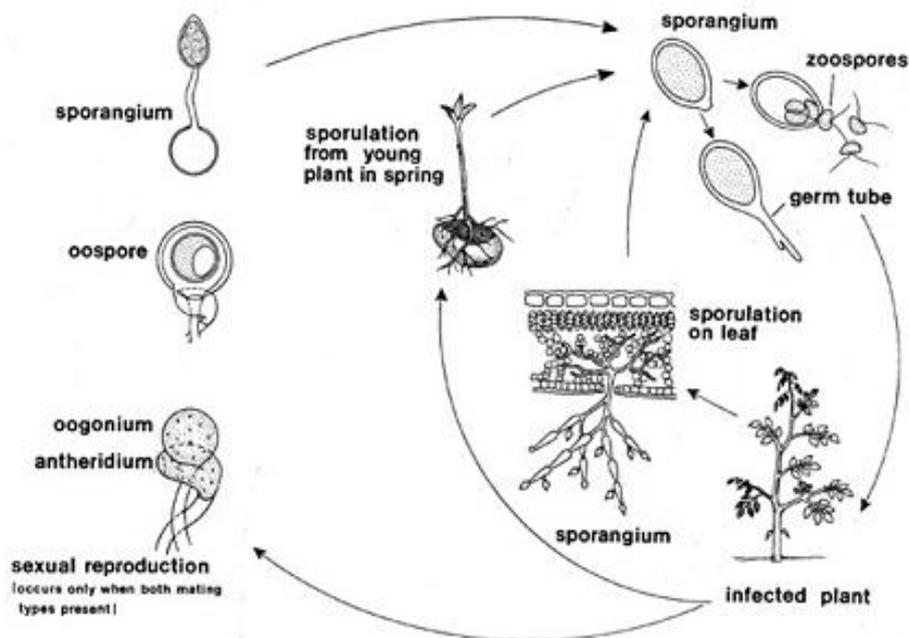


Figura 30. Ciclo biologico di *P. infestans*

### ***Alternaria Solani- alternaria del pomodoro***

È un fungo appartenente al phylum degli ascomicota, all'ordine dei Pleosporales e alla famiglia delle Pleosporaceae (eppo.int); il patogeno fu descritto per la prima volta da Ellis e Martin nel 1882. Questo patogeno polifago colpisce le solanacee e principalmente pomodori, patate, melanzane e peperoni (Ellis and Gibson 1975); il fungo è un patogeno opportunisto saprofito (De Linaresa, 2011). Questa micopatia è ubiquitaria e, con il diffondersi delle coltivazioni di solanacee nei diversi continenti, oggi è presente in tutto il mondo (Martinez, 2003).

*Alternaria solani* provoca marciume del colletto nelle giovani piantine, danni alle foglie e forma maculature sui frutti (Chaerani, 2006). I danni causati da questa malattia possono essere consistenti e provocare notevoli perdite di produzione, portando spesso al deprezzamento del prodotto finale (Datar and Mayee, 1981). Tipicamente i primi sintomi appaiono inizialmente sulle foglie basali più vecchie, successivamente la malattia si diffonde raggiungendo le foglie più giovani e gli organi sovrastanti (Ferrari, 2006). I sintomi sono tipici e si presentano come necrosi scure irregolari contornate da un alone giallo, la parte necrotizzata presenta al suo interno forme tondeggianti concentriche (Chaerani, 2006) e spesso il sintomo viene chiamato, in inglese, *bullseye* (Figura 31). La micopatia può portare all'ingiallimento dell'intera lamina fogliare e alla sua successiva caduta.



Figura 31. Sintomi di *A. solani* su foglie di pomodoro

### Caratteristiche e ciclo biologico

*Alternaria solani* appartiene alla categoria dei funghi imperfetti (Deuteromiceti) in quanto non è nota la fase sessuata del suo ciclo biologico (Figura 31, Agrios 2005). Questo fungo sverna sotto forma di miceli o di conidi dal terreno e dai residui vegetali posti in superficie o parzialmente interrati; queste saranno le principali fonti di inoculo deputate all'infezione dell'ospite al verificarsi delle condizioni ambientali favorevoli (Jabeen, 2013). I principali mezzi di dispersione di questo patogeno sono il vento, la pioggia, le attrezzature agricole e gli animali (Mamgain, 2013). Raggiunta la superficie dell'ospite il fungo inizia, dopo l'emissione del tubetto germinativo, l'attività necrotrofica e comincia l'invasione dei tessuti interni della pianta attraverso il graduale rilascio di tossine, prodotti del metabolismo secondario che favorisco l'attività trofica del patogeno (Thomas, 2003). Dalle lesioni formate si originano, su ambedue i margini della foglia, i conidiofori portanti sulla loro estremità i conidi. In corrispondenza degli eventi meteorologici predisponenti saranno queste strutture a dare origine alle infezioni secondarie (Sherf and MacNab 1986). Infine al concludersi della stagione vegetativa il fungo tornerà alla sua fase saprofitica del ciclo biologico trascorrendo l'inverno nel terreno e nei residui vegetali (Thomas, 2003).

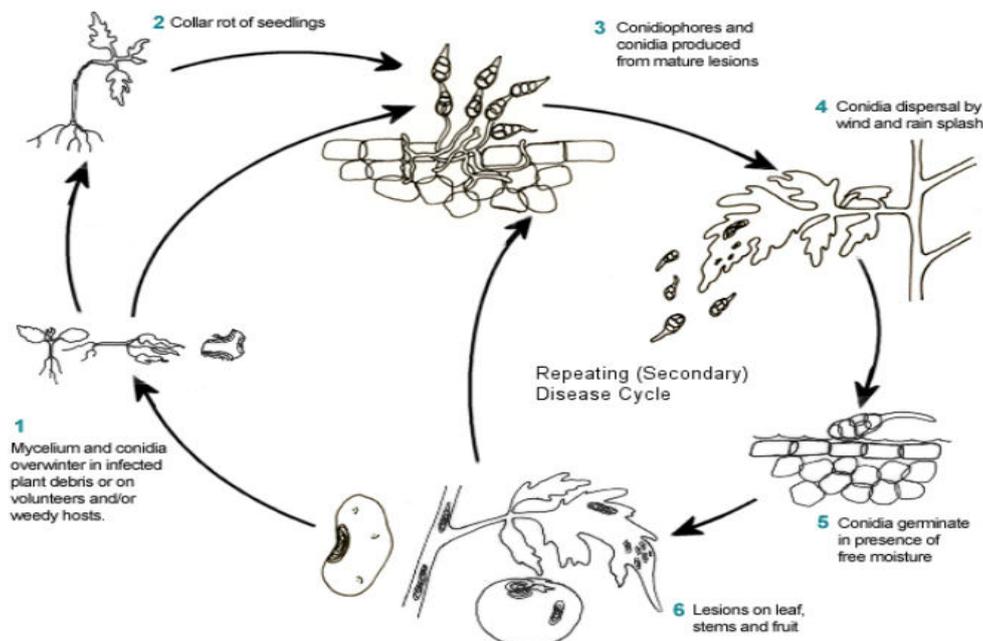


Figura 31. Ciclo biologico *A. solani*

### *Colletotrichum lindemuthianum* – antracnosi del fagiolo

Questo patogeno è l'agente causale dell'antracnosi del fagiolo, una delle principali patologie

fungine di questa coltura (Ferrari et al). Gli organi colpiti sono di solito quelli aerei, i sintomi più evidenti si possono osservare sui baccelli e sui semi, ma anche sulle foglie.

**CLASSIFICAZIONE:**

Regno: Fungi  
Phylum: Ascomycota  
Classe: Sordariomycetes  
Ordine: Phyllachorales  
Famiglia: Glomerellaceae  
Genere: Colletotrichum  
Specie: *C. lindemuthianum* (7)  
**PIANTE OSPITI:** fagiolo, fagiolino.



**DANNI E SINTOMI:** sulle foglie i sintomi si manifestano come piccole aree necrotiche di forma circolare e di colore nerastro, si estendono successivamente lungo le nervature portando al disseccamento della lamina fogliare. Sui baccelli il sintomo compare sotto forma di macchie edematose che evolvono come macchie tondeggianti infossate, di colore nero e con un diametro di circa 1 cm, al cui centro appaiono successivamente screziature di colore rosato che costituiscono le fruttificazioni degli acervuli. Queste tacche possono portare alla completa necrosi del baccello (Pollini et al).

***Caratteristiche e ciclo biologico***

Il fungo può svernare dai residui vegetali come micelio, corpo fruttifero (acervulo) oppure può trovarsi in forma latente nei tessuti riproduttivi dell'ospite o sui residui vegetali. I conidi sviluppatasi dal micelio o dagli acervuli, germinano sulla superficie dell'ospite e penetrano al suo interno. Se l'infezione è tardiva essa avviene tramite conidi trasportati dalla pioggia. Il periodo di incubazione varia da una a due settimane in funzione delle condizioni ambientali. Per quanto riguarda le condizioni ambientali favorevoli, la sporulazione dei conidi avviene ad una temperatura compresa tra 18-25°C (optimum di 17°C) e con un'elevata umidità relativa. Per favorire invece la penetrazione del patogeno è necessario un velo d'acqua sulla superficie dei tessuti dell'ospite. Il patogeno può perforare attivamente la cuticola oppure infettare l'ospite passivamente entrando attraverso gli stomi. Il periodo di incubazione varia dai 7 ai 15 giorni in funzione delle condizioni ambientali.

***Peronospora viciae f. sp. Pisi – peronospora del pisello***

Questo patogeno è l'agente causale della peronospora del pisello, in grado di provocare notevoli danni alla coltura. La sua importanza economica è strettamente correlata all'andamento climatico, in grado di influenzare lo sviluppo del patogeno. Le infezioni primarie riguardano solitamente pochi individui mentre quelle secondarie, le più dannose, possono riguardare l'intera coltivazione (patogeno policiclico).

**CLASSIFICAZIONE:**

Regno: Chromista  
Phylum: Pseudofungi  
Classe: Oomycetes  
Ordine: Peronosporales  
Famiglia: Peronosporaceae  
Genere: Peronospora  
Specie: *P. viciae f. sp. Pisi* (12)



**PIANTE OSPITI:** il patogeno colpisce un gran numero di piante appartenenti alla famiglia delle fabacee.

**DANNI E SINTOMI:** i sintomi sul pisello si manifestano come macchie clorotiche sulla pagina

superiore della foglia. Sulla pagina inferiore vi è invece la presenza di muffa biancastra che con il passare del tempo assume una colorazione violacea. Questa malattia comporta il disseccamento precoce dei tessuti.

### **Caratteristiche e ciclo biologico**

Le infezioni primarie sono provocate dalle oospore (spore sessuate) svernanti che, veicolate nel suolo, infettano alcune plantule. Da queste piante infette si sviluppano i conidi (spore asessuate) che, veicolati dal vento, saranno in grado di infettare un ampio numero di piante. L'infezione secondaria può assumere carattere epidemico e generare gravi danni alla produzione. Ogni ciclo di infezione ha in media una durata di 15 giorni.

### **4.2 Parametrizzazione del modello di rischio di infezione potenziale per i patogeni di interesse**

Per predire il rischio di infezioni è necessario definire il momento in cui il patogeno fungino si trova nelle condizioni meteorologiche favorevoli alla germinazione delle sue spore. A tale scopo è stato adottato un generico modello di simulazione di infezione potenziale (Magarey, 2004) i cui parametri riguardano principalmente le temperature cardinali del patogeno di interesse e le ore di bagnatura fogliare necessarie per l'infezione. Questo modello restituisce come output un indice giornaliero il cui valore è compreso in un intervallo tra 0 e 1, indicante appunto il rischio di infezione potenziale (Magarey, 2004).

Una parametrizzazione iniziale del modello per i diversi patogeni di interesse (Tabella 17) è stata ricavata dalla letteratura scientifica, concentrando la ricerca su articoli in cui vi fossero prove di crescita del patogeno in vitro ed in vivo. Nello specifico la ricerca bibliografica è stata focalizzata sull'individuazione delle temperature minime, massime ed ottimali di crescita del patogeno e delle ore di bagnatura fogliare necessarie alla germinazione delle spore. Inoltre, è stato considerato anche l'intervallo di ore senza bagnatura fogliare necessario a diminuire del 50 per cento la dimensione della popolazione. La seconda fase della calibrazione ha riguardato una ricerca bibliografica volta a trovare delle fonti osservate di data di insorgenza della malattia in campo, numero di spore nell'aria e/o severità della malattia, al fine di confrontare i valori simulati dal modello con i dati misurati reperiti dalla lettura scientifica.

Per la peronospora sono state confrontate le date di comparsa in campo dei primi sintomi con gli indici di infezione del modello. È stata calcolata la presunta data di inizio infezione partendo dalla comparsa del sintomo e calcolando a ritroso il periodo di incubazione (periodo che intercorre tra l'effettiva penetrazione nei tessuti e la comparsa del sintomo) mediante l'uso della tabella di Schrödter & Ullrich 1967 (Michaelides, 1985). È stato poi verificato se in prossimità del presunto periodo di infezione vi fosse effettivamente un valore dell'indice sufficientemente alto da poter giustificare un evento infettivo. L'uso di captaspore per peronospora e alternaria ha invece permesso di confrontare la concentrazione nel tempo delle spore (spore m<sup>-3</sup>) con gli indici di rischio potenziale, verificando se nei giorni a ridosso dei picchi di sporulazione vi fossero effettivamente indici di rischio elevati. Le calibrazioni sono state effettuate con il metodo *trial and error*, variando gradualmente i valori dei parametri è stato possibile modificare gli output e ridurre in questo modo le differenze eventualmente presenti tra i dati misurati e quelli simulati.

Tabella 17. Valori dei parametri del modello di infezione per i patogeni di interesse.

***Alternaria solani***

Temperatura ottimale (°C)	25.0
Temperatura minima (°C)	6.0
Temperatura massima (°C)	35.0
Massima bagnatura fogliare (h)	20.0
Minima bagnatura fogliare (h)	9.0
Minima asciugatura fogliare (h)	8.0
Pioggia minima per infezione (mm)	0.2
Pioggia minima per infezione (mm)	95.0

***Antracnosi***

Temperatura ottimale (°C)	21.5
Temperatura minima (°C)	13.0
Temperatura massima (°C)	26.0
Massima bagnatura fogliare (h)	21.0
Minima bagnatura fogliare (h)	10.0
Minima asciugatura fogliare (h)	1.0
Pioggia minima per infezione (mm)	3.0
Pioggia minima per infezione (mm)	92.0

***Peronospora pisi***

Temperatura ottimale (°C)	14.0
Temperatura minima (°C)	5.0
Temperatura massima (°C)	21.0
Massima bagnatura fogliare (h)	8.0
Minima bagnatura fogliare (h)	4.0
Minima asciugatura fogliare (h)	1.0
Pioggia minima per infezione (mm)	0.2
Pioggia minima per infezione (mm)	95.0

***Phytophthora infestans***

Temperatura ottimale (°C)	20.8
Temperatura minima (°C)	12.0
Temperatura massima (°C)	25.0
Massima bagnatura fogliare (h)	15.0
Minima bagnatura fogliare (h)	10.0
Minima asciugatura fogliare (h)	0.5
Pioggia minima per infezione (mm)	0.2
Pioggia minima per infezione (mm)	95.0

Di seguito viene riportato un esempio dei risultati dell'attività di calibrazione del modello per peronospora del pomodoro. In figura 32 sono indicate le località (Ravenna (RA), Volania (FE), Ostellato (FE), Monticelli (FE)) da cui provengono i dati utilizzati nella fase di calibrazione del modello.

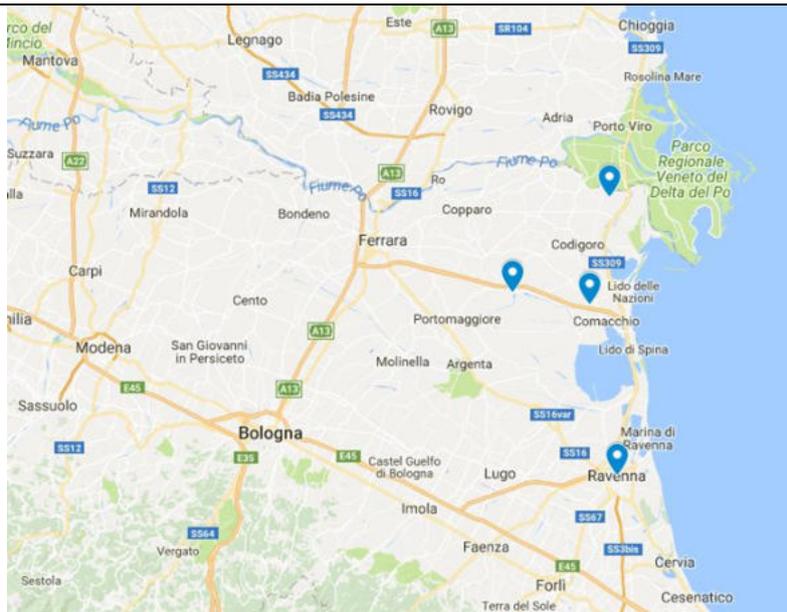


Figura 32. Le quattro località prese in esame per la calibrazione del modello per peronospora

Le figure 33 e 34 mostrano gli andamenti della concentrazione delle spore nelle località di Ravenna e di Volania, rispettivamente, nelle annate 1991 e 1993, dove non vi è stata nessuna comparsa dei sintomi della malattia in campo. Le figure 35 e 36 mostrano invece l'andamento della concentrazione degli sporangi nelle località di Ostellato e Monticelli, nell'anno 1992, in cui vi è stata effettivamente la comparsa del sintomo in campo. È interessante notare come, nei casi in cui non vi è stata la comparsa del sintomo, il modello abbia comunque fornito valori di output diversi da 0; il motivo per il quale vi siano stati questi valori di rischio è determinato dal fatto che il modello indica quali siano le condizioni meteorologiche che permettano alla spora, eventualmente presente sulla foglia, di iniziare un processo germinativo. È comunque interessante osservare come, in prossimità delle date con le maggiori concentrazioni di sporangi, vi sia sempre un corrispondente valore dell'indice di infezione potenziale.

Negli altri due casi studio (Figure 10 e 11) vi è stata effettivamente la comparsa del sintomo in campo; la linea rossa rappresenta, come precedentemente descritto, il periodo di incubazione. In entrambi i casi all'interno del periodo di incubazione e in prossimità di esso vi sono elevati valori di rischio di infezione potenziale. Per Ostellato proprio all'inizio del processo infettivo stimato vi è stato un indice di rischio con valore prossimo a 0.9. Per Monticelli invece in corrispondenza del giorno di inizio infezione stimato non vi è stato rischio; osservando la figura è possibile notare come vi siano comunque valori di rischio elevati nei giorni prossimi a quello di infezione stimato.

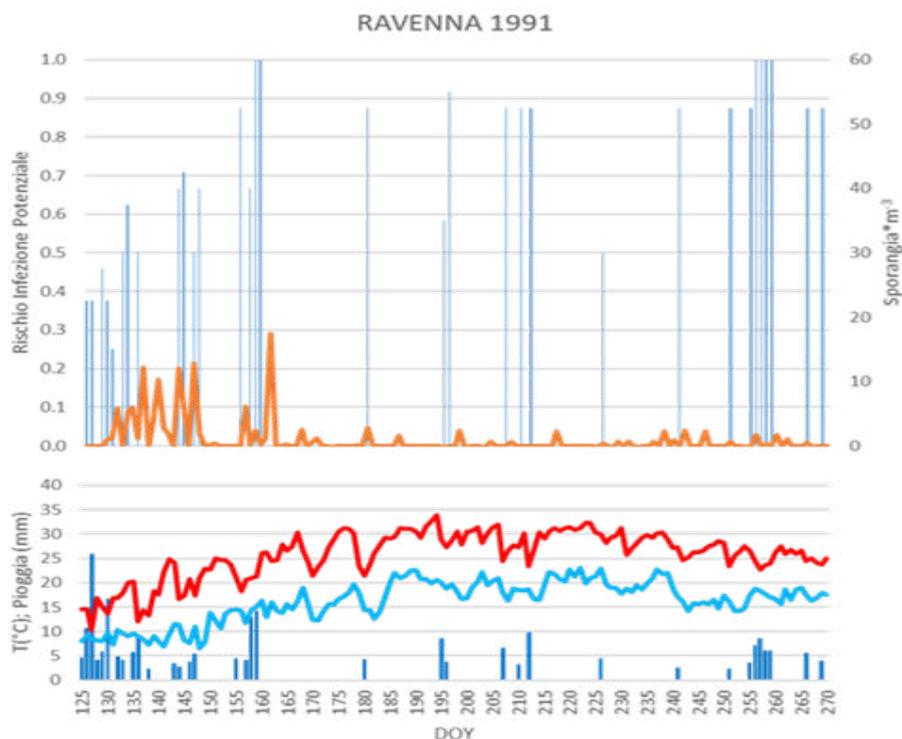


Figura 33 Andamenti temporali della concentrazione aerea di *P. infestans* a Ravenna (1991). Rischio di infezione potenziale (istogrammi azzurri), la concentrazione spaziotemporale delle spore (linee arancioni) e il periodo di incubazione (linee rosse) dall'infezione alla comparsa dei sintomi. I rispettivi grafici sottostanti rappresentano invece gli andamenti meteorologici delle zone oggetto di studio: temperature massime (linea rossa), minime (linea azzurra) e le piogge (istogrammi blu).

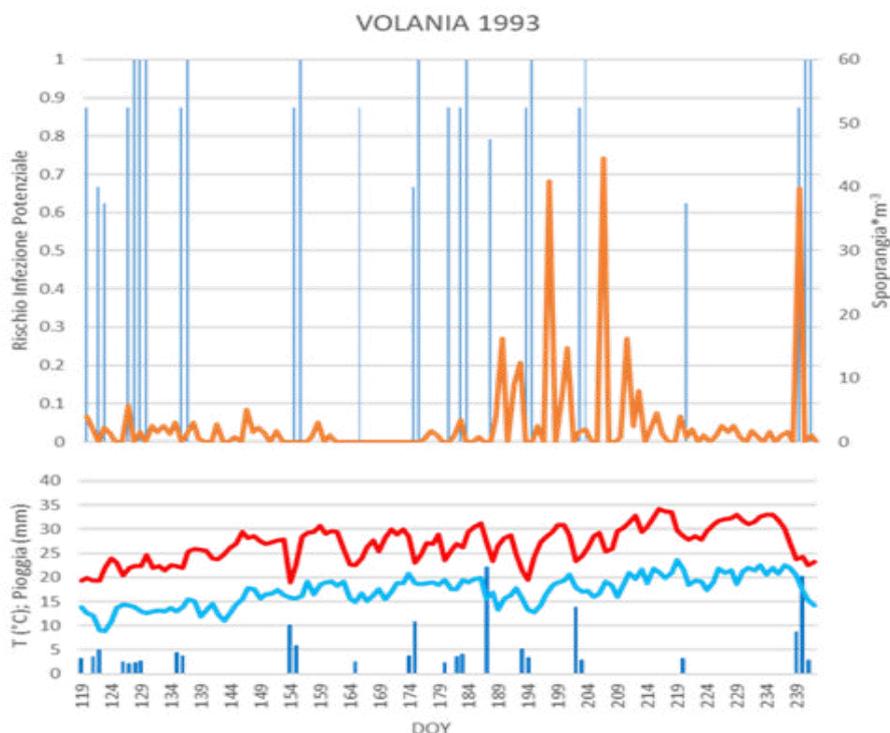


Figura 34 Andamenti temporali della concentrazione aerea di *P. infestans* a Volania (1993).

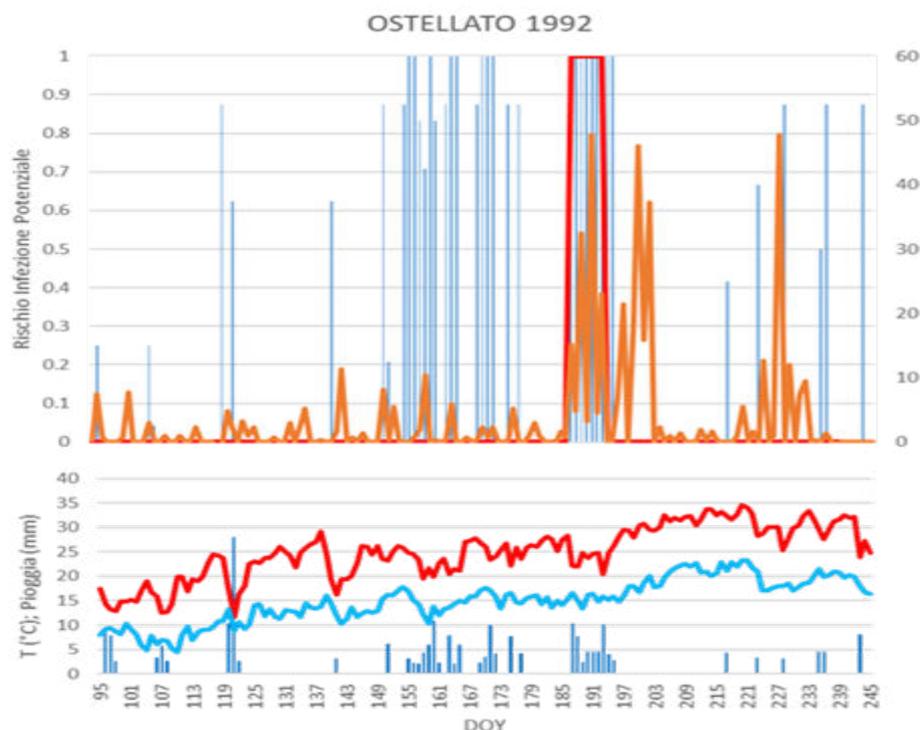


Figura 35 Andamenti temporali della concentrazione aerea di *P. infestans* a Ostellato (1992).

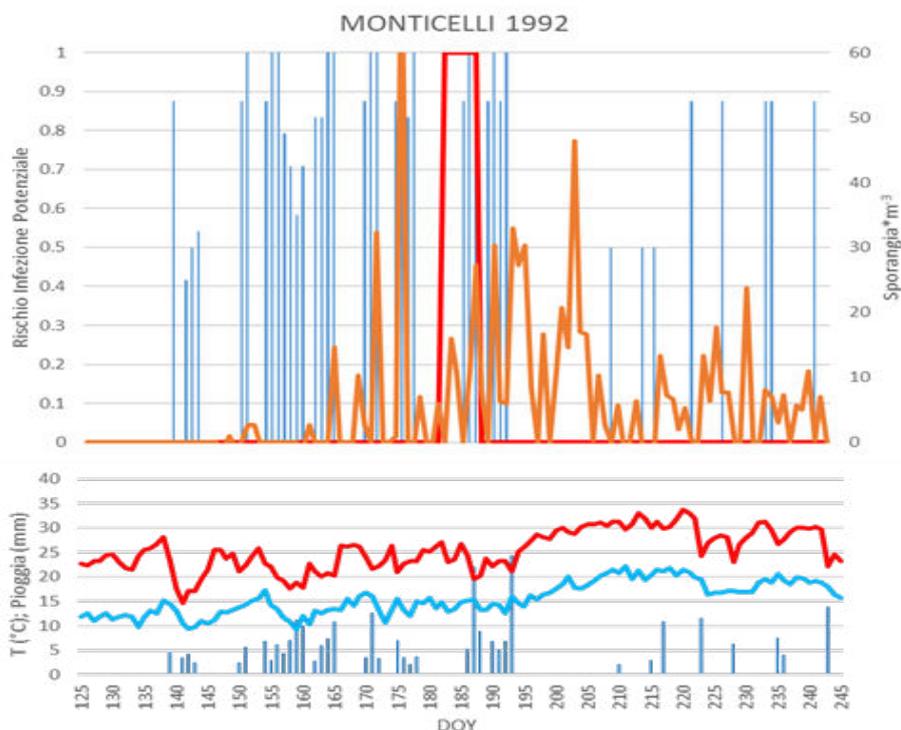


Figura 36 Andamenti temporali della concentrazione aerea di *P. infestans* a Monticelli (1992).

#### 4.3 Esempio di bollettini previsionali di rischio di infezione

I bollettini di rischio fitopatologico (in Figura 37 un esempio per la peronospora del pomodoro) sono emessi giornalmente e resi disponibili on-line per le seguenti colture:

- fagiolo borlotto (antracnosi);

- pisello da industria (peronospora)
- pomodoro da industria (peronospora e alternaria)

Il bollettino riporta sia la mappa del rischio di infezione potenziale a livello regionale (Figura 38) sia informazioni specifiche a livello comunale (Figura 39), che includono un'analisi delle dinamiche temporali del rischio di infezione nel periodo di  $\pm 2$  giorni dalla data di emissione del documento.

Le stime riportate derivano da analisi condotte con modelli di simulazione specificatamente sviluppati per il patosistema di interesse (vedi task 4.2) e fanno riferimento al rischio di infezione potenziale, ovvero a quanto le condizioni meteorologiche giornaliere siano favorevoli ad eventi di infezione del patogeno.



Figura 37. Esempio di bollettino di allerta per il rischio di infezione di peronospora del pomodoro.

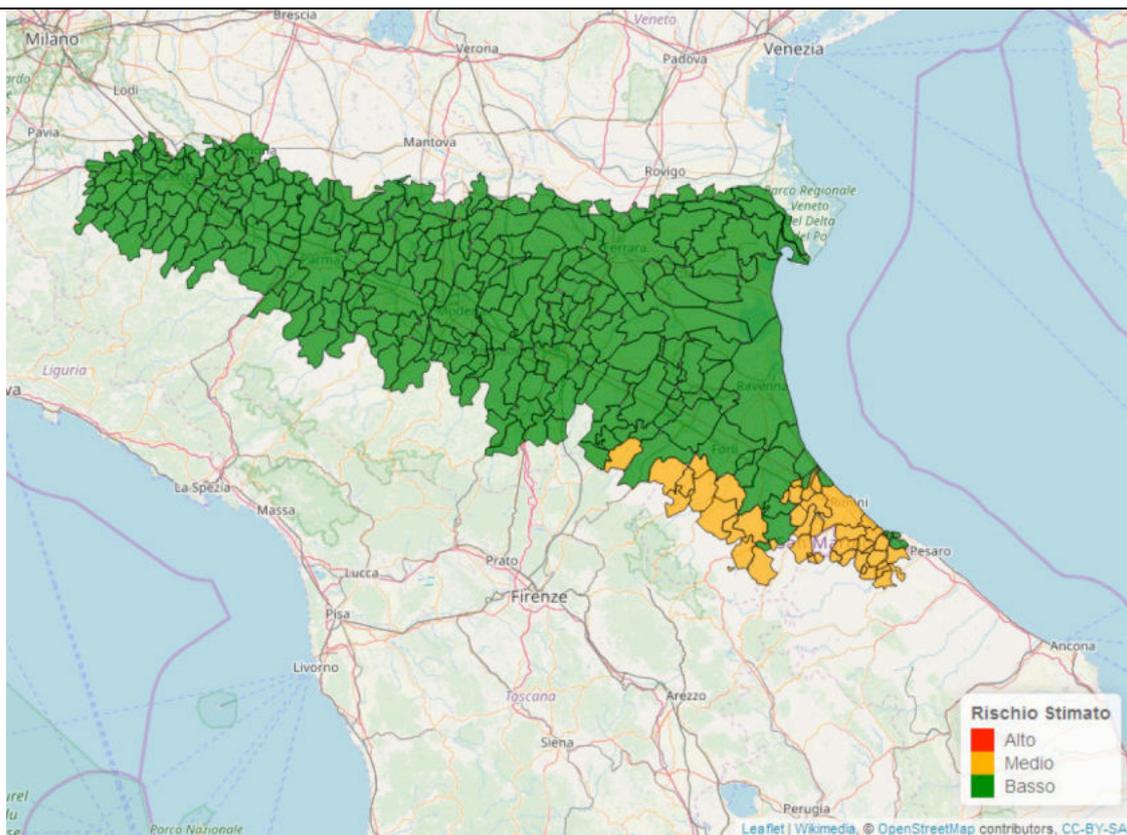


Figura 38. Esempio di mappa di rischio di infezione potenziale per peronospora del pomodoro riportata nei bollettini di allerta. La mappa mostra il Rischio Stimato (alto, medio, basso), ovvero quanto le condizioni meteorologiche giornaliere siano favorevoli ad eventi di infezione. Per ciascun comune, il rischio riportato è la media dei valori stimati su celle 2x2km all'interno del comune nel periodo di riferimento (intervallo di  $\pm 2$  giorni rispetto alla data di emissione del bollettino).



Figura 39. Esempio di informazioni a livello comunale presenti nel bollettino fitopatologico. Per ciascun comune dell'area pianiziale romagnola viene riportato il rischio aggregato (alto, medio, basso) e il grafico con l'andamento del rischio stimato giornaliero nel periodo di  $\pm 2$  giorni dalla data di emissione del bollettino. Si tenga presente che le stime per i giorni futuri sono basate su previsioni meteorologiche, inevitabilmente soggette ad un margine d'errore.

## AZIONE 5 – Sviluppo di APP per la lettura del LAI per stimare la concentrazione critica di azoto e la valutazione della necessità di concimazione

Al fine di ottimizzare l'impiego dei concimi azotati in mais dolce, è stata sviluppata una nuova applicazione PocketNNI (Figura 40) che consente di valutare l'effettivo stato nutrizionale azotato

della coltura. Ciò permette di individuare in modo oggettivo situazioni di stress azotato o, al contrario, di consumo di lusso (apporti di N maggiori dei fabbisogni), supportando così la definizione di interventi di concimazione mirati.

Il sistema si basa sulla stima dell'indice di nutrizione azotata (NNI, Nitrogen Nutritional Index), dato dal rapporto tra:

- la concentrazione di N effettiva (concentrazione di N nella pianta al momento della diagnosi, PNC), derivata tramite acquisizione dell'immagine della foglia (Figura 40, step 3)
- la concentrazione di N critica (concentrazione di N al di sotto della quale la crescita della coltura è limitata dall'N), stimata tramite acquisizione dell'indice di area fogliare (LAI, Figura 40, step 4).

La app presenta un'interfaccia molto intuitiva (Figura 40) e fornisce in automatico l'indice NNI come output finale.

Per quanto riguarda gli aspetti tecnico-scientifici alla base dello sviluppo della app PocketNNI, il primo passaggio ha riguardato la creazione di un modello lineare (retta di taratura) per mais dolce tra l'indice di *greenness* DGCI fornito dell'applicazione PocketN (Confalonieri et al., 2015) invocata automaticamente dalla app PocketNNI, e il contenuto di azoto nelle piante (PNC) stimato in modo distruttivo con analizzatore elementare CHN (Nitrogen Analyzer 1500 series 2, Carlo Erba Instruments). L'indice DGCI viene stimato dall'applicazione sulla base di immagini della foglia acquisite su un pannello grigio di riferimento (Figura 40, step 3).

I dati necessari allo sviluppo della retta di taratura sono quelli raccolti nel corso delle diverse campagne sperimentali (Azione 3, Task 5, mais dolce), con esclusione di quella condotta presso l'azienda sita a Somaglia a causa della presenza di stress idrico.

(1)  Schermata di avvio di PocketNNI

(2)  Schermata per impostare il nome del campo e il numero di repliche di misura

(3)  Stima dell'N effettivo

(4)  Stima dell'N critico (in funzione del LAI)

(5) Visualizzazione del valore di NNI (NNI=Neffettivo/Ncritico) che fornisce una stima dello stato nutrizionale della coltura:

- se  $NNI < 1$  = stress azotato;
- se  $1 < NNI < 1.2$  = condizione ottimale;
- se  $NNI > 1.2$  consumo di lusso.



Tabella Dati con Gruppi	
Parcella A	
Gruppo Prova	1 2019-11-26 16:48:34
NNI: 0.53	
0°/0°   GPS Accuracy: 0 m	
Quota: 0 m.s.l.m.	

Figura 40. Passaggi per l'utilizzo della app PocketNNI. 1) Schermata di avvio; 2) schermata in cui è possibile impostare il nome dell'appezzamento e il numero di repliche da effettuare; 3) stima della concentrazione di N effettiva tramite acquisizione di immagini della foglia; 4) stima della concentrazione di N critica tramite acquisizione dell'indice di area fogliare (LAI); 5) visualizzazione del valore di NNI calcolato in automatico dalla app, che consente una diagnosi dello stato nutrizionale azotato della coltura. Il passaggio da una schermata alla successiva avviene secondo una procedura guidata, al fine di favorire l'usabilità dell'applicazione.

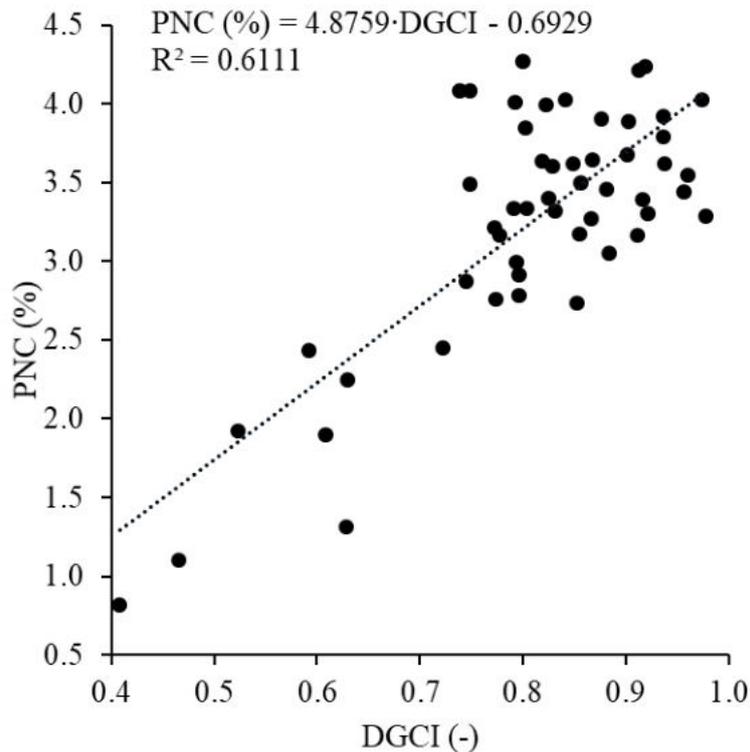


Figura 41. Retta di calibrazione di PocketN per mais dolce.

L'applicazione PocketN ha mostrato una buona correlazione in un'ampia gamma di contesti (Figura 41) con una buona accuratezza nella stima dei valori di PNC. L'applicazione, grazie alla retta di taratura generata, è quindi, in grado di stimare in modo soddisfacente il PNC di mais dolce. Per quanto riguarda la stima della concentrazione di N critica (Ncrit), necessaria per derivare l'indice NNI, è stato usato il modello MAZINGA (Eq. 1, Confalonieri et al., 2011), che risulta particolarmente adatto a contesti operativi in quanto consente di derivare l'Ncritico in funzione del LAI, facilmente misurabile in campo con l'applicazione PocketLAI (Confalonieri et al., 2013), e non in funzione della biomassa come altri approcci disponibili:

$$N_{crit} = \frac{N_{mat}}{1 - e^{(-k \cdot LAI)}} \quad \text{Equazione 1}$$

dove  $N_{mat}$  è la concentrazione di azoto ottimale a maturazione tratto da bibliografia (Confalonieri et al., 2011), qui impostato pari a 1;  $k$  rappresenta il coefficiente di estinzione della luce, derivato dalle misure effettuate nel 2018 sui diversi genotipi (Azione 3, Task 5), con valore pari a 0.8; LAI è l'indice di area fogliare misurato tramite PocketLAI (Confalonieri et al., 2013).

Dal rapporto tra Neffettivo (PNC stimato con PocketN) e Ncritico (derivato con PocketLAI), è possibile derivare l'NNI, indice dello stato nutrizionale azotato della coltura. Le due app PocketN e PocketLAI vengono automaticamente invocate dalla app PocketNNI, per cui l'utente deve solo seguire la procedura guidata suggerita dall'applicazione (Figura 40), senza necessità di uscire per lanciare le altre due applicazioni.

Al fine di testare l'applicazione, sono stati utilizzati i dati raccolti nel 2019 tramite una prova dedicata con diversi livelli di N (vedi AZIONE 3, task 5). Nello schema sperimentale erano presenti trattamenti con stress azotato (0 N), condizioni ottimali (N1, ed eccesso di N (N3, dose doppia rispetto a N1).

Come evidenziato in Figura 42, il sistema sviluppato per stimare lo stato nutrizionale azotato ha fornito risultati soddisfacenti, con i trattamenti in stress di N (N0) sotto la curva di N critico (quindi

Neffettivo < Ncritico, ovvero stress azotato) e quelli in condizioni ottimali (N1 e N2) al di sopra della curva.

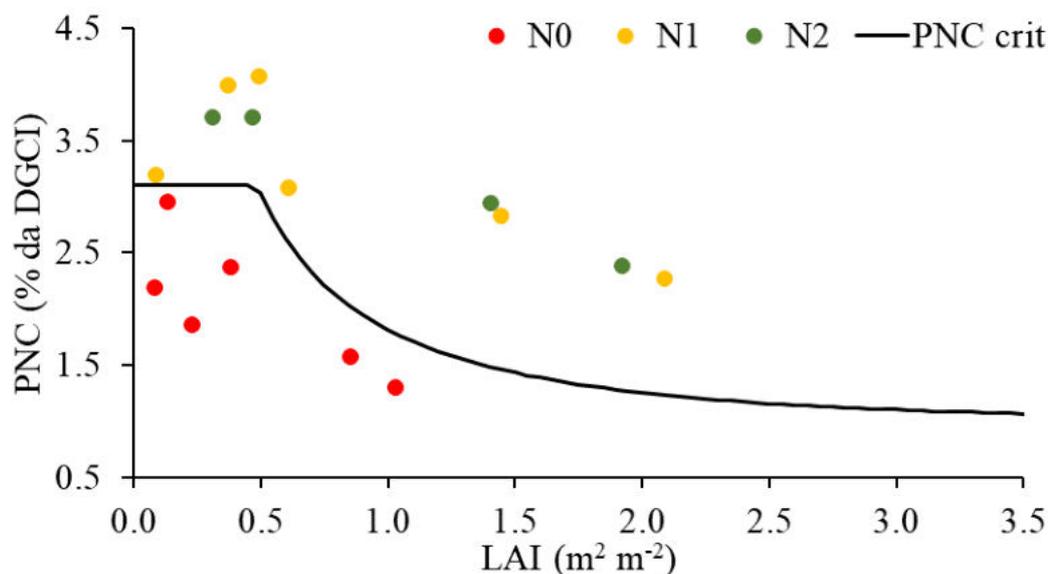


Figura 42. Stato nutrizionale trattamenti 2019 rispetto alla curva critica. N0: senza azoto, N1: concimato dall'agricoltore, N2 concimato il doppio rispetto all'agricoltore.

## Bibliografia

- Acquaah, G., M. W. Adams, and J. D. Kelly. "Identification of effective indicators of erect plant architecture in dry bean." *Crop Science* 31.2 (1991): 261-264.
- Agrios GN (2005) *Plant pathology*, 5th edn. Elsevier, London.
- Andersson, B. 2007. Sexual reproduction in *Phytophthora infestans* epidemiological consequences. Doctoral thesis.
- Andrivon D., 1995. Biology, Ecology, and Epidemiology of the Potato Late Blight Pathogen *Phytophthora Infestans* in Soil. *Phytopathology* 85(10)
- Andrivon, 2017. IPM Blight 2.0: using pathogen population information to improve late blight control
- Asfaw, Asrat, Matthew W. Blair, and Paul C. Struik. "Multi-environment quantitative trait loci analysis for photosynthate acquisition, accumulation, and remobilization traits in common bean under drought stress." *G3: Genes, Genomes, Genetics* 2.5 (2012): 579-595.
- Beattie, Aaron D., et al. "Mapping quantitative trait loci for a common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) ideotype." *Genome* 46.3 (2003): 411-422.
- Beaver J.S., Porch T.G., Zapata M. "Registration of 'Verano' white bean." *J Plant Registrations* 2(3) (2008): 187-189.
- Beckett, M. C., Daughtrey, M. L., and Fry, W. E. 2005. Temperature and leaf wetness requirements for pathogen establishment, incubation period, and sporulation of *Phytophthora infestans* on *Petunia* × *hybrida*. *Plant Dis.* 89:975-979.

- Beebe, Stephen E., et al. "Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favourable environments." *Crop Science* 48.2 (2008): 582-592.
- Beebe, Stephen, et al. "Genetic improvement of common beans and the challenges of climate change." *Crop adaptation to climate change* (2011): 356-369.
- Brisson, Nadine, et al. "An overview of the crop model STICS." *European Journal of agronomy* 18.3 (2003): 309-332.
- Brisson, Nadine, et al. "STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances. I. Theory and parameterization applied to wheat and corn." *Agronomie* 18.5-6 (1998): 311-346.
- Cartelat, A., Cerovic, Z. G., Goulas, Y., Meyer, S., Lelarge, C., Prioul, J. L., ... & Moya, I. (2005). Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*, 91(1), 35-49.
- Chaerani et al., 2006. Tomato early blight (*Alternaria solani*): the pathogen, genetics, and breeding for resistance. *Journal of General Plant Pathology*. December 2006, Volume 72, Issue 6, pp 335–347.
- Chozin, M., et al. "Analysis of traits association in sweet corn inbred lines as grown under organic crop management." *SABRAO Journal of Breeding & Genetics* 49.4 (2017).
- Collins, W. J., et al. "Development and evaluation of an Earth-System model-HadGEM2." *Geoscientific Model Development* 4.4 (2011): 1051.
- Confalonieri R., Foi M., Casa R., Aquaro S., Tona E., Petrele M., Boldini A., De Carli G., Ferrari A., Finotto G., Guarneri T., Manzoni V., Movedi E., Nisoli A., Paleari L., Radici I., Suardi M., Veronesi D., Bregaglio S., Cappelli G., Chiodini M.E., Dominoni P., Francone C., Frasso N., Stella T., Acutis M. (2013), Development of an app for estimating leaf area index using a smartphone. Trueness and precision determination and comparison with other indirect methods. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 96, 67-74.
- Confalonieri, R., et al. "Comparison of sensitivity analysis techniques: a case study with the rice model WARM." *Ecological Modelling* 221.16 (2010): 1897-1906.
- Confalonieri, R., Paleari, L., Movedi, E., Pagani, V., Orlando, F., Foi, M., Barbieri, M., Pesenti, M., Cairati, O., La Sala, M.S., Besana, R., Minoli, S., Bellocchio, E., Croci, S., Mocchi, S., Lampugnani, F., Lubatti, A., Quarteroni, A., De Min, D., Signorelli, A., Ferri, A., Ruggeri, G., Locatelli, S., Bertoglio, M., Dominoni, P., Bocchi, S., Sacchi, G.A., Acutis, M., 2015. Improving in vivo plant nitrogen content estimates from digital images: trueness and precision of a new approach as compared to other methods and commercial devices. *Biosystems Engineering*, 135, 21-30.
- Confalonieri, R., Debellini, C., Pirondini, M., Possenti, P., Bergamini, L., Barlassina, G., ... & Zanimacchia, M., 2011. A new approach for determining rice critical nitrogen concentration. *The Journal of Agricultural Science*, 149(05), 633-638.
- Confalonieri, R., Paleari, L., Foi, M., Movedi, E., Vesely, F. M., Thoelke, W., ... & Motta, R., 2017. PocketPlant3D: analysing canopy structure using a smartphone. *Biosystems engineering*, 164, 1-12.

- Datar, V. V. and Mayee, C. D., 1981, Assessment of loss in tomato yield due to early blight. *Indian Phytopathol.*, 34: 191-195.
- De Linares et al., 2010. Dispersal patterns of *Alternaria conidia* in Spain. *Agricultural and Forest Meteorology* 150 (2010) 1491–1500.
- Drenth A. et Al., 1995. Formation and survival of oospores of *Phytophthora infestans* under natural conditions. *Plant Pathology* (1995) 44, 86-94
- Ellis MB, Gibson IAS (1975) *Alternaria solani* no. 45 set 48. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, UK.
- Escuredo, 2011. Effects of meteorological factors on the levels of *Alternaria* spores on a potato crop. *International Journal of Biometeorology* March 2011.
- Ferrari et al., 2006. *Fitopatologia, entomologia agraria e biologia applicata*. Edagricole.
- Fry, W. 2008b, "*Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer", *Molecular Plant Pathology*, vol. 9, pp. 385-402.
- Giunta, Francesco, Giovanni Pruneddu, and Rosella Motzo. "Radiation interception and biomass and nitrogen accumulation in different cereal and grain legume species." *Field crops research* 110.1 (2009): 76-84.
- Grunwald N. J. et Al., *The Biology Of Phytophthora Infestans At Its Center Of Origin*. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2005. 43:171–90.
- Hardham A.R. et Al., 2009. Molecular cytology of *Phytophthora*–plant interactions. *Australasian Plant Pathology*, 2010, 39, 29–35 *Australasian*
- Hartill, W. F. T., et al. "Effects of temperature and leaf wetness on the potato late blight." *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 18.4 (1990): 181-184.
- IPCC. "Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.).]" IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp, (2014).
- Jabeen et al., 2013. Antifungal Activity of *Azadirachta Indica* against *Alternaria Solani*. *Journal of Life*
- Kang, MengZhen, et al. "Correlation between dynamic tomato fruit-set and source-sink ratio: a common relationship for different plant densities and seasons?" *Annals of Botany* 107.5 (2010): 805-815.
- Lapwood D. H., 1976. Factors affecting the field infection of potato tubers of different cultivars by blight (*Phytophthora infestans*). *Ann. appl. Biol.* (1977), 85, 23-42
- Lin, Kuan Hung, et al. "RAPD markers for the identification of yield traits in tomatoes under heat stress via bulked segregant analysis." *Hereditas* 143.2006 (2006): 142-154.
- Loague, K.M., Green, R.E. "Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application." *J. Contam. Hydrol.* 7 (1991): 51-73.
- Magarey, 2004. A Simple Generic Infection Model for Foliar Fungal Plant Pathogens. *Ecology and epidemiology*. Vol. 95, No. 1, 2005.

- Mamgain et al., 2013. *Alternaria* pathogenicity and its strategic controls. Research Journal of Biology Volume 1:01-09 (Published: 15 April, 2013).
- Mansfield, Brian D., and Rita H. Mumm. "Survey of plant density tolerance in US maize germplasm." *Crop Science* 54.1 (2014): 157-173.
- Markwell, J., Osterman, J. C., & Mitchell, J. L., 1995. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis research*, 46(3), 467-472.
- Martinez et al., 2003. Variability of Cuban and international populations of *Alternaria solani* from different hosts and localities: AFLP genetic analysis. *European Journal of Plant Pathology* 110: 399–409, 2004.
- McKenzie, L. "How to breed tomatoes for organic agriculture" Organic seed alliance (2014)
- McPhee K. "Dry pea production and breeding: A minireview." *Journal Of Food Agriculture And Environment* 1 (2003): 64-69.
- Michaelides, S.C., 1985. A simulation model of the fungus *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. *Ecol. Modelling*, 28: 121-137.
- Nelson, S. 2008, "Late Blight of Tomato (*Phytophthora infestans*)", *Plant Disease*, no. 45.
- Nowicki M. et Al., 2012. Potato and Tomato Late Blight Caused by *Phytophthora infestans*: An Overview of Pathology and Resistance Breeding. *Plant disease*. January 2012, Volume 96, Number 1 Pages 4-17
- Raj, T., M. L. Bhardwaj, and S. Pal. "Estimation of heterosis for earliness, yield and yield contributing traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.)." *Journal of Crop and Weed* 14.1 (2018): 64-68.
- Rashwan, A. M. A. "Improvement of weight fruit and yield in super strain-B cultivar of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) by mass selection." *J. Am. Sci* 11 (2015): 45-50.
- Richter, G. M., Acutis, M., Trevisiol, P., Latiri, K. & Confalonieri, R. "Sensitivity analysis for a complex crop model applied to Durum wheat in the Mediterranean." *Eur. J. Agron.* 32 (2010): 127-136.
- Rosenzweig, Cynthia, and Frank Abramopoulos. "Land-surface model development for the GISS GCM." *Journal of Climate* 10.8 (1997): 2040-2054.
- Runno-Paurson et Al., 2016. Distribution of mating types, metalaxyl sensitivity and virulence races of
- Saltelli A., S. Tarantola, K.P.S. Chan. "A quantitative model-independent method for global sensitivity analysis of model output." *Technometrics*, 41 (1999), pp. 39-56
- Sarlikioti, Vaia, et al. "How plant architecture affects light absorption and photosynthesis in tomato: towards an ideotype for plant architecture using a functional-structural plant model." *Annals of Botany* 108.6 (2011): 1065-1073.
- Seidel, Sabine J., et al. "Modelling the impact of drought and heat stress on common bean with two different photosynthesis model approaches." *Environmental Modelling & Software* 81 (2016): 111-121.

- Semenov, Mikhail A., Elaine M. Barrow, and A. Lars-Wg. "A stochastic weather generator for use in climate impact studies." User Man Herts UK (2002).
- Shattock R., 2002. *Phytophthora infestans*: population, pathogenicity and phenylamides. *Pest Management Science*. 58:944-950.
- Shelton, Adrienne, and William Tracy. "Recurrent selection and participatory plant breeding for improvement of two organic open-pollinated sweet corn (*Zea mays* L.) populations." *Sustainability* 7.5 (2015): 5139-5152.
- Sherf AF, MacNab AA (1986) *Vegetable diseases and their control*. Wiley, New York.
- Shumann et al., 2000. Late blight of potato and tomato. *The Plant Health Instructor*
- Smart D. C., 2001. Invasions by the late blight pathogen: renewed sex and enhanced fitness. *Biological Invasions* 3: 235–243, 2001.
- Suheri, 2000. Infection of onion leaves by *Alternaria porri* and *Stemphylium vesicarium* and disease development in controlled environments. *Plant Pathology* (2000) 49, 375±382.
- Tar'an, B., Warkentin, T., Somers, D. J., Miranda, D., Vandenberg, A., Blade, S., et al. Quantitative trait loci for lodging resistance, plant height and partial resistance to mycosphaerella blight in Field pea (*Pisum sativum* L.)” *Theor. Appl. Genet.* 107 (2003): 1482-1491.
- Tarantola, Stefano, and William Becker. "SIMLAB Software for Uncertainty and Sensitivity Analysis." *Handbook of Uncertainty Quantification* (2016): 1-21.
- Tesfaye, Kinde, S. Walker, and M. Tsubo. "Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment." *European journal of Agronomy* 25.1 (2006): 60-70.
- Thomas, 2003. *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Molecular Plant pathology*. Volume 4, Issue July 2003 Pages 225–236.
- Vale, N. M., et al. "Effect of generations and environments in the analysis of a partial diallel to improve bean earliness." *Genetics and Molecular Research* 14.3 (2015): 8219-8228.
- Vloutoglou, 2000. Effects of inoculum concentration, wetness duration and plant age on development of early blight (*Alternaria solani*) and on shedding of leaves in tomato plants. *Plant Pathology* (2000) 49, 339±345.
- Vocanson A. and Jeuffroy M.H. “Agronomic performance of different pea cultivars under various sowing periods and contrasting soil structures.” *Agronomy journal* 100.3 (2008): 748-759.
- Vozáry E., et al. “Connection between structural changes and electrical parameters of pea root tissue under anoxia.” *Anoxia*. InTech (2012).
- Warren R. C. et al., 1975. VIABILITY OF SPORANGIA OF PHYTOPHTHORA INFESTANS IN RELATION TO DRYING. *Trans. Br. mycol, Soc.* 64 (1),73-78 (1975)
- Warton P. S. et al., 2008. A web-based interactive system for risk management of potato late blight in Michigan. *computers and electronics in agriculture* 6 1 (2008) 136–148



2. Inserita un'analisi di sensitività ed implementata l'interpretazione dei risultati.

3. Inserita una valutazione della qualità dei Proxy Data nei fogli di calcolo che costituiscono parte integrante dello studio LCA.

## 2.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

In accordo ai requisiti degli standard ISO 14040 e ISO 14044, le principali ipotesi dello studio devono essere definite con chiarezza ed essere coerenti con l'applicazione prevista.

### 2.1.1 OBIETTIVO DELLO STUDIO

Lo studio è stato condotto al fine di valutare il carico ambientale relativo alla produzione dei seguenti prodotti all'interno del Sistema EPD Process certificato di Conserve Italia, riportati in Tabella

#### 1. N.

	ID	Prodotto	Marchio	Destinazione	Packaging	Formato	SAP
1	03	Passata Vellutata	Valfrutta	Retail	Vetro	700g	010118
2	07	Fagioli borlotti	Valfrutta	Retail	Scatola	3x150g	043071
3	08	Ceci	Valfrutta	Retail	Vetro	370g	042718
4	09	Mais	Valfrutta	Retail	Scatola	3x160g	043068
5	10	Passata Verace	Cirio	Retail	Vetro	700g	032250
6	11	Polpa Finissima	Cirio	Retail	Scatola	3x400g	033812
7	12	Piselli Medi	Cirio	Retail	Scatola	3x400g	035592
8	16	Polpa	Cirio	Estero	Scatola	6x4x400g	035914
9	17	Pomodori Pelati	Cirio	Estero	Scatola	6x4x400g	035912
10	19	Pomodori Pelati	Cirio	Estero	Scatola	6x2,5kg	041618
11	20	Passata	Cirio	Estero	Brik	12x500g	038754
12	21	Mais	Cirio	Estero	Scatola	6x2,1kg	041134
13	22	Polpa	Cirio	Estero	Scatola	6x2,55kg	044971
14	23	Passata Classica	Cirio	Estero	PET	6x540g	041923
15	24	Passata Napoletana	Cirio	Estero	PET	6x540g	041922
16	25	Passata Rustica	Cirio	Estero	Vetro	6x2x350g	044979
17	26	Pizza Sauce	Cirio	Estero	Bag in Box	2x5,5kg	038665
18	27	Cuor Pomodoro	Cirio	Estero	Bag in Box	2x5kg	041348
19	28	Passata Verace	Cirio	Estero	Vetro	12x700g	044973
20	30	Passata	Cirio	Estero	Brik	8x3x200g	044978
21	31	Polpa al Basilico	Cirio	Estero	Brik	16x390g	035481
22	32	Passata	Cirio	Estero	Brik	6x1000g	041545
23	33	Pelati Alta Cucina	Cirio	Food Service	Scatola	3x2,5kg	035572
24	34	Gran Pelati del Salento	Valfrutta	Food Service	Scatola	3x2,5kg	027429
25	35	Cuor di Pomodoro	Cirio	Food Service	Bag in Box	2x5kg	030504
26	36	Rossopizza Denso	Valfrutta	Food Service	Bag in Box	2x5kg	028298
27	37	Polpadoro	Cirio	Food Service	Bag in Box	2x5kg	035475
28	38	Polpa Fine Granchef	Valfrutta	Food Service	Bag in Box	2x5kg	028296
29	39	Cuor di	Cirio	Food Service	Bag in Box	2x5kg	038338

<b>30</b>		Pelato						
<b>30</b>	40	La Rustica	Cirio	Food Service	Scatola	3x2,5kg	035576	
<b>31</b>	41	Fagioli borlotti	Valfrutta	Retail	Scatola	3x400g	016942	
<b>32</b>	42	Passata al Vapore	Valfrutta	Retail	Vetro	700gr	010116	
<b>33</b>	43	Polpa al Vapore	Valfrutta	Retail	Scatola	3x400gr	048932	
<b>34</b>	44	Cannellini	Valfrutta	Retail	Scatola	3x400gr	016943	
<b>35</b>	45	Piselli piccoli	Valfrutta	Retail	Vetro	370gr	042721	
<b>36</b>	46	Piselli medi	Valfrutta	Retail	Scatola	3x400gr	016935	
<b>37</b>	47	Ceci	Valfrutta	Retail	Scatola	400gr	016994	
<b>38</b>	48	Passata Rustica	Cirio	Retail	Vetro	680gr	031924	
<b>39</b>	49	Pelati	Cirio	Retail	Scatola	400gr	032106	
<b>40</b>	50	Borlotti	Cirio	Retail	Vetro	370gr	030742	

I prodotti scelti sono a marchio Valfrutta e Cirio.

Lo studio è effettuato in conformità alle norme ISO 14040, ISO 14044, ISO 14046, ISO 14025 e seguendo le indicazioni dei seguenti documenti:

- General Programme Instructions for Environmental Product Declarations, EPD v.3.01
- PCR 2019:10 " Prepared and preserved vegetable and fruit products, including juice" v.1.01

Lo studio LCA, attraverso cui sono state calcolate la Carbon Footprint (CFP) e la Water Footprint (WF), viene condotto con lo scopo di ottenere la convalida dell'Environmental Product Declaration (EPD).

L'anno di riferimento, cui si riferisce la raccolta dati, è il 2018.

I destinatari dello studio sono i clienti finali ed in generale gli stakeholders coinvolti lungo la filiera.

## 2.1.2 CAMPO DI APPLICAZIONE DELLO STUDIO

Sistemi di Prodotto studiati

I sistemi di prodotto studiati appartengono alle seguenti categorie UN Central Product Classification (CPC) Version 2.1

Section: 2 - Food products, beverages and tobacco; textiles, apparel and leather products

Division: 21 - Meat, fish, fruit, vegetables, oils and fats

Groups: 213 - Prepared and preserved vegetables, pulses and potatoes

214 - Prepared and preserved fruit and nuts

Il processo

Il processo è quello riportato nello studio LCA relativo al sistema EPD Process certificato (LCA CI EPD PROCESS R08)

Funzioni del sistema di prodotto

La funzione del sistema di prodotto è la produzione vegetali e frutta destinate ad uso alimentare e distribuite alla Grande Distribuzione ed a grossisti.

Unità Funzionale

L'unità funzionale è costituita da 1 kg di prodotto confezionato.

Confini del sistema

In accordo al PCR, i confini del sistema sono illustrati nella figura seguente.

## UPSTREAM

- Production of seeds, cuttings or plants for the cultivation.
- Production of agricultural inputs
- Cultivation phase
- Emissions from fertilizers and plant protection products/pesticides application
- Generation of energy wares used in agriculture, at the farm
- Production of ingredients, preservatives, emulsifiers and additives used in the product
- Production of auxiliary products
- Production of primary, secondary and tertiary packaging materials.
- Cold chain operation (where applicable)

## CORE

- Transportation to food processing plant
- Food processing
- Packaging processes
- Cold or frozen storage (where applicable)
- Wastewater treatment.
- Waste treatment of waste generated during manufacturing
- Impacts caused by the electricity production used in the core processes according the proper energy mix hypotheses
- Impacts generated by the production of the fuels burned in the core processes

## DOWNSTREAM

- Cold storage (where applicable)
- Final product distribution
- Primary packaging end of life

### Regole di Cut-off

I dati di inventario che contribuiscono meno del 1% dei flussi totali (massa ed energia) del prodotto totale possono non essere inclusi nel ciclo di vita.

### Regole di Allocazione

Le procedure impiegate sono riportate nello studio LCA relativo al sistema EPD Process certificato (LCA CI EPD PROCESS R08). Eventuali variazioni applicate ai nuovi prodotti in esame sono descritte e giustificate nel report.

### Impatti ambientali

Per l'EPD, le categorie d'impatto considerate sono quelle definite dal PCR di riferimento.

Per la Water Footprint, gli impatti vengono rappresentati come Water Footprint Profile, ovvero l'effetto su tutte le categorie d'impatto rilevanti in termini di quantità e qualità (Eutrofizzazione, Acidificazione, Tossicità, Water Scarcity, Consumo netto).

#### Requisiti di qualità dei dati

I requisiti di qualità dei dati sono riportati nello studio LCA relativo al sistema EPD Process certificato (LCA CI EPD PROCESS R08).

Per i prodotti a marchio Valfrutta in particolare per la modellizzazione dell'elettricità utilizzata nei processi, si è utilizzato il mix specifico del fornitore per l'anno di riferimento: energia 100% da fonti rinnovabili proveniente da impianti eolici.

Il software usato nello studio è SimaPro 9.

#### Rappresentatività geografica

L'ambito di applicazione geografica dello studio è l'Europa.

#### Assunzioni

Tutte le assunzioni eventualmente effettuate nello studio sono descritte e giustificate nel report.

#### Limitazioni

Tutte le assunzioni eventualmente effettuate e limitazioni dello studio sono descritte e giustificate nel report.

### 3.1 INVENTARIO DEL CICLO DI VITA (LCI)

L'analisi d'inventario comprende la raccolta dei dati ed i procedimenti di calcolo che consentono di quantificare i flussi in entrata ed in uscita di un sistema di prodotto.

Le modalità di raccolta dati sono riportate nello studio LCA relativo al sistema EPD Process certificato. In particolare, la raccolta ed il trattamento dei dati sono effettuati in accordo alla "I.O. Analisi del Ciclo di Vita e Dichiarazione Ambientale di Prodotto"

### 4.1 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DEL CICLO DI VITA (LCIA)

Dopo aver effettuato l'Analisi dell'Inventario, è necessario imputare i consumi e le emissioni ottenuti in questa fase a specifiche categorie di impatto riferibili ad effetti ambientali conosciuti (classificazione), e nel quantificare, con opportuni metodi di caratterizzazione, l'entità del contributo complessivo che il processo arreca agli effetti considerati.

Le categorie d'impatto per l'EPD sono coerenti con i PCR di riferimento.

I potenziali impatti ambientali sono riportati nelle singole schede prodotto allegate al presente documento.

## 5.1 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

L'interpretazione è la fase dello studio in cui i risultati dell'analisi di inventario e della valutazione del ciclo di vita sono analizzati congiuntamente per effettuare considerazioni, sotto forma di conclusioni e raccomandazioni, che siano consistenti con lo scopo dello studio.

### 5.1.1 IDENTIFICAZIONE DELLE FASI DEL CICLO DI VITA MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE

Le figure seguenti riportano il contributo alle categorie d'impatto ambientale delle diverse fasi del ciclo di vita per alcuni prodotti considerati rappresentativi per lo studio. La scelta è stata quella di valutare tutti i prodotti vegetali e un prodotto di pomodoro per ciascuna tipologia di packaging (vetro, brik, scatola, PET, Big Bag)

**(Vedi allegato per tabelle)**

**Come si può notare, i processi maggiormente significativi per le emissioni di gas serra sono rappresentati dalla coltivazione e dal packaging (Upstream processes).**

### 5.1.2 ANALISI DI SENSITIVITA'

Sulla base dei risultati riportati al paragrafo 5.1.1 risulta evidente come gli impatti ambientali derivino prevalentemente dagli Upstream Processes, soprattutto per i prodotti con packaging in banda stagnata e vetro.

Per l'aggiornamento delle presenti EPD sono quindi stati individuati i seguenti dati come necessari alla verifica annuale dei risultati.

Per gli Upstream Processes:

- \_I dati relativi alla coltivazione comprensivi di:
  - \_ Resa agricola;
  - \_ Consumi di gasolio;
  - \_ Consumi elettrici;
  - \_ Consumi idrici;
  - \_ Consumo di fertilizzanti;
  - \_ Trattamenti;
- \_ Imballaggi/rifiuti
- \_I dati di peso e materia prima riciclata per il packaging del prodotto;

Per i Core Processes:

- \_Il consumo energetico dovuto alla lavorazione della materia prima (dato presente in Distinta Base).

### 5.1.3 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DEI DATI

I dati raccolti possono essere distinti in tre categorie

- Dati specifici (provenienti da rilevamenti diretti o ricavati dalla letteratura specifica).
- Dati generici selezionati (provenienti da database selezionati)
- Proxy data (altri dati generici provenienti da stime e valori medi).

Dati specifici sono stati usati:

1. Per gli Upstream Processes, relativamente alla coltivazione del prodotto, alla composizione del prodotto, agli ingredienti ed al packaging.
2. Per i Core Processes, relativamente ai consumi energetici, alla lavorazione ed al confezionamento dei singoli prodotti analizzati.
3. Per i Downstream Process, relativamente alle distanze medie.

Per la modellizzazione dell'elettricità utilizzata nei processi, per i prodotti a marchio Valfrutta si è utilizzato il mix specifico del fornitore per l'anno di riferimento: energia 100% da fonti rinnovabili proveniente da impianti eolici.

Per il resto dei prodotti è stato utilizzato il mix elettrico nazionale presente sul database. Dati generici selezionati derivati dal database Ecoinvent v.3.4 ([www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)) sono stati usati per le seguenti fasi: produzione degli ingredienti, degli additivi, dei fertilizzanti, dei materiali di packaging, dei combustibili e dell'elettricità. Come evidenziato dalle figure seguenti, il contributo dei proxy data è inferiore al 10% degli impatti globali

**(Vedi allegato per tabelle)**

## **RICADUTE:**

Gli effetti principali del progetto saranno ravvisabili nell'adozione da parte dei produttori di Conserve Italia, delle linee guida elaborate a discendere dalle innovazioni introdotte tramite i modelli progettati dall'Università di Milano.

Le linee guida sono messe a disposizione sul sito di Conserve Italia ai link indicati Per gli agricoltori afferenti a cooperative socie di Conserve Italia e rese disponibili a chiunque ne faccia richiesta per massimizzare l'impatto ambientale. I soli produttori riferiti a Conserve Italia, sono stimabili in un migliaio di aziende per una estensione di circa 8.000 Ha sul territorio dell'Emilia Romagna, di cui pomodoro 2.900 Ha e altre orticole da industria 5.100 Ha.

Valutando una media di utilizzo di principi attivi inquinanti nei quantitativi illustrati di seguito si può aspirare, a regime in 3 anni, a:

- una diminuzione di 2% di HI di acqua irrigua, grazie all'adozione di tecniche colturali adeguate all'impatto del cambiamento climatico e coerenti con le linee guida proposte; tali tecniche tuttavia, dovranno essere valutate in relazione alla gestione della parte industriale.
- 3-5% di ton di N, grazie all'adozione dell'APP Pocket NNI, applicando le concimazioni secondo le indicazioni derivanti dalla valutazione dello stato nutrizionale della coltura
- 1% di fitofarmaci, grazie ai bollettini di allerta patogeni, intervenendo non a calendario, ma in caso di effettiva necessità.

Il progetto potrà in seguito essere ampliato a nuove colture, e/o a nuovi areali, infatti è in atto al momento la realizzazione di curve di taratura per la valutazione dello stato nutrizionale del pomodoro da industria.

## **INDICATORI DI RISULTATO:**

- *Schede EPD di prodotto almeno n. 30: Vedi schede allegate*
- Identificazione delle tecniche di gestione agronomica volte a mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici sulle produzioni dei binomi coltura – areale identificate: vedi Linee Guida allegate
- Confronto tra le produzioni ottenibili con le attuali tecniche agronomiche in contesti di scenario di cambiamento climatico: vedi relazione sopra
- Identificazione dei tratti delle colture d'interesse su cui concentrare l'attività di miglioramento genetico nello scenario attuale e in quelli futuri: vedi relazione sopra
- Valutazione di genotipi migliorati in base ai tratti identificati in precedenza: vedi relazione sopra
- Sviluppo di un sistema completamente operativo entro la fine del progetto per l'allerta sul rischio di infezioni fungine sulle colture d'interesse: vedi allegati bollettini prodotti per il primo anno di studio.
- Inoltro di informazioni sul rischio di patogeni agli utenti per almeno un anno: vedi sito web al link <http://conserveitalia2019.uni-box.it/pdf/>
- Grado di soddisfazione dell'utente > 6 in una scala 1-10: vedi allegati questionari.

- Sviluppo di una smart- app, testata e funzionale, atta alla distribuzione e con performance in linea con analoghi strumenti presenti sul mercato: vedi allegata presentazione.
- Grado di soddisfazione dell'utente > 6 in una scala 1-10 vedi allegati questionari.

Data 10/05/2020

IL LEGALE RAPPRESENTANTE