

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2017 DEL  
TIPO DI  
OPERAZIONE 16.2.01 "SUPPORTO PER PROGETTI PILOTA E PER LO  
SVILUPPO DI NUOVI  
PRODOTTI, PRATICHE, PROCESSI E TECNOLOGIE NEL SETTORE  
AGRICOLA E  
AGROINDUSTRIALE"**

**FOCUS AREA 3A DGR N. 227 DEL 27 FEBBRAIO 2017**

**RELAZIONE TECNICA  INTERMEDIA  FINALE**

**DOMANDA DI SOSTEGNO 5050341**

**DOMANDA DI PAGAMENTO 5209039**

**FOCUS AREA: 3A**

Titolo Piano	Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici e dell'inquinamento da particolato sul valore nutrizionale dei prati di montagna – Identificazione di strategie di adattamento
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	<b>Consorzio Terre di Montagna s.c.a.</b>

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	<b>18</b>
Data inizio attività	<b>01/08/2018</b>
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	<b>30/10/2020</b>

Relazione relativa al periodo di attività dal	<b>01/01/2018</b>	al	<b>30/10/2020</b>
Data rilascio relazione	<b>26/02/2021</b>		

Autore della relazione	<b>Maria Paone</b>		
telefono		email	<b>m.paone@cicabo.it</b>

## 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 LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI	5
2.6	MATERIALI E	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.*

Tutte le attività previste sono state espletate, trattandosi di rendicontazione finale.

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

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
Cooperazione	Consorzio Terre di Montagna	Esercizio della Cooperazione	08/2018	08/2018	12/2019	10/2020

Studi	Consorzio Terre di Montagna	Studi necessari alla realizzazione del piano	08/2018	08/2018	12/2018	10/2018
Azione 1	Consorzio Terre di Montagna	Azione realizzativa	10/2018	08/2018	12/2018	06/2020
Azione 2	Consorzio Terre di Montagna	Azione realizzativa	10/2018	10/2018	12/2019	06/2020
Azione 3	Consorzio Terre di Montagna	Azione realizzativa	10/2018	10/2018	12/2019	06/2020
Azione 4	Consorzio Terre di Montagna	Azione realizzativa	10/2018	10/2018	12/2019	06/2020
Azione 5	Consorzio Terre di Montagna	Azione realizzativa	07/2019	01/2019	12/2019	06/2020
Divulgazione	Consorzio Terre di Montagna	Divulgazione	01/2019	01/2019	12/2019	10/2020

## 2 - Descrizione per singola azione

*Compilare una scheda per ciascuna azione*

### 2.1 Attività e risultati

Azione	<b>ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE</b>
Unità aziendale responsabile	<b>Consorzio Terre di Montagna</b>
Descrizione delle attività	<p>Lo scopo di tale attività è la gestione della corretta rendicontazione dell'attività scientifica, il monitoraggio dei risultati attesi e ottenuti, la programmazione delle attività future e di eventuali cambiamenti da apportare a parti del progetto, la definizione delle azioni future.</p> <p>È stata gestita l'organizzazione delle riunioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kick-off meeting per l'analisi dell'eventuale concessione di contributo da parte della Regione Emilia Romagna;</li> <li>• altre riunioni plenarie, nei 18 mesi di progetto (vedi allegati);</li> <li>• riunione di medio termine per la verifica dello stato di avanzamento degli indicatori e delle spese connesse al progetto.</li> </ul> <p>Sono stati realizzati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ i controlli riguardanti la corretta realizzazione del progetto nel suo complesso, in funzione del mantenimento dei requisiti di accesso dei soggetti coinvolti, delle priorità assegnate, del controllo del pannello degli indicatori delle singole azioni per il raggiungimento degli obiettivi finali.</li> <li>○ supporto al 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</li> </ul>

	<p>indicati dalla RER, al fine di consentire la preparazione ed inoltro della domanda di liquidazione.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ la gestione della raccolta della documentazione necessaria alla redazione di una eloquente divulgazione il tutto secondo le seguenti modalità: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ l'indicazione al BENEFICIARIO e al FORNITORE/ORGANISMO DI RICERCA dei documenti tecnici necessari o utili alla redazione della comunicazione/divulgazione;</li> <li>✓ cura delle comunicazioni tra il BENEFICIARIO e il FORNITORE/ORGANISMO DI RICERCA per le attività di divulgazione, fornendo dettagli sui contenuti e sugli aspetti formali della documentazione da approntare;</li> <li>✓ mantenimento dell'aggiornamento del BENEFICIARIO e del FORNITORE/ORGANISMO DI RICERCA sugli sviluppi delle attività di divulgazione e sulle eventuali ulteriori integrazioni necessarie;</li> <li>✓ indicazione al BENEFICIARIO e al FORNITORE/ORGANISMO DI RICERCA dell'elenco dei documenti amministrativi e tecnici necessari o utili alla redazione dei documenti finali di progetto;</li> </ul> </li> <li>○ cura delle comunicazioni tra il BENEFICIARIO e il FORNITORE/ORGANISMO DI RICERCA e la Regione Emilia Romagna, fornendo dettagli sugli aspetti formali della documentazione da approntare.</li> <li>○ cura della raccolta dei documenti e delle informazioni necessarie alla redazione delle relazioni di chiusura del progetto.</li> <li>○ mantenimento del BENEFICIARIO e del FORNITORE/ORGANISMO DI RICERCA aggiornati sugli sviluppi della predisposizione della documentazione di chiusura e sulle eventuali ulteriori integrazioni richieste.</li> <li>○ cura dei rapporti con l'Ente Pubblico nella gestione del progetto, mantenendo informati il BENEFICIARIO e il FORNITORE/ORGANISMO DI RICERCA delle comunicazioni intercorse, sia nel corso delle riunioni calendarizzate che con tempestive comunicazioni in caso di necessità.</li> </ul>
<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.</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
	Organizzazione /commerciale	Attività di coordinamento	80	€ 1.664,00

## 2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

### CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
C.I.C.A. Bologna		€ 7.000,00	Organizzazione e gestione delle riunioni, controlli e monitoraggio del progetto, raccolta e controllo della documentazione	€ 7.000,00
Totale:				€ 7.000,00

## 2.1 Attività e risultati

Azione	<b>Studi necessari alla realizzazione del piano</b>
Unità aziendale responsabile	<b>Consorzio Terre di Montagna</b>
Descrizione delle attività	<p>Verifica della filiera coinvolta e delle relative interazioni, per un'ottimizzazione delle stesse.</p> <p>Per l'attuazione dell'attività, sono stati analizzati lo statuto ed il regolamento di Consorzio Terre di Montagna, degli Enti di ricerca coinvolti e delle Aziende Agricole associate, la relativa organizzazione aziendale - tramite l'analisi dei Sistemi Qualità e dei Disciplinari di Produzione - nonché l'accordo di Filiera sotteso alla realizzazione del Progetto di Filiera e quant'altro illustrante l'oggetto di studio.</p> <p>Sono state identificate le corrette metodologie di gestione della comunicazione e delle interazioni con i soggetti coinvolti per la parte agricola.</p> <p>Sono stati forniti i modelli per la corretta compilazione ed il corretto flusso dei documenti afferenti il progetto.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al	Gli obiettivi sono stati raggiunti.

piano di lavoro, criticità evidenziate	
--	--

## 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
	Organizzazione /commerciale	Attività di coordinamento	80	€ 1.637,60
			Totale:	€ 1.637,60

## 2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

### CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
C.I.C.A. Bologna		€ 8.400,00	Studi necessari	€ 8.400,00
			Totale:	€ 8.400,00

## 2.1 Attività e risultati

Azione	<b>Azione 1.</b> Generazione di scenari climatici futuri che tengano conto dell'effetto dell'orografia.
Unità aziendale responsabile	<b>Consorzio Terre di Montagna</b>
Descrizione delle attività	La generazione degli scenari climatici futuri è stata divisa in due task. Nel corso del Task 1.1 sono stati generati scenari climatici utilizzando: <ul style="list-style-type: none"> <li>• baseline (1996-2015) rappresentative per le aree di interesse;</li> <li>• delta derivati da due AR5 RCP</li> <li>• due GCM</li> <li>• due generatori con componente stocastica</li> </ul>

	<p>Gli scenari – di 20 anni ognuno – saranno generati per due finestre temporali, centrate sul 2030 e sul 2050.</p> <p>Il <b>Task 1.2</b> è stato invece incaricato di effettuare un downscaling degli scenari climatici generati nel corso del Task 1.1 al fine di considerare in modo esplicito l'effetto dell'orografia sulle variabili meteorologiche.</p> <p>Attraverso l'analisi dei risultati ottenuti con le serie generate nel corso del Task 1.1, si sono derivate procedure per identificare situazioni rappresentative dal punto di vista climatico, orografico e gestionale, e si è proceduto per queste al downscaling utilizzando un modello digitale di elevazione.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati raggiunti

## 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
	Organizzazione /commerciale	Attività di coordinamento	80	€ 1.680,80
			Totale:	€ 1.680,80

## 2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

### CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Università degli Studi di Milano		€ 15.000,00	Generazione di scenari climatici futuri che tengano conto dell'effetto dell'orografia	€ 15.000,00
			Totale:	€ 15.000,00

## 2.1 Attività e risultati

Azione	<b>Azione 2.</b> Parametrizzazione e valutazione del modello CoSMo per le principali tipologie di prato nelle aree di interesse
Unità aziendale responsabile	<b>Consorzio Terre di Montagna</b>
Descrizione delle attività	<p>Il modello CoSMo è stato parametrizzato e validato utilizzando dati raccolti nel corso di monitoraggi effettuati ad hoc nel corso del progetto, così come grazie a dataset resi disponibili da attività pregresse da parte dei gruppi di ricerca coinvolti. I dataset già disponibili sono stati utili soprattutto per la definizione dei set di parametri che descrivono le caratteristiche morfo-fisiologiche delle singole specie.</p> <p>Nel corso del <b>Task 2.1</b> sono state identificate tipologie di risorse foraggere di particolare interesse nell'alimentazione degli animali, tenendo conto del disciplinare per la produzione di latte dedicato al Parmigiano Reggiano. Su queste sono stati effettuati rilievi periodici al fine di determinare informazioni relative (i) all'abbondanza percentuale delle specie più rappresentative (ii) alle principali variabili di stato delle cenosi (e.g., produttività) e iii) caratteristiche qualitative del foraggio tramite analisi chimiche su campioni raccolti al momento degli sfalci.</p> <p>Questi dati sono stati utilizzati nel <b>Task 2.2</b> per parametrizzare e valutare il modello matematico per comunità vegetali CoSMo (Confalonieri, 2014), in grado di simulare la competizione interspecifica, cambiamenti nella presenza relativa delle diverse specie nel corso della stagione, la produttività dei prati. In questo modo è stato possibile valutare l'impatto dei futuri cambiamenti climatici sulla composizione, produttività e qualità delle produzioni foraggere dell'area in esame e non unicamente sulla produttività delle comunità vegetali.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati raggiunti

## 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
	Organizzazione /commerciale	Attività di coordinamento		€ 2.100,00
			Totale:	€ 2.100,00

## 2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

### CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Università degli Studi di Milano		€ 15.000,00	Parametrizzazione e valutazione del modello CoSMo per le principali tipologie di prati nelle aree di interesse	€ 15.000,00
Università degli Studi di Firenze		€ 18.000,00	Parametrizzazione e valutazione del modello CoSMo per le principali tipologie di prati nelle aree di interesse	€ 18.000,00
Totale:				€ 33.000,00

## 2.1 Attività e risultati

Azione	<b>Azione 3.</b> Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sui prati di montagna ed identificazione di strategie di adattamento.
Unità aziendale responsabile	<b>Consorzio Terre di Montagna</b>
Descrizione delle attività	<p>Nel corso di questa azione si è proceduto alla quantificazione degli impatti dei cambiamenti climatici sulle caratteristiche quali-quantitative delle produzioni foraggere. Ove gli impatti sono risultati negativi, si è proceduto all'identificazione di opportune strategie di adattamento.</p> <p><b>Task 3.1:</b> il modello CoSMo, parametrizzato nel corso dell'Azione 2, è stato utilizzato per quantificare l'impatto degli scenari climatici prodotti durante l'Azione 1 sugli aspetti quali-quantitativi delle produzioni foraggere nelle aree di interesse. L'impatto è stato valutato sia in termini di produttività del prati che sulle dinamiche relative alla competizione interspecifica e, quindi, alla presenza relativa di diverse essenze all'interno della cenosi.</p> <p>Sono state identificate, nel corso del <b>Task 3.2</b>, opportune strategie di adattamento, basate sull'impiego di diverse tipologie di miscuglio, variabili nella proporzione di diverse componenti e comprendenti specie più adattabili alle ipotizzate condizioni future e sull'identificazione di ideotipi per alcune specie di interesse che consentano di compensare eventuali squilibri dovuti all'impatto dei cambiamenti climatici sulla competitività delle diverse specie.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati raggiunti

## 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
	Organizzazione /commerciale	Attività di coordinamento		€ 2.099,00
Totale:				€ 2.099,00

## 2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

### CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Università degli Studi di Milano		€ 20.000,00	Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sui prati di montagna ed identificazione di strategie di adattamento	€ 20.000,00
Università degli Studi di Firenze		€ 7.000,00	Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sui prati di montagna ed identificazione di strategie di adattamento	€ 7.000,00
Totale:				€ 27.000,00

## 2.1 Attività e risultati

Azione	<b>Azione 4.</b> Valutazione della presenza di polveri sottili sui foraggi ottenuti da prati di montagna in confronto a quelli di pianura
Unità aziendale responsabile	<b>Consorzio Terre di Montagna</b>
Descrizione delle attività	<p>In quest'azione a cura di CNR-IBIMET si sono valutate, sia tramite misure sia con approccio modellistico, le deposizioni atmosferiche di PM 10, PM 2.5 e PM 1 in alcune giornate campione.</p> <p><b>Task 4.1:</b> questo task prevede la misurazione della concentrazione di particolato atmosferico su 2-3 prati stabili di montagna (selezionati come rappresentativi di diverse situazioni geo-ambientali) sia su un prato tipico di pianura.</p> <p><b>Task 4.2:</b> è poi sostanziale verificare quanto, a fronte di quanto osservato nel task 4.1, l'effettiva presenza del particolato sulle essenze che compongono i prati. Questo task prevede un'analisi micro-morfologica delle foglie delle</p>

	diverse specie vegetali che compongono la miscela del prato. Infatti la capacità di captazione e la ritenzione delle particelle di particolato atmosferico sulle lamine fogliari è legata alla micro-morfologia della superficie fogliare (presenza e tipologia di peli, stomi e cere) e all'orientamento fogliare di ogni specie.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati raggiunti

## 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
	Organizzazione /commerciale	Attività di coordinamento		€ 2.062,60
			Totale:	€ 2.062,60

## 2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

### CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
IBIMET – CNR Ora (IBE -CNR)		€ 25.000,00	Valutazione della presenza di polveri sottili sui foraggi ottenuti da prati di montagna in confronto a quelli di pianura	€ 25.000,00
			Totale:	€ 25.000,00

## 2.1 Attività e risultati

Azione	<b>Azione 5.</b> Indagine mirata a verificare elementi attinenti alla Priorità B
Unità aziendale responsabile	<b>Consorzio Terre di Montagna</b>
Descrizione delle attività	<p><b>Task 5.1</b> L'attività ha riguardato la conduzione di un'indagine sui consumatori per valutare il grado di conoscenza, interesse e propensione all'acquisto di Parmigiano Reggiano filiera Terre di Montagna, prodotto in ambiente montano e con caratteristiche di materie prime che qui precedono (foraggi-latte). L'indagine è stata condotta online su consumatori abituali del prodotto e potenziali nuovi consumatori, analizzando le conoscenze e le aspettative legate ad aspetti salutistici, di garanzie di filiera, di qualità gustative.</p> <p><b>Task 5.2</b> La tecnica di conjoint analysis ha tra le caratteristiche peculiari quella di identificare i termini e i concetti che il consumatore collega ad un bene, un prodotto o un servizio. In base ai risultati dell'indagine sarà possibile realizzare "slogan" finalizzati alla valorizzazione e promozione del prodotto, quindi validarli sottoponendoli al giudizio (rating di chiarezza ed efficacia) di consumatori. E' possibile, con i criteri tecnico scientifici propri di questo approccio di consumer test, valutare anche l'impatto di immagini ed il relativo potenziale nel supportare la trasmissione di messaggi al consumatore.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati raggiunti

## 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
	Organizzazione /commerciale	Attività di coordinamento		€ 2.099,00
			Totale:	€ 2.099,00

## 2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

### CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
IBIMET – CNR Ora (IBE -CNR)		€ 7.000,00	Valutazione della presenza di polveri sottili sui foraggi ottenuti da prati di montagna in confronto a quelli di pianura	€ 7.000,00
Totale:				€ 7.000,00

## 2.1 Attività e risultati

Azione	<b>AZIONE DIVULGAZIONE</b>
Unità aziendale responsabile	<b>Consorzio Terre di Montagna</b>
Descrizione delle attività	<p>Una parte sostanziale delle attività di divulgazione a livello nazionale è stata effettuata a cura di IBE (IBIMET) attraverso il Regional Hub per la Climate Smart Agriculture, in costituzione assieme all'assessorato Agricoltura delle Regione ER e a numeri attori regionali e nazionali attraverso il circuito Urban@it, all'interno del Cluster sviluppo Sostenibile e Cambiamento climatico cui partecipano anche numerose associazioni di produttori.</p> <p>Un'altra parte sostanziale della divulgazione è stata inoltre svolta, sempre da IBE (IBIMET), a livello internazionale in collaborazione con la FAO all'interno di GASCA (Global Alliance for Climate Smart Agriculture), entrando nelle attività del Knowledge Action Group, e all'interno del progetto Bandiera Climate Smart Agriculture Booster del Climate Kic, di cui IBE (IBIMET) è core partner.</p> <p>L'attività di diffusione dei risultati ottenuti è stata anche svolta attraverso la partecipazione a workshop e meeting di carattere tecnico-divulgativo .</p> <p>Si è organizzato un meeting conclusivo di progetto rivolto ai soci del Consorzio Terre di Montagna ed altri soggetti interessati per ottenere la diffusione finale delle attività svolte e la ricaduta diretta dei risultati ottenuti.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati raggiunti



#### **4 - Altre informazioni**

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

#### **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*

#### **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*

Vedi allegati

Data 26/02/2021



## **Relazione finale del progetto**

### **Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sulle caratteristiche quali-quantitative delle produzioni dei prati di montagna e identificazione di strategie di adattamento**

Ernes Movedi, Federica Romano, Fosco Vesely, Livia Paleari, Roberto Confalonieri

#### **Sintesi**

E' stata condotta un'analisi per valutare l'impatto dei cambiamenti climatici sulla produzione di foraggio e sulla sua qualità. La finestra temporale è stata una serie ventennale centrata sul 2040.

L'analisi è stata condotta utilizzando il simulatore di prati-pascoli CoSMo, parametrizzato utilizzando dati raccolti in precedenti sperimentazione e nel corso del 2019 dai partner dell'Università degli Studi di Firenze.

Anche se con entità variabile a seconda dello scenario di cambiamento climatico considerato (2 RCP  $\times$  2 GCM  $\times$  tecniche di downscaling), i cambiamenti climatici sono attesi avere un impatto negativo sulle caratteristiche quali-quantitative delle produzioni di foraggio dei prati di montagna. Gli effetti principali sono la diminuzione di produttività (tra 3.6 e 14.0%), l'aumento della percentuale di presenza relativa di *Medicago sativa*, minore biodiversità, aumento di proteina grezza e lignina. La perdita di produttività è dovuta alla diminuzione delle rese al secondo e al terzo sfalcio, non compensate dall'aumento di resa allo sfalcio di inizio stagione. Le cause, in sintesi, sono l'aumento generalizzato delle temperature e la diminuzione di precipitazioni nei mesi estivi.

Tra le strategie di adattamento testate, una ha permesso di annullare l'impatto negativo dei cambiamenti climatici e in alcuni casi di garantire vantaggi in termini sia di quantità che di qualità delle produzioni. Questa strategia risulta dalla semina di un miscuglio composto da 60% di *Medicago sativa*, 20% di *Dactylis glomerata* e 20% di *Lolium multiflorum* e dal posticipo del terzo sfalcio di 10 giorni.



## Indice delle sezioni

1. Calibrazione e validazione del modello CoSMo con dati forniti dai partner dell'Università degli Studi di Firenze  
p. 3
2. Generazione di scenari climatici, utilizzando delta derivati da due RCP (4.5 e 8.5), due GCM e due generatori con componente stocastica e downscaling dei dati prodotti tenendo conto dell'orografia  
p. 10
3. Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla produttività e qualità dei prati di montagna  
p. 12
4. Identificazione di strategie di adattamento per il mantenimento del livello quali/quantitativo delle produzioni  
p. 15
5. Bibliografia  
p. 20



## 1 Calibrazione e validazione del modello CoSMo con dati forniti dai partner dell'Università degli Studi di Firenze

### 1.1 Dati misurati e scelta modello

Per la calibrazione e validazione del modello sono stati usati i dati raccolti all'interno del progetto, campionati in sei siti sperimentali sull'appennino.

I prati scelti come siti sperimentali sono medicai, 4 in purezza e 2 in miscuglio con altre specie, destinati alla raccolta di fieno e foraggio per l'alimentazione di bovini da latte per la produzione di Parmigiano Reggiano. Nei siti, tuttavia, è stato anche rilevato un gran numero di specie (54), con grande variabilità in termini di presenza relativa (tra 8 e 94%), di erbe spontanee o infestanti. Per questi motivi è stato adottato CoSMo, un modello matematico in grado di simulare dinamicamente la composizione botanica di comunità vegetali (Confalonieri, 2014).

Le variabili raccolte dai partner dell'Università degli Studi di Firenze sono state la composizione botanica, l'indice di area fogliare (LAI), la biomassa aerea secca (AGB), la qualità dei foraggi (concentrazione in: fibra, lignina, ceneri e proteine grezze); sono inoltre state registrate le date di sfalcio. I campionamenti sono stati ripetuti tre volte poco prima dei tre tagli effettuati (Tabella 1). Il dataset è ottimo per l'uso in calibrazione e validazione in quanto comprende molte variabili (Acutis e Confalonieri., 2006).

CoSMo è stato qui accoppiato a CropSyst (Stöckle et al., 2003), modello di simulazione generico per sistemi colturali molto usato dalla comunità scientifica anche per la simulazione dei medicai (Confalonieri e Bechini, 2004) e già implementato (CropML, Confalonieri et al., 2012) e usato (Confalonieri et al., 2014, Movedi et al., 2019) in un ambiente informaticamente compatibile con CoSMo.

Tabella 1: date di sfalcio e di campionamento nei sei siti sperimentali

Sito	1	2	3	4	5	6
Campionamento1	5/30/2019	5/30/2019	5/30/2019	5/30/2019	5/31/2019	5/31/2019
Sfalcio1	6/15/2019	6/15/2019	6/4/2019	-	6/6/2019	6/15/2019
Campionamento2	7/16/2019	7/16/2019	7/15/2019	7/15/2019	7/15/2019	7/15/2019
Sfalcio2	8/1/2019	7/20/2019	7/20/2019	-	7/20/2019	8/1/2019
Campionamento3	8/29/2019	8/28/2019	8/28/2019	8/28/2019	8/28/2019	8/28/2019
Sfalcio3	-	9/14/2019	-	-	9/2/2019	9/2/2019

- : mancanza del dato o sfalcio non effettuato

### 1.2 Input del modello

Per la parametrizzazione del modello e per tutte le simulazioni effettuate nel progetto, sono state analizzate solo le specie più rappresentative (>2% della presenza relativa) entro ogni sito sperimentale mediando i tre campionamenti (Piseddu et al., 2019). Il primo campionamento di



presenza relativa è stato forzato nel modello e inserito come quindi come valore di inizializzazione (Tabella 2) del modello stesso (Movedi et al., 2019) che è stato lanciato dal primo campionamento in avanti. Anche i valori di biomassa aerea (AGB) e indice di area fogliare (LAI) di questo campionamento non sono quindi stati usati.

Il sito 4 è stato scartato dal processo di calibrazione e validazione in quanto i dati sperimentali provengono da due prati differenti per il primo e secondo campionamento, ed è stato quindi impossibile inizializzare il modello, inoltre anche le informazioni gestionali sono mancanti (Tabella 1).

Tabella 2: Percentuali di presenza relativa al primo campionamento nei vari miscugli, delle specie con media di presenza maggiore di 2% nei tre campionamenti, usati per inizializzare il modello

Specie \ Sito	1	2	3	5	6
<i>Agropyron repens</i>	-	-	0.00	-	-
<i>Arrhenatherum elatius</i>	30.23	-	52.08	-	-
<i>Bromus hordeaceus</i>	22.61	-	19.79	-	10.04
<i>Dactlis glomerata</i>	14.51	-	-	-	-
<i>Lolium multiflorum</i>	-	8.55	-	10.99	5.92
<i>Medicago sativa</i>	6.89	48.09	9.38	84.95	38.28
<i>Poa pratensis</i>	-	-	13.39	-	-
<i>Poa trivialis</i>	24.19	35.33	-	-	40.96
<i>Rumex obtusifolius</i>	0.00	-	0.45	1.86	4.80
<i>Taraxacum officinale</i>	1.57	1.66	4.91	2.20	-
<i>Trifolium pratense</i>	-	6.37	-	-	-

-: specie assente o presente con meno di 2% di presenza relativa medio nei tre campionamenti

0.00: specie assente nel primo campionamento, ma apparsa con 6% cumulato negli altri due campionamenti

Il modello necessita, inoltre, di variabili meteo giornaliere che sono state ricavate dal database di Cassandra Tech e di informazioni di tessitura e proprietà idrauliche del suolo estratte dal database WISE (Batjes, 2016).

Per la gestione sono solo stati considerati gli sfalci, in quanto i siti sperimentali non sono irrigui ma abbondantemente fertilizzati con letame alla semina e giovani dell'azoto fissazione di *Medicago sativa*. Il modello è stato quindi impostato per la simulazione dello stress dato da deficit idrico e non da quello azotato.

### 1.3 Parametrizzazione

La Parametrizzazione è avvenuta principalmente sulle specie: *Rumex obtusifolius* (R), *Bromus hordeaceus* (B), *Trifolium pratense* (T), *Arrhenatherum elatius* (Ae), *Agropyron repens* (Ar), mai calibrate in precedenti lavori con questo modello, viceversa per *Medicago sativa* (M), *Taraxacum officinale* (To), *Poa trivialis* (Pt), *Poa pratensis* (Pp). *Lolium multiflorum* (L), *Dactlis glomerata*



(D), sono già esistenti dei set di parametri (Movedi et al., 2019 - M, L, D -; Piseddu et al., 2019 - To, Pt, Pp, L, D -). Per queste ultime specie si è proceduto ad un semplice affinamento dei valori di alcuni parametri per il contesto specifico. Per questa ragione, dato il basso numero di campionamenti utilizzabili 2 e perché molte specie crescevano solo in un appezzamento (Tabella 2), non è potuta essere effettuata una vera e propria validazione, ma l'utilizzo di set di parametri di specie già parametrizzate, senza effettuare sensibili modifiche, è da considerarsi in grado di fornire garanzie di robustezza paragonabili a quelle fornite da una validazione. Il metodo usato per la calibrazione è quello "trial and error", ovvero modificare i parametri del modello fino a che l'accuratezza diventa soddisfacente.

L'accuratezza della Parametrizzazione è stata valutata con i principali indici di errore:

- errore assoluto medio (MAE);
- radice dell'errore quadratico medio relativo (RRMSE);
- efficienza modellistica (EF; Nash e Sutcliffe, 1970);
- coefficiente di massa residua (CRM; Loague e Green, 1991);
- indice di determinazione ( $R^2$ ).

## 1.4 Risultati

Il modello ha mostrato ottimi risultati di accuratezza (Tabella 3).

Per quanto riguarda la composizione botanica (Tabella 2 e Figura 1) i valori degli indici di errore sono sempre considerabili ottimali escluso per l'RRMSE del sito 6 e il per tutti gli indici del sito 3. In particolare in quest'ultimo sito, la specie *Arrhenatherum elatius*, pianta tipicamente primaverile, ma perenne e solitamente presente anche in estate (come nel sito 1) ha avuto un drammatico calo della sua presenza durante il secondo campionamento e una forte impennata della presenza durante il terzo campionamento. Il modello non è stato in grado di cogliere questa tendenza dato che le condizioni ambientali sono simili a quelle del sito 1 in cui il trend di questa specie è praticamente costante come atteso. Ciò ha peggiorato le performance dell'intero sito, della specie stessa (tabella 3) e anche *Agropyron repens* specie in cui il modello ha scaricato la grande parte dell'errore. Per quanto riguarda la presenza relativa delle singole specie il modello ha avuto ottimi indici di errore escluso, come sopra citato, per l'*Agropyron repens* e per l'*Arrhenatherum elatius*. In evidenza gli indici di errore della *Medicago sativa*, molto buoni. E anche delle altre specie la cui presenza relativa è <10% gli errori del modello sono sempre <9% della presenza relativa comparabili all'errore di misurazione di questa variabile.

Per quanto riguarda l'AGB gli indici sono buoni e in linea con le performance di questo modello in altri lavori (Movedi et al., 2019).

Per quanto riguarda il LAI gli indici sono sufficienti e dato che questa variabile è molto complessa da simulare (Yu et al., 2006; Confalonieri et al., 2009; Tartarini et al., 2019), sono da considerarsi decisamente accettabili e in linea con quanto in genere ottenuto da simulatori culturali.



Tabella 3: Indici di accuratezza del modello

Variabile \ Indice accuratezza	Unità	MAE (Unità)	RRMSE (%)	EF	CRM	R <sup>2</sup>
Composizione Botanica 1	%	3.80	38.28	0.91	<sup>a</sup>	0.91
Composizione Botanica 2	%	4.64	28.75	0.97	<sup>a</sup>	0.97
Composizione Botanica 3	%	9.94	108.64	-0.18	<sup>a</sup>	0.22
Composizione Botanica 5	%	4.70	26.53	0.96	<sup>a</sup>	0.99
Composizione Botanica 6	%	8.65	58.09	0.90	<sup>a</sup>	0.97
<i>Medicago sativa</i>	%	9.27	17.23	0.77	0.05	0.80
<i>Rumex obtusifolius</i>	%	4.27	-	-	-	-
<i>Taraxacum officinale</i>	%	8.58	-	-	-	-
<i>Poa trivialis</i>	%	1.91	-	-	-	-
<i>Bromus hordeaceus</i>	%	0.06	-	-	-	-
<i>Trifolium pratense</i>	%	3.90	-	-	-	-
<i>Dactylis glomerata</i>	%	7.66	-	-	-	-
<i>Poa pratensis</i>	%	0.03	-	-	-	-
<i>Lolium multiflorum</i>	%	5.92	-	-	-	-
<i>Arrhenatherum elatius</i>	%	13.58	81.46	-1.04	-0.26	0.32
<i>Agropyron repens</i>	%	20.03	86.28	-1.02	-0.24	<sup>a</sup>
AGB	Mg ha <sup>-1</sup>	0.83	41.89	0.00	0.14	0.57
AGB Primo Campionamento	Mg ha <sup>-1</sup>	0.66	27.42	0.33	-0.13	0.51
AGB Secondo Campionamento	Mg ha <sup>-1</sup>	0.99	60.90	-1.51	0.56	0.64
AGB Cumulata	Mg ha <sup>-1</sup>	0.96	23.09	0.57	0.14	0.76
LAI	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup>	0.94	34.84	-0.71	0.19	0.61

<sup>a</sup>: indice non mostrato in quanto fornisce valori troppo bassi di errore per incompatibilità matematica dell'indice ai dati

-: indice non mostrato in quanto fornisce valori troppo alti di errore spiegati dalla bassa media (<10% di presenza relativa) delle osservazioni

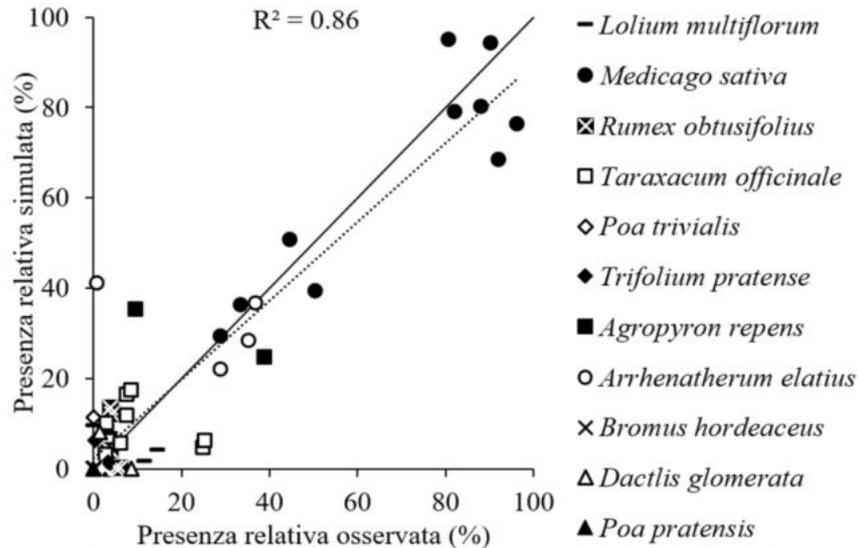


Figura 1: Presenza relativa simulata vs osservata per tutte le comunità osservate, rappresentata dalla linea tratteggiata e divisa per specie. La linea continua rappresenta la linea 1/1

### 1.5 Sviluppo di modelli per simulare la qualità del foraggio

Solo le concentrazioni in lignina ( $l$ ) e proteine grezze (p.g.) sono state soggette ad analisi. Si sono inoltre usate due strategie differenti per lo sviluppo dei modelli e quindi per la simulazione di queste variabili.

Per la concentrazione di lignina ( $l$ ) si è moltiplicato per tutte le specie vegetali ( $n$ ) un parametro (Tabella 4) che indica la percentuale media di lignina nella AGB delle specie ( $l_i$ ) alla presenza relativa della specie ( $\rho_i$ ) simulata da CoSMo (Equazione 1). I dati usati per lo sviluppo e la valutazione di questo modello, sono solo quelli del secondo e del terzo campionamento, in quanto i dati di presenza relativa del primo campionamento sono usati per l'inizializzazione di CoSMo. Sarebbe stato quindi concettualmente un errore utilizzare in parte dati osservati e in parte misurati. I dati di concentrazione di lignina del quarto sito e del primo campionamento non sono stati considerati.

Equazione 1

$$l = \sum_{i=1}^n (l_i * \rho_i)$$



Tabella 4: Parametro  $l_i$  per le varie specie tratto da parametrizzazione e da Fahmi et al. (2007) e Crovetto. (2004).

<u>Specie</u>	<u><math>l_i</math>(%)</u>
<i>Agropyron repens</i>	7.0
<i>Arrhenatherum elatius</i>	7.0
<i>Bromus hordeaceus</i>	6.0
<i>Dactlis glomerata</i>	4.0
<i>Lolium multiflorum</i>	6.0
<i>Medicago sativa</i>	9.0
<i>Poa pratensis</i>	6.0
<i>Poa trivialis</i>	6.0
<i>Rumex obtusifolius</i>	4.0
<i>Taraxacum officinale</i>	2.0
<i>Trifolium pratense</i>	9.0

Per la concentrazione di proteina grezza (p.g.), si è proceduto con una semplice regressione tra le osservazioni di presenza relativa di *Medicago sativa* e le p.g. osservate in tutti i siti sperimentali e in tutte le date (Figura 3). La procedura è stata molto differente dallo sviluppo del modello per la stima della concentrazione di lignina per due motivi. Il primo è che si è ipotizzato a priori che la presenza relativa di *Medicago sativa* sia il principale driver della p.g. in questo contesto, in quanto è la principale leguminosa dei siti sperimentali e quindi principale fonte proteica nei foraggi.

Il secondo è che nel secondo e terzo campionamento sia i valori di presenza relativa di la *Medicago sativa* che quelli di p.g. erano troppo poco variabili. Per questo si è scelto di usare tutte le misurazioni e applicare a posteriori il modello sviluppato al valore della presenza relativa di *Medicago sativa* simulato da CoSMo, date anche le ottime performance di CoSMo nella simulazione della presenza relativa di *Medicago sativa* (Tabella 3).

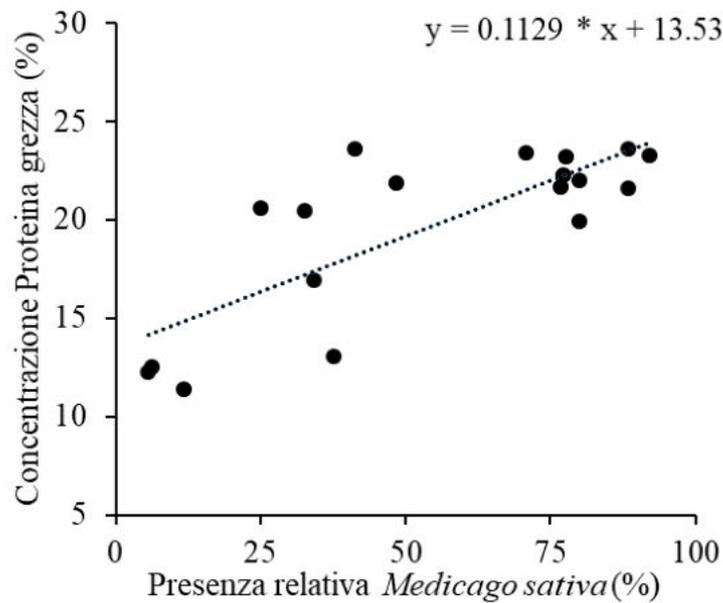


Figura 2: Modello di regressione lineare sviluppato e usato per la simulazione della proteina grezza.

I modelli per la simulazione della concentrazione di lignina e per quella della concentrazione in p.g. sono stati valutati con gli stessi indici di errore usati per il modello CoSMo e con la significatività (sign) della regressione lineare tra dati misurati e simulati.

Tabella 5: indici di valutazione dei modelli per la qualità.

Variabile	Indice di accuratezza	MAE(%)	RRMSE(%)	EF	CRM	R <sup>2</sup>	Sign.
Concentrazione lignina		0.56	8.03	-0.50	0.07	0.63	0.006
Concentrazione proteina grezza		2.07	13.33	0.62	-	0.62	0.000

Entrambe i modelli hanno ottime performance (tabella 5) escludendo l'unico indice non sufficiente: EF nella simulazione della lignina, considerando che tutti gli altri indici sono nei valori di sufficienza o ottimali e la bassa significatività, entrambi i modelli sono adatti all'uso in questo contesto.



## 2 Generazione di scenari climatici, utilizzando delta derivati da due RCP (4.5 e 8.5), due GCM e due generatori con componente stocastica e downscaling dei dati prodotti tenendo conto dell'orografia

### 2.1 Generazione di scenari climatici

Per ciascun sito sperimentale, una serie ventennale di dati meteo giornalieri è stata scaricata dal database ECMWF (Hennessy, 1986). Questi dati sono grigliati con maglia di  $0.016^\circ$  di latitudine \*  $0.016^\circ$  longitudine (alle latitudini dei siti sperimentali circa  $2 \times 2$  km) e corrispondono al periodo 1986 - 2005 inclusi, periodo attualmente in uso come riferimento (baseline) dall'IPCC per la stima dei cambiamenti tra clima attuale e scenari futuri in termini, e.g., di delta mensili di piogge e temperature (rapporto IPCC 2013). Esistono diversi scenari di cambiamento climatico in relazione a vari scenari di emissione di gas climalteranti in atmosfera (RCP) e ai modelli di circolazione globale dell'atmosfera (GCM) e vari periodi target, che è stato dal 2030 - 2049 inclusi. Sono stati scelti uno scenario di emissione pessimistico ed uno ottimistico tra gli RCP disponibili, rispettivamente l'8.5 e il 4.5 (rapporto IPCC 2013) e due tra i GCM più utilizzati per valutazioni di impatto in campo agro-ambientale (Paleari et al., 2017, Mervedi et al., 2019): HadGEM2 (Hadley Centre, UK; Collins et al., 2011) e GISS-ES (NASA; Schmidt et al., 2006). Si sono generati quindi quattro scenari climatici, derivanti dalla combinazione tra due GCM e due RCP.

Dal momento che la risoluzione spaziale dei dati ECMWF (baseline) e dei GCM è differente, e data la complessa orografia della zona, è stato necessario il downscaling delle proiezioni climatiche future, effettuato con l'utilizzo di due generatori climatici stocastici Climak (Danuso., 2002) e LARS (Racsco et al., 1991; Hassan et al., 2014). Sono state quindi generate 10 serie meteorologiche giornaliere di 21 anni (considerando la semina autunnale di prati e medicaia): due per le baseline e 8 per gli scenari di cambiamento climatico, per un totale di 60 scenari.

### 2.2 Risultati

Dall'analisi dei dati mediati mensilmente e per sito si evince un generale aumento delle temperature, mentre per le piogge la situazione è più incerta, si può comunque notare come in tutti gli scenari vi sia un calo delle precipitazioni nel mese di luglio (Figura 3).

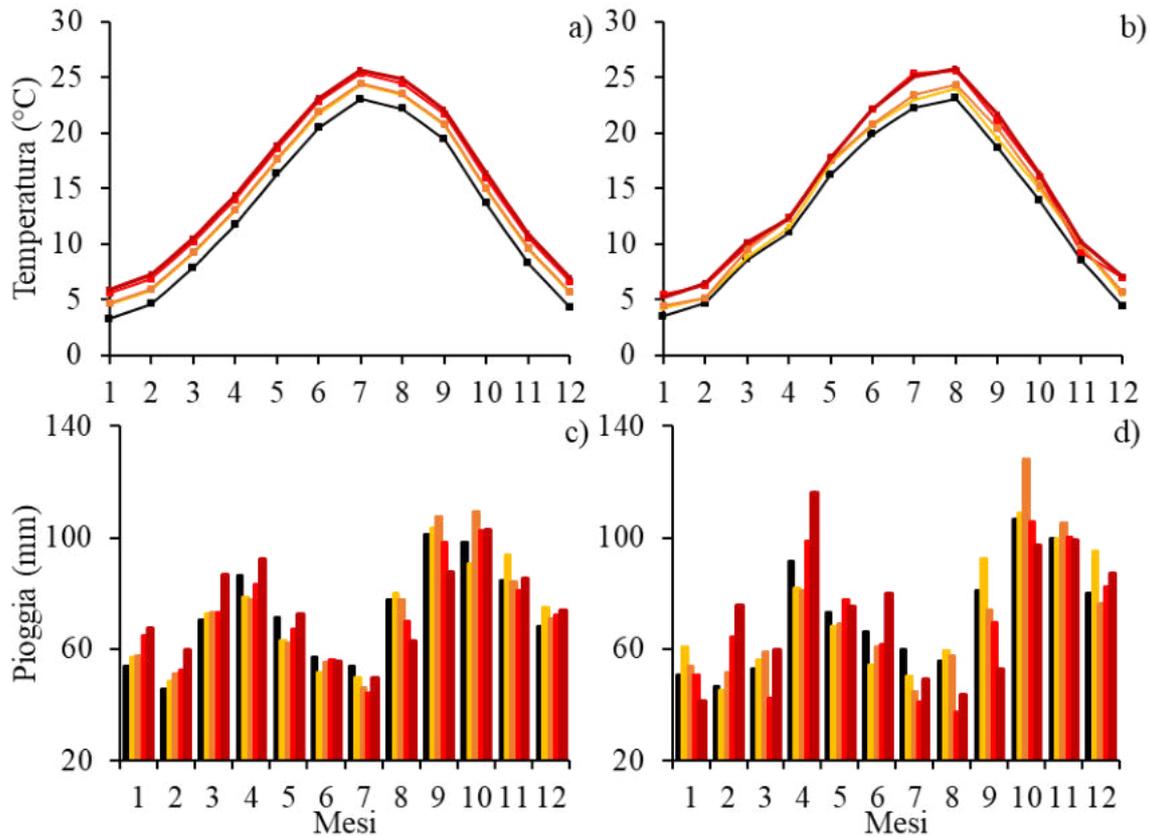


Figura 3: variabili meteo mediate per mese e per sito: a) Temperatura media giornaliera dell'aria generata da Climak; b) Temperatura media giornaliera dell'aria generata da LARS; c) precipitazioni cumulate mensili generate da Climak; d) precipitazioni cumulate mensili generate da LARS. In nero le Baseline, in giallo lo scenario GISS-ES 4.5, in arancione GISS-ES 8.5, in rosso HadGEM2 4.5 e in rosso scuro HadGEM2 8.5.



### 3 Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla produttività e qualità dei prati di montagna

#### 3.1 Input del modello

Il sistema utilizzato per la simulazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla produttività e sulla qualità dei prati di montagna – CoSMo-CropSyst – è quello risultante dalle attività di calibrazione e validazione precedentemente descritte. Per ciascun sito sperimentale il modello è stato inizializzato (Tabella 6) con le stesse specie che nei dati misurati superavano il 2% medio di presenza relativa nei tre campionamenti. Per l'inizializzazione, invece, a *Medicago sativa* è stato applicato il valore di completa presenza relativa in fase di impianto, simulando in questo modo, una semina con un miscuglio di 100% *Medicago sativa* (100M), come nella maggior parte dei siti sperimentali. Le specie infestanti o spontanee che caratterizzano i differenti siti sperimentali sono state inizializzate a 0% di presenza relativa, in attesa che le condizioni diventino favorevoli al loro sviluppo.

Tabella 6: valori di presenza relativa iniziali delle specie.

Specie \ Sito	1	2	3	5	6
<i>Agropyron repens</i>	-	-	0.00	-	-
<i>Arrhenatherum elatius</i>	0.00	-	0.00	-	-
<i>Bromus hordeaceus</i>	0.00	-	0.00	-	0.00
<i>Dactylis glomerata</i>	0.00	-	-	-	-
<i>Lolium multiflorum</i>	-	0.00	-	0.00	0.00
<i>Medicago sativa</i>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<i>Poa pratensis</i>	-	-	0.00	-	-
<i>Poa trivialis</i>	0.00	0.00	-	-	0.00
<i>Rumex obtusifolius</i>	0.00	-	0.00	0.00	0.00
<i>Taraxacum officinale</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	-
<i>Trifolium pratense</i>	-	0.00	-	-	-

-: specie non considerata

Per quanto riguarda le parametrizzazioni di CoSMo-Cropsyst e dei modelli di qualità sono state usati i set di parametri valorizzati tramite l'attività di calibrazione e validazione.

Per quanto riguarda i dati di suolo sono stati utilizzati gli stessi dati di suolo precedentemente scaricati dal database WISE in fase di calibrazione e validazione. I dati meteo usati sono stati gli scenari di cambiamento climatico precedentemente descritti. Per quanto riguarda la gestione agronomica, è stata simulata ogni anno una semina al 1 ottobre e ad ogni semina è stata fatta corrispondere a una durata di cinque anni in cui sono stati effettuati tre sfalci all'anno per un totale di 15 sfalci per ogni data di semina e 16 simulazioni indipendenti di cinque anni di durata per ogni scenario climatico. Cinque anni rappresentano la durata media di un medicaio nell'area di studio.



Le date di sfalcio selezionate, sono date fisse negli anni e nei siti. Per il primo sfalcio lievemente in anticipo rispetto ai dati rilevati nei siti sperimentali, in quanto il 2019 ha visto una primavera più fredda del normale nella zona e quindi gli agricoltori hanno sfalciato in ritardo. Mentre per il terzo sfalcio le date sono lievemente in ritardo rispetto a quelle registrate nei siti sperimentali, in quanto è possibile un ulteriore sfalcio tardivo nei siti nei quali sono stati effettuati solo due sfalci. Le date scelte sono state ogni 1 giugno, 20 luglio e 1 ottobre (escluso l'anno di semina). Il modello ha simulato solo la limitazione da stress idrico per gli stessi motivi citati nella sezione nella quale è stata presentata la calibrazione e validazione del modello.

### 3.2 *Aggregazione output*

La gran mole di output giornalieri prodotta è stata aggregata, prima estraendo l'AGB (molto correlata con la resa in foraggio), la concentrazione di proteina e lignina e la composizione botanica poco prima dello sfalcio. In seguito entro sito e scenario climatico si sono mediate queste variabili entro sfalcio nei cinque anni e per le 16 ripetizioni, la composizione botanica è quindi stata sintetizzata nell'indice di Simpson (Simpson, 1949) corretto per il numero di specie ( $\lambda_n$ , Equazione 2), un indice di dominanza. A seguito anche le variabili per taglio sono state aggregate in modo da fornire output annuali, per l'AGB si è usata la somma, per la qualità, la media ponderata rispetto all'AGB e per  $\lambda_n$  la media.

*Equazione 2*

$$\lambda_n = n * \sum_{i=1}^n \rho_i^2$$

A seguito, per ciascun generatore, le variabili aggregate sono state mediate tra i siti e si è calcolato per il delta tra la baseline e le variabili ottenute con i quattro scenari di cambiamento climatico (Tabella 7).

Tabella 7: Variazione percentuale tra baseline e scenari futuri (GCM RCP) per le variabili di interesse: Indice di Simpson aggiustato ( $\lambda_n$ ), concentrazione di proteina grezza (p.g.), concentrazione in lignina ( $l$ ) e biomassa aerea cumulata (AGB Cum) e nei vari tagli.

	Scenario	$\lambda_n$	p.g.	$l$	AGB Cum.	AGB taglio 1	AGB taglio 2	AGB taglio 3
<b>Climak</b>	GISS-ES 4.5	6.5	9.0	9.7	-3.6	32.5	-27.7	-10.5
	GISS-ES 8.5	9.9	9.1	9.9	-4.5	40.0	-32.1	-22.0
	HadGEM2 4.5	17.5	10.9	11.0	-7.4	46.9	-41.5	-35.4
	HadGEM2 8.5	18.8	11.3	11.3	-7.2	48.6	-38.9	-39.7
<b>LARS</b>	GISS-ES 4.5	6.8	9.1	9.4	-5.5	26.9	-16.8	-16.6
	GISS-ES 8.5	9.5	9.0	9.3	-4.3	35.7	-18.0	-25.2
	HadGEM2 4.5	18.9	9.0	9.4	-14.3	38.2	-35.3	-50.1
	HadGEM2 8.5	19.1	9.6	9.8	-10.1	38.5	-24.2	-46.4

### 3.3 Valutazione dell'impatto

Dai dati in tabella 7 si nota un innalzamento di  $\lambda_n$  in tutti gli scenari di cambiamento. I due generatori hanno valori di innalzamento simili di poco maggiori per LARS, tra gli RCP il più impattante come da atteso è l'8.5 e tra gli GCM è HadGEM2. L'innalzamento di questo indice è dato principalmente da un incremento della presenza relativa di *Medicago sativa*, seppure positivo, ma indica un possibile depauperamento della biodiversità e una possibile riduzione o scomparsa di specie minoritarie e non simulate ma esistenti nei siti sperimentali e importanti in fase di caseificazione in quanto possono rilasciare aromi particolari. Per la qualità invece la situazione è ambigua perché è previsto sia un innalzamento di concentrazione sia di p.g. che di lignina. Nel dettaglio la concentrazione in p.g. è attesa aumentare in tutti gli scenari (variazioni tra +9.0 e +11.3%), anche questo frutto di un aumento complessivo della presenza relativa di *Medicago sativa*. La concentrazione della lignina è attesa aumentare rispetto alla baseline di circa il 10% in tutti gli scenari di cambiamento climatico.

Per quanto riguarda la produzione di foraggio in termini di AGB vi è una riduzione compresa tra il 3.6 e il 14% a seconda dello scenario climatico. Anche per questa variabile è stato possibile osservare un comportamento simile dei due generatori stocastici, sebbene LARS generato serie più impattanti sul sistema simulato. La differenza nelle stime di impatto ottenute per i due GCM è stata rilevante (HadGEM2 è il più impattante), mentre è stata meno netta la differenza tra RCP.

Interessante notare la generale perdita di resa, fino al 50%, negli ultimi due tagli e l'incremento produttivo del primo, questo è probabilmente spiegato dall'innalzamento previsto per le temperature, che d'inverno e in primavera favorisce la crescita e anticipa il risveglio e in autunno aumenta l'accumulo di riserve, mentre d'estate – insieme alla riduzione delle precipitazioni nel mese di luglio (Figura 3) – limita la crescita.



## 4 Identificazione di strategie di adattamento per il mantenimento del livello quali/quantitativo delle produzioni

### 4.1 Pianificazione strategie di adattamento

Per l'identificazione delle possibili strategie di adattamento, il simulatore è stato configurato come per la quantificazione dell'impatto dei cambiamenti climatici, escluso che per alcune strategie gestionali.

Le differenti strategie gestionali testate sono: spostamento date di sfalcio (Tabella 8), accorciamento della durata dei medicaia a 4 anni (4a) e semina di un miscuglio composto da 60% *Medicago sativa*, 20% *Dactylis glomerata* e 20% *Lolium multiflorum* (M6D2L2), valutando tutte le possibili interazioni tra queste strategie gestionali alternative.

*Tabella 8: Delta di spostamento espresso in giorni della data di sfalcio rispetto a quella impostata per la valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici.*

ID	Giorni taglio 1	Giorni taglio 2	Giorni taglio 3
Senza	0	0	0
00+5	0	0	+5
00+10	0	0	+10
-5 0+5	-5	0	+5
-5+5+10	-5	+5	+10

Gli spostamenti delle date di sfalcio in Tabella 8 sono stati fatti sulla base delle seguenti logiche. Per quanto riguarda il primo sfalcio, l'ipotesi di anticipare per tagliare con una presenza maggiore di specie microterme e dare ad esse la possibilità di ricacciare riducendo  $\lambda_n$  e dando più giorni per l'accumulo di AGB al secondo taglio e meno al primo cercando di bilanciare la produzione di AGB tra i due tagli. Mentre il ritardo del secondo taglio è stato ipotizzato per allungare il periodo di crescita e quindi l'accumulo di biomassa al momento di questo sfalcio. I ritardi della terza data di sfalcio sono stati ipotizzati per dare più agio alla ricrescita di specie microterme diminuendo quindi  $\lambda_n$  e incrementando il numero di giorni utili per l'accumulo di AGB, data anche una temperatura più alta nell'ultima fase del periodo vegetativo (Figura 3). I ritardi o gli anticipi sono stati sempre limitati nel numero di giorni per evitare di incorrere in decadimenti alla qualità del foraggio.

Oltre alle strategie mostrate in Tabella 8, sono state testate altre strategie come l'inserimento di un quarto taglio o altri spostamenti delle date di sfalcio non riportati in quanto hanno dato risultati peggiori dello scenario gestionale senza adattamento.

### 4.2 Sviluppo indice di valutazione ( $Iv_s$ )

Gli output sono stato aggregati nello stesso modo in cui sono stati aggregati per la valutazione dell'impatto del cambiamento climatico. Successivamente, per ciascun generatore, dalle variabili aggregate e mediate tra i siti è stato calcolato un indice di valutazione ( $Iv_s$ , Equazione 3) per la



valutazione finale degli impatti per ciascuna delle pratiche gestionali (anche senza strategie di adattamento) per i quattro scenari climatici futuri e per la baseline.

*Equazione 3*

$$Iv_s = -0.5 * \int_{min}^{max} \lambda_{n_s} + \int_{min}^{max} p \cdot g_s - \int_{min}^{max} l_s + 1.5 * \int_{min}^{max} AGB\ Cum._s$$

dove  $s$  è ciascun scenario climatico e gestionale entro generatore.

Le variabili sono state normalizzate tra il valore minimo e massimo della variabile in questione per tutti gli  $s$ .

Per sua struttura (Equazione 3), più è alto è il valore assunto da  $Iv_s$ , migliori sono le caratteristiche quali-quantitative delle produzioni di un prato. L'indice varia da -1.5 a +2.5. L'indice da solo non è utilizzabile per il confronto tra generatori perché cambiano le distribuzioni su cui sono normalizzate le variabili aggregate e non dà una indicazione dei valori di qualità o quantità prodotta. L'indice è quindi utilizzabile unicamente per valutare le diverse strategie di adattamento.

### 4.3 Risultati

Per ciascuna combinazione generatore climatico  $\times$  GCM  $\times$  RCP sono mostrati (Tabella 9) e commentati solo i delta tra le variabili aggregate ed i valori di  $Iv$  per la baseline e per i quattro scenari gestionali: senza adattamento (tranne che per  $Iv$  i dati sono già mostrati in Tabella 7) e per i tre migliori scenari di adattamento gestionale, identificati dai valori più alti di  $Iv$ .

In tutti i casi (Tabella 9), per quanto riguarda  $Iv$ , vi è un aumento del valore dell'indice con l'adozione di strategie di adattamento rispetto alla situazione senza adattamento e – con gli scenari climatici GISS-ES 4.5 e LARS GISS-ES 8.5 –  $Iv$  è di poco superiore al valore registrato per la baseline, indicando un incremento qualitativo e produttivo rispetto allo stato attuale.

Più nel dettaglio, per  $\lambda_n$  si nota un lieve aumento dovuto alle strategie di adattamento, tranne che per le strategie -5+5+10 M6D2L2 4a e per -5+5+10 M6D2L2 5a nello scenario di cambiamento LARS HadGEM2 8.5. Per quanto riguarda la p.g., con i primi tre scenari di adattamento indentificati dal maggiore  $Iv$  entro ciascuna combinazione generatore  $\times$  GCM  $\times$  RCP, vi sarà un mantenimento dei valori attuali. Le variazioni relative rispetto alla baseline sono stimate essere da -1.7 a +2.9%, tranne che per la strategia 00+10 100%M 4a nello scenario climatico Climak-HadGEM2 8.5, per il quale la variazione relativa rispetto alla baseline è di +11.6%. Adottando strategie di adattamento, però, vi sarà una riduzione dei valori di p.g. rispetto a non adottare strategie di adattamento. Senza adattamento, infatti, gli aumenti relativi rispetto alla baseline sono compresi essere tra il +9.0 e l'11.4% (Tabelle 7 e 9).

La concentrazione in lignina è stimata in netto calo con l'adozione delle migliori tre strategie di adattamento entro combinazione generatore  $\times$  GCM  $\times$  RCP, sia rispetto alla baseline che rispetto agli scenari senza adattamento, comportando un netto miglioramento qualitativo, escludendo la strategia 00+10 100%M 4a in Climak-HadGEM2 8.5, per la quale la variazione relativa rispetto alla baseline è del 11.4%.

La resa in foraggio, indicata dalla variabile AGB Cum., con l'adozione di strategie di adattamento e con il modello di circolazione globale GISS-ES avrà un trend costante, con variazioni comprese tra



1.0 e -1.2% rispetto alla baseline. Mentre il GCM HadGEM2 indica mediamente una riduzione tra il 4.7 e il 5.7% (con LARS sarebbe tra il 7.8 e il 12.1%) rispetto alla baseline. Le riduzioni sono tuttavia mitigate rispetto alla non adozione di strategie di adattamento (riduzioni fino a 7.4% con Climak e fino a 14.3% con LARS; tabelle 7 e 9).

In conclusione lo scenario di adattamento 00+10 M6D2L2 4a si è posizionato sempre tra le prime tre strategie di adattamento e in cinque casi su otto al primo posto. Adottando questa strategia rispetto alla baseline vi sarà un mantenimento della p.g., una riduzione della lignina (forte se comparata agli scenari senza adattamento), una sostanziale stabilità nella produzione di foraggio e un lieve aumento della dominanza. Posticipare la data dell'ultimo sfalcio sembra quindi essere sempre favorevole per sfruttare al meglio il secondo picco di crescita a fine estate-inizio autunno (Breerton et al., 1996), favorito anche dall'aumento delle temperature previsto in questo momento della stagione.



Tabella 9: variazione relativa percentuale dell'indice di valutazione ( $Iv$ ), dell'indice di Simpson aggiustato ( $\lambda_n$ ) della concentrazione in proteine grezze (p.g.) e in lignina ( $l$ ) e della biomassa aerea secca cumulata (AGB Cum.) delle migliori tre strategie di adattamento e senza adattamento rispetto alla baseline. L'ID Gestione è un id che identifica uno scenario gestionale, è composto da Id di sfalcio (Tabella 8), id miscuglio: 60% Medicago sativa, 20% Dactylis glomerata e 20% Lolium multiflorum (M6D2L2) oppure 100M senza adattamento e un Id di durata: 4 anni con adattamento (4a) e 5 anni senza (5a).

	GCM*RCP	ID Gestione	$Iv$	$\lambda_n$	p.g.	$l$	AGB Cum.
Climak	GISS-ES 4.5	000 100M 5a	-60.5	6.5	9.0	9.7	-3.6
		00+10 M6D2L2 4a	29.9	1.7	-0.9	-4.3	1.0
		00+10 M6D2L2 5a	24.3	2.1	-0.5	-5.8	0.3
	GISS-ES 8.5	00+5 M6D2L2 5a	9.5	3.8	-0.7	-6.0	-0.4
		000 100M 5a	-82.6	9.9	9.1	9.9	-4.5
		00+10 M6D2L2 4a	-1.7	6.3	0.2	-3.3	-0.4
	HadGEM2 4.5	00+10 M6D2L2 5a	-8.0	6.8	0.4	-4.9	-1.1
		00+5 M6D2L2 4a	-12.2	8.0	0.0	-5.5	-1.2
		000 100M 5a	-141.9	17.5	10.9	11.0	-7.4
	HadGEM2 8.5	00+10 M6D2L2 4a	-88.3	15.8	2.5	-1.5	-4.7
		00+10 M6D2L2 5a	-88.6	16.3	2.9	-3.0	-5.1
		00+5 M6D2L2 4a	-100.4	17.5	2.4	-3.6	-5.6
LARS	GISS-ES 4.5	000 100M 5a	-140.7	18.8	11.3	11.3	-7.2
		00+10 M6D2L2 5a	-101.2	17.7	2.8	-3.2	-5.7
		00+10 M6D2L2 4a	-101.2	17.2	2.5	-1.7	-5.3
	GISS-ES 8.5	00+10 100%M 4a	-107.6	16.6	11.6	11.4	-5.5
		000 100M 5a	-43.7	6.8	9.1	9.4	-5.5
		00+10 M6D2L2 4a	13.3	2.4	-1.7	-7.3	-0.7
	HadGEM2 4.5	-5+5+10 M6D2L2 4a	12.2	3.8	-0.4	-6.1	-0.7
		00+10 M6D2L2 5a	11.5	2.6	-1.7	-8.2	-1.2
		000 100M 5a	-39.2	9.5	9.0	9.3	-4.3
	HadGEM2 8.5	-5+5+10 M6D2L2 4a	11.5	7.8	-0.1	-5.8	0.0
		-5+5+10 M6D2L2 5a	11.1	8.0	0.1	-6.6	-0.4
		00+10 M6D2L2 4a	9.7	6.0	-1.2	-6.9	-0.4
HadGEM2 4.5	000 100M 5a	-145.7	18.9	9.0	9.4	-14.3	
	00+10 M6D2L2 4a	-108.2	16.3	0.1	-5.6	-11.7	
	00+10 M6D2L2 5a	-109.3	16.7	0.2	-6.3	-12.1	
HadGEM2 8.5	-5+5+10 M6D2L2 4a	-113.8	18.7	1.3	-4.4	-12.0	
	000 100M 5a	-107.9	19.1	9.6	9.8	-10.1	
	-5+5+10 M6D2L2 4a	-78.5	20.2	2.2	-3.6	-7.8	



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO**

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E POLITICHE AMBIENTALI  
*DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLICY*



-5+5+10 M6D2L2 5a	-79.7	20.6	2.4	-4.3	-8.2
00+10 M6D2L2 4a	-79.9	18.0	1.0	-4.8	-8.3

---



## 5 Bibliografia

- Acutis, M., & Confalonieri, R. 2006. Optimization algorithms for calibrating cropping systems simulation models. A case study with simplex-derived methods integrated in the WARM simulation environment.
- Batjes, N.H., 2016. Harmonized soil property values for broad-scale modelling (WISE30sec) with estimates of global soil carbon stocks. *Geoderma*, 269, 61-68.
- Brereton, A.J., Danielov, S.A., Scott, D., 1996. Agrometeorology of grass and grasslands for middle latitudes. Technical note. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF9766146>
- Collins, W.J., Bellouin, N., Doutriaux-Boucher, M., Gedney, N., Halloran, P., Hinton, T., Hughes, J., Jones, C.D., Joshi, M., Liddicoat, S., Martin, G., O'Connor, F., Rae, J., Senior, C., Sitch, S., Totterdell, I., Wiltshire, A., Woodward S., 2011. Development and evaluation of an Earth-system model HadGEM2. *Geoscientific Model Development*, 4, 997-1062.
- Confalonieri, R. and Bechini L., 2004. A preliminary evaluation of the simulation model CropSyst for alfalfa. *European Journal of Agronomy* 21, 223–237.
- Confalonieri, R., Rosenmund, A.S., Baruth, B., 2009. An improved model to simulate rice yield. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 463-474.
- Confalonieri, R., Bregaglio, S., Stella, T., Negrini, G., Acutis, M., Donatelli, M., 2012. An extensible, multi-model software library for simulating crop growth and development. In: Seppelt, R., Voinov, A.A., Lange, S., Bankamp, D. (eds.) *Managing Resources of a Limited Planet: Pathways and Visions under Uncertainty*, iEMSs Sixth International Congress on Environmental Modelling and Software, 1-5 July, Leipzig, Germany, pp. 884-892.
- Confalonieri, R., 2014. CoSMo: A simple approach for reproducing plant community dynamics using a single instance of generic crop simulators. *Ecological Modelling* 286, 1-10.
- Crovetto, G.M., 2004. Composizione chimica e valore nutritivo dei principali foraggi Lombardi. Progetto "FORAGE" (n° 688) della D.G. Agricoltura - Regione Lombardia.
- Danuso, F., 2002. Climak: a stochastic model for weather data generation. *Italian Journal of Agronomy* 6, 57–72.
- Fahmi, R., Bridgwater, A.V., Darvell, L.I., Jones, J.M., Yates, N., Thain, S., Donnison, I.S., 2007. The effect of alkali metals on combustion and pyrolysis of *Lolium* and *Festuca* grasses, switchgrass and willow. *Fuel*, 86(10-11), 1560-1569.
- Hassan, Z., Shamsudin, S., Harun S., 2014. Application of SDSM and LARS-WG for simulating and downscaling of rainfall and temperature. *Theoretical and Applied Climatology* 116, 243-257
- Hennessy, J., 1986. MARS-The ECMWF Meteorological archive and retrieval system in proceedings. 66th annual meeting of the American Meteorological Society.
- IPCC, 2013. Summary for policymakers. in: *climate change 2013: the physical science basis*. Contribution of working group 1 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (eds Stoker TF, Qin D, Plattner GK et al.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Loague, K., Green, R.E., 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. *Journal of contaminant hydrology*, 7(1-2), 51-73.
- Movedi, E., Bellocchi, G., Argenti, G., Paleari, L., Vesely, F., Stagliano, N., Dibari, C., Confalonieri, R., 2019. Development of generic crop models for simulation of multi-species



- plant communities in mown grasslands. *Ecological Modelling* 401, 111–128.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.03.001](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.03.001)
- Nash, J.E., Sutcliffe, J.V., 1970. River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. *Journal of hydrology*, 10(3), 282-290.
- Paleari, L., Movedi, E., Cappelli, G., Wilson, L.T., Confalonieri, R., 2017. Surfing parameter hyperspaces under climate change scenarios to design future rice ideotypes. *Global Change Biology* 23, 4651-4662.
- Piseddu, F., Hadj Saadi, D., Movedi, E., Confalonieri, R., Picon-Cochar, C., Seddaiu, S., Roggero, P.P., Bellocchi G., 2019. Modelling plant species composition in permanent grasslands: first results in the massif central of france. *Società Italiana di Agronomia, Atti del XLVIII Convegno Nazionale, Perugia, 18-20/9/2019 pag 156.*
- Racsko, P., Szeidl, L., and Semenov, M., 1991. A serial approach to local stochastic weather Models. *Ecological Modelling* 57, 27–41.
- Schmidt, G.A., Ruedy, R., Hansen, J.E., Aleinov, I., Bell, N., Bauer, M., Bauer, M., Cairns, B., Canuto, V., Cheng, Y., Del Genio, A., Faluvegi, G., Friend, A.D., Hall, T.M., Hu, Y., A, Kelley, M., Kiang, N.Y., Koch D, Lacis, A.A., Lerner, J., Lo, K.K., Miller, R.L., Nazarenko, L., Oinas, V., Perlwitz, J., Perlwitz, J., Rind, D., Romanou, A., Russell, G.L., Sato, M., Shindell, D.T., Stone, P.H., Sun, S., Tausnev, N., Thresher, D., Yaob M-S., 2006. Present-day atmospheric simulations using GISS ModelE: Comparison to in situ, satellite, and reanalysis data. *Journal of Climate* 19, 153–192.
- Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 1949, 163.4148: 688-688.
- Stöckle, C.O., Donatelli, M., Nelson, R., 2003. CropSyst, a cropping systems simulation model. *European Journal of Agronomy* 18, 289-307.
- Tartarini, S., Paleari, L., Movedi, E., Sacchi, G.A., Nocito, F.F., Confalonieri, R., 2019. Analysis and modeling of processes involved with salt tolerance and rice. *Crop Science*, 59, 1155-1164.
- Yu, Q., Saseendran, S.A., Ma, L., Flerchinger, G.N., Green, T.R., Ahuja, L.R., 2006. Modeling a wheat–maize double cropping system in China using two plant growth modules in RZWQM. *Agricultural Systems*, 89, 457-477.

## **Relazione finale relativa all'attività svolta dal DAGRI nell'ambito del contratto dal titolo "Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici e dell'inquinamento da particolato sul valore nutrizionale dei prati di montagna – Identificazione di strategie di adattamento"**

### **Introduzione**

La collaborazione tra il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI) dell'Università degli Studi di Firenze (subentrato dal primo gennaio 2019 al Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente - DISPAA) e il Consorzio Terre di Montagna aveva i seguenti scopi principali:

- analizzare le potenzialità produttive e qualitative di un campione di prati rappresentativi delle realtà più frequenti nel comprensorio;
- fornire i dati utili ad altri partner del progetto per l'analisi del futuro comportamento delle risorse foraggere in un contesto di cambiamento climatico e delle potenzialità inquinanti di polveri sottili sulle risorse prative analizzate.

L'attività nel suo complesso ha previsto diverse fasi, quali l'individuazione dei siti di sperimentazione, il rilevamento dei dati di campagna (produttivi, qualitativi, composizione botanica, ecc.), la successiva elaborazione dei dati ottenuti per caratterizzare le risorse prative oggetto di studio.

L'individuazione dei siti di raccolta dei dati è stata eseguita in stretto accordo con l'ente committente e mediante alcuni sopralluoghi preliminari volti ad individuare le località più idonee alla sperimentazione, in termini di rappresentatività della variabilità territoriale e delle tipologie di risorse foraggere presenti nel comprensorio. Complessivamente sono stati individuati 6 siti (vedi figura 1) e in ciascuno di essi sono stati effettuati i rilievi previsti. Le aree individuate differivano per tipologia di risorsa foraggera presente (erba medica o miscugli a base di graminacee e leguminose), età della risorsa e, anche se questo parametro è risultato meno variabile, per altitudine. La caratterizzazione generale delle sei aree oggetto di approfondimento sperimentale è riportata sinteticamente in tabella 1. Come si vede sono presenti erba medica (in 4 aree), di età molto diversa rispetto all'anno di impianto (da 2 a 12 anni) e di conseguenza con un diverso grado di purezza e di presenza di specie infestanti. Nelle altre due aree, le risorse campionate sono costituite da miscugli foraggeri a base di graminacee e leguminose a diversa complessità floristica iniziale e relativamente recenti come impianto.

### **Rilievi eseguiti**

I rilievi sulle risorse prative sono stati effettuati in tre periodi distinti durante la stagione vegetativa del 2019: a fine maggio (30-31 maggio), a metà luglio (15-16 luglio) e a fine agosto (28-29 agosto), con una cadenza approssimativa di 40-45 giorni, anche se la variabile meteorologica è stata quella che ha influenzato maggiormente le possibilità di crescita dell'erba e quindi l'effettuazione dei rilievi. Successivamente a ciascuna fase di raccolta dei dati sperimentali, è stato effettuato lo sfalcio a livello aziendale di ogni comparto prativo campionato.

All'interno di ogni sito individuato sono stati eseguiti i seguenti rilievi, in tre diversi punti di campionamento per ottenere un dato medio rappresentativo del sito:

- rilievi produttivi: mediante sfalcio della biomassa di foraggio presente su una superficie nota ( $0,25 \text{ m}^2$ ) mediante tosaerba elettrico a batteria, con determinazione del peso verde in campo e del peso secco, previa essiccazione in stufa dei campioni raccolti fino al raggiungimento di un peso costante (foto 1);
- rilievi bromatologici per la qualità del foraggio: effettuati sugli stessi campioni raccolti in precedenza, dopo essiccazione e specifica macinazione. Le analisi chimico-bromatologiche sono state effettuate per la determinazione dei parametri utilizzati nella stima del valore nutritivo degli alimenti destinati agli animali (umidità, proteine, diverse componenti della fibra, carboidrati non strutturali, ceneri, ecc.);
- rilievi vegetazionali: effettuati mediante stima visiva dell'abbondanza delle specie erbacee presenti dopo aver fatto un elenco floristico per ciascun punto di rilievo descritto in precedenza (foto 2). In questo modo è stato possibile ottenere la presenza percentuale delle singole specie costituenti il prato e raggrupparle successivamente (come abitualmente eseguito nelle indagini su risorse foraggere) in graminacee, leguminose e altre famiglie. Inoltre, la conoscenza delle specie seminate originariamente (in purezza, come la medica, o in miscuglio) ha permesso di valutare separatamente la presenza delle specie seminate e di quelle spontanee, in modo da ottenere indicazioni sulla permanenza e longevità delle singole specie usate e sull'evoluzione della composizione floristica in funzione sia della stagione vegetativa, ossia al momento di ogni sfalcio, che nel tempo, conoscendo l'anno di impianto dei prati analizzati;
- indice di area fogliare (LAI): dato dal rapporto della superficie fogliare rispetto alla superficie di riferimento. Tale parametro è stato misurato direttamente in campo con apposito strumento (ceptometro, foto3) per avere indicazioni sull'efficienza della superficie fotosintetizzante nella parte epigea della biomassa vegetale.

I dati ricavati, dopo opportuna elaborazione, sono stati utilizzati per effettuare la valutazione delle risorse prative attualmente presenti nelle aree di indagine, in termini di potenzialità produttiva, apporto qualitativo alla dieta degli animali e adattabilità delle specie utilizzate.

Inoltre i risultati ottenuti sono stati impiegati per calibrare alcuni modelli descrittivi dell'evoluzione delle risorse prative da parte di un'altra unità operativa del progetto (Università di Milano, responsabile della ricerca Prof. R. Confalonieri) in vista della valutazione del comportamento delle specie foraggere a seguito dell'evoluzione di nuovi scenari climatici in cui la vegetazione dei prati potrebbe subire significativi cambiamenti. Infine, i dati raccolti sono stati di supporto alle indagini eseguite da un altro partner di progetto (IBE-CNR Bologna, responsabile della ricerca dott.ssa C. Chieco) per la valutazione della presenza delle polveri sottili e della caratterizzazione delle lamine fogliari delle principali specie foraggere rilevate durante i campionamenti.

## Risultati

Vengono di seguito riportati i principali risultati ottenuti nell'ambito della ricerca, relativi alla caratterizzazione quanti-qualitativa dei prati e alla ricerca di relazioni tra parametri produttivi e colturali.

In tabella 2 sono presentati i risultati produttivi e vegetazionali nei tre sfalci per tutte e sei le aree di prova. L'andamento della capacità produttiva è lo stesso per tutte e sei le aziende investigate, indipendentemente dal tipo di coltura (M=medica; PP=prato polifita) in quanto il primo taglio è sempre il più produttivo degli altri, con valori da ritenersi più che buoni considerando l'altitudine dell'area in esame (da poco più di 2 tonnellate per ettaro di sostanza secca a circa 5, nel caso della medica di due anni del sito 5). Il decremento produttivo fra il primo e secondo taglio è notevole, ma è molto minore nel caso dei prati di più recente impianto (siti 2 e 5), indipendentemente che siano medicai o prati polifiti, segno che la presenza delle specie seminate, più produttive e stabili e maggiormente presenti all'inizio della carriera produttiva del prato, ha un effetto "volano" sulla perdita di produttività col progredire della stagione vegetativa. L'ultimo taglio è il meno produttivo (in alcuni casi di poco superiore alla tonnellata per ettaro) e questo ha determinato, in un paio di casi, che alcune aziende non effettuassero il terzo sfalcio stagionale data la scarsa biomassa accumulata. Questa condizione caratterizza gli impianti più vecchi di medica, riferibili ai siti 1 e 3 della sperimentazione. Considerando il totale produttivo nell'anno (dato dalla somma dei dati ottenuti in ognuno dei tre sfalci) il fattore età dell'impianto è sempre il fattore principale nel determinare la capacità produttiva di una risorsa seminata, con i risultati migliori ottenuti nei prati di più recente costituzione. Pur operando in aree diverse, è però possibile individuare un effetto riferibile alla tipologia di coltura: paragonando impianti con età uguali, come i siti 5 (M) e 2 (PP), età di 2 anni e i siti 6 (M) e 4 (PP), età di 4 anni, dalla tabella si vede che, a parità di età, la medica risulta sempre più produttiva del coetaneo prato polifita, questo almeno nei primi anni di vita di un prato seminato. Col passare del tempo, infatti, un impianto di medica viene invaso da infestanti che limitano fortemente la capacità produttiva della coltura: i siti 1 e 3 (con medica di 8 e 12 anni) sembrano infatti confermare la grande riduzione di capacità produttiva del medicaio allontanandosi dall'anno di impianto.

L'indice di area fogliare (LAI) essenzialmente riproduce l'andamento della produzione in quanto esso considera la presenza di foglie (e quindi di superficie fotosintetizzante) sull'unità di superficie e pertanto può considerarsi un parametro generalmente correlato alla produttività delle colture. È interessante rilevare che il LAI non cambia troppo in funzione del tipo di impianto, e la sua correlazione con la produzione di biomassa foraggera sia indipendente dalle specie utilizzate.

Considerando la composizione botanica, in tabella 2 le specie censite durante i rilevamenti floristici sono raggruppate sulla base della presenza percentuale di graminacee, leguminose e altre famiglie, e anche in termini di specie seminate e spontanee. Analizzando il primo tipo di raggruppamento, ovviamente la composizione botanica risulta fortemente condizionata non solo dalle specie utilizzate alla semina ma anche dal momento di esecuzione del rilievo: è facile vedere infatti, in ogni sito, un aumento della presenza percentuale delle leguminose (in molti casi costituite da medica dove era presente come specie seminata, ma non solo) passando dal primo sfalcio ai

successivi. Questo aspetto è attribuibile alla maggiore sensibilità della medica al freddo rispetto ad altre specie (come le graminacee) per cui essa trova condizioni migliori di crescita col progredire della stagione vegetativa. In alcuni casi l'incremento della presenza percentuale di leguminose è veramente notevole (come ad esempio nei siti 1, 4 o 6) e questo può essere stato amplificato nell'anno di sperimentazione durante il quale si è verificato un forte abbassamento delle temperature verso la metà di maggio, ossia nel periodo di poco antecedente al primo sfalcio. Al contrario, molto più ridotte sono le variazioni della percentuale di presenza fra il secondo e il terzo periodo di campionamento. Ovviamente la percentuale di presenza delle leguminose influisce su quella delle graminacee che tendono ad avere un andamento quasi opposto, con forti diminuzioni tra il primo sfalcio e quelli successivi. La presenza delle altre famiglie (in questo caso di sicura origine spontanea non essendo mai presenti nei miscugli originari impiegati) è piuttosto costante e con ridotte oscillazioni nel periodo di prova, e sembra essenzialmente correlata con l'età della coltura in atto, come si evince dalle ultime due colonne della tabella 2 (che sono una il complemento a 100 dell'altra), con dati medi di presenza di specie seminate superiori al 70% (indipendentemente che si tratti di medicai o prati polifiti) quando l'età del prato è fino a 4 anni. In definitiva sembra di poter affermare che l'età dell'impianto influenza fortemente la presenza di specie spontanee, che a loro volta possono andare ad influenzare i parametri produttivi dei prati esaminati. L'effetto è senza dubbio dovuto alla perdita di capacità di ricaccio di piante fortemente utilizzate e anche alla progressiva sostituzione delle specie seminate, più produttive e di migliore qualità bromatologica, con specie spontanee di scarso valore foraggero e di ridotta produttività.

In tabella 3 sono riportati i dati relativi alle caratteristiche qualitative della biomassa foraggera nei sei siti studiati nei tre periodi di campionamento. Anche in questo caso si nota una forte variazione della maggior parte dei parametri studiati in funzione del momento di campionamento. Ciò conferma l'influenza della composizione botanica anche sulle caratteristiche qualitative del foraggio oltre che sui risultati produttivi come evidenziato in precedenza. La minore variabilità in questo caso dipende dal singolo parametro studiato.

La proteina grezza, ad esempio, risulta molto più stabile durante la stagione vegetativa nei medicai più recenti (siti 5 e 6) mentre negli altri casi (medicai vecchi o prati polifiti) la variabilità fra il primo sfalcio e i successivi è molto più pronunciata. I risultati migliori per questo parametro si sono avuti, come era facile prevedere, nei campi coltivati a medica in purezza di età ridotta (al massimo di 4 anni) con valori ragguardevoli intorno al 20-22 %. Negli altri casi il valore più elevato si registra nei tagli successivi al primo, anche nei prati polifiti, dove al secondo e terzo sfalcio le leguminose (soprattutto medica) erano notevolmente rappresentate. Nella media annuale solo gli impianti di medica di 2 o 4 anni hanno raggiunto un valore medio della proteina grezza intorno al 20%. Il valore nutritivo è variato in base alla composizione floristica dei prati, confermando che quelli con maggior percentuale di leguminose raggiungono livelli proteici più elevati rispetto a quelli con prevalenza di graminacee.

Come atteso, la componente lipidica rappresentata nella tabella 3 come "grassi" (vale a dire pigmenti, olii eteri, fosfolipidi, cere, steroli, resine, vitamine liposolubili oltre ai lipidi stessi) resta

pressoché costante fra i vari sfalci e sembra essere rappresentata in percentuale leggermente inferiore nei prati polifiti rispetto a quelli in purezza.

Le ceneri, che rappresentano, tra gli altri, alcuni elementi minerali di grande importanza per le funzioni metaboliche degli animali, tendono ad aumentare con l'avanzamento della stagione. In tutti i siti si assiste ad un aumento del valore che varia in un range compreso tra 8 e 13%. Le ceneri, tuttavia non contengono energia e quindi il loro contenuto è inversamente proporzionale al valore nutritivo degli alimenti per gli animali a cui è destinato il foraggio.

I carboidrati strutturali, e in particolare la componente neutro detersa (NDF), e quella acido detersa (ADF) della fibra hanno mostrato un andamento opposto alla proteina ovvero un decremento con l'avanzamento della stagione. Anche in questo caso tale andamento è da ascrivere alla variazione nella composizione botanica a cui è legata la riduzione progressiva delle graminacee (molto presenti al primo taglio) ricche in componenti fibrose che ha comportato una diminuzione del contenuto dei costituenti della parete cellulare (emicellulosa, cellulosa e lignina) rispetto alle altre componenti. La riduzione di NDF e ADF è assai marcata nei prati polifiti (siti 2 e 4) ma anche nei medicai molto vecchi (1 e 3) dove la presenza di graminacee infestanti o di altre specie non seminate è notevole e quindi in grado di incidere maggiormente sulla qualità dell'erba in maniera significativa. Le varie frazioni di fibra e la fibra in toto della pianta presentano una diversa digeribilità. La componente fibrosa meno digeribile per gli animali (lignina) tende ad aumentare dal primo al secondo taglio nei medicai ad esclusione di quello con 2 anni di età d'impianto. Nei prati polifiti invece il contenuto di lignina resta pressoché costante durante i differenti tagli. Tuttavia il sito di prova 2, presenta mediamente biomassa foraggera con una percentuale di lignina di quasi il 2% in più rispetto al sito polifita 4. Ciò potrebbe essere ancora dovuto alla maggiore presenza percentuale di leguminose rispetto a quella di graminacee ed altre specie. Il grado di lignificazione del foraggio varia in base alla specie vegetale anche per il rapporto foglie/steli delle stesse. Questo comporta una diversa digeribilità ma anche un differente livello di appetibilità per gli animali in base alla predominanza delle varie frazioni della fibra.

Il valore applicativo e pratico del prevalere di una componente chimica sulle altre è legato al fatto che per i ruminanti, la digeribilità e il valore nutritivo all'interno della dieta cambia in base alla struttura: il contenuto cellulare (proteine, zuccheri, amidi, grasso) ha una digeribilità del 98%; la parete della cellula (NDF) del 62%; le emicellulose del 79%; la fibra ADF (cellulosa, lignina) del 30%; mentre la lignina è quasi totalmente indigeribile. La componente lignificata è quindi uno dei fattori che più riduce la digeribilità sia deprimendo la digestione di altri componenti, fibrosi e non, sia ostacolando la penetrazione degli enzimi digestivi all'interno delle cellule lignificate.

I dati raccolti relativi a caratteristiche quanti-qualitative della produzione foraggera e composizione floristica delle diverse tipologie di prati studiati hanno permesso anche di evidenziare alcune relazioni fra i diversi parametri presi in esame. Si riportano di seguito quelli più importanti soprattutto in considerazione delle maggiori ricadute che essi possono avere sotto il profilo pratico e applicativo.

La figura 2 mostra l'andamento della produzione totale annua di ognuno dei sei siti (data dalla somma dei tre sfalci per ogni azienda) in funzione dell'età dell'impianto. Appare evidente la stretta

relazione fra perdita di capacità produttiva dei diversi prati (indipendentemente che si tratti di miscugli o medicai in purezza) col passare del tempo. Questo andamento è da mettere in relazione con l'evoluzione floristica delle diverse colture studiate che condiziona le potenzialità produttive a seguito del reingresso, col progredire degli anni, di specie di scarso valore foraggero e a ridotta produttività, determinando così anche un decadimento qualitativo delle risorse foraggere seminate. La figura 3 mostra la relazione significativa tra la produzione media di ogni sfalcio e l'indice di area fogliare (LAI) registrato in corrispondenza dello stesso, e conferma quanto già delineato in precedenza, ossia che la crescita della vegetazione foraggera è tanto più intensa e produttiva all'aumentare della copertura fogliare.

La figura 4 ha messo invece bene in luce il comportamento opposto delle due famiglie maggiormente presenti nelle risorse studiate, ossia graminacee e leguminose, indipendentemente dal fatto che fossero specie seminate (che era comunque il caso prevalente, soprattutto nei terreni investiti a erba medica) o spontanee. Le leguminose mostrano una chiara tendenza alla diminuzione col passare del tempo, con valori medi intorno a 80% nei due impianti più recenti (siti 2 e 5, età di 2 anni) fino al valore medio di circa 20 % (sito 3, età di 12 anni). La relazione fra le due variabili è molto stretta nel caso delle leguminose e, anche se meno significativa, abbastanza accurata per le graminacee ma con un andamento opposto, in quanto esse tendono ad aumentare col passare del tempo.

La figura 5 evidenzia la netta e significativa dipendenza della percentuale di specie seminante (sia graminacee che leguminose) dalla variabile temporale. La notevole età di alcuni prati di medica ancora persistenti (siti 1 e 3, di 8 e 12 anni rispettivamente) influenza negativamente e in maniera rilevante la frequenza percentuale della specie seminata, con valori compresi tra 20 e 30%, mentre nei prati più recenti (sia polifiti che medicai in purezza di età inferiore o uguale a 4 anni) la percentuale di specie seminate è molto più alta, in media pari al 70% delle specie rilevate. L'importanza delle specie seminate sulle capacità produttive degli impianti analizzati è confermata dalla figura 6, che mette in luce un andamento significativo e positivo fra le produttività registrate nel totale dell'anno e la percentuale delle specie seminate presenti.

Infine a dimostrazione di quanto la composizione botanica possa influenzare non solo i caratteri produttivi delle risorse foraggere ma anche quelli qualitativi come evidenziato in precedenza, si riporta in figura 7 l'andamento della percentuale di proteine grezze in ogni epoca di sfalcio per tutti e sei i siti di indagine in funzione della percentuale di leguminose. La forma della curva è di tipo logaritmico per cui all'aumentare della presenza di leguminose non è ipotizzabile un proporzionale aumento oltre un certo valore delle proteine, che comunque si attestano su valori massimi di buon livello. Essendo l'età dell'impianto uno dei fattori maggiormente condizionanti la composizione botanica (e quindi di conseguenza le caratteristiche quanti-qualitative del prato), è stato riportato in figura 8 l'andamento della percentuale media di proteine nei sei siti di prova in funzione dell'età: pur non essendo una relazione troppo accurata, è ampiamente individuabile un forte decremento della qualità del foraggio (intesa come composizione proteica) col passare del tempo e quindi un effetto negativo sul valore nutritivo delle erbe per l'alimentazione degli animali.

Le attività previste nell'ambito della convenzione hanno inoltre permesso di collaborare con gli altri partner del progetto. In particolare:

- realizzazione di un dataset contenente i dati produttivi e qualitativi dei foraggi analizzati, i valori di indice di area fogliare (LAI) e di composizione botanica (specie presenti e loro percentuale) ai fini della calibrazione di modelli e della simulazione degli scenari climatici futuri da parte dell'Università di Milano;
- collaborazione con il partner di progetto CNR-Bologna alle attività di caratterizzazione e valutazione della presenza di polveri sottili sulle specie foraggere e raccolta di campioni di 6 specie foraggere da diversi siti di indagine per approfondimenti sulle strutture fogliari.

Si prevede inoltre di contribuire alle attività di diffusione dei risultati del progetto attraverso la stesura di articoli, a carattere divulgativo e scientifico, e la partecipazione a convegni e workshop per la divulgazione dei risultati ottenuti. In ogni caso, in tutti i prodotti della diffusione verrà riportata la fonte del finanziamento.

Firenze, 28 febbraio 2020

Il responsabile scientifico della ricerca

Prof. Giovanni ARGENTI

Altri partecipanti del gruppo di ricerca:

Riccardo BOZZI

Nicolina STAGLIANO

Silvia PARRINI

## Appendice - Tabelle e figure

Figura 1. Localizzazione dei sei siti di raccolta individuati per lo studio delle risorse foraggere

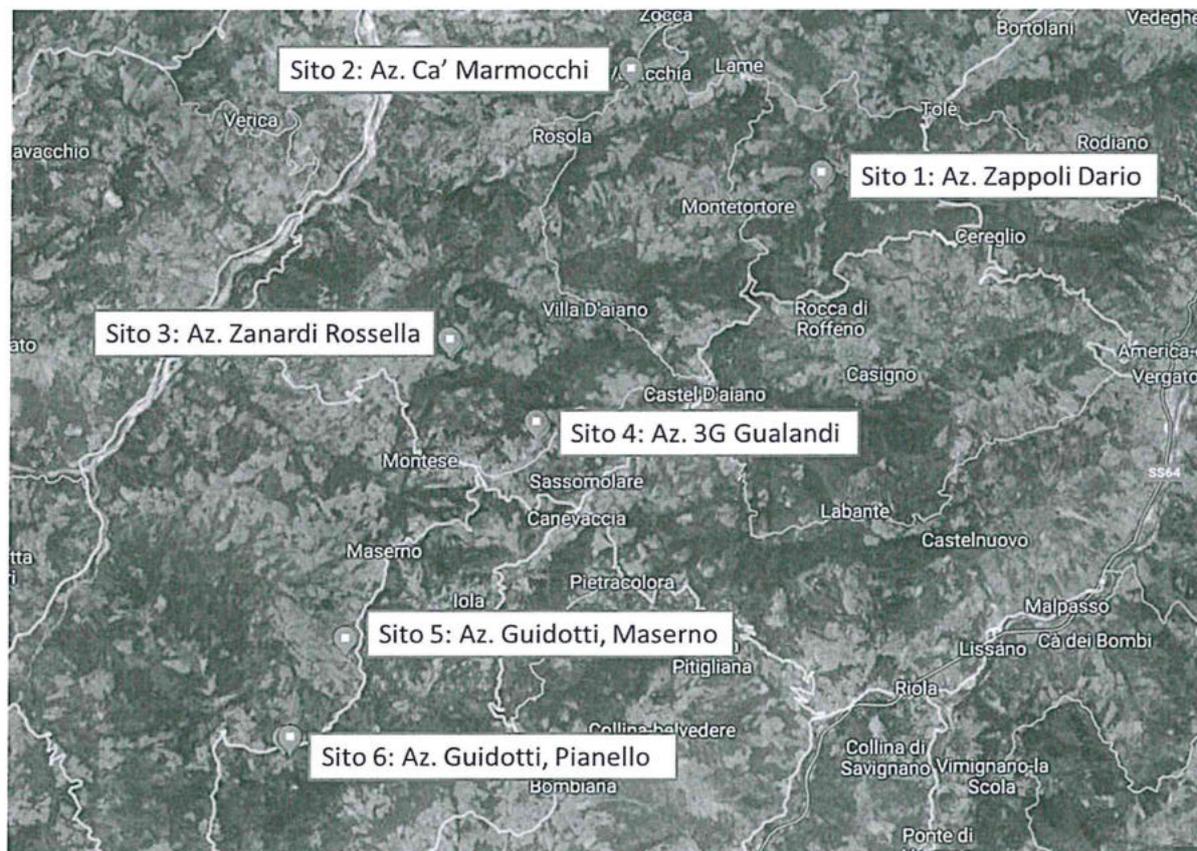


Tabella 1. Principali caratteristiche dei 6 siti di indagine

Sito	Azienda	Località	Comune	Altitudine	Tipo di risorsa	Anno di impianto
1	Az. Agr. Zappoli Dario	SANTA LUCIA	CASTELD'AIANO	755	Erba medica	2012
2	Az. Agr. Cà Marmocchi	ROSOLA	ZOCCA	770	Prato polifita	2017
3	Az. Agr. Zanardi Rossella	SALTO	MONTESE	740	Erba medica	2008
4	Az. Agr. 3G di Gualandi	PADULLE	MONTESE	745	Prato bifita	2016
5	Az. Agr. I Tassi di Guidotti	MASERNO	MONTESE	850	Erba medica	2018
6	Az. Agr. I Tassi di Guidotti	PIANELLO	MONTESE	870	Erba medica	2016

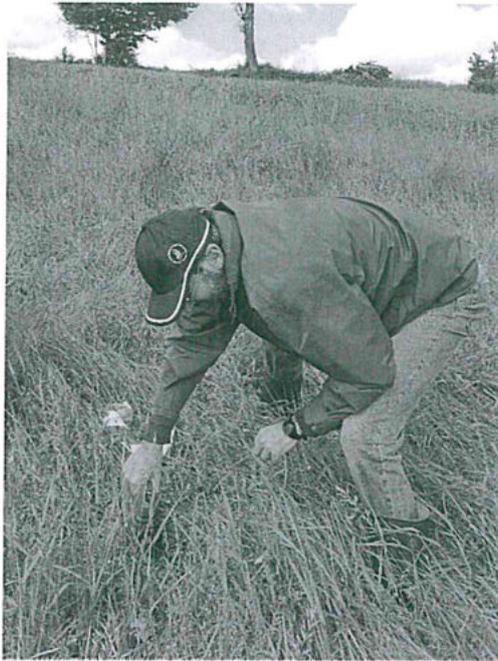


Foto 1. Particolare dello sfalcio del campione di foraggio



Foto 2. Particolare della vegetazione di un prato polifita durante un rilievo floristico

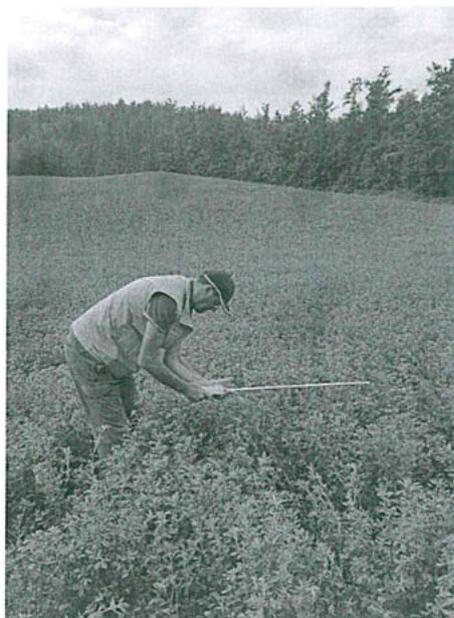


Foto 3. Misurazione del LAI con ceptometro

Tabella 2. Risultati produttivi e vegetazionali registrati nei tre sfalci e nel totale annuo nei 6 siti di prova (M=medica; PP=prato polifita).

Sito	Taglio	Tipo di coltura	Età	Produzione		Graminacee (%)	Leguminose (%)	Altre (%)	Seminate (%)	Spontanee (%)
				(t/ha ss)	LAI					
1	1	M	8	3,81	4,74	77,3	10,7	12,0	5,7	94,3
1	2	M	8	1,68	3,86	36,7	48,7	14,7	48,3	51,7
1	3	M	8	1,15	2,37	40,7	42,0	17,3	41,3	58,7
	<i>anno</i>			<i>6,64</i>	<i>3,66</i>	<i>51,6</i>	<i>33,8</i>	<i>14,7</i>	<i>31,8</i>	<i>68,2</i>
2	1	PP	2	3,96	3,07	45,3	45,0	9,7	49,7	50,3
2	2	PP	2	3,45	4,91	14,7	81,7	3,7	82,0	18,0
2	3	PP	2	2,16	2,42	7,3	84,0	8,7	85,7	14,3
	<i>anno</i>			<i>9,57</i>	<i>3,47</i>	<i>22,4</i>	<i>70,2</i>	<i>7,3</i>	<i>72,4</i>	<i>27,6</i>
3	1	M	12	2,27	2,57	66,3	15,0	18,7	6,3	93,7
3	2	M	12	1,85	3,48	42,0	25,7	32,3	25,0	75,0
3	3	M	12	1,12	1,93	38,3	33,3	28,3	32,7	67,3
	<i>anno</i>			<i>5,24</i>	<i>2,66</i>	<i>48,9</i>	<i>24,7</i>	<i>26,4</i>	<i>21,3</i>	<i>78,7</i>
4	1	PP	4	4,47	3,48	80,3	11,7	8,0	56,7	43,3
4	2	PP	4	1,95	3,38	15,7	79,3	5,0	87,0	13,0
4	3	PP	4	1,19	2,33	18,7	74,7	6,7	80,7	19,3
	<i>anno</i>			<i>7,61</i>	<i>3,06</i>	<i>38,2</i>	<i>55,2</i>	<i>6,6</i>	<i>74,8</i>	<i>25,2</i>
5	1	M	2	4,80	5,96	16,3	78,3	5,3	77,3	22,7
5	2	M	2	3,99	4,33	11,0	79,0	10,0	76,7	23,3
5	3	M	2	2,89	3,78	1,3	90,0	8,7	88,3	11,7
	<i>anno</i>			<i>11,68</i>	<i>4,69</i>	<i>9,6</i>	<i>82,4</i>	<i>8,0</i>	<i>80,8</i>	<i>19,2</i>
6	1	M	4	4,64	3,83	51,3	35,7	13,0	34,3	65,7
6	2	M	4	2,45	3,75	4,7	90,7	4,7	88,3	11,7
6	3	M	4	1,49	2,89	0,7	93,7	5,7	92,0	8,0
	<i>anno</i>			<i>8,58</i>	<i>3,49</i>	<i>18,9</i>	<i>73,3</i>	<i>7,8</i>	<i>71,6</i>	<i>28,4</i>

Tabella 3. Principali caratteristiche qualitative dell'erba registrati nei tre sfalci nei 6 siti di prova (M=medica; PP=prato polifita). Tutti i dati sono espressi in percentuale sulla sostanza secca

Sito	Taglio	Coltura	Età	Proteina	NDF	ADF	Lignina	Cellulosa	E. inazotati	Ceneri	Grassi
1	1	M	8	12,23	69,83	43,21	6,48	36,73	40,31	8,35	2,37
1	2	M	8	21,84	55,86	37,15	7,16	29,99	35,78	10,02	2,37
1	3	M	8	23,62	42,73	33,35	8,31	25,04	36,14	12,32	2,88
	<i>anno</i>			<i>19,23</i>	<i>56,14</i>	<i>37,90</i>	<i>7,32</i>	<i>30,59</i>	<i>37,41</i>	<i>10,23</i>	<i>2,54</i>
2	1	PP	2	13,07	61,21	43,19	8,61	34,57	41,63	8,54	2,19
2	2	PP	2	21,98	44,02	37,02	8,69	28,32	35,93	11,93	1,83
2	3	PP	2	19,95	41,20	32,79	8,28	24,51	39,22	13,61	2,70
	<i>anno</i>			<i>18,33</i>	<i>48,81</i>	<i>37,67</i>	<i>8,53</i>	<i>29,14</i>	<i>38,93</i>	<i>11,36</i>	<i>2,24</i>
3	1	M	12	12,51	60,72	42,86	7,91	34,95	41,17	8,77	2,60
3	2	M	12	20,62	47,65	37,17	8,21	28,97	37,76	10,57	2,08
3	3	M	12	20,44	47,01	34,52	7,84	26,68	39,18	11,81	1,88
	<i>anno</i>			<i>17,86</i>	<i>51,80</i>	<i>38,18</i>	<i>7,98</i>	<i>30,20</i>	<i>39,37</i>	<i>10,38</i>	<i>2,19</i>
4	1	PP	4	11,39	69,11	43,63	6,25	37,39	40,58	8,01	2,63
4	2	PP	4	23,20	46,10	36,93	7,22	29,71	33,46	11,88	1,75
4	3	PP	4	23,41	35,93	27,88	6,48	21,41	40,42	12,49	2,27
	<i>anno</i>			<i>19,34</i>	<i>50,38</i>	<i>36,15</i>	<i>6,65</i>	<i>29,50</i>	<i>38,15</i>	<i>10,79</i>	<i>2,22</i>
5	1	M	2	22,26	52,05	41,03	9,04	31,99	32,56	10,32	2,87
5	2	M	2	21,63	49,70	40,23	9,00	31,23	32,39	12,86	1,89
5	3	M	2	21,60	44,57	38,45	8,95	29,50	33,65	12,78	2,48
	<i>anno</i>			<i>21,83</i>	<i>48,78</i>	<i>39,90</i>	<i>9,00</i>	<i>30,91</i>	<i>32,87</i>	<i>11,98</i>	<i>2,41</i>
6	1	M	4	16,95	64,62	41,81	6,47	35,34	36,40	8,52	2,79
6	2	M	4	23,59	45,31	37,79	8,88	28,91	34,22	11,33	1,95
6	3	M	4	23,24	38,72	35,52	8,02	27,49	34,09	12,64	2,53
	<i>anno</i>			<i>21,26</i>	<i>49,55</i>	<i>38,37</i>	<i>7,79</i>	<i>30,58</i>	<i>34,90</i>	<i>10,83</i>	<i>2,42</i>

Figura 2. Produzione totale annua (t ha<sup>-1</sup> s.s.) dei sei siti di indagini in funzione dell'età del prato

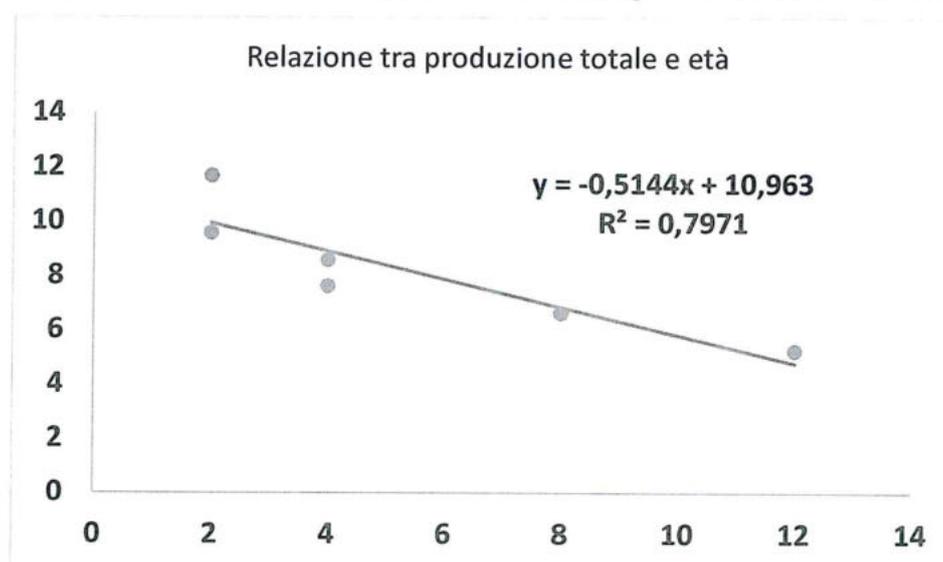


Figura 3. Relazione fra produzione per taglio di sostanza secca ( $t\ ha^{-1}\ s.s.$ ) nei sei siti di studio in funzione del LAI

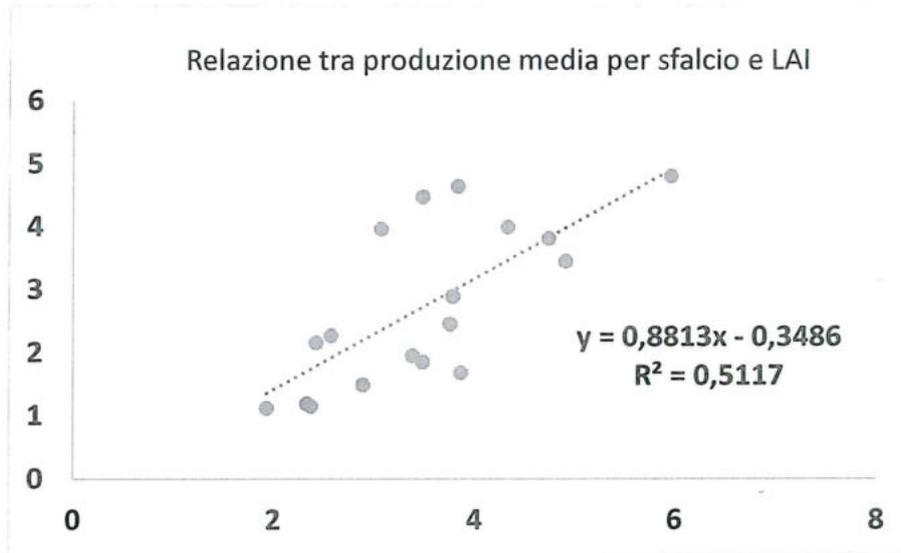


Figura 4. Relazione fra percentuale di copertura delle specie appartenenti alle famiglie delle graminacee e leguminose (%) in funzione dell'età dell'impianto

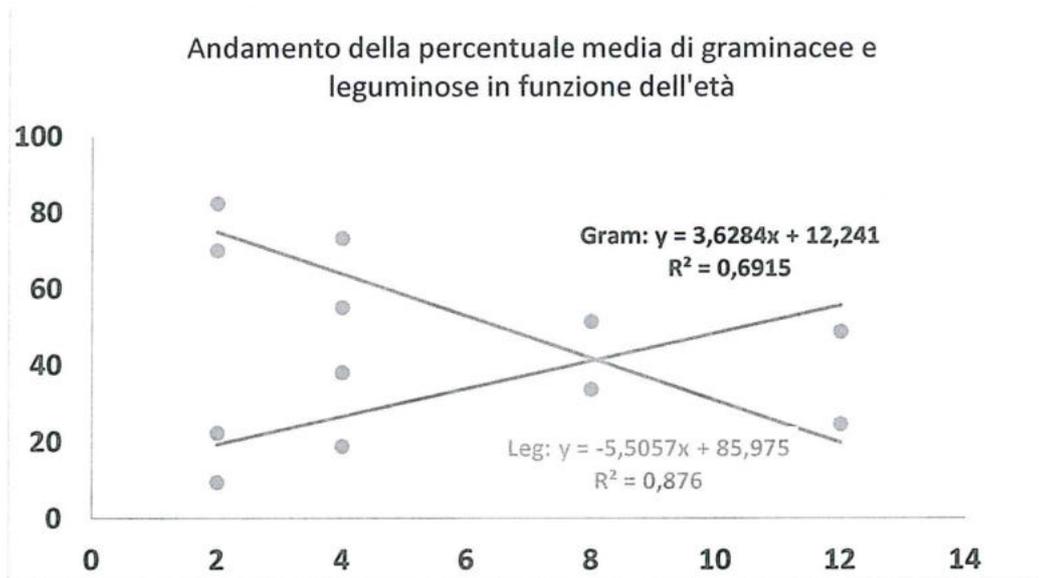


Figura 5. Relazione fra percentuale media di specie seminate (%) censite nei sei siti di prova e l'età dell'impianto

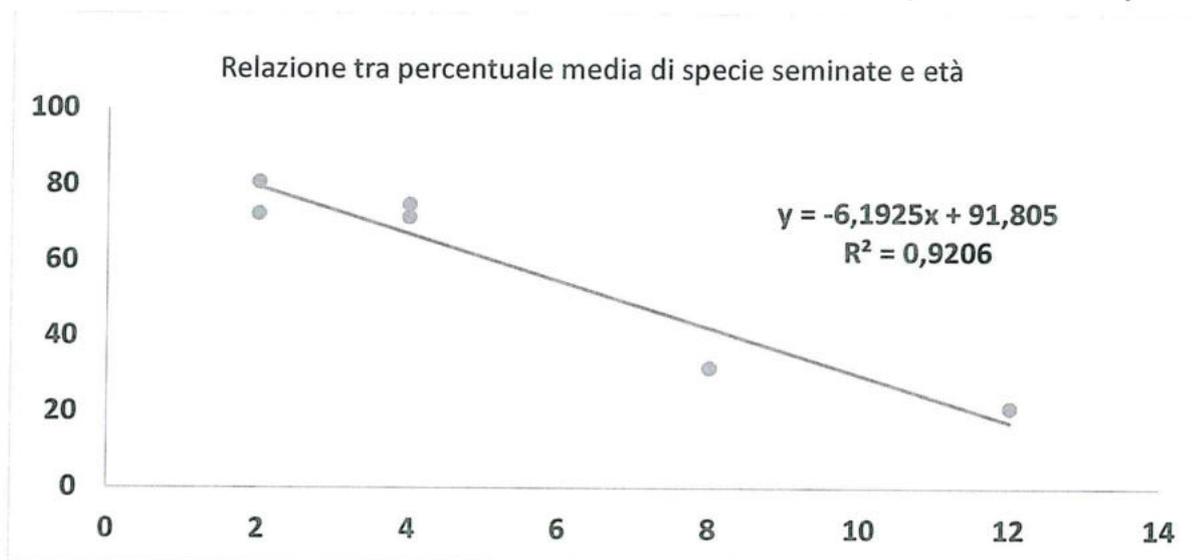


Figura 6. Produzione totale annua (t ha<sup>-1</sup> s.s.) dei sei siti di indagini in funzione della percentuale di specie seminate censite

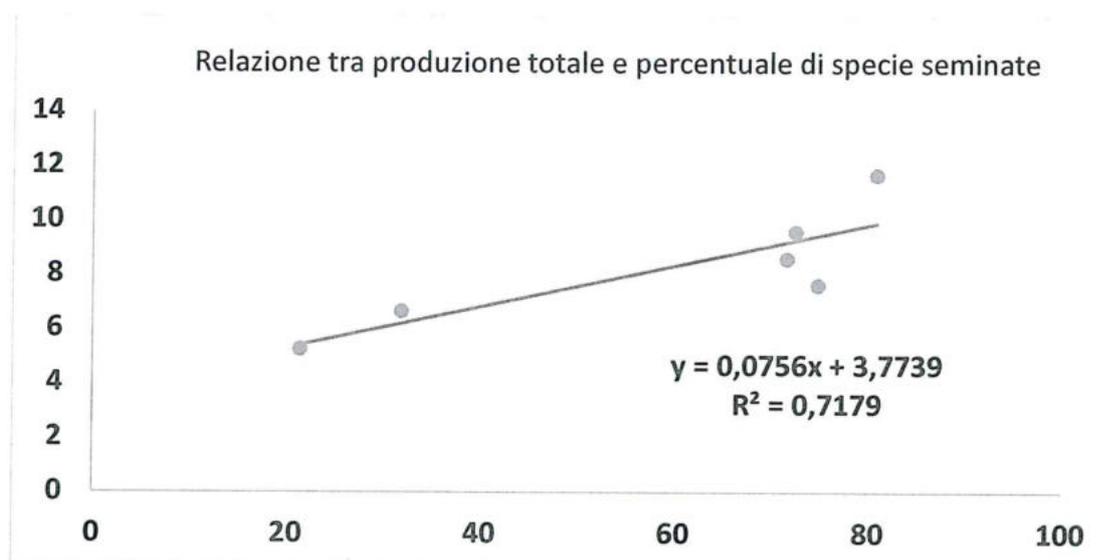


Figura 7. Relazione fra percentuale di proteine in ogni sfalcio nei sei siti di indagini in funzione della percentuale di specie leguminose censite

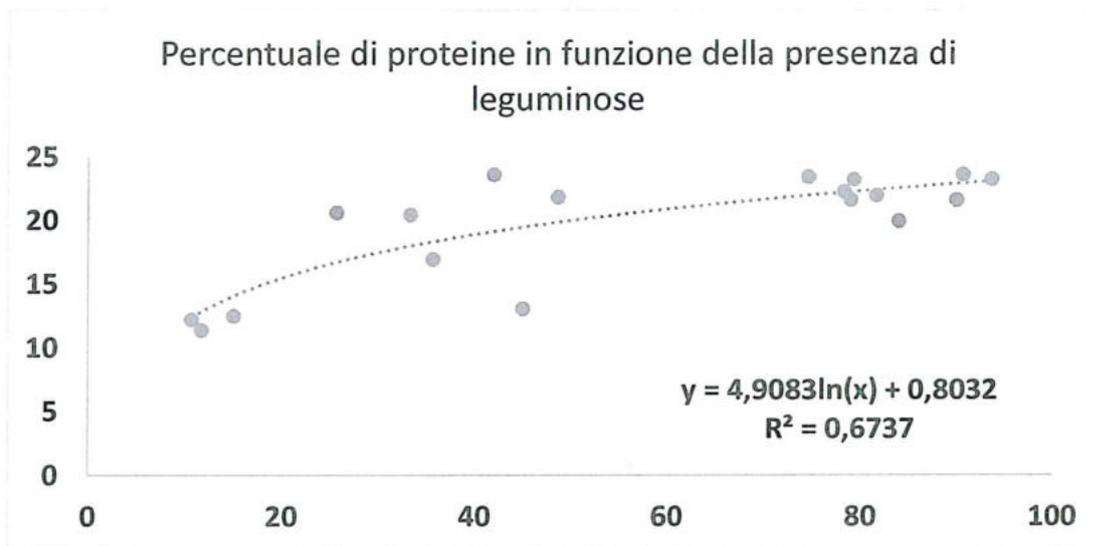
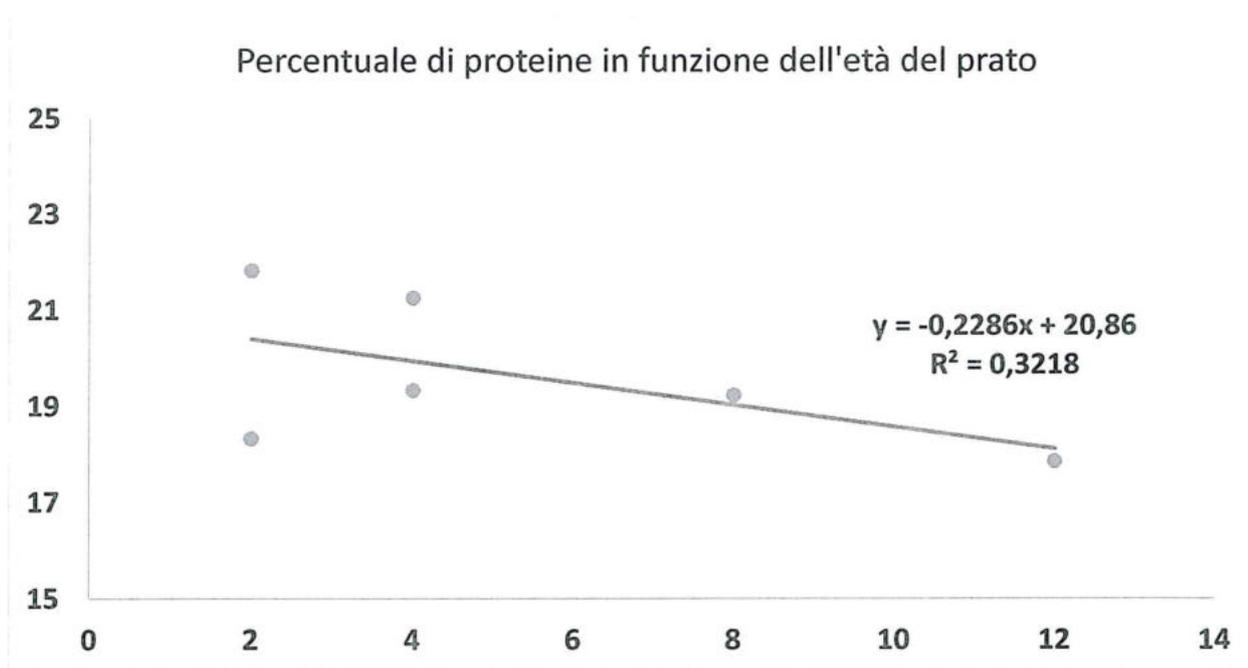


Figura 8. Relazione fra percentuale media di proteine nei sei siti di indagini in funzione dell'età dell'impianto





## PROGETTO MOUNTAIN GREEN CLIMATE

### RELAZIONE FINALE

#### **AZIONE 4: Valutazione della presenza di polveri sottili sui foraggi ottenuti da prati di montagna in confronto a quelli di pianura.**

A cura del responsabile della parte scientifica dell' Azione 4, Dott.ssa **Camilla Chieco**

Hanno collaborato:

per la parte tecnica e strumentazione: **Lorenzo Tomasi, Giorgio Longino e Vincenzo Raffaelli**, ISOF

Per la parte di sviluppo del software: **Jacopo Gasparetto e Stefano Murtagh**, ISOF

per la parte di elaborazione dati: **Marianna Nardino e Federica Rossi**, IBE.

Per la parte di Microscopia Elettronica: **Franco Corticelli**, IMM.

La prossimità –progressivamente crescente- di prati ad aree altamente urbanizzate fa sì che esista un rischio di alte concentrazioni di particolato atmosferico (PM) che si deposita sul foraggio, dequalificandone il valore nutrizionale e la salubrità lungo la catena alimentare.

Il Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n.155 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" introduce importanti novità nell'ambito del complesso e stratificato quadro normativo in materia di qualità dell'aria, presentando nuovi strumenti che si pongono come obiettivo di contrastare più efficacemente l'inquinamento atmosferico. Nel DL 155/2010 vengono definiti i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria, su base annuale, in relazione alle concentrazioni dei diversi inquinanti

In base al **DL 155/2010** il valore limite giornaliero per le PM 10 è pari a **50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , mentre per le PM 2.5 è pari a **25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Sicuramente le zone urbane soffrono la problematica delle polveri in modo maggiore rispetto alle zone rurale e montane. Spesso le città sono a rischio di superamento dei valori limite giornalieri di PM e devono quindi predisporre piani d'azione contenenti le misure da attuare nel breve periodo affinché' sia ridotto il rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme.

In figura 1 è rappresentata la distribuzione sul territorio nazionale delle stazioni di monitoraggio rispetto al superamento del valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Figura 1: PM10- Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite giornaliero (2010). *Fonte:* ISPRA

Le fonti antropiche di particolato sono essenzialmente le attività industriali ed il traffico veicolare. Stime preliminari dell'ANPA a livello nazionale (con riferimento al 1994) indicano per i trasporti un contributo alle emissioni intorno al 30% rispetto al totale; gli impianti di riscaldamento contribuiscono per circa il 15%; le emissioni da fonte industriale (inclusa la produzione di energia elettrica) danno conto di quasi il 50% delle emissioni di PM10. Per quanto riguarda le emissioni di polveri da traffico, sono soprattutto i veicoli diesel a contribuire alle emissioni dallo scarico, e tali emissioni nei centri urbani risultano grosso modo equi ripartite tra auto e veicoli commerciali leggeri da una parte, e bus e veicoli commerciali pesanti dall'altra. Un'altra fonte significativa di emissione di PM da attribuire al traffico è quella dovuta all'usura di freni, gomme, asfalto stradale.

Normalmente i valori di PM più elevati si riscontrano nei mesi invernali ed in particolare nelle grandi città della pianura padana. Nei mesi estivi le concentrazioni di polveri risultano invece inferiori e raramente viene superata la soglia dei  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Grafico 1).

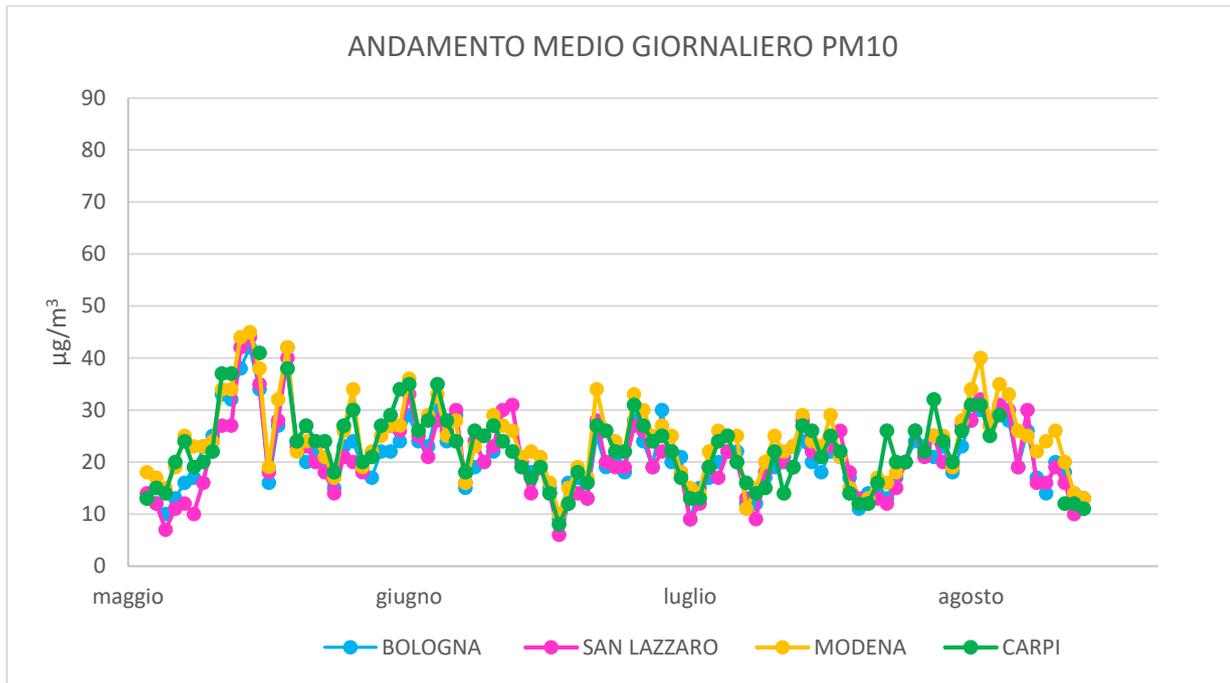


Grafico 1. Andamento giornaliero delle PM 10 a Bologna, San Lazzaro di Savena, Modena e Carpi. Dati Arpa Emilia Romagna [https://www.arpae.it/dettaglio\\_generale.asp?id=2921&idlivello=1637](https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=2921&idlivello=1637)

Nel grafico viene riportato l'andamento medio giornaliero delle PM 10 durante i mesi di giugno, luglio, agosto e inizio settembre per Bologna Centro, San Lazzaro di Savena, Modena e Carpi. Si nota come nelle zone urbane, durante i mesi estivi, i livelli di PM 10 si attestino su valori sempre inferiori ai limiti individuati dal DL 155/2010 ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). I valori delle concentrazioni medie giornaliere osservate durante i mesi estivi sono simili tra i siti urbani, con valori compresi fra un minimo di  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e un massimo di  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Le aree montane, per la mancanza di grandi insediamenti urbani ed industriali e di direttrici a traffico pesante, sono meno interessate, durante i periodi estivi, dalle emissioni di particolato atmosferico.

Diversamente, durante l'inverno, l'utilizzo diffuso di impianti di riscaldamento domestici a legna che risulta particolarmente intensa durante la stagione fredda, fa sì che la combustione di biomassa dia alte concentrazioni di PM anche in zone montane.

L'**Azione 4** del presente progetto aveva come obiettivo la valutazione dell'andamento della concentrazione di polveri sottili in zone di montagna limitrofe a prati polifiti (**task 4.1**); allo stesso tempo l'azione 4 prevedeva anche una analisi micro-morfologia delle principali essenze che compongono i prati polifiti, al fine di valutarne la propensione al trattenimento delle stesse polveri sottili sulle lamine fogliari (**task 4.2**).



## TASK 4.1

Il **task 4.1** prevedeva la misurazione della concentrazione di particolato atmosferico su 3 prati stabili di montagna (selezionati come rappresentativi di diverse situazioni geo-ambientali) e su un prato tipico di pianura. La presente azione prevedeva la misurazione delle PM 2.5 e PM 10 a partire dal mese di maggio, momento corrispondente alla piena attività vegetativa della specie foraggera predominante (*Medicago sativa* L.); il monitoraggio era previsto durare tutti mesi di presenza in campo delle specie foraggere destinate all'alimentazione del bestiame, quindi fino a settembre inoltrato, dopo l'ultimo sfalcio.

Vista la rilevanza dell'argomento e la disponibilità manifestata dalle aziende partecipanti al progetto, sebbene il progetto prevedesse un monitoraggio di tipo puntuale in soli 3 siti di montagna, l'IBE ha tenuto monitorati 6 siti di montagna. Il monitoraggio di un maggior numero di siti è stato possibile grazie ad un Up-Grade di strumentazione avvenuto in corso d'opera. Infatti sono state utilizzate 6 stazioni di monitoraggio, più una settimana che è stata utilizzata per il monitoraggio del sito di pianura. Questa specifica di strumentazione, ottimizzata grazie alla collaborazione fra due istituti del CNR di Bologna, IBE e ISOF (Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività), ha permesso non solo di aumentare il numero di siti di monitoraggio, ma di attuare una rilevazione della concentrazione di polveri *in continuum* durante l'intero periodo prescelto per le misurazioni.

### **Descrizione delle stazioni di monitoraggio**

Le stazioni di monitoraggio, dette "Smart Box", sono dotate di sensori per la misura della qualità dell'aria. Ogni stazione invia le proprie misurazioni, in tempo reale, tramite rete mobile (GSM/GPRS), ad un server di raccolta dei dati, ospitato presso l'Istituto ISOF del CNR. Allo stesso modo, le stazioni sono controllabili da remoto, attraverso un collegamento sicuro (VPN).

A bordo di ciascuna stazione si trovano diversi sensori, tra cui:

- **Un sensore di temperatura e umidità dell'aria (Adafruit AM2315),**
- **Un sensore (Nova Fitness SDS011) per la misura del particolato (PM 2.5 e 10)**
- **Un sensore (Sense Air S8) per la misura del biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>)**

Tutti i sensori sono considerabili come "low-cost", ma, grazie agli algoritmi di analisi ed estrazione dati sviluppati dal CNR, e ad opportune campagne di confronto con stazioni di misura più costose, è possibile comunque ottenere buoni risultati in termini di accuratezza e affidabilità dei dati.

### Fasi di installazioni degli Smart BOX:

Prima di procedere alla loro installazione, gli Smart Box sono stati calibrati presso l'area della Ricerca del CNR di Bologna (figura 2).

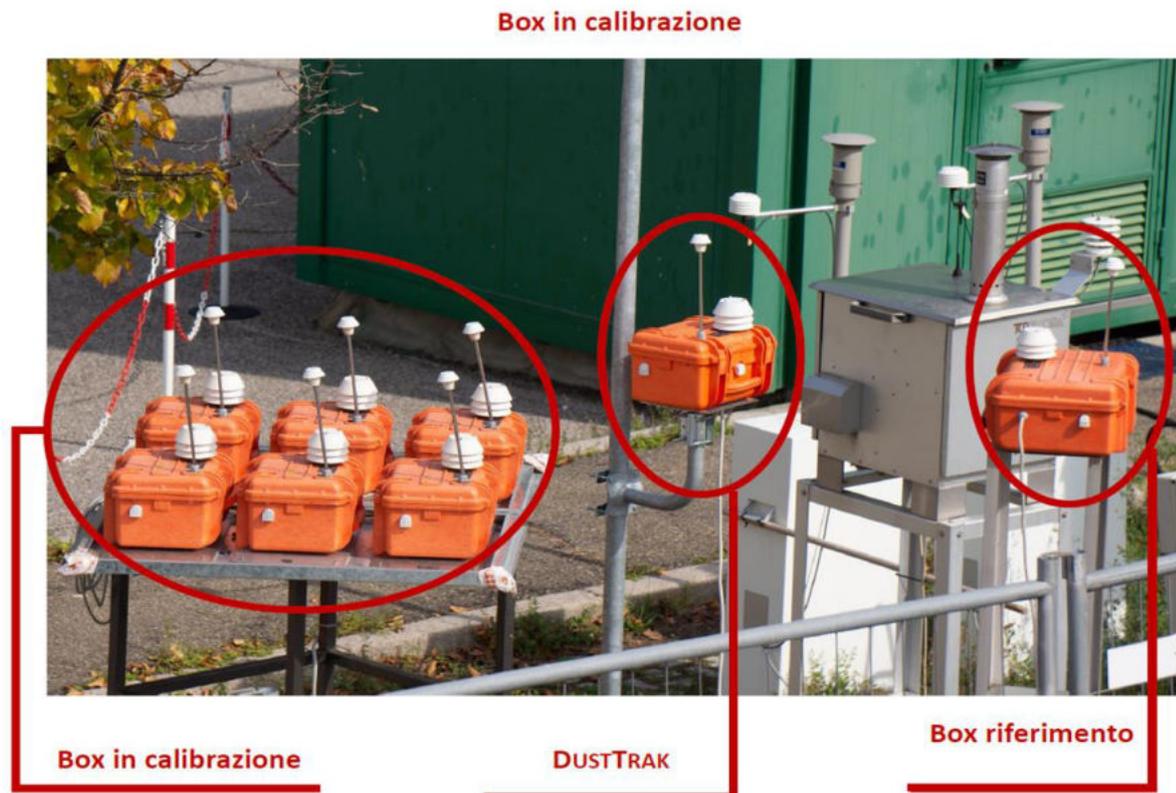


Figura 2: Smart Box in calibrazione presso l'Area della Ricerca del CNR di Bologna.

L'istallazione delle stazioni di monitoraggio è iniziata a novembre 2018, con il posizionamento dei primi 3 Smart Box in località montana ed è proseguita a gennaio 2019 con l'istallazione di altri 2 Smart Box. Ad aprile è stato aggiunto il sesto sito di rilevazione. Lo Smart Box di pianura è stato invece installato il 2 luglio. I siti scelti per l'istallazione degli Smart Box sono riportati in tabella 1 e in figura 3.

Gli Smart Box sono stati soggetti ad un lungo periodo di prova durante il quale ci sono interruzioni nella trasmissione dei dati a causa di alternanza nel segnale internet in zona sia a causa delle avverse condizioni meteo che hanno caratterizzato la zona durante il periodo invernale e primaverile. Infatti, in presenza di forti piogge ed eventi nevosi i sensori presenti all'interno delle centraline tendono a saturarsi e non hanno un corretto rilevamento dei dati.

I dati di monitoraggio nelle località montane sono quindi da considerarsi attendibili a partire dal mese di giugno e si protrarranno fino a che le condizioni meteo permetteranno un corretto rilevamento delle polveri (tardo autunno).



N. PTM	LOCALITA'	COORDINATE	ALTEZZA	REFERENTE
01	SACERNO	44.5580, 11.2166	30	MAFRO DANIELE
02	MONTEBELVEDERE	44.2223981, 10.8919449	920	DELUCA DANIELE
03	PADULLE	44.271067, 10.9652342	745	
04	CASTELLUCCIO-MOSCHEDA	44.228978, 10.924975	800	GUALANDI MASSIMO
05	S. LUCIA	44.3133311, 11.031638	755	ZAPPOLI DARIO
06	LAGO BRACCIANO	44.2848883, 10.9435288	740	CREDI MARCO
07	MASERNO	44.2370, 10.9231	868	GUIDOTTI EMILIO

Tabella 1: Siti di installazione degli Smart Box

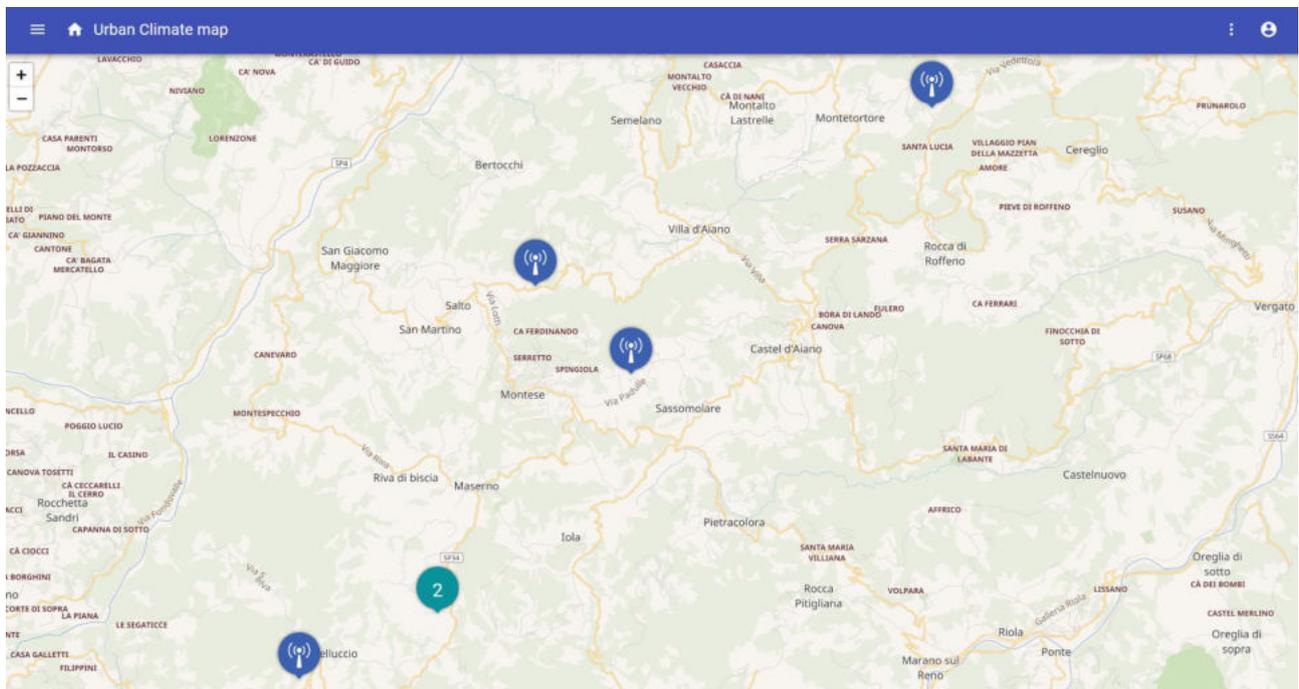


Figura 3: Mappa con la localizzazione degli Smart Box in zona di montagna

Smart box n. 1 SACERNO:



Smart box n. 2 MONTEBELVEDERE:





Smart box n. 3 PADULLE:



Smart box n. 4 CASTELLUCCIO-MOSCHEDA





Smart Box n. 5: S. LUCIA



Smart Box n. 6: LAGO BRACCIANO



Smart Box n.7: MASERNO





## **Risultati del task 4.1**

Nei grafici 2 e 3 viene messo a confronto l'andamento medio giornaliero delle PM 10 e PM 2.5 dei siti di monitoraggio analizzati fino a **OTTOBRE 2019**.

Il mese di maggio è stato eccezionalmente piovoso e con meteorologia variabile. Questo ha determinato il mal funzionamento di alcune delle centraline con conseguente ripercussione sui dati raccolti che pertanto non risultano del tutto affidabili.

Dal mese di giugno fino ad ottobre, date le condizioni climatiche stabili (alta pressione), le centraline hanno lavorato correttamente, permettendo una affidabile rilevazione dei dati.

In tutte le località esaminate la concentrazione delle PM 10 è rimasta sempre al di sotto dei  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toccando nei picchi più alti valori inferiori a  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esaminandone l'andamento a confronto, si vede come le diverse località siano caratterizzate da un simile andamento. I valori riscontrati sono tutti più che ampiamente al di sotto dei limiti di allerta individuati dal DL 155/2010 che stabilisce un valore limite giornaliero per le PM 10 pari a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Grafico 2).

Allo stesso modo, in tutte le località esaminate la concentrazione delle PM 2.5 è rimasta sempre al di sotto dei  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esaminandone l'andamento a confronto, si vede come le diverse località siano caratterizzate da un simile andamento. I valori riscontrati sono tutti più che ampiamente al di sotto dei limiti di allerta dal DL 155/2010 che stabilisce un valore limite giornaliero per le PM 2.5 pari a  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Grafico 3).

Il monitoraggio del sito di pianura è iniziato nel mese di luglio e anche in questo sito i valori di PM 10 e 2.5 sono molto minori rispetto ai valori soglia di allerta.

Dai risultati del monitoraggio emerge come tutte le località montane risultino avere livelli di particolato atmosferico, durante i mesi estivi, ampiamente al di sotto dei limiti considerati dannosi per la salute umana ed animale. Anche il sito di pianura mostra valori molto bassi di particolato emesso in quanto localizzato in aperta campagna e quindi lontano da grandi insediamenti urbani e direttrici a traffico pesante.

Sicuramente, paragonate alle zone urbane (Grafico 1), le località montane monitorate possono vantare una qualità dell'aria molto salubre in termini di concentrazione di PM durante i mesi estivi, nei quali sono presente le foraggere nei prati.

In **Annex 1** vengono riportati i grafici dell'andamento medio giornaliero delle PM 10 e PM 2.5 per le singole località monitorate durante il periodo estivo - periodo di riferimento maggio – ottobre 2019.

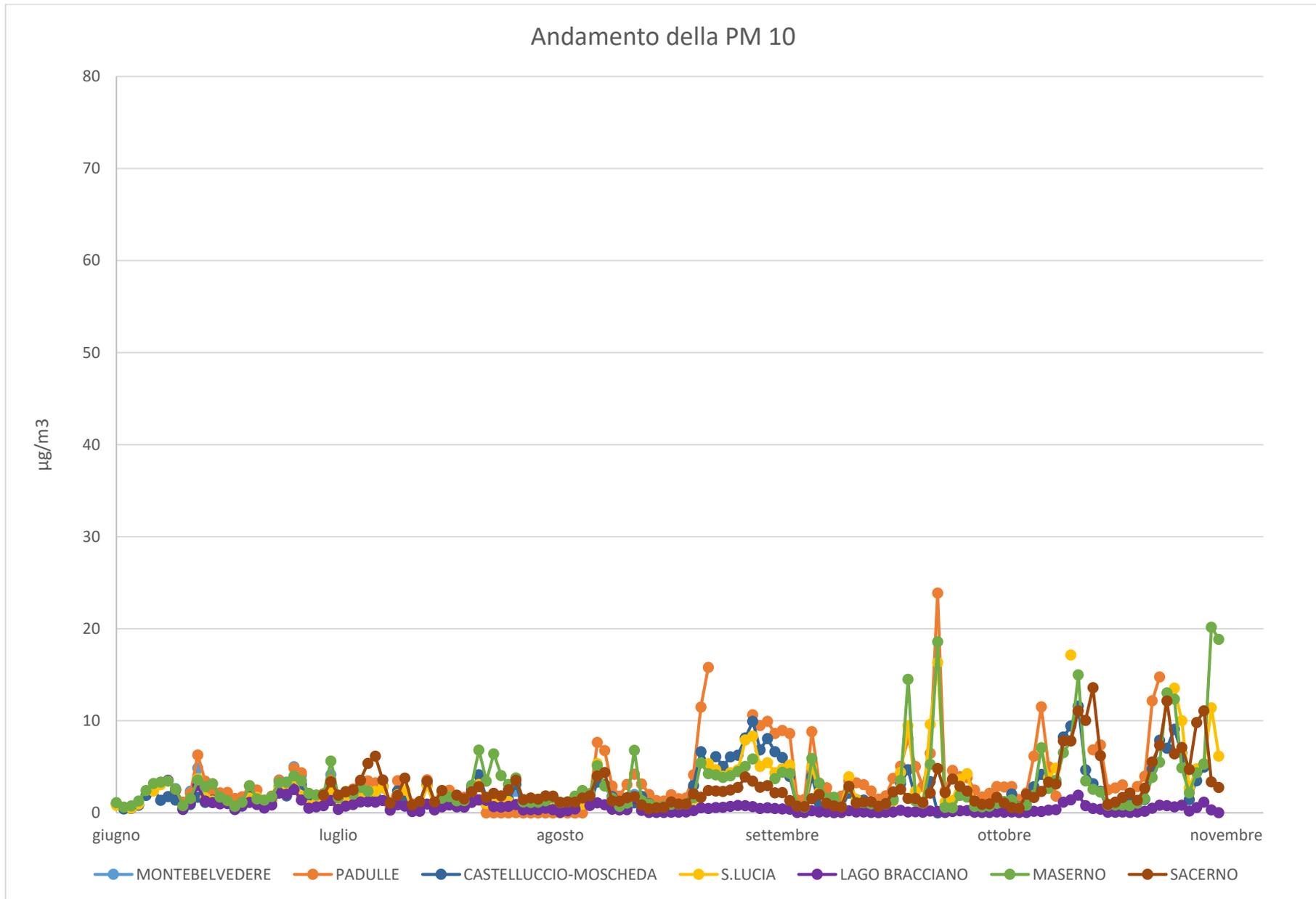


Grafico 2. Confronto dell'andamento delle PM 10 fra tutte le località indagate

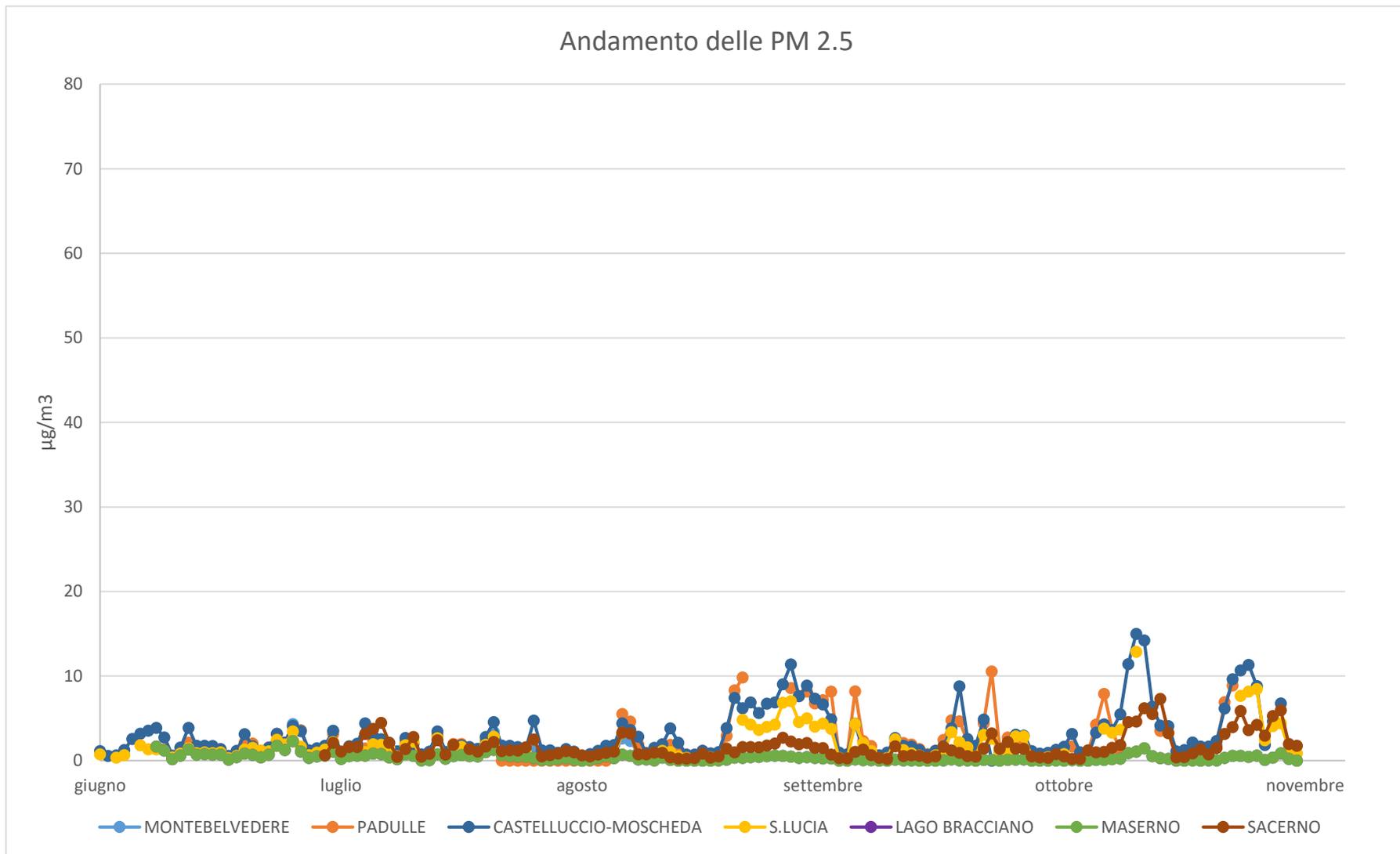


Grafico 3 Confronto dell'andamento delle PM 2.5 fra tutte le località indagate

## TASK 4.2

Il **task 4.2** prevedeva un'analisi micro-morfologica delle foglie delle diverse specie vegetali che compongono la miscela del prato. Infatti la capacità di captazione e la ritenzione delle particelle di particolato atmosferico sulle lamine fogliari è legata alla micro-morfologia della superficie fogliare (presenza e tipologia di peli, stomi e cere) e all'orientamento fogliare di ogni specie.

### Analisi micromorfologica

L'analisi micro-morfologica è stata condotta tramite microscopia elettronica utilizzando il microscopio elettronico a scansione (ESEM) in collaborazione con l' Istituto per la Microelettronica e i Microsistemi, IMM, del CNR di Bologna

E' stata analizzata la micro-morfologia delle seguenti specie che compongono la miscela del prato polifita della zona montana su cui si concentra il progetto:

*Arrhenatherum elatius*

*Dactylis glomerata*

*Festuca arundinacea*

*Medicago sativa*

*Phleum pratense*

*Taraxacum officinale*

*Trifolium pratense*

Da ciascuna foglia (tre foglie per specie) sono state ritagliate 4 porzioni di lamina delle dimensioni di 1 cm<sup>2</sup> (figura 4a). Le porzioni di foglia sono state fissate su uno stubs (figura 4b) e inserite all'interno del Microscopio elettronico senza essere pre trattata in alcun modo.

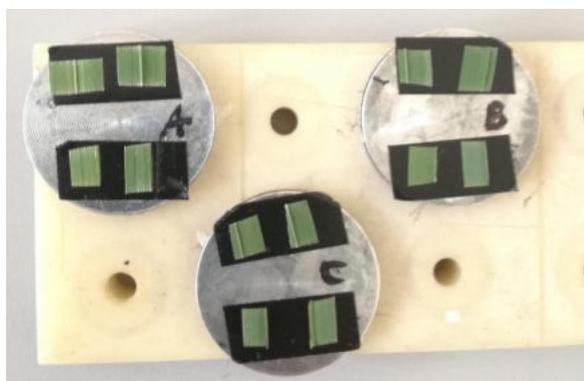


Figura 4 a e 4b: porzioni di lamina fogliare ritagliate e fissate su stubs prima in attesa di essere analizzate.



Di ciascuna specie è stata analizzata sia la pagina superiore sia la pagina inferiore.

Per ciascuna specie sono state descritte le caratteristiche della micromorfologia fogliare che concorrono a determinare la rugosità della superficie fogliare: tipologia di superficie, presenza di peli, aperture stomatiche, tipologia di cere (quando presenti).

## **Risultati del task 4.2**

Le indagini effettuate al microscopio elettronico non hanno evidenziato cattura, a livello fogliare, di particolato atmosferico. Si esclude quindi un potenziale passaggio di particelle dall'atmosfera alla catena alimentare, e questo appare particolarmente importante nei casi dei prati destinati ad alimentazione animale come quelli esaminati.

Il tipo di indagine condotta ha permesso infatti di stimare il potenziale di cattura e trattenimento delle polveri sottili delle diverse specie vegetali in base alla micro-rugosità della superficie delle loro foglie. La rugosità è una caratteristica legata alla micromorfologia delle foglie, che sono più o meno recettive nel trattenere le polveri in circolo in atmosfera a seconda della presenza e della quantità di strutture di protezione (peli allungati, tricomi, cere, stomi infossati o sporgenti etc). Nello specifico, la capacità di intercettare e trattenere il particolato atmosferico è legata a due fattori. Il primo sta fatto che foglie con superficie resa rugosa dalla presenza di questo tipo di strutture "intrappolano" le particelle durante il loro processo di deposizione, e rendono difficile il loro dilavamento quando piove. Il secondo sta nella presenza di uno strato atmosferico (sottilissimo) a diretto contatto della foglia stessa che riduce il movimento dell'aria aumentando l'attrito quanto più aumenta la sua rugosità. In questo modo, la componente "gravità" prevale sulla componente di trasporto aerodinamico, ed aumenta la captazione da parte delle foglie.

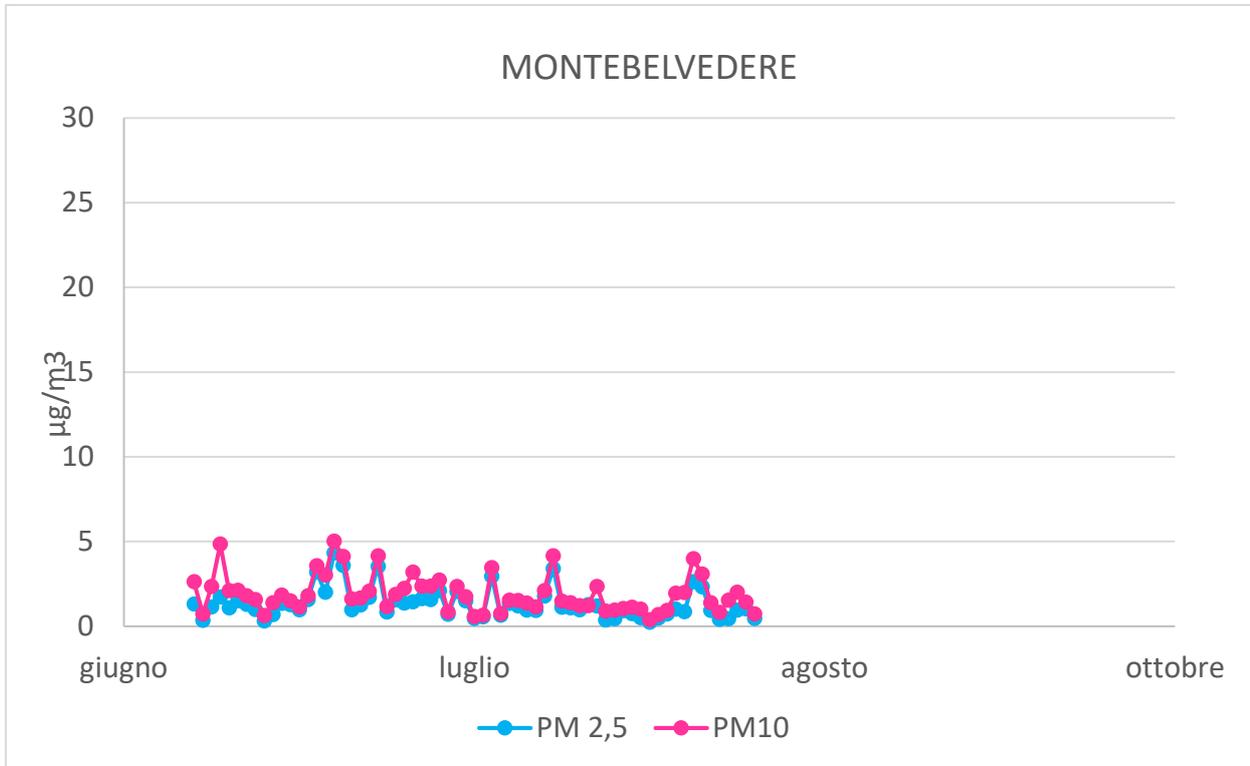
Quindi, maggiore è la micro rugosità della superficie fogliare, maggiore sarà il potenziale di una specie vegetale di catturare e trattenere il particolato atmosferico. Al contrario, una specie caratterizzata da una superficie fogliare liscia ha un basso potenziale di cattura delle PM.

Le specie presenti nelle miscele a prato mostrano, al microscopio elettronico, lamine fogliari lisce e prive di micro-rugosità, come evidente dalle foto allegate. Pur riferendosi i campioni a porzioni molto piccole come in ogni tipo di osservazione al microscopio e ancor di più al microscopio elettronico, essi sono rappresentativi delle diverse specie.

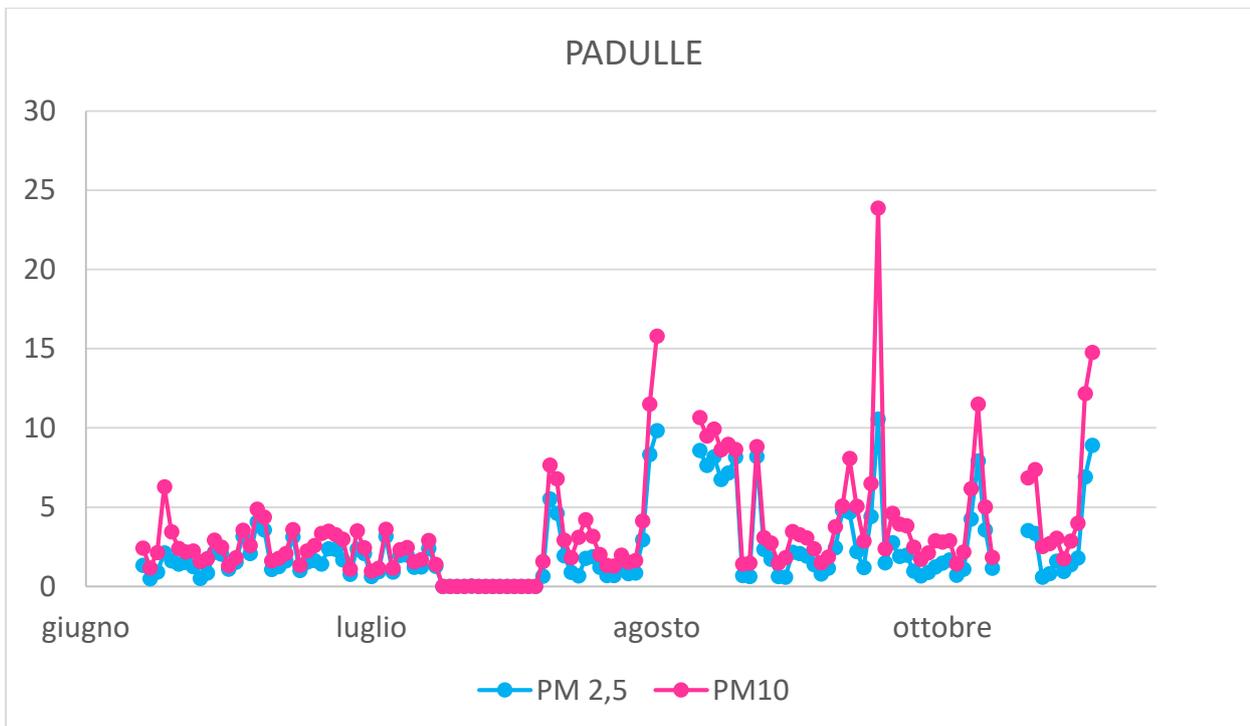
In **Annex 2** sono riportate le schede descrittive della micro-morfologia fogliare per ciascuna specie e il relativo potenziale di trattenimento delle polveri sottili.



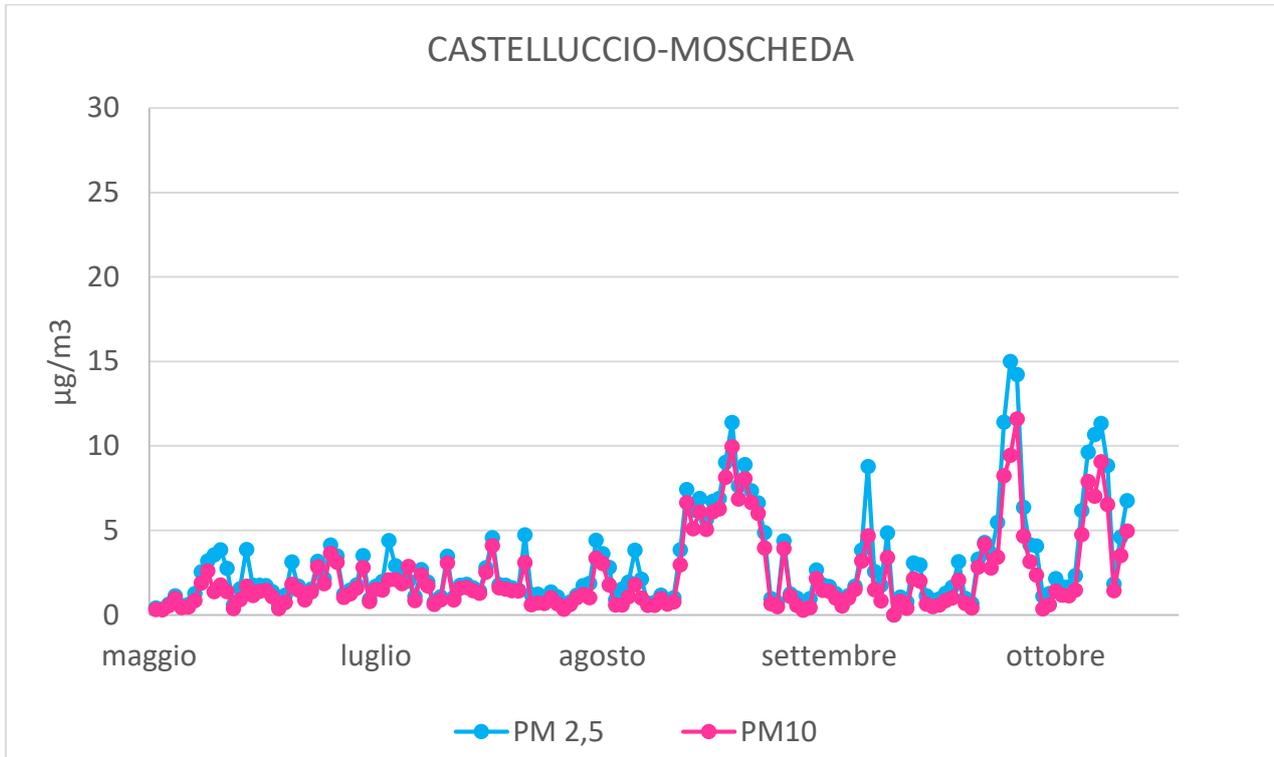
### Annex 1



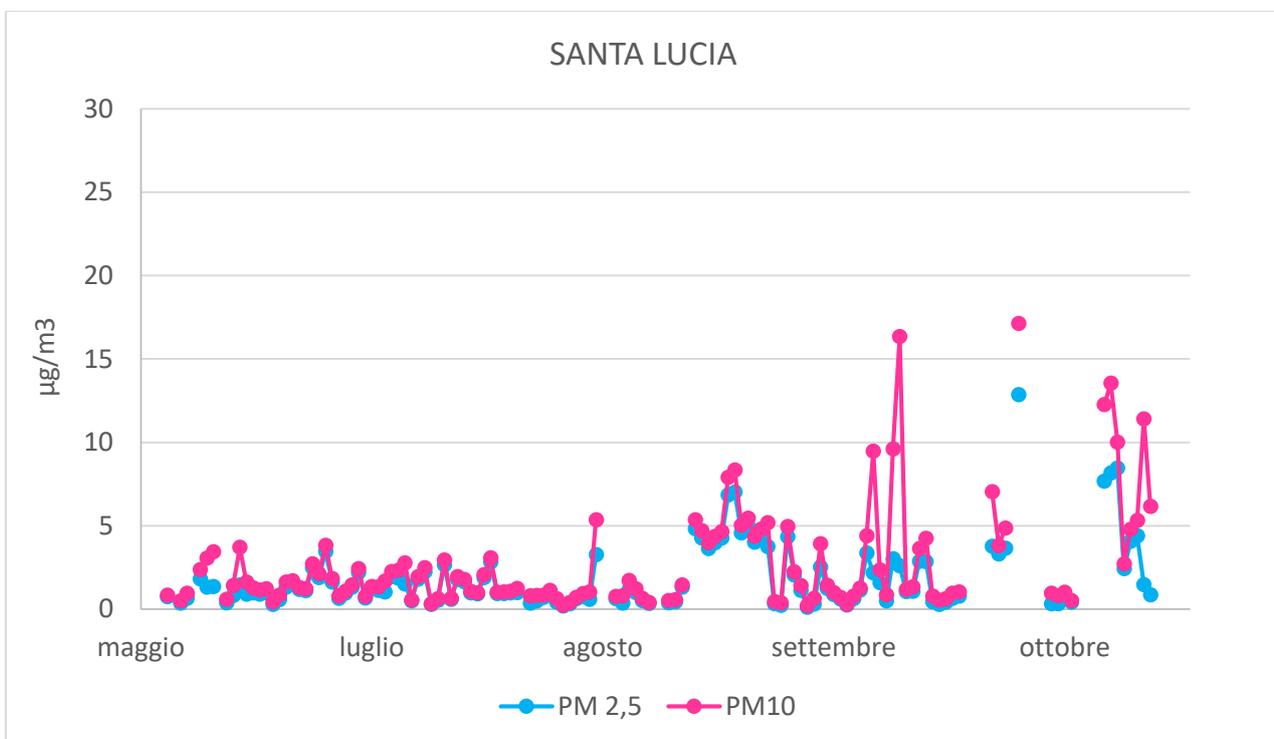
Andamento medio giornaliero delle PM 2.5 e delle PM 10 in località Montebelvedere.



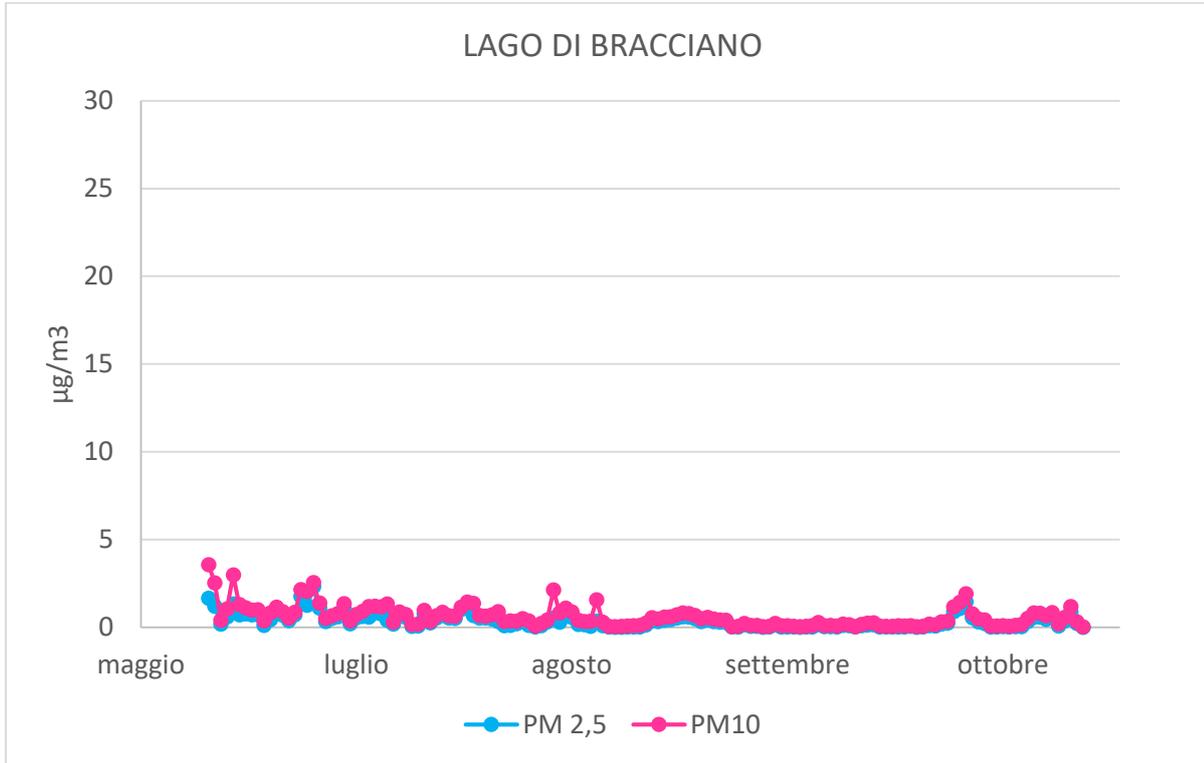
Andamento delle PM 2.5 e delle PM 10 in località Padulle.



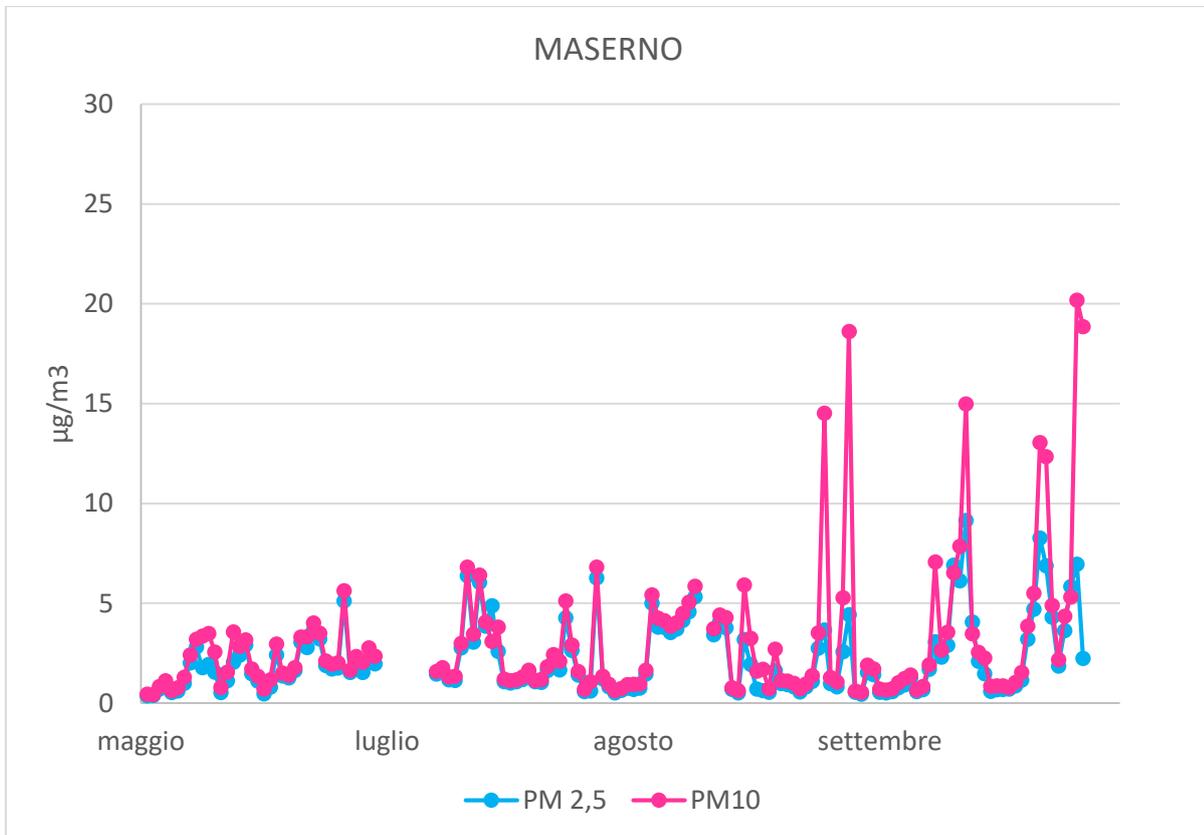
Andamento delle PM 2.5 e delle PM 10 in località Padulle.



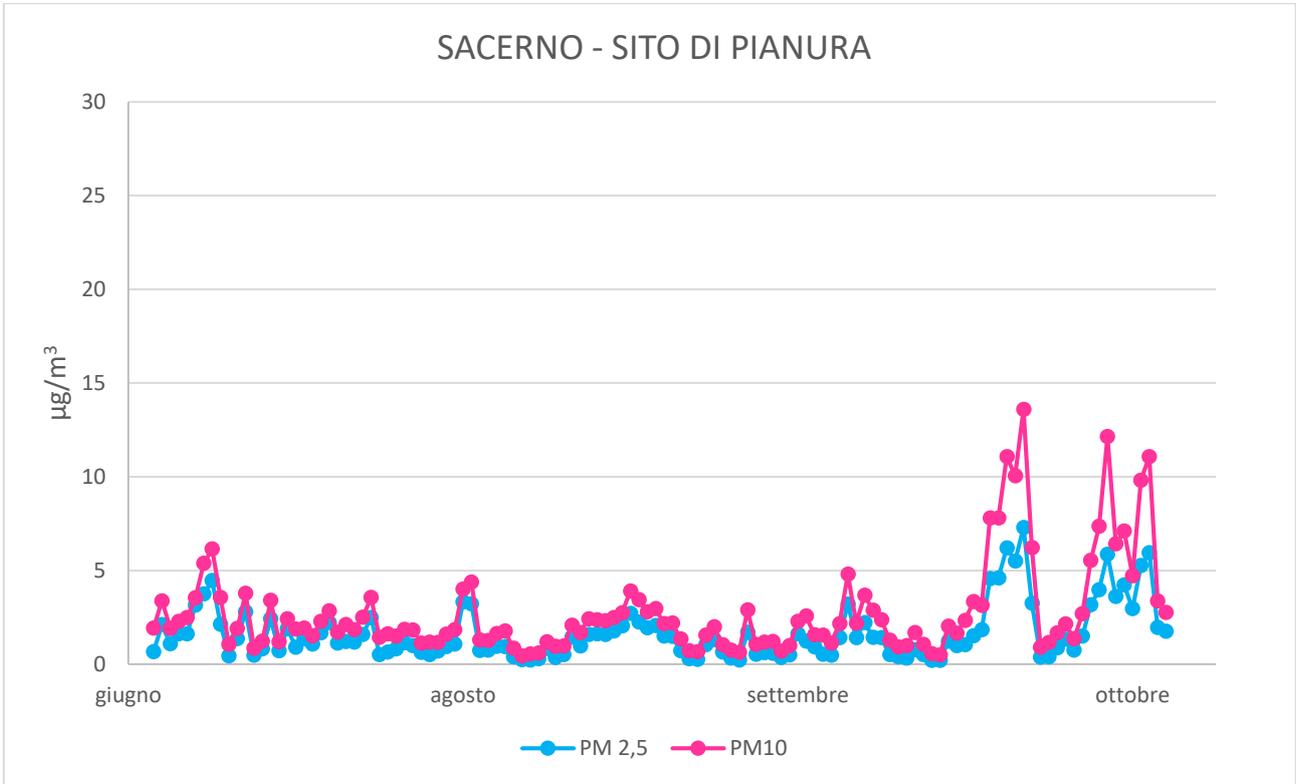
Andamento delle PM 2.5 e delle PM 10 in località Santa Lucia



Andamento delle PM 2.5 e delle PM 10 in località Lago di Bracciano



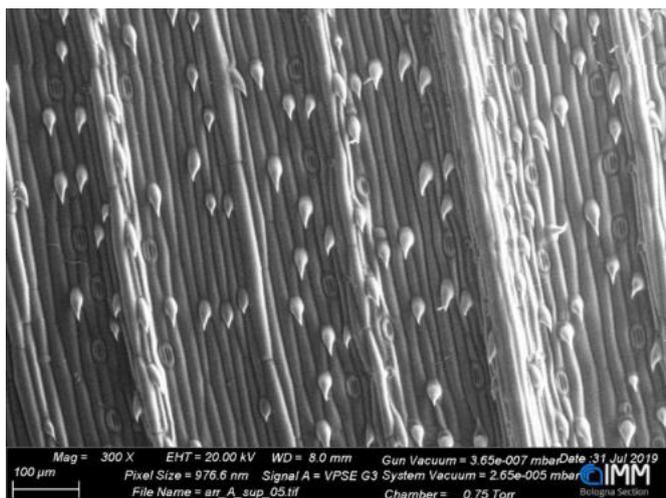
Andamento delle PM 2.5 e delle PM 10 in località Maserno



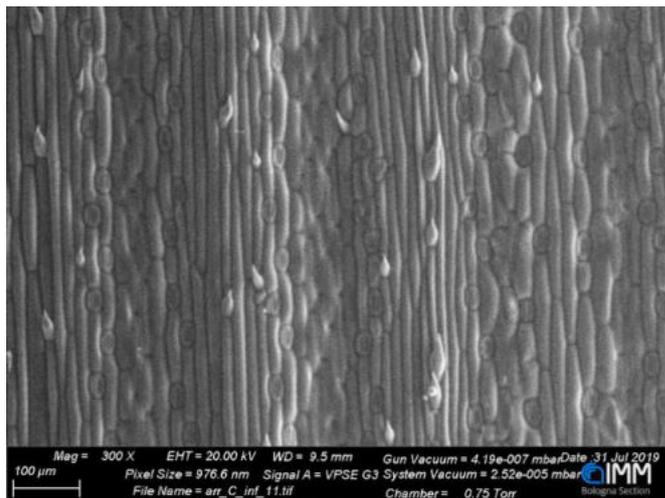
Andamento delle PM 2.5 e delle PM 10 in località Sacerno

## Annex 2

### *Arrhenatherum elatius*



Pagina superiore



Pagina inferiore

PELI: semplici, sparsi

APERTURE STOMATICHE: in linea con la superficie

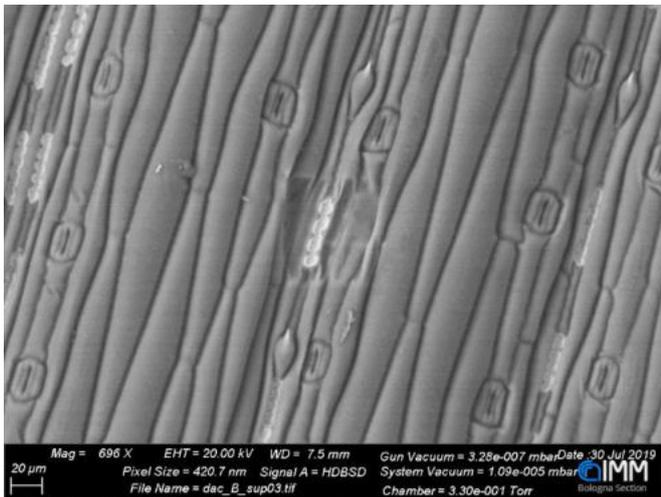
CERE : pag. inf. assenti, pag. super. Assenti

CORPI SILICEI: assenti

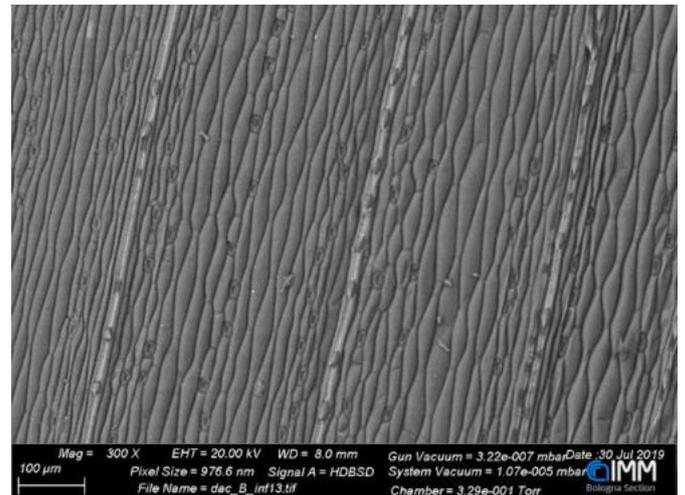
SUPERFICIE: liscia

**Potenziale di trattenimento delle polveri: Basso**

## *Dactylis glomerata*



*Pagina superiore*



*Pagina inferiore*

PELI: radi, semplici, lungo le nervature.

APERTURE STOMATICHE: in linea con la superficie

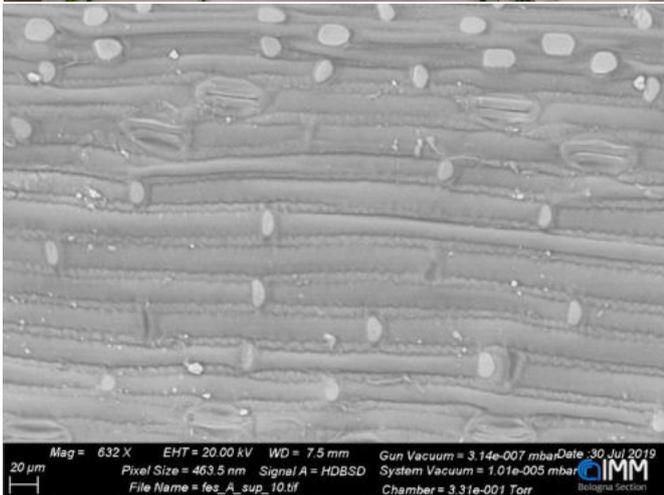
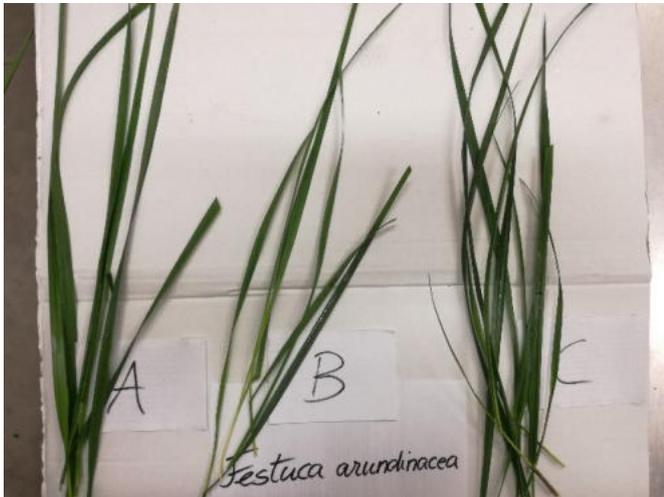
CERE : pag. inf. assenti, pag. super. assenti

CORPI SILICEI: presenti

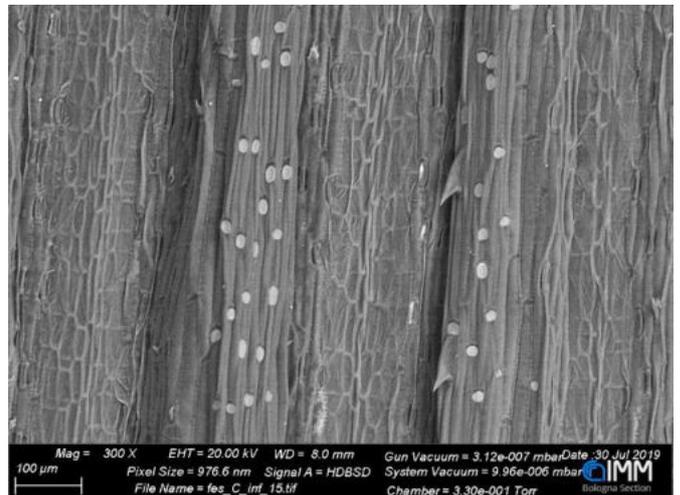
SUPERFICIE: liscia

**Potenziale di trattenimento delle polveri: Basso**

## *Festuca arundinacea*



*Pagina superiore*



*Pagina inferiore*

PELI: radi, semplici, lungo le nervature della sola pagina inferiore.

APERTURE STOMATICHE: in linea con la superficie

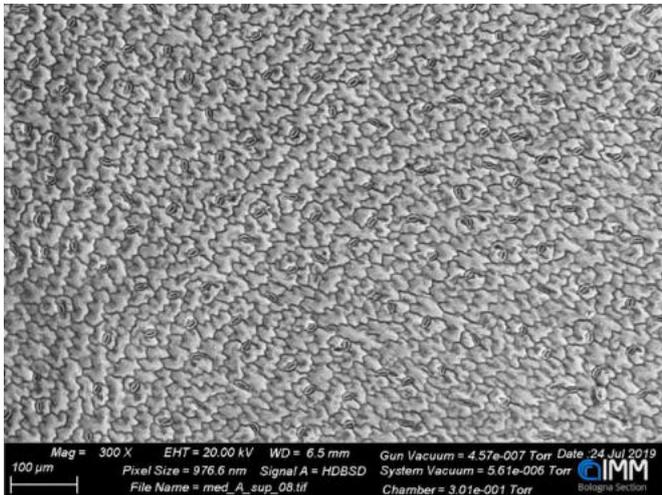
CERE : pag. inf. assenti, pag. super. assenti

CORPI SILICEI: presenti

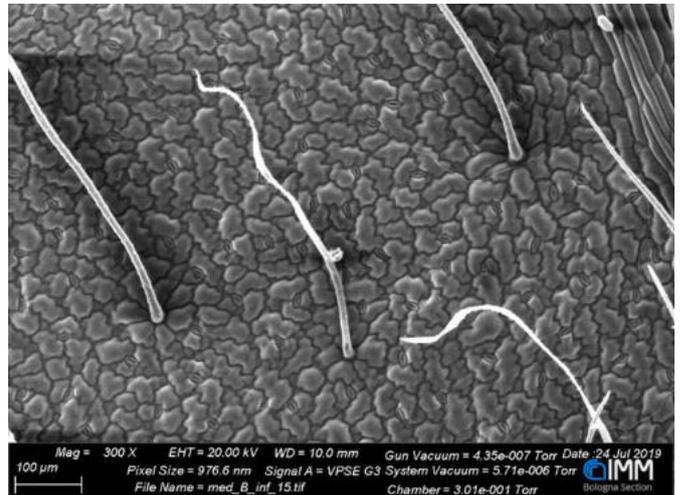
SUPERFICIE: liscia

**Potenziale di trattenimento delle polveri: Basso**

## *Medicago sativa*



*Pagina superiore*



*Pagina inferiore*

PELI: radi, allungati presenti nella sola pagina inferiore.

APERTURE STOMATICHE: in linea con la superficie

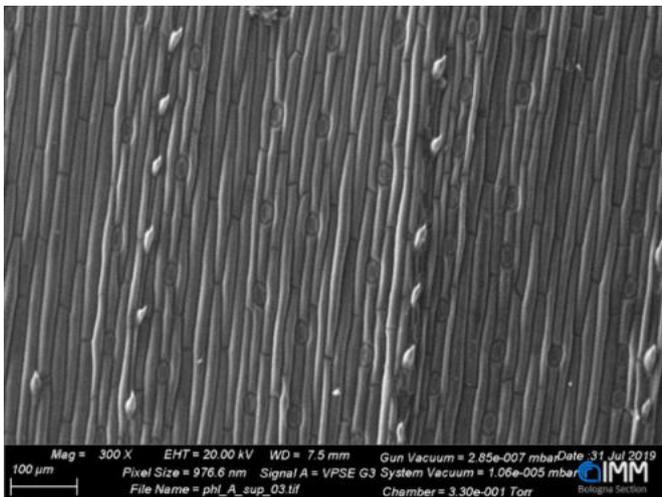
CERE : pag. inf. assenti, pag. super. assenti

CORPI SILICEI: assenti

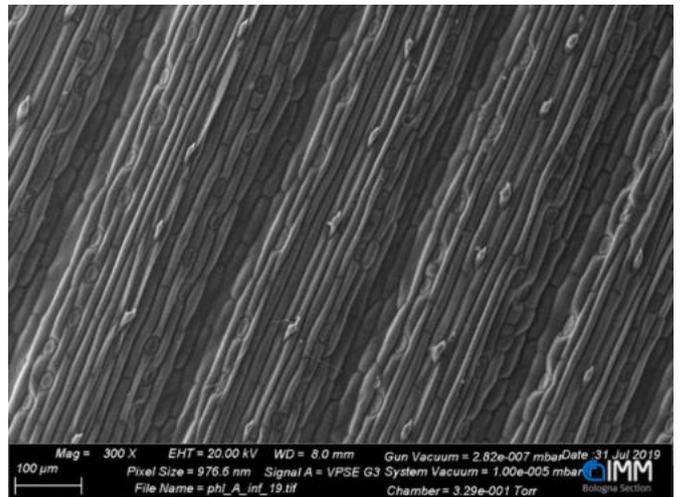
SUPERFICIE: liscia

**Potenziale di trattenimento delle polveri: Basso**

## *Phleum pratense*



*Pagina superiore*



*Pagina inferiore*

PELI: radi, semplici, lungo le nervature in entrambe le pagine

APERTURE STOMATICHE: in linea con la superficie

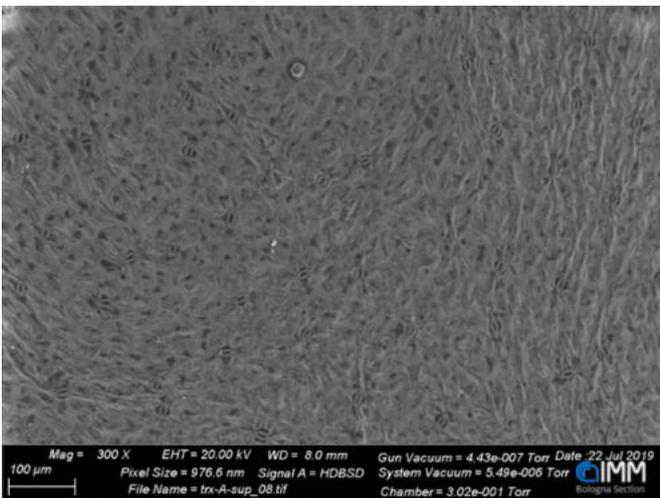
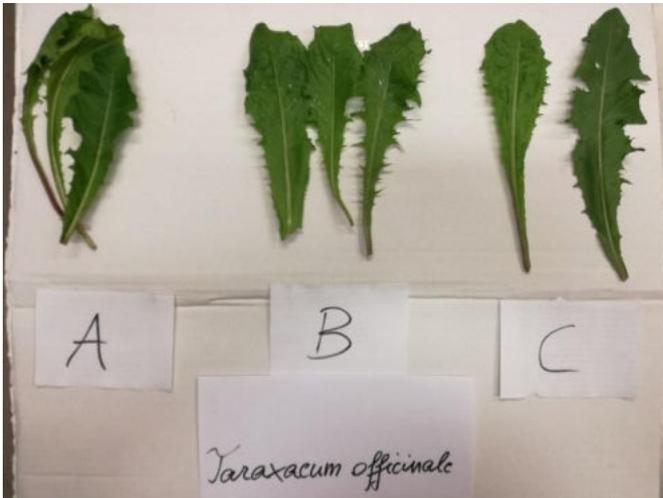
CERE : pag. inf. assenti, pag. super. assenti

CORPI SILICEI: assenti

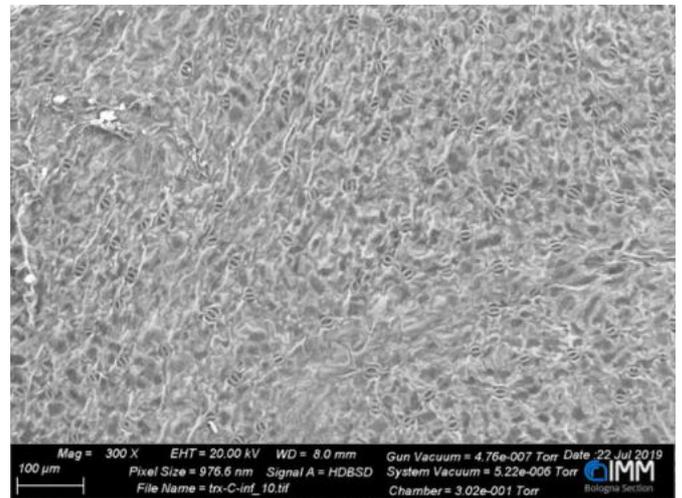
SUPERFICIE: liscia

**Potenziale di trattenimento delle polveri: Basso**

## *Taraxacum officinale*



Pagina superiore



Pagina inferiore

PELI: radi

APERTURE STOMATICHE: in linea con la superficie

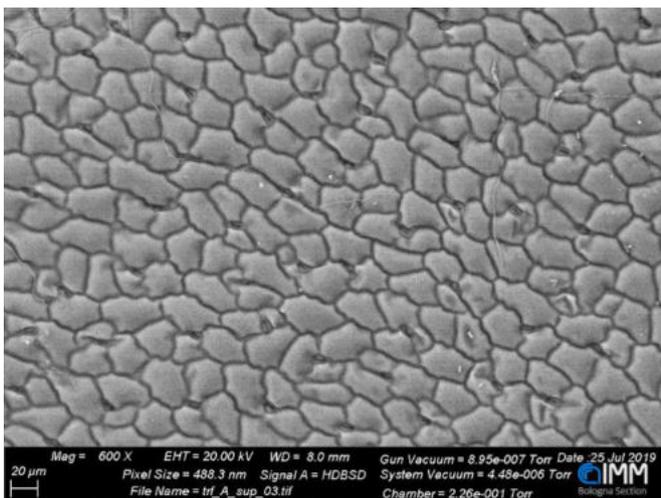
CERE: pag. inf. assenti, pag. super. assenti

CORPI SILICEI: assenti

SUPERFICIE: liscia

**Potenziale di trattenimento delle polveri: Basso**

## *Trifolium pratense*



Pagina superiore



Pagina inferiore

PELI: radi, allungati nella sola pagina inferiore.

APERTURE STOMATICHE: in linea con la superficie

CERE: pag. inf. assenti, pag. super. assenti

CORPI SILICEI: assenti

SUPERFICIE: liscia

**Potenziale di trattenimento delle polveri: Basso**



**PROGETTO MOUNTAIN GREEN CLIMATE**  
**RELAZIONE FINALE**

**AZIONE 5: Consumer Science**

A cura del responsabile della parte scientifica dell’Azione 5, Dott. **Stefano Predieri**

Hanno collaborato:

- per la progettazione dei questionari ed esecuzione dei test: **Giulia Maria Daniele, Marta Cianciabella, Slaven Tadic**, IBE
- per l’elaborazione dati: **Massimiliano Magli**, IBE.

**Introduzione**

Il Parmigiano Reggiano di montagna è un prodotto alimentare che si rivolge a consumatori in grado di riconoscere l’eccellenza della qualità. Le scelte di acquisto dei consumatori hanno motivazioni legate alla conoscenza diretta del prodotto (familiarità), e alle informazioni e garanzie relative al luogo di origine, ai metodi di produzione, alle caratteristiche dei prodotti (comunicazione). Per quanto riguarda i prodotti zone di montagna il rapporto prodotto-territorio è molto stretto. Alla montagna è riconosciuto un ruolo ecologico fondamentale per la vasta gamma di servizi ecosistemici che offre alla comunità, tra i più importanti la conservazione della biodiversità (Schuler e altri, 2004). La zootecnia montana assicura la salvaguardia dei pascoli, considerati habitat di elevato valore naturalistico. Il mantenimento delle pratiche tradizionali, l’ottimizzazione delle risorse idriche, il ridotto uso di agrofarmaci, hanno riconosciuti effetti positivi su aria, suolo e acque (Finco e Pollonara, 2007; Battaglini e altri, 2014). La peculiarità riconosciuta alle produzioni della montagna è di essere basata su un’economia rispettosa delle identità locali, delle comunità, della storia, in grado di rispondere alla crescente domanda di autenticità, qualità e bellezza da parte dei consumatori (Bucci, 2017). Si riscontrano validi riferimenti ai formaggi, ad esempio Bitto e Montasio, prodotti con latte di animali al pascolo, diversi in termini di composizione chimica, colore e proprietà fisiche rispetto a quello di stalla (De Noni e Battelli, 2008). Questa azione si è proposta di analizzare quali caratteristiche legate al territorio di montagna, orientano la scelta e la preferenza dei consumatori, e quali possono essere le più efficaci strategie di comunicazione e di mercato per promuovere il Parmigiano Reggiano prodotto in montagna. Il Parmigiano Reggiano di Montagna infatti si propone come prodotto di altissima qualità, con caratteristiche sensoriali che lo differenziano dal Parmigiano Reggiano prodotto in altre aree. La presente azione si è proposta di verificare quali informazioni



hanno i consumatori, abituali e potenziali, e quali sono i “plus” che attribuiscono e riconoscono al prodotto. L’azione ha quindi previsto un’indagine mirata a verificare elementi attinenti alla Priorità B: O5 Marcata sensibilità dei cittadini al benessere animale; O8 Buona percezione dell’immagine di “Prodotto di Montagna” a livello di pubblico; O9 Alimentazione delle bovine con parte di prodotti di montagna più salubri e percepiti come tali; T9 Elevata attenzione dell’opinione pubblica sui processi e prodotti agroalimentari. L’azione si è proposta di valutare anche la percezione, l’interesse dei consumatori e la propensione all’acquisto di un “Prodotto di Montagna”.

### **Descrizione dell’attività:**

In coerenza con il Task 5.1 si è progettata e condotta un’indagine sui consumatori per valutare il grado di conoscenza, interesse e propensione all’acquisto di Parmigiano Reggiano prodotto in ambiente montano, proponendola sul portale “Gusto Salute Qualità” curato da IBE-CNR (fino a maggio 2019, IBIMET-CNR) ([http://questionari.ibimet.cnr.it/?page\\_id=30](http://questionari.ibimet.cnr.it/?page_id=30)).

Prima di procedere alla pubblicazione del questionario online, i ricercatori IBE hanno selezionato e validato le domande conducendo interviste face-to-face con consumatori familiari con il prodotto. Le interviste sono state effettuate presso il Caseificio “Pieve di Roffeno” in occasione dell’iniziativa “Caseifici aperti” nelle giornate del 13-14 aprile 2019.

Le indicazioni ottenute con le interviste dirette ai consumatori sono state utilizzate per strutturare il questionario online, che è stato reso disponibile per il pubblico il 3 Giugno 2019. La diffusione del questionario ha coperto le varie regioni italiane, per reclutare consumatori abituali o potenziali, si è fatto ricorso a comunicazioni tramite e-newsletter istituzionale IBE-GSQ, indirizzari DISBA-Dipartimento Scienze BioAgroalimentari del CNR, blog tematici sull’alimentazione e piattaforme social.

Il questionario è stato impostato per raccogliere diversi tipi di informazioni, funzionali per le finalità dell’azione:

- 1) Dati socio-anagrafici per definire le caratteristiche dei partecipanti (età, sesso, regione di residenza)
- 2) Frequenza di consumo di formaggio (generico) e luogo preferenziale di acquisto
- 3) Frequenza di consumo specifico di 10 dei più noti formaggi italiani (incluso Parmigiano-Reggiano)
- 4) Scelta delle caratteristiche qualitative associate a un generico “prodotto di montagna”
- 5) Indicazione delle caratteristiche qualitative del Parmigiano Reggiano

- 6) Motivazioni per consumo di Parmigiano Reggiano e consumatore più adeguato
- 7) Indagine approfondita tramite schema statistico di Conjoint Analysis su aspetti specifici che contraddistinguono il Parmigiano Reggiano di Montagna, che possono efficacemente essere utilizzati in messaggi promozionali del prodotto.
- 8) Interesse per informazioni e acquisto preferenziale di Parmigiano di Montagna.

## RISULTATI

### Interviste dirette con consumatori in occasione di “Caseifici Aperti”

In occasione dell'evento organizzato presso il Caseificio “Pieve di Roffeno” il personale IBE ha effettuato 81 interviste di profondità con i consumatori. Si è registrata una positiva disponibilità dei consumatori nel partecipare alle interviste. Le persone contattate hanno sottolineato di ritenere



interessante e piacevole recarsi nel luogo di produzione per comunicato conoscere il Parmigiano Reggiano di Montagna e il comprensorio che lo produce. Le domande, sviluppate anche in base a recenti ricerche sulla sostenibilità (Mancini et al., 2019), hanno affrontato la valutazione del rapporto tra qualità del prodotto e il prezzo.

La netta maggioranza dei partecipanti ha dichiarato di essere d'accordo con le affermazioni proposte nel test, e in particolare:

“Se un prodotto è di qualità non bado al prezzo”

“Per i formaggi la qualità è più importante del prezzo”.

Alle domande relative alla scelta di prodotti di montagna, i fattori più citati sono stati:

“Ambiente più naturale e sano”

“Piccola produzione artigianale”



“Prodotto tradizionale”

“Gusto più soddisfacente”.

Molti dei partecipanti intervistati, considerato che era un evento turistico-gastronomico, erano in visita ai caseifici con la famiglia. Questo fattore è stato utile per comprendere il consumo a livello familiare, numerose ad esempio le segnalazioni di come il Parmigiano Reggiano sia ritenuto un prodotto valido e nutriente per i bambini, inoltre, ancora più salutare se prodotto in montagna.

### **Indagine con Questionario online**

Il questionario è stato ampiamente diffuso e regolarmente compilato, registrando la partecipazione di 667 consumatori. Le risposte sono giunte dalle diverse Regioni italiane, in particolare tuttavia si è focalizzata l'attenzione sul consumatore della Regione Emilia Romagna, zona di produzione del Parmigiano Reggiano di Montagna (237 partecipanti, 35% dei consumatori), questo per avere una conoscenza dettagliata del consumatore/acquirente che per collocazione geografica e tradizione dovrebbe meglio conoscere il prodotto.

L'indagine in ogni caso ha proposto interviste nelle diverse Aree del Paese, con l'obiettivo di raccogliere almeno 100 risposte per Area, con i seguenti riscontri:

#### 1) Dati socio-anagrafici

I partecipanti al sondaggio sono stati equamente distribuiti per sesso: 51% donne, 49% uomini, con un'età media di 49 anni. La tabella sottostante indica la distribuzione geografica dei consumatori.

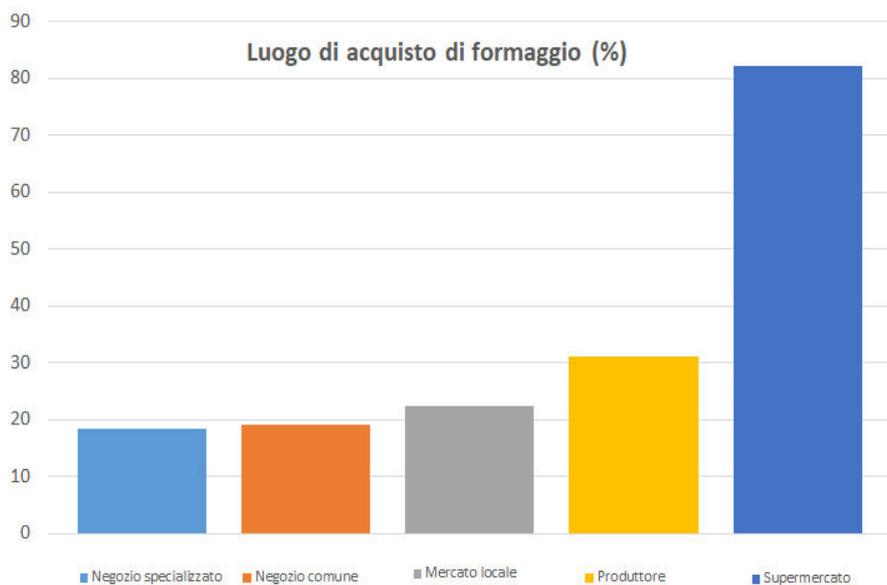
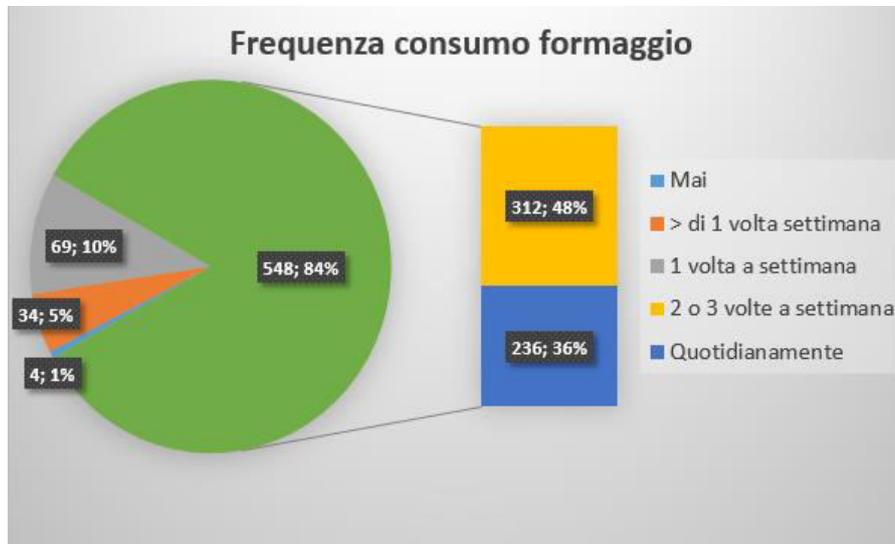
Nord Ovest	114 risposte, <b>18%</b>
Nord Est (inclusa Emilia Romagna)	282 risposte, <b>42%</b>
Centro	142 risposte, <b>23%</b>
Sud e Isole	111 Risposte, <b>17%</b>

#### 2) Frequenza di consumo di formaggi e luogo preferenziale di acquisto

L'84% degli intervistati dichiara di consumare formaggio almeno 2-3 volte alla settimana, con il 36% che consuma formaggio quotidianamente. Si può quindi considerare un campione valido per definire le preferenze di un consumatore abituale.

Per quanto riguarda il luogo d'acquisto, circa l'80% degli intervistati dichiara di effettuare acquisti al supermercato. Molti dei partecipanti effettuano acquisti in più luoghi, quasi un terzo dichiara di

acquistare dal produttore, indicando attenzione per una scelta curata del prodotto. Intorno al 20%, chi dichiara di acquistare presso negozio comune o specializzato, o presso i mercatini locali (es. rionali).

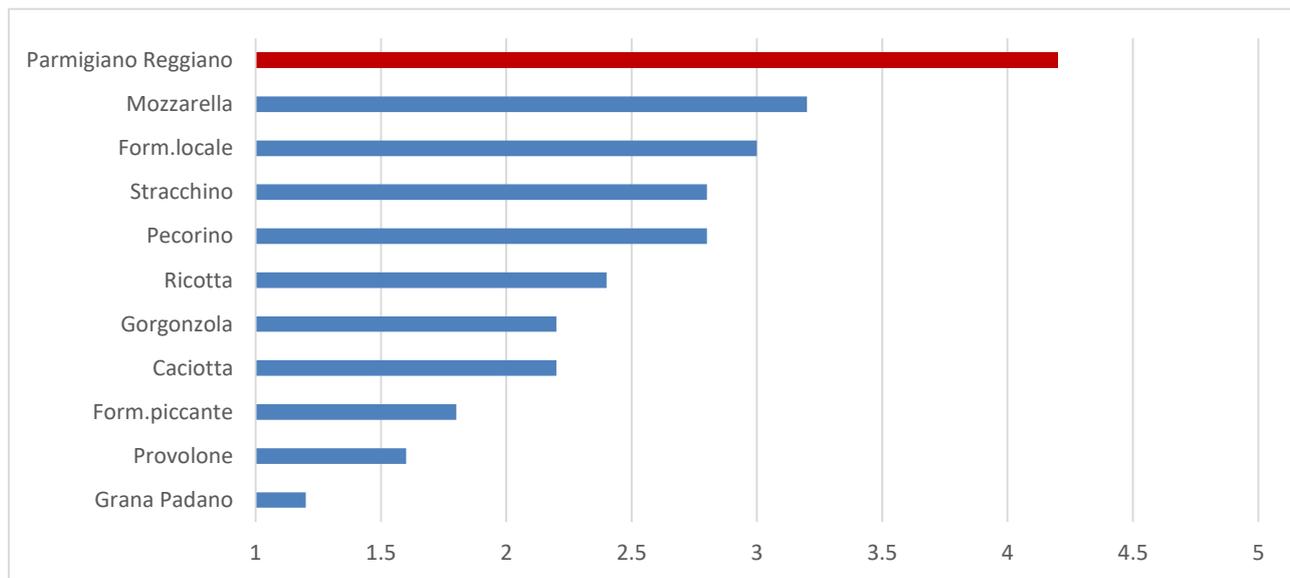


3) Frequenza di consumo dei 10 più noti formaggi italiani (incluso Parmigiano-Reggiano) il A livello italiano il Parmigiano Reggiano risulta il formaggio più consumato, con un valore molto vicino al 4 (4=consumo frequente). Molto popolare risulta anche la mozzarella, mentre il consumo di altri tipi di formaggio è più limitato.



Parmigiano Reggiano	3,98	a
Mozzarella	3,48	b
Ricotta	2,95	c
Formaggio locale	2,92	c
Pecorino	2,88	c
Grana Padano	2,82	c
Stracchino	2,63	d
Gorgonzola	2,29	e
Caciotta	2,27	e
Provolone	2,03	f
Formaggio piccante	1,92	f
N.B. lettere diverse indicano medie statisticamente diverse. P<0,05		

Considerando in specifico l'Emilia Romagna la frequenza di consumo aumenta (4,5) risultando quasi quotidiano, occorre senza dubbio tenere conto della funzione multiuso del Parmigiano Reggiano, che grattugiato sulla pasta ne rende più frequente l'utilizzo, a differenza di molte altre tipologie



(N.B. anche l'uso di mozzarella sulla popolarissima pizza ne aumenta l'uso in cucina). Utile osservare che il Grana Padano è ultimo nelle dichiarazioni di consumo in Emilia Romagna 1,2 (N.B. 1=non consumo mai), con un netto calo rispetto a quanto riscontrato a livello nazionale.



Formaggio	Donne		Uomini	
Parmigiano Reggiano	4,01	ns	3,95	
Mozzarella	3,46	ns	3,5	
<b>Ricotta</b>	3,13	a	2,76	b
Formaggio locale	2,95	ns	2,89	
Pecorino	2,82	ns	2,93	
Grana Padano	2,86	ns	2,78	
<b>Stracchino</b>	2,8	a	2,45	b
Gorgonzola	2,27	ns	2,31	
Caciotta	2,28	ns	2,26	
Provolone	2,02	ns	2,03	
<b>Formaggio piccante</b>	1,82	b	2,02	a

Si è inoltre verificato che per il Parmigiano Reggiano non ci sono differenze di consumo tra uomini e donne, mentre alcune differenze (N.B. lettere diverse) si registrano per altri formaggi come ricotta, stracchino, e provolone piccante.

Formaggio	NORD		CENTRO		SUD	
<b>Parmigiano Reggiano</b>	4,06	a	3,95	ab	3,73	b
<b>Mozzarella</b>	3,43	b	3,44	ab	3,68	a
<b>Ricotta</b>	2,84	b	3	ab	3,29	a
Formaggio locale	2,9	ns	2,82		3,12	
<b>Pecorino</b>	2,82	b	3,15	a	2,74	b
<b>Grana Padano</b>	2,69	b	2,82	b	3,29	a
<b>Stracchino</b>	2,73	a	2,73	a	2,1	b
<b>Gorgonzola</b>	2,41	a	2,18	ab	1,98	b
<b>Caciotta</b>	2,2	b	2,25	b	2,56	a
<b>Provolone</b>	1,85	c	2,1	b	2,61	a
<b>Formaggio piccante</b>	1,87	ns	1,9		2,09	

Differenze si riscontrano invece in rapporto all'area geografica di appartenenza, con il Parmigiano Reggiano meno consumato al Sud, dove invece si riscontra il più frequente consumo di mozzarella, ricotta, caciotta, provolone e Grana Padano. Non si sono invece riscontrate differenze nel consumo in base all'età.

#### 4) Caratteristiche qualitative associate a un generico “prodotto di montagna”

Per inquadrare aspettative relative al “Prodotto di Montagna”, anche con riferimento a quanto definito per l'indicazione facoltativa, introdotta dal Reg (CE)1151/2012), si è scelto di porre domande introduttive rispetto a tutti i prodotti della montagna, per poi entrare nello specifico del Parmigiano Reggiano di Montagna.



Caratteristica	voto	
Gusto	5,56	a
Benessere animale	5,47	a
Tipicità	5,42	a
Aria meno inquinata	5,26	ab
Acqua piu pura	5,05	bc
Aspetti sociali	5,04	bc
Terreno piu sano	5,02	bc
Salubrita	4,98	bc
Filiera corta	4,85	c
Km 0	4,48	d

Tra le caratteristiche proposte, le più importanti nel caratterizzare i prodotti di montagna sono: Gusto, Benessere animale, Tipicità e Aria meno inquinata.

Seguono caratteristiche ambientali-sociali, mentre meno considerata appare la filiera corta. Poco importante risulta la definizione Km 0. Probabilmente in quanto si da per scontato che la produzione della montagna sia associata a luoghi montani piccoli, isolati, il mercato di distribuzione invece può essere anche distante.

Caratteristica	Donne	Uomini
Gusto	5,74 a	5,39 b
Benessere animale	5,9 a	5,05 b
Tipicità	5,62 a	5,22 b
Aria meno inquinata	5,58 a	4,95 b
Acqua piu pura	5,32 a	4,78 b
Aspetti sociali	5,1 ns	4,97
Terreno piu sano	5,29 a	4,76 b
Salubrita	5,2 a	4,76 b
Filiera corta	5,24 a	4,47 b
Km 0	4,88 a	4,08 b

Confrontando i dati medi di interesse tra donne e uomini, le donne attribuiscono maggiore importanza a tutte le caratteristiche del prodotto e dell'ambiente montano, solo per gli aspetti sociali non si registrano differenze con gli uomini.

Caratteristica	NORD	CENTRO	SUD
Gusto	5,59 ns	5,53	5,5
Benessere animale	5,36 b	5,77 a	5,52 ab
Tipicità	5,3 b	5,58 ab	5,66 a
Aria meno inquinata	5,22 ns	5,31	5,37
Acqua piu pura	5 ns	4,96	5,32
Aspetti sociali	5,1 ab	5,14 a	4,66 b
Terreno piu sano	4,93 ns	5,33	4,98
Salubrita	4,87 ns	5,05	5,3
Filiera corta	4,87 ns	4,88	4,75
Km 0	4,52 ns	4,39	4,45

Le caratteristiche valutate in maniera diversa in base all'area geografica sono il benessere animale, più valutato al centro Italia, la tipicità più considerata al Sud, dove meno valutati sono gli aspetti



sociali della produzione di montagna. Per quanto riguarda le fasce d'età, i giovani valutano più importante il Km 0, probabilmente per maggiore familiarità con il concetto.

5) Caratteristiche qualitative del Parmigiano Reggiano

Proprietà	voto	
Non contiene conservanti	5,84	a
Fonte di calcio	5,7	ab
Fonte di proteine	5,56	b
Contiene Sali minerali	5,09	c
Fonte di vitamine	4,79	d
Alto contenuto calorico	4,35	e
Contiene poco lattosio	4,27	e

Per quanto riguarda l'importanza delle proprietà del Parmigiano Reggiano, la più considerata è che **non contiene conservanti**. Seguono due importanti aspetti nutrizionali come la proprietà di essere **fonte di calcio** e di **proteine**. Queste caratteristiche sono ben discriminate statisticamente, rispetto alle altre, con poca importanza attribuita all'aspetto energetico delle **calorie** e al **basso contenuto di lattosio**.

Proprietà	Donne	Uomini
Non contiene conservanti	6,1 a	5,58 b
Fonte di calcio	6,03 a	5,38 b
Fonte di proteine	5,8 a	5,31 b
Contiene Sali minerali	5,31 a	4,87 b
Fonte di vitamine	5,07 a	4,5 b
Alto contenuto calorico	4,36 ns	4,35
Contiene poco lattosio	4,62 a	3,92 b

Le risposte fornite a queste domande, confermano che le donne attribuiscono maggiore importanza rispetto agli uomini, alle proprietà del Parmigiano Reggiano per tutte le caratteristiche, ad esclusione del contenuto calorico. Per quanto riguarda le aree geografiche, l'unica differenza significativa riguarda il Sud, che attribuisce una maggiore importanza al Parmigiano Reggiano come fonte di vitamine, rispetto alle altre aree italiane. Per quanto riguarda l'età, si registra un'unica differenza, con i più anziani che attribuiscono una maggiore importanza come fonte di Sali minerali.

6) Motivazioni di consumo di Parmigiano Reggiano (consumatore target)



Consumatore	Voto	
Bambini	5,85	a
Sportivi	5,74	ab
Donne	5,58	bc
Anziani	5,53	bc
Studenti	5,37	c
Uomini	5,05	d
Persone in sovrappeso	3,51	e

La domanda è stata posta in maniera da identificare a quale tipo di consumatore viene associato il Parmigiano Reggiano. Al primo posto sono i **Bambini** e gli **Sportivi**, probabilmente il riferimento riferito a chi sceglie una vita e un'alimentazione sana. Per quanto riguarda i bambini ci sono alcune evidenze scientifiche che indicano che gli intolleranti al latte di mucca, tollerano meglio il Parmigiano Reggiano (Nocerino et al., 2018). Seguono riferimenti a fasce di popolazione ben definite **Donne** e **Anziani**. Appare meno adeguato per gli **Uomini** e per chi è in **Sovrappeso**.

Consumatore	Donne		Uomini	
Bambini	6,07	a	5,63	a
Sportivi	5,92	ab	5,55	a
Donne	5,85	ab	5,31	ab
Anziani	5,77	ab	5,28	ab
Studenti	5,61	b	5,12	bc
Uomini	5,25	c	4,85	c
Persone in sovrappeso	3,48	d	3,55	d

C'è piena sintonia nel giudizio di donne e uomini nell'identificare le categorie che più possono beneficiare delle proprietà del Parmigiano Reggiano, tuttavia anche in base a queste risposte le donne confermano di dare maggiore importanza al Parmigiano Reggiano nella dieta.

Consumatore	Donne		Uomini	
Bambini	6,07	a	5,63	b
Sportivi	5,92	a	5,55	b
Donne	5,85	a	5,31	b
Anziani	5,77	a	5,28	b
Studenti	5,61	a	5,12	b
Uomini	5,25	a	4,85	b
Persone in sovrappeso	3,48	ns	3,55	

Per quanto riguarda le aree geografiche, c'è concordanza sull'ordine dei gruppi di consumatori emerso a livello nazionale. A centro e sud si attribuisce più importanza al Parmigiano Reggiano per la dieta del bambino. L'età non influenza l'ordine di importa

#### 7) Aspetti specifici che contraddistinguono il Parmigiano Reggiano di Montagna

Questa parte della ricerca, quindi del questionario, è stata impostata per essere elaborata con analisi statistiche (Conjoint Analysis) in grado di definire l'importanza relativa dei diversi fattori nella scelta e nell'apprezzamento del Parmigiano Reggiano di Montagna, utili per la comunicazione.

Si sono considerati 3 fattori principali, per ognuno alcune caratteristiche:

- 1) Alimento: a) gusto, b) valore nutrizionale, c) genuinità.
- 2) Ambiente di produzione: a) aspetti ecologici; b) benessere animale
- 3) Filiera produttiva: a) tradizionale; b) artigianale



La caratteristica di **Alimento** risulta avere la maggiore importanza (42%), punti di forza sono il **valore nutrizionale** e il **gusto**. Il gusto è notoriamente importante nella scelta del Parmigiano Reggiano da parte dei consumatori (Torri e Salini, 2016). Ha interessato meno l'aspetto di genuinità, probabilmente perché dato per scontato.

Secondo in termini di importanza è l'**Ambiente** (31%) soprattutto per l'idea che la produzione di montagna rispetti maggiormente il **benessere animale**

Relativamente meno importante la **Filiera di produzione** (27%) della quale si apprezza l'aspetto di essere legata alla **tradizione**. Il Parmigiano reggiano è noto come prodotto che deve affiancare l'innovazione alla valorizzazione della tradizione (Mancini et al., 2019).



Quindi per quanto riguarda la comunicazione la massima efficacia può riassumersi in slogan che sottolineano nell'ordine: 1) Caratteristiche nutrizionali e di gusto del prodotto/alimento ; 2) il rispetto del benessere animale; 3) gli aspetti tradizionali.

Es. **“Il Parmigiano Reggiano di Montagna è nutriente e gustoso, è prodotto con rispetto del benessere degli animali e della tradizione”**

In base alle risposte precedenti che indicano un maggiore interesse da parte delle **donne**, il messaggio dovrebbe essere prioritariamente a loro (es. nelle immagini della comunicazione).

8) Interesse per informazioni e acquisto preferenziale di Parmigiano di Montagna.

Un buon riscontro si è registrato rispetto al marchio “Prodotto di Montagna”, oltre la metà degli intervistati (54%) ha dichiarato che “Se trovasse un marchio “Prodotto di Montagna” sarebbe orientato a preferirlo rispetto a quello di pianura”.

Si è proposto uno slogan che definisce il valore dei prodotti di montagna: “I prodotti della montagna devono essere valorizzati perchè risentono meno dei cambiamenti globali, favoriscono la tutela del territorio e delle piccole realtà locali.”. Il 67% degli intervistati si è dichiarato d'accordo con questa affermazione.

### **Cosiderazioni finali**

Le informazioni ottenute tramite il questionario appaiono interessanti, soprattutto in quanto dimostrano l'attenzione e l'interesse dei partecipanti per la tematica proposta ed in specifico per il connubio “Parmigiano Reggiano – Prodotti di montagna”.

Le comunicazioni ai consumatori potranno avvalersi delle informazioni acquisite, riguardo alla maggiore attenzione delle donne per le proprietà del Parmigiano Reggiano e per i “plus” del prodotto della montagna. Utile la verifica che del consumo del prodotto si ritiene possano beneficiare maggiormente i bambini, seguiti da sportivi, donne e anziani. Il messaggio dovrebbe sottolineare soprattutto il valore nutrizionale e il gusto superiore, il mantenimento della tradizione. Un elemento ben recepito e chiaro da sottolineare è: **non contiene conservanti**.

Una considerazione particolare riguarda il benessere animale che riscontra un interesse positivo da parte degli interessati. Il benessere animale è una tematica che negli ultimi anni ha assunto crescente significato per i cittadini e i consumatori Europei, ed è anche parte della strategia della Commissione Europea per quanto riguarda la Politica Agricola Comunitaria che incoraggia gli allevatori a raggiungere più elevati standard di benessere animale (European Commission, 2006). Nel sito di



un'azienda montana della provincia di Reggio Emilia (<https://www.993.it/benessere-animale/>) si trovano affermazioni specifiche, presumibilmente realizzate in base alla stessa percezione dell'attenzione del consumatore per questi aspetti:

*“Le nostre bovine vivono nelle stalle, libere di muoversi in spazi confortevoli e a misura di animale, immerse in un magnifico paesaggio. Assieme alla giusta alimentazione 100% naturale ( prevista dal disciplinare del consorzio del parmigiano reggiano) è quindi fondamentale il benessere psicofisico delle bovine al fine di ottenere prestazioni produttive elevate, una riduzione dei problemi sanitari e un valore aggiunto dell'intera filiera.”*

La produzione del Parmigiano Reggiano che si avvale dell'indicazione facoltativa di qualità “Prodotto di Montagna” (Regolamento UE n. 1151/2012), ha molti elementi che possono consentire una migliore valorizzazione del prodotto, puntando sulla situazione e sulle conoscenze presenti, curando una più efficace comunicazione. La ricerca può però fornire ulteriori elementi, sulle caratteristiche specifiche dell'ambiente, misurando e quantificando “lo stato di salute” dei luoghi di produzione montani rispetto a quelli in altre aree. Gli aspetti nutrizionali del prodotto, ma anche quelli sensoriali che creano la peculiarità ed eccellenza del “gusto”, potrebbero essere meglio approfonditi per offrire informazioni ancora più ricche ai consumatori, giustamente sempre più esigenti ed informati, quando si tratta di scegliere l'eccellenza.

#### Bibliografia

- Battaglini L.; Bovolenta S.; Gusmeroli F.; Salvador S.; Sturaro E. (2014). Environmental sustainability of Alpine livestock farms. *Italian Journal of Animal Science*, 13(2), 3155.
- Bucci G., 2017. L'indicazione facoltativa “Prodotto di Montagna”: Una nuova etichetta per promuovere lo sviluppo sostenibile delle aree montane. *Economia Marche Journal of Applied Economics*. Vol. XXXVI, No. 1, 55-75.
- De Noni I.; Battelli G. (2008). Terpenes and fatty acid profiles of milk fat and “Bitto” cheese as affected by transhumance of cows on different mountain pastures. *Food chemistry*, 109(2), 299–309.
- Finco A.; Pollonara M. (2007). Biodiversity, Rural Landscape and Environmental policy in agriculture. *Plant Sociology*, 44(2), 307–312.
- Mancini, M.C.; Arfini, F.; Guareschi, M. (2019) Innovation and typicality in localized agri-food systems: The case of PDO Parmigiano Reggiano. *Brit. Food J.*
- Mancini, M.C.; Menozzi D., Donati M., Biasini B, Veneziani M., Arfini, F. (2019) Producers' and Consumers' Perception of the Sustainability of Short Food Supply Chains: The Case of Parmigiano Reggiano PDO. *Sustainability*. 11:721



Nocerino R; Grimaldi G; Di Scala C; Paparo L; Della Gatta G; Cosenza L; Di Costanzo M; Berni Canani R. (2018). Immunoregulatory effect of parmigianoreggiano cheese in children with cow's milk allergy. *Allergy*. 73: 253-253

Schuler M.; Stucki E.; Roque O.; Perlik M. (2004). Mountain Areas in Europe: Analysis of mountain areas in EU member states, acceding and other European countries. Final Report, European Commission.

Torri, L.; Salini, S. An itinerant sensory approach to investigate consumers' perception and acceptability a a food exhibition. *Food Res. Int.* 2016, 90, 91–99.

Siti

<https://www.ruminantia.it/il-benessere-animale-in-una-prospettiva-agroecologica-qual-e-modello-di-monitoraggio/>

[https://www.sozooalp.it/fileadmin/superuser/Quaderni/quaderno\\_5/Quaderno\\_SZA5\\_Completo.pdf](https://www.sozooalp.it/fileadmin/superuser/Quaderni/quaderno_5/Quaderno_SZA5_Completo.pdf)

[https://www.sozooalp.it/fileadmin/superuser/Quaderni/quaderno\\_5/10\\_Dovier\\_SZA5.pdf](https://www.sozooalp.it/fileadmin/superuser/Quaderni/quaderno_5/10_Dovier_SZA5.pdf)



# **PROGETTO MOUNTAIN GREEN CLIMATE**

## **RELAZIONE FINALE**

**AZIONE 4: Valutazione della presenza di polveri sottili sui foraggi ottenuti da prati di montagna in confronto a quelli di pianura.**

**AZIONE 5: Consumer science**

*PER ACCETTAZIONE  
PARTE COMMITENTE*

*DIRETTORE IBE*