



LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt/101074591

LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt/101074591

LIFE BEEadapt

A pact for pollinator adaptation to climate change

WP3 - Establishment of a multi-scale collaborative governance system

T.3.1 Preparing the ground:
In-depth collaborative analysis at the target areas scale

Deliverable D.5 – D.3.1 - In depth-collaborative analysis





ABSTRACT (ITA /ENG)

Il deliverable D.3.1 - In depth-collaborative analysis è il primo prodotto realizzato dai partner del progetto LIFE BEEadapt per la sistematizzazione dei risultati delle attività del WP3 - Establishment of a multi-scale collaborative governance system.

L'elaborato ha visto principalmente la collaborazione dei partner Università degli Studi Roma TRE, U-Space srl, CNR – IBE, SUSDEF, Università degli studi di Camerino.

Tutti i partner del progetto LIFE BEEadapt sono stati coinvolti.

Poichè il task corrispondente (T.3.1 Preparing the ground: In-depth collaborative analysis at the target areas scale) è suddiviso in quattro Subtask, anche il documento è stato conseguentemente così organizzato:

- PARTE 1: Creazione del database geografico (Sub-T.3.1.1)
- PARTE 2: Mappatura degli stakeholder da coinvolgere nel progetto (Sub-T.3.1.2)
- PARTE 3: Downscaling degli scenari climatici (Sub-T.3.1.3a) e Valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità (Sub-T.3.1.3b)
- PARTE 4: Mappatura e valutazione dei servizi ecosistemici correlati agli impollinatori (Sub-T.3.1.4)

La PARTE 1 illustra i contenuti del database geografico previsto nell'ambito del subtask T.3.1.1: Creation of a geographical database, elencando per ogni area target i dataset già disponibili tra quelli raccolti dai partner e predisposti ad hoc. Il database del LIFE BEEadapt è tuttavia in continua evoluzione, in quanto aperto a progressive integrazioni in relazione all'avanzamento delle attività di progetto.

La PARTE 2 affronta l'analisi dei principali stakeholder da coinvolgere nelle attività del progetto a livello nazionale, regionale e locale, per garantire un sistema di governance efficace (WP3), una strategia di comunicazione adeguata (WP2) e il trasferimento e la replica dell'approccio del progetto LIFE BEEadapt nel suo complesso (WP6).

La mappatura inquadra gli stakeholder in diverse categorie, in base a: (i) il livello territoriale degli stakeholder o la tipologia di azione (nazionale, regionale, locale, società civile, gruppi chiave); (ii) all'ambito tematico in cui operano (macrotema, ambito, categoria); (iii) il grado di impegno nel progetto (effettivo o potenziale). Gli allegati riportano l'elenco degli stakeholder censiti, relativamente ai campi su cui al punto (i) e (ii). Sono stati censiti un totale di 260 stakeholder, corrispondenti alle categorie chiave identificate tra gli indicatori chiave di progetto (KPI), di cui costituiscono una baseline ampliabile entro i tempi del progetto.



La PARTE 3.1.3a “Downscaling of climate scenarios”, a sua volta suddivisa in due sezioni, presenta dapprima il quadro climatico attuale e gli scenari di cambiamento previsto per i prossimi decenni e nella seconda parte, la risposta degli impollinatori ai cambiamenti climatici focalizzano l’attenzione sulle aree pilota del LIFE BEEadapt situate nell’Italia centrale, che comprendono aree protette e una vasta gamma di ecosistemi naturali e agro-ecosistemi.

I cambiamenti climatici oggi in atto nella regione Mediterranea indicano un aumento delle temperature medie ed una diversa distribuzione delle precipitazioni con frequenti periodi siccitosi e una maggior frequenza di eventi di piogge brevi ed intense con conseguenti effetti sugli ecosistemi e sulla biodiversità, e conseguenze per il benessere delle persone e per il pianeta. A risentire dei cambiamenti in atto e di quelli attesi nel prossimo futuro sono dunque anche gli impollinatori selvatici, argomento di studio del progetto LIFE BEEadapt, particolarmente vulnerabili a mutate condizioni climatiche che potrebbero, in futuro, determinarne la scomparsa. Per poter individuare strumenti e metodi atti alla loro conservazione è essenziale comprendere quali specie e aree siano più vulnerabili ai cambiamenti climatici e a tal fine, pilastro fondamentale è la conoscenza dei cambiamenti in atto e degli scenari futuri.

La PARTE 3.1.3b illustra le elaborazioni compiute nell’ambito del subtask T.3.1.3 “Climate risk and vulnerability assessment”, ricostruendo la metodologia adottata, basata sullo strumento analitico delle catene di impatto, ripercorrendo i diversi passaggi operativi e le relative scelte, esponendo e commentando i risultati ottenuti con riferimento alle 5 aree target.

Nella PARTE 4 infine si illustrano i contenuti del database geografico previsto nell’ambito del subtask T.3.1.4: *Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services*. Il documento evidenzia aspetti metodologici generali dell’applicazione del software InVEST e in particolare dei modelli “habitat quality” e “pollination” e restituisce gli esiti delle elaborazioni compiute alla scala territoriale nelle quattro aree target del progetto.

The deliverable D.3.1 - In-depth collaborative analysis is the first product drafted by the partners of the LIFE BEEadapt project for the systematization of the results of the activities of WP3 - Establishment of a multi-scale collaborative governance system.

It mainly saw the collaboration of the partners University of Rome TRE, U-Space srl, CNR – IBE, SUSDEF, University of Camerino. All the LIFE BEEadapt partners have been involved.



Since the corresponding task (T.3.1 Preparing the ground: In-depth collaborative analysis at the scale of the target areas) is divided into four Subtasks, the document was consequently organized as follows:

- PART 1: Creation of a geographical database (Sub-T.3.1.1)
- PART 2: Mapping of stakeholders to be involved in the project (Sub-T.3.1.2)
- PART 3: Downscaling of climate scenarios (Sub-T.3.1.3a) - Climate risk and vulnerability assessment (Sub-T.3.1.3b)
- PART 4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services (Sub-T.3.1.4).

Part 1 illustrates the processes carried out within the sub-task 3.1.1: Creation of a geographical database: it lists for each target area the datasets already available among those collected by the partners and prepared ad hoc. The LIFE BEEadapt database is however continuously evolving, as it is open to progressive integrations in relation to the progress of the project activities.

Part 2 defines the key stakeholders to be mobilized and engaged in the project activities at national, regional, and local level, to guarantee an effective governance system (WP3), a proper communication strategy (WP2) and the successful transferring and replication of LIFE BEEadapt approach (WP6).

The stakeholder mapping frames the identified stakeholders in different categories related to: (i) the stakeholders' territorial level or typology of action (National, Regional, Local, civil society, key groups); (ii) the thematic area of their action; (iii) their engagement degree (effective or potential). The annexes report the complete list of the stakeholders, limited to the fields described above at (i) and (ii).

A total of 260 stakeholders were surveyed, corresponding to the key typologies identified among the key project indicators (KPIs), of which they constitute a baseline that can be expanded within the project timeframe.

PART 3.1.3a "Downscaling of climate scenarios", in turn divided into two sections, first presents the current climate framework and the scenarios of change expected for the next decades and in the second part, the response of pollinators to climate change focuses attention on the LIFE BEEadapt pilot areas located in central Italy, which include protected areas and a wide range of natural ecosystems and agro-ecosystems.



Climate change in the Mediterranean region indicates an increase in average temperatures and a different distribution of rainfall with frequent dry periods and a greater frequency of short and intense rainfall events with effects on ecosystems and biodiversity, and consequences for the well-being of people and the planet. Wild pollinators, the subject of study of the Life BEEadapt project, are therefore also affected by the changes taking place and those expected in the near future. The species are particularly vulnerable to changed climatic conditions that could, in the future, lead to their disappearance. To identify tools and methods suitable for their conservation, it is essential to understand which species and areas are most vulnerable to climate change and to this end, a fundamental pillar is the knowledge of the present changes and future climate scenarios.

PART 3.1.3b illustrates the processes carried out within the sub-task 3.1.3: Climate risk and vulnerability assessment, it refers about the methodology adopted, based on the analytic tool of impact chains, retraces the different operational steps and the related choices, exposes and comments on the results in the 5 target areas.

Concluding, PART 4 illustrates the processes carried out within the sub-task 3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services: The report highlights general methodological aspects of the application of the InVEST software and in particular of the "Habitat quality" and "Pollination" models and returns the results of the processing carried out at the territorial scale in the 4 target areas of the project.



Deliverable D.3.1 - In depth-collaborative analysis | Part 1

Sub-T.3.1.1: Creation of a geographical database

A cura del partner U-Space srl



SOMMARIO PARTE 1

Introduzione.....	8
Definizione di linee guida per l'aggiornamento dei dataset.....	8
Contenuti dei geodatabase.....	8
Dataset comuni	9
Area target 1 - Parco Nazionale dell'Appennino Tosco Emiliano.....	12
Area target 2 – Riserva Naturale della Montagna di Torricchio (Università di Camerino)	13
Area target 3 – Comune di Roma (RomaNatura)	14
Area target 4 – Agro Pontino (Confagricoltura – Comune di Aprilia).....	15
PARTE 1 - Allegato 1 Questionario per la raccolta di informazioni sui dati.....	17
PARTE 1 - Allegato 2 Linee guida per la digitalizzazione degli usi del suolo all'interno dell'azienda agricola.....	24

Introduzione

Obiettivo della sub-task T3.1.1 è creare un database geografico per supportare i partner del progetto nella sistematizzazione di tutti i dati e le informazioni raccolte durante l'analisi collaborativa (T3.1.2 – T3.1.3 – T3.1.4), nella definizione dell'agenda da sviluppare nell'ambito dei Patti (T3.4), nell'attuazione (T5.2) e il monitoraggio degli interventi di adattamento nelle aree target (T4.2).

Il sistema informativo contiene dati diversi per tipo, fonte e livello di dettaglio, ed include sia strati informativi esistenti (da banche dati certificate a livello nazionale, regionale e locale o estrapolati da fonti ufficiali) che elaborati ad hoc durante il progetto.

La prima versione del DB è stata condivisa unitamente al presente deliverable a fine ottobre 2024, tuttavia è da considerarsi un output in evoluzione, nei prossimi mesi, infatti, sarà progressivamente integrato con ulteriori stati informativi nonché con gli esiti delle nuove elaborazioni.

Il database in formato geopackage (*.gpkg) è accessibile previo download al seguente indirizzo: <http://gofile.me/5RIQ0/BrHCibYJV>

Definizione di linee guida per l'aggiornamento dei dataset

La U-Space, partner responsabile del sub-task, ha coordinato la costruzione del geodatabase: per quanto riguarda la raccolta dei dati esistenti, ha definito e condiviso con i partner linee guida per l'aggiornamento dei dataset ed un questionario atto a identificare per le diverse categorie di dataset i metadati necessari ([allegato 1](#) - gennaio 2023).

Per quanto riguarda i dati di produzione propria ha fornito indicazioni per la digitalizzazione ([allegato 2](#) – dicembre 2023) delle informazioni di dettaglio relative alle aziende interessate dagli interventi al fine di garantire l'omogeneità necessaria a condurre le elaborazioni successive in modo relativamente omogeneo tra i diversi ambiti di intervento.

Contenuti dei geodatabase

Di seguito è riportato l'elenco dei dataset che compongono il geodatabase del Life BEEadapt divisi per area target. Si evidenzia che a seguito del confronto con i partner quanto specificato nelle linee guida sopra-menzionate è stato parzialmente modificato, constatata la non disponibilità, oppure la non necessità di alcuni dataset, oppure la possibilità di ricorrere a fonti alternative comuni (ad esempio WMS di banche dati centrali).

In giallo sono evidenziati gli strati informativi di cui è prevista l'acquisizione, ma che non sono ancora stati condivisi oppure che non ancora disponibili in formato geografico.

Sub-T.3.1.1: Creation of a geographical database

Dataset comuni

Nome dataset	Contenuto	Formato	Fonte/link	Note
Comuni	Limiti amministrativi di Comuni, Province e Regioni Italiane	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	Istat	I dataset vengono aggiornati saltuariamente, ci si impegna, per quanto possibile, ad utilizzare la versione più aggiornata
Province	Limiti amministrativi di Comuni, Province e Regioni Italiane	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	Istat	I dataset vengono aggiornati saltuariamente, ci si impegna, per quanto possibile, ad utilizzare la versione più aggiornata
Regioni	Limiti amministrativi di Comuni, Province e Regioni Italiane	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	Istat	I dataset vengono aggiornati saltuariamente, ci si impegna, per quanto possibile, ad utilizzare la versione più aggiornata
Perimetri aree di intervento	File vettoriale relativo ai confini delle aree di intervento	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	BEEadapt	
Cartografia catastale	Fogli, Particelle, Fabbricati, Strade, Acque	WMS	Agenzia delle Entrate	
Carta Uso del Suolo Unificata	CUS unificata con valutazione di idoneità alla presenza di insetti impollinatori	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	BEEadapt	
Immagini Satellitari	Immagini raster relative alle aree di intervento acquisite nelle date di marzo 2023, giugno 2022 e settembre 2023	Raster	Copernicus Data Space Ecosystem (Sentinel-2)	I 12 files seguono la nomenclatura "subset_area di intervento_data"
Mappa del Rischio	Mappa di valutazione del rischio di alterazione dei servizi ecosistemici	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	BEEadapt	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" (Deliverable 3.1.3b)

Sub-T.3.1.1: Creation of a geographical database

Mappa dei Pericoli	Mappa di analisi delle componenti bioclimatiche per i pericoli associati agli impollinatori	Raster (30x30 s)	BEEadapt	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" (Deliverable 3.1.3b)
Aumento delle Temperature (BC5)	Differenza di Temperatura massima del mese più caldo tra scenario futuro e attuale	Raster (30x30 s)	<u>WorldClim 2</u>	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" - Subset "Elementi dei Pericoli" (Deliverable 3.1.3b)
Diminuzione delle Precipitazioni (BC14)	Precipitazione del mese più secco	Raster (30x30 s)	<u>WorldClim 2</u>	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" - Subset "Elementi dei Pericoli" (Deliverable 3.1.3b)
Eventi Meteorologici Estremi (BC4+BC15)	Media tra Stagionalità delle precipitazioni e Stagionalità della temperatura	Raster (30x30 s)	<u>WorldClim 2</u>	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" - Subset "Elementi dei Pericoli" (Deliverable 3.1.3b)
Mappa dell'Esposizione	Mappa di analisi delle aree esposte alle conseguenze del cambiamento climatico in relazione alla presenza di impollinatori e attività agricole	Raster (10x10 m)	BEEadapt	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" (Deliverable 3.1.3b)
Ricchezza di Specie	Modelli di abbondanza di specie per le singole aree d'intervento	Raster (10x10 m)	CNR	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" (Deliverable 3.1.3b) - Subset "Elementi di Esposizione"
Indice Composito di Utilizzo Agricolo (ICUA)	Calcolo su superficie comunale, superficie agricola utilizzata e numero di unità agricole di ogni Comune	Raster (10x10 m)	<u>7° Censimento dell'Agricoltura (ISTAT)</u>	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" (Deliverable 3.1.3b) - Subset "Elementi di Esposizione"

Sub-T.3.1.1: Creation of a geographical database

Mappa della Vulnerabilità	Mappa di analisi dei fattori territoriali che influenzano l'attività e la sopravvivenza degli impollinatori	Raster (10x10 m)	BEEadapt	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" (Deliverable 3.1.3b)
NDVI	Indice di vigore vegetativo (Normalized Difference Vegetation Index)	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	Sentinel-2	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" (Deliverable 3.1.3b) - Subset "Elementi di Vulnerabilità"
RAO	Indice parametrico di eterogeneità del mosaico ambientale	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	Rasterdiv R package	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" (Deliverable 3.1.3b) - Subset "Elementi di Vulnerabilità"
SWF	Piccole formazioni legnose	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	Copernicus Small Woody Features 2018 (vector/raster 5 m and 100 m), Europe, 3-yearly	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" (Deliverable 3.1.3b) - Subset "Elementi di Vulnerabilità"
Idoneità	Valore di idoneità del territorio alla presenza degli impollinatori attribuito alle classi CUS	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	BEEadapt	Fa parte del set delle "Mappe Catena d'Impatto" (Deliverable 3.1.3b) - Subset "Elementi di Vulnerabilità"

Area target 1 - Parco Nazionale dell'Appennino Tosco Emiliano

Nome dataset	Contenuto	Formato	Fonte/Link	Note
Confine Territoriale PNATE	Inviluppo dei Comuni di: Pontremoli, Corniglio, Calestano, Comano, Villa Minozzo, Licciana, Nardi, Castelnovo ne' Monti, Villa Collemantina, Sillano Giuncugnano, Filattiera, Vetto, Casola in Lunigiana, Ventasso, Piazza al Serchio, Monchio delle Corti, San Romano in Garfagnana, Bagnone, Fivizzano	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Istat	Confini aree di intervento di livello territoriale
CUS Regione Emilia Romagna (2020 ed.2023)	Carta dell'uso del suolo a scala regionale: Database uso del suolo di dettaglio 2020 - edizione 2023	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Regione Emilia Romagna	Corine Land Cover per i primi 3 livelli specifiche CISIS per il 4° livello
CUS Regione Toscana (2007/2019)	Carta dell'uso del suolo a scala regionale della Regione Toscana alla scala 1:10.000 riferita al periodo 2007 - 2019	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Regione Toscana	Contiene le classi di uso e copertura del suolo individuate secondo la legenda Corine Land Cover - III livello
Idrografia Regione Emilia Romagna	Reticolo Idrografico regionale come da D.Lgs.152/99	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Regione Emilia Romagna	
Idrografia Regione Toscana (PGA 2023)	Reticolo Idrografico del Piano di Gestione delle Acque dell'Appennino Settentrionale e relative misure di salvaguardia (d.p.c.m. 7 giugno 2023 - G.U. n. 214 del 13 settembre 2023)	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Autorità di bacino distrettuale	
Aree di Intervento Locali PNATE	Individuazione delle aree agricole messe a disposizione dalle aziende coinvolte	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	BEEadapt	Presente nel Subset "Scala Aziendale PNATE"
CUS Scala Aziendale PNATE	Carta a scala dettagliata degli usi del suolo a livello aziendale	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	BEEadapt	La carta è redatta estendendo la proprietà aziendale con un buffer di 150 m. Presente nel Subset "Scala Aziendale PNATE"
Elementi di Progetto Lineari	Localizzazione dei transetti di monitoraggio	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	BEEadapt	Presente nel Subset "Scala Aziendale PNATE"

Sub-T.3.1.1: Creation of a geographical database

Strati informativi attesi, ma non ancora disponibili:

	Output del modello «Habitat quality» del software INVEST utilizzato per la valutazione del SE «Conservazione dell'habitat degli impollinatori»		BEEadapt	
	Output del modello «Pollination» del software INVEST utilizzato per la valutazione del SE «Impollinazione»		BEEadapt	
	Rilievi vegetazionali		BEEadapt	
	Rilievi entomologici		BEEadapt	

Area target 2 – Riserva Naturale della Montagna di Torricchio (Università di Camerino)

Nome dataset	Contenuto	Formato	Fonte/Link	Note
Confine Territoriale TORRICCHIO	Confini della Riserva Naturale Montagna di Torricchio	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Regione Marche	
CUS Regione Marche (2007)	Carta Uso del suolo della Regione Marche "ADS40 2007" (livello 2°)	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Regione Marche	
Idrografia Regione Marche	La banca dati del reticolo idrografico (1996)	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Regione Marche	
CUS Scala Aziendale TORRICCHIO	Carta a scala dettagliata degli usi del suolo della Riserva Naturale Montagna di Torricchio	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	BEEadapt	La carta è redatta estendendo il territorio della Riserva con un buffer di 150 m. Presente nel Subset "Scala Aziendale TORRICCHIO"

Strati informativi attesi, ma non ancora disponibili:

	Output del modello «Habitat quality» del software INVEST utilizzato per la valutazione del SE «Conservazione dell'habitat degli impollinatori»		BEEadapt	
	Output del modello «Pollination» del software INVEST utilizzato per la valutazione del SE «Impollinazione»		BEEadapt	
	Rilievi vegetazionali		BEEadapt	
	Rilievi entomologici		BEEadapt	

Area target 3 – Comune di Roma (RomaNatura)

Nome dataset	Contenuto	Formato	Fonte/Link	Note
Confine Territoriale ROMA	Confine comunale	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	ISTAT Italia 2024	
Confine ROMANATURA	Riserva Naturale di Decima - Malafede, Riserva Naturale della Valle dei Casali, Riserva Naturale della Tenuta dei Massimi	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	RomaNatura	
CUS Roma (aggiornamento interno)	Carta dell'uso del suolo relativa al Comune di Roma, elaborazione ottenuta fondendo la la carta delle formazioni naturali del 2010 (4° e 5° livello) con l'aggiornamento delle aree urbane del 2016 eseguiti a partire dalla CUS 2020 (4° livello)	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Regione Lazio	Elaborazione interna 2024
Idrografia Regione Lazio (CTRN 2014)	Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) v. 2014 - classe del Database Geotopografico "reticolo idrografico"	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Regione Lazio	
Habitat Quality ROMA	Output del modello «Habitat quality» del software INVEST utilizzato per la valutazione del SE «Conservazione dell'habitat degli impollinatori»	Raster (10x10 m)	BEEadapt	Fa parte del set di mappe elaborate nell'ambito del Sub-Task 3.1.4
Habitat Degradation ROMA	Output del modello «Habitat quality» del software INVEST utilizzato per la valutazione del SE «Conservazione dell'habitat degli impollinatori»	Raster (10x10 m)	BEEadapt	Fa parte del set di mappe elaborate nell'ambito del Sub-Task 3.1.4
Aree di Intervento Locali ROMANATURA	Individuazione delle aree agricole messe a disposizione dalle aziende coinvolte	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	BEEadapt	Presente nel Subset "Scala Aziendale ROMANATURA"
CUS Scala Aziendale ROMANATURA	Carta a scala dettagliata degli usi del suolo a livello aziendale	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	BEEadapt	La carta è redatta estendendo la proprietà aziendale con un buffer di 150 m. Presente nel Subset "Scala Aziendale ROMANATURA"
Elementi di Progetto Lineari	Localizzazione dei transetti di monitoraggio	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	BEEadapt	Presente nel Subset "Scala Aziendale ROMANATURA"

Sub-T.3.1.1: Creation of a geographical database

Elementi di Progetto Poligonali	Localizzazione delle aree di piantumazione	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	BEEadapt	Presente nel Subset "Scala Aziendale ROMANATURA"
---------------------------------	--	----------------------------------	----------	--

Strati informativi attesi, ma non ancora disponibili:

	Output del modello «Pollination» del software INVEST utilizzato per la valutazione del SE «Impollinazione»		BEEadapt	
	Rilievi vegetazionali		BEEadapt	
	Rilievi entomologici		BEEadapt	

Area target 4 – Agro Pontino (Confagricoltura – Comune di Aprilia)

Nome dataset	Contenuto	Formato	Fonte/Link	Note
Confine Territoriale AGROPONTINO	Inviluppo dei Comuni di: Aprilia, Terracina, Bassiano, Sezze, San Felice Circeo, Sabaudia, Cori, Sermoneta, Cisterna di Latina, Pontinia, Artena (parziale), Norma, Latina	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Istat	
CUS Greenchange	Carta dell'uso del suolo aggiornata al 2019 per il solo Agro Pontino, elaborata per il progetto GreenChange	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Life Greenchange	
CUS Lazio natura 2010 (integrazione)	Integrazione delle aree del progetto con la carta dell'uso del suolo Lazio - Approfondimento Natura 2010	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Regione Lazio	
Idrografia Regione Lazio (CTRN 2014)	Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) v. 2014 - classe del Database Geotopografico "reticolo idrografico"	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	Regione Lazio	
Habitat Quality AGROPONTINO	Output del modello «Habitat quality» del software INVEST utilizzato per la valutazione del SE «Conservazione dell'habitat degli impollinatori»	Raster (10x10 m)	BEEadapt	Fa parte del set di mappe elaborate nell'ambito del Sub-Task 3.1.4
Habitat Degradation AGROPONTINO	Output del modello «Habitat quality» del software INVEST utilizzato per la valutazione del SE «Conservazione dell'habitat degli impollinatori»	Raster (10x10 m)	BEEadapt	Fa parte del set di mappe elaborate nell'ambito del Sub-Task 3.1.4
Aree di Intervento Locali Pianura Pontina	Individuazione delle aree agricole messe a disposizione dalle aziende coinvolte	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	BEEadapt	
Aree di Intervento Locali Aprilia	Individuazione delle aree agricole messe a disposizione dalle aziende coinvolte	Vettoriale (*.shp file/poligoni)	BEEadapt	Presente nel Subset "Scala"

Sub-T.3.1.1: Creation of a geographical database

				Aziendale AGROPONTINO"
CUS Scala Aziendale Pianura Pontina	Carta a scala dettagliata degli usi del suolo a livello aziendale	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	BEEadapt	La carta è redatta estendendo la proprietà aziendale con un buffer di 150 m. Presente nel Subset "Scala Aziendale AGROPONTINO"
CUS Scala Aziendale Aprilia	Carta a scala dettagliata degli usi del suolo a livello aziendale	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	BEEadapt	La carta è redatta estendendo la proprietà aziendale con un buffer di 150 m. Presente nel Subset "Scala Aziendale AGROPONTINO"
Elementi di Progetto Poligonali Pianura Pontina	Localizzazione delle aree di pantumazione	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	BEEadapt	Presente nel Subset "Scala Aziendale AGROPONTINO"
Elementi di Progetto Poligonali Aprilia	Localizzazione delle aree di pantumazione	Vettoriale (*.shp file/ poligoni)	BEEadapt	Presente nel Subset "Scala Aziendale AGROPONTINO"

Strati informativi attesi, ma non ancora disponibili:

	Output del modello «Pollination» del software INVEST utilizzato per la valutazione del SE «Impollinazione»		BEEadapt	
	Rilievi vegetazionali		BEEadapt	
	Rilievi entomologici		BEEadapt	



PARTE 1 - Allegato 1

Questionario per la raccolta di informazioni sui dati (Gennaio 2023)



Progetto LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt
A pact for pollinator adaptation to climate change





Tipo di dati	Confini delle aree pilota, limiti amministrativi e particelle catastali
Partner fornitori	PNATE, UNICAM, CONF, RN, CA
Al fine di evitare successive rielaborazioni, ritagli e aggiunte sulla banca dati geografica, in questa fase è importante identificare in via definitiva i confini delle aree di intervento. Si chiede dunque di fornire i perimetri delle aree pilota in formato vettoriale georiferito (shape file, kmz); o almeno in formato vettoriale (dwg, dxf).	

Domande	Risposte
I confini delle aree pilota sono stati definiti?	Si/No
Qual è la fonte dei dati?	Esempio: limiti amministrativi ISTAT, perimetri ufficiali EUAP, catasto...
In che formato sono disponibili i dati?	Esempio: shape file, kmz, dwg, dxf, ...

segue



Tipo di dati	Usi del suolo, rilievi vegetazionali, piani colturali
Partner fornitori	PNATE, UNICAM, CONF, UNIROMA3, RN, CA, US
<p>Le carte di uso del suolo sono elaborate dalle Regioni almeno fino al III livello della nomenclatura CORINE. Ai fini del progetto, tuttavia, è necessario disporre di carte dettagliate almeno al IV livello.</p> <p>Si chiede dunque di specificare se sono disponibili per le aree pilota carte dell'uso del suolo con un maggior livello di dettaglio rispetto a quelle regionali (almeno per le classi 2, 3, 4 e 5 di uso del suolo). Poiché i livelli oltre il III non sono standardizzati, si chiede inoltre di fornire la legenda delle classi al fine di facilitare il lavoro di analisi e armonizzazione dei dati di base.</p> <p>Alcuni partner hanno a disposizione rilievi vegetazionali eseguiti in passato o in via di definizione. Si chiede di fornire dettagli anche su dataset di questo tipo se disponibili.</p> <p>Rientrano in questa categoria anche le banche dati geografiche del SIAN contenenti informazioni sulle aziende e i piani colturali.</p>	

Domande	Risposte
Qual è la fonte dei dati?	Esempio: CUS regionale, carte di uso del suolo sviluppate in seguito a studi o progetti specifici (specificare finalità), rilievo vegetazionale (specificare finalità), banca dati SIAN...
A quando risale l'ultimo aggiornamento del dataset?	Specificare anno
Qual è il livello di dettaglio? (in caso di carta dell'uso del suolo conforme allo standard CORINE)	IV livello, V livello...
Qual è il tipo di rappresentazione spaziale?	Raster/Vettoriale
Qual è la risoluzione del dato?	Esempio: <ul style="list-style-type: none">- scala equivalente (1:5.000, 1:2.000...) o unità minima cartografabile (25 ha, 5 ha...) per i dataset vettoriali- risoluzione spaziale (10 m, 1 m...) per i dataset raster
È disponibile una risorsa on line per visualizzare o scaricare il dataset, o per consultarlo tramite servizio WMS?	Se disponibile, inserire il link a un servizio di view, WMS, download, ecc.
È disponibile una legenda?	Se rilevante e se disponibile in rete, inserire un link alla legenda; oppure fornire un file immagine

segue



Tipo di dati	Reticoli idrografici
Partner fornitori	PNATE, UNICAM, SUSDEF, CONF, UNIROMA3, RN, CA, US
I reticoli idrografici sono in genere rappresentati tramite elementi lineari e possono essere categorizzati secondo una gerarchia. Si chiede dunque di fornire alcune informazioni sulle fonti e la categorizzazione al fine di facilitare il lavoro di analisi e armonizzazione dei dati di base.	

Domande	Risposte
Qual è la fonte dei dati?	Esempio: banche dati regionali, ARPA, autorità distrettuali, consorzi di bonifica...
A quando risale l'ultimo aggiornamento del dataset?	Specificare anno
Puoi fornire informazioni sulla gerarchia del reticolo rappresentato?	Specificare se è presente una gerarchia delle aste fluviali e descriverla brevemente
È disponibile una risorsa on line per visualizzare o scaricare il dataset, o per consultarlo tramite servizio WMS?	Se disponibile, indicare il link a un servizio di view, WMS, download, ecc.

segue



Tipo di dati	Dati climatici e meteorologici
Partner fornitori	UNICAM, CNR, LEG
Dati climatici da reti nazionali o regionali, o da centraline specifiche in dotazioni ai partner.	

Domande	Risposte
Qual è la fonte dei dati?	Esempio: rete rilevamenti meteo, campagne di rilevamento specifiche...
Qual è la finalità del rilevamento e che metodo viene utilizzato?	Descrivere le finalità della banca dati e il metodo utilizzato per la raccolta e l'elaborazione dei dati
Da quando viene effettuato il rilevamento?	Fornire informazioni sull'anno di inizio dei rilevamenti e su eventuali carenze di dati storici
Quali dati vengono rilevati?	Elencare i tipi di dati rilevati e presenti nelle serie
È disponibile una risorsa on line per consultare il dataset?	Se disponibile, indicare il link a un servizio di consultazione dei dati storici

segue



Tipo di dati	Dati sulla qualità dell'aria
Partner fornitori	CNR, LEG
Presenza e concentrazioni di inquinanti simulate tramite modelli di distribuzione spaziale o altri metodi. Presenza e concentrazioni di pesticidi nei prodotti agricoli.	

Domande	Risposte
Qual è la fonte dei dati?	Esempio: reti di monitoraggio e modelli di qualità dell'aria elaborati dalle ARPA, campagne di monitoraggio specifiche
Qual è la finalità del rilevamento e che metodo viene utilizzato?	Descrivere le finalità della banca dati e il metodo utilizzato per la raccolta e l'elaborazione dei dati
Da quando viene effettuato il rilevamento?	Fornire informazioni sull'eventuale presenza di serie storiche, l'anno di inizio dei rilevamenti e le eventuali carenze di dati storici
Quali dati vengono rilevati?	Elencare i tipi di dati rilevati e presenti nelle serie
È disponibile una risorsa on line per consultare il dataset?	Se disponibile, indicare il link a un servizio di consultazione dei dati storici



LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt/101074591

PARTE 1 - Allegato 2

Linee guida per la digitalizzazione degli usi del suolo all'interno dell'azienda agricola





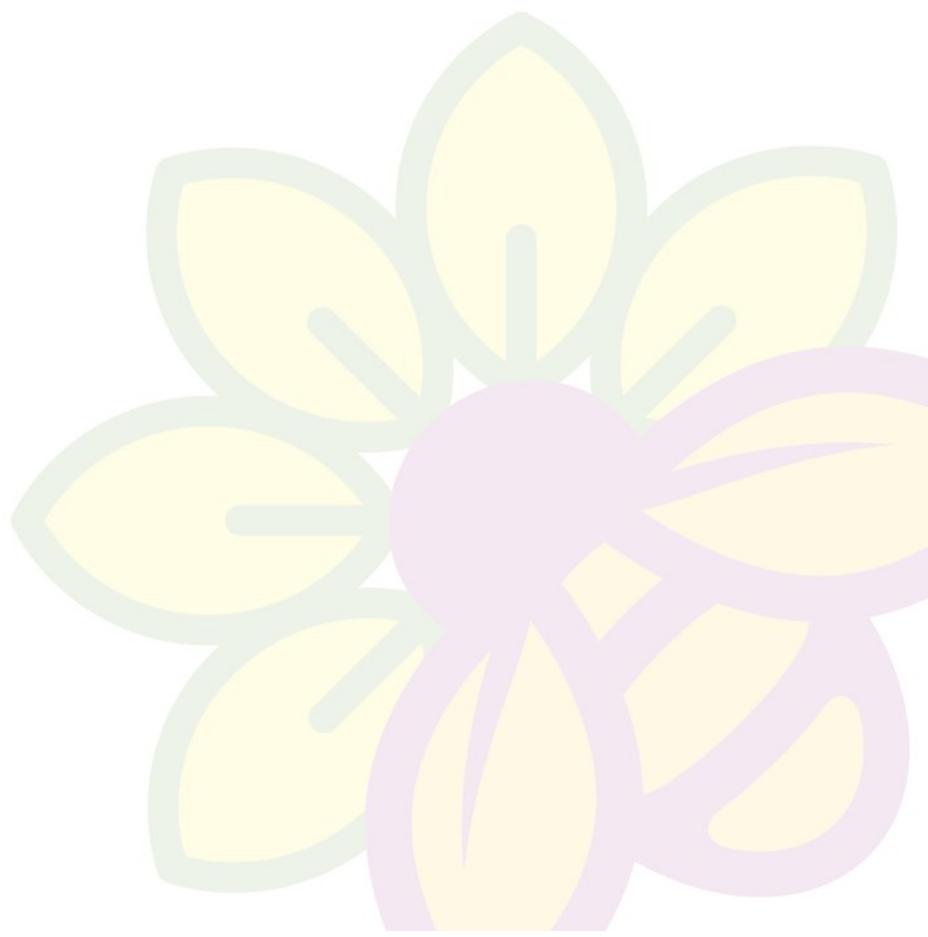
LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt/101074591

1. Obiettivo dell'operazione

Le presenti linee guida sono finalizzate a raccogliere in forma omogenea dati sugli usi del suolo nelle aziende coinvolte nel progetto BEEadapt (micro-zonizzazione), al fine di realizzare le analisi territoriali previste dal task T3.1 (analisi collaborativa delle aree target). Pertanto, si richiede di attenersi quanto più possibile alle indicazioni riportate di seguito.

2. Estensione dell'area di rilievo

L'area di rilievo corrisponde al perimetro aziendale, esteso di un'area buffer di 150 m. Per le Aziende che hanno proprietà catastali sparse si suggerisce di eseguire il rilievo unicamente sulle zone dove verranno realizzate i rilievi vegetazionali/entomologici (entro cui ricadono i transetti) o comunque sulle particelle interessate dagli interventi dimostrativi a favore degli impollinatori (task T5.2).



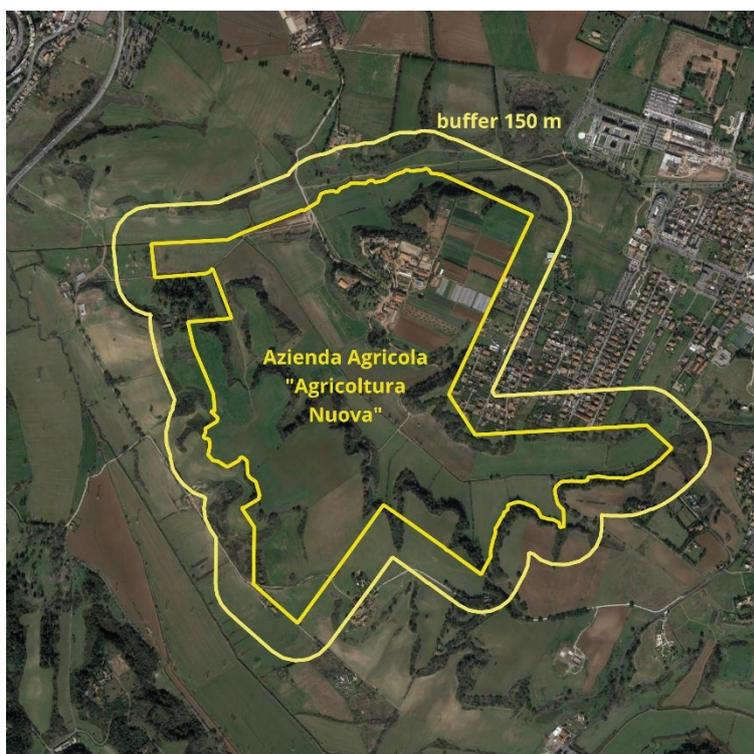


Figura 1. Esempio dell'area di rilievo e del buffer di 150 m

3. Scala di riferimento

Si richiede di eseguire la digitalizzazione degli usi del suolo su foto aerea, tenendo un livello di dettaglio coerente con una scala di visualizzazione di 1:500 o inferiore. La foto aerea utilizzata nell'esempio è quella fornita dal servizio online di Google map, questo tipo di dato garantisce una buona qualità ma è soggetto anche a modifiche come conseguenza dell'aggiornamento delle foto sul portale.

È possibile utilizzare foto satellitari alternative se disponibili, nel caso indicare la fonte.

4. Qualità del dato da produrre

Si richiede di porre la massima attenzione alla perimetrazione delle aree agricole non soggette a lavorazioni meccaniche e agli elementi naturali che sono utili all'attività di impollinazione, ad esempio i canali di irrigazione, gli argini dei canali di irrigazione, le strade poderali, i filari alberati e siepi di separazione, aree in pendenza non lavorate più o meno vegetate.

Eseguita la digitalizzazione dei perimetri all'interno dell'azienda, assegnare a ciascuno la codifica di copertura del suolo coerente con lo standard regionale, il più possibile approfondita per le aree agricole e naturali (almeno al III livello).

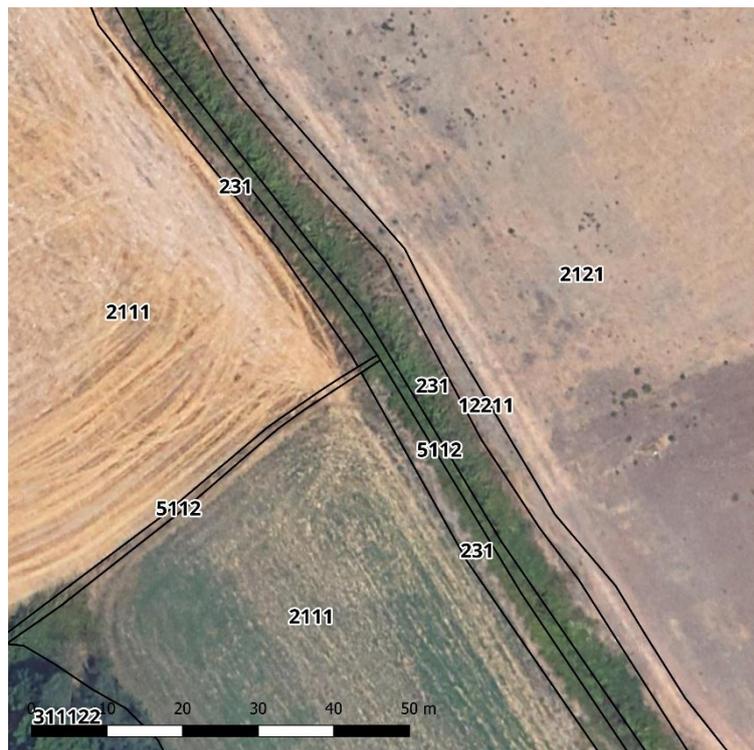


Figura 2. Esempio del dettaglio di digitalizzazione



5. Struttura

La struttura del database è la seguente:

Nome campo	Descrizione	Esempio
Cod_Cus	codice che fa riferimento alla copertura CUS regionale, con un dettaglio minimorichiesto al livello 3 e un massimo al livello 6	21232
Label	codice CUS assegnato, con descrizione	21232 - <i>Colture orticole in pieno campo in aree irrigue</i>
Cod_liv1	codice CUS assegnato, riportato al livello 1	2
Cod_liv2	codice CUS assegnato, riportato al livello 2	21
Cod_liv3	codice CUS assegnato, riportato al livello 3	212
Piano_Col	Riferimento al Piano Colturale Aziendale esclusivamente per i codici di livello 2 (agricolo), indicare il tipo di coltivazione così come rilevata nel piano, senza riferimento alla CUS	<i>Grano Tenero</i>
Note	Qualsiasi informazione o segnalazione che si ritiene utile per la completezza del database	<i>rotazione annuale</i>

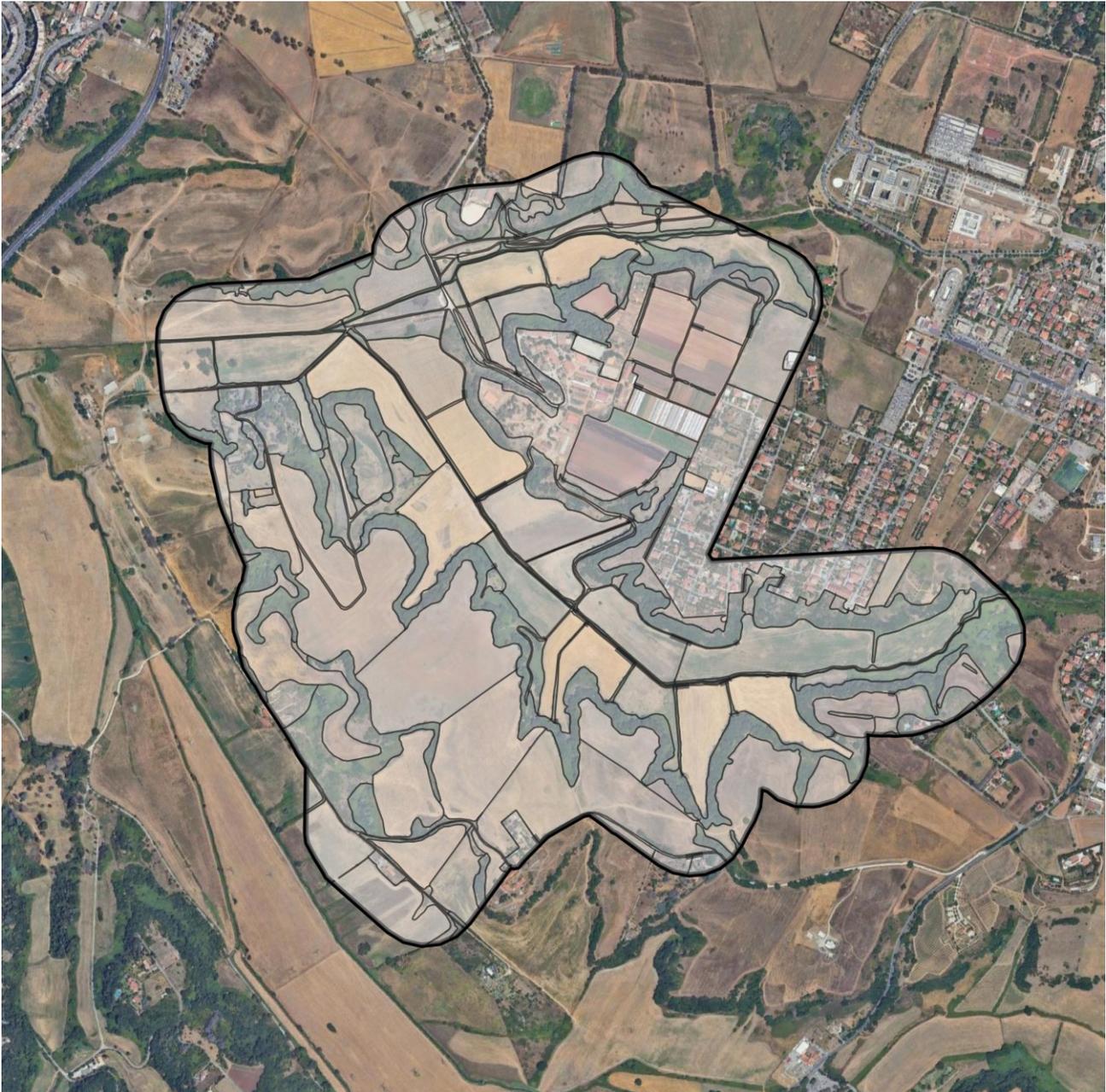
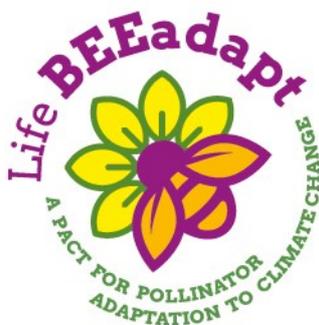


Figura 3. Digitalizzazione intera area target del partner RomaNatura, azienda agricola "Agricoltura Nuova"

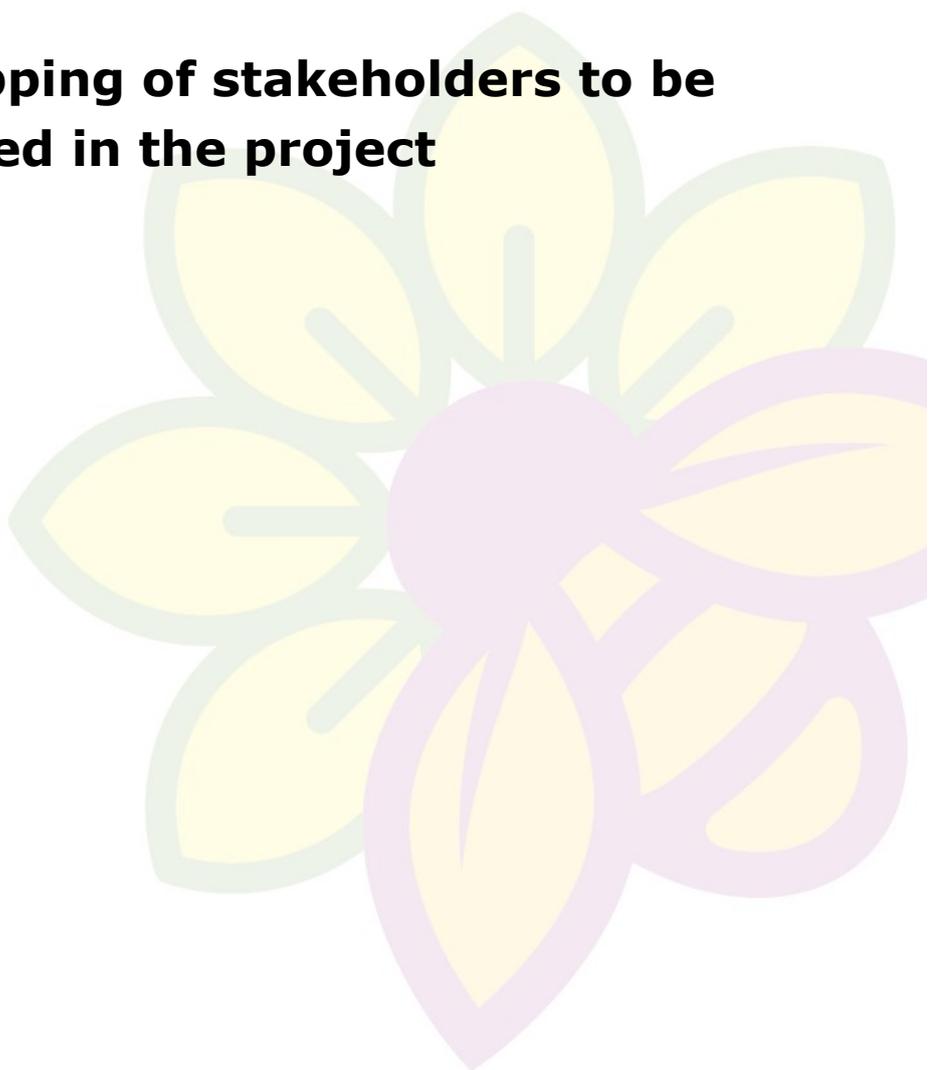


LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt/101074591

Deliverable D.3.1 - In depth-collaborative analysis | Part 2

A cura dell'Università degli Studi Roma Tre

Sub-T.3.1.2: Mapping of stakeholders to be involved in the project

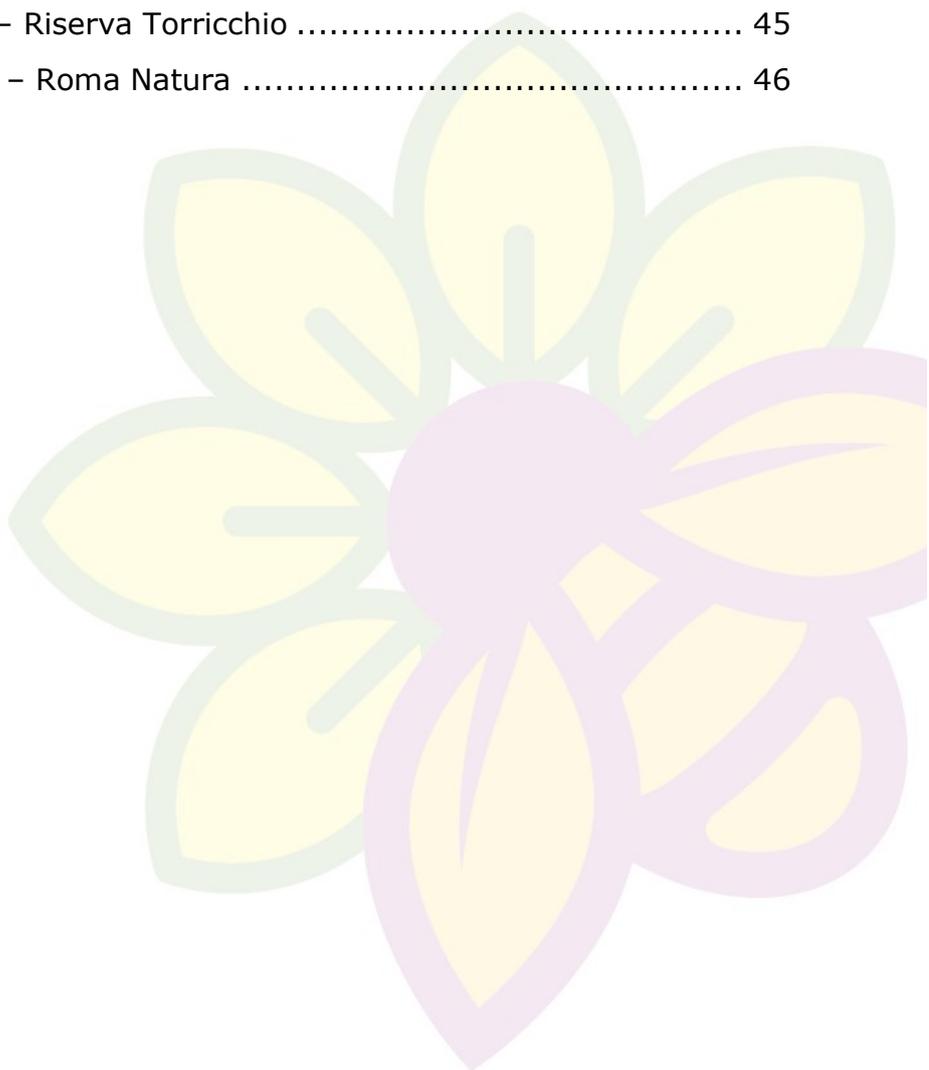




LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt/101074591

SOMMARIO PARTE 2

Introduzione.....	32
1. Metodologia e criteri generali	32
2. Mappatura degli stakeholders	33
Allegato I. Tabella Stakeholder di livello nazionale e regionale.....	36
Allegato II. Tabella Area target 1 - Parco nazionale dell'Appennino tosco-emiliano	3Errore. Il segnalibro non è definito.
Allegato III. Tabella Area target 2 - Agro Pontino	41
Allegato IV. Tabella Area target 3 – Aprilia.....	43
Allegato V. Tabella Area target 4 – Riserva Torricchio	45
Allegato VI. Tabella Area target 5 – Roma Natura	46





Introduzione

L'attività di mappatura e analisi degli stakeholder nel progetto LIFE BEEadapt è funzionale a identificare i portatori di interesse da attivare e coinvolgere nelle attività di progetto a livello nazionale, regionale e locale.

Il quadro dettagliato che risulta dall'analisi è necessario per garantire l'efficace implementazione delle attività, in particolare in riferimento al sistema di governance (WP3), alla strategia di comunicazione (WP2) e al trasferimento dell'approccio BEEadapt (WP6).

Relativamente al sistema di governance, l'analisi è stata svolta in funzione dei due strumenti da attivare: il *Tavolo per l'adattamento degli impollinatori ai cambiamenti climatici* di livello nazionale e interregionale e il *Patto per l'adattamento degli impollinatori ai cambiamenti climatici*.

Il primo è un'arena politica/strategica e tecnica avente come obiettivi condividere lo stato dell'arte di studi, ricerche e iniziative sugli impatti dei cambiamenti climatici sugli impollinatori e sulle azioni tese a contrastarli; creare sinergie tra i soggetti coinvolti nelle iniziative attive in Italia e promuovere un effetto moltiplicatore tra di esse; definire strumenti operativi per l'adattamento degli impollinatori ai cambiamenti climatici.

Il Patto è uno strumento di livello locale da implementare, pertanto, in ciascuno dei cinque contesti target in cui si realizzano gli interventi dimostrativi. È lo strumento operativo per promuovere e coordinare il coinvolgimento attivo delle realtà locali (durante e dopo il progetto) sulla base di un'Agenda locale orientata all'adattamento degli impollinatori al cambiamento climatico, e per promuovere l'approccio BEEadapt a livello locale.

UNIROMA3 ha coordinato l'attività, definendo la metodologia da utilizzare e identificando la tipologia di stakeholder da censire. US, CONF, CNR-IBE, LEG e SUSDEF sono stati responsabili di identificare e raggiungere gli stakeholder di livello nazionale, da coinvolgere nel tavolo, nelle attività di comunicazione e trasferimento. UNICAM, RN, CA, PNATE sono stati responsabili di mappare gli stakeholder da coinvolgere a livello regionale e locale in relazione alle attività da implementare nelle aree target.

1. Metodologia e criteri generali

L'attività si è svolta in tre fasi al fine di avere tutti gli strumenti propedeutici alla fase di partecipazione e coinvolgimento.

Fase 1) Censimento delle organizzazioni rilevanti classificate secondo: (i) il tema di interesse tra agricoltura, biodiversità e impollinatori, cambiamenti climatici, pianificazione



e sviluppo locale; (ii) l'ambito di azione tra agricoltura, energia, sviluppo locale, natura e biodiversità, vivaismo, silvocoltura, monitoraggio ambientale, pianificazione, turismo, educazione ambientale, cultura, ricerca; (iii) il livello di competenza tra internazionale, nazionale, regionale, locale.

Fase 2) Analisi delle prospettive e degli interessi delle organizzazioni identificate osservando la loro predisposizione rispetto temi del progetto (resistente, ambivalente, non ancora impegnato attivamente ma ben predisposto, impegnato), la loro influenza e il loro interesse ad essere coinvolte attivamente (bassa, media, significativa).

Fase 3) Comprensione del tipo di impegno degli attori identificati nel progetto (informativo; implementazione interventi dimostrativi; consultivo; partecipazione al Tavolo di BEEadapt; adesione ai Patti locali; fornitura dati; partecipazione alle attività di animazione territoriale; partecipazione alle attività di trasferimento).

2. Mappatura degli stakeholders

L'analisi, che verrà aggiornata nelle successive fasi di partecipazione attiva, ha prodotto gli esiti descritti di seguito in forma sintetica e nelle tabelle di cui agli allegati I, II, III, IV, V, VI. Si noti che per il livello regionale e nazionale si sono raggruppati i soggetti censiti sotto un'unica scheda.

A livello nazionale sono censiti 16 enti di cui 2 pubbliche amministrazioni (Ministeri), 7 centri di ricerca, 3 associazioni di categoria, 3 ONG. Si è registrato un significativo interesse verso il progetto, ma una predisposizione media, ovvero gli enti si sono dimostrati ricettivi, ma tutti non ancora impegnati poiché non è stato possibile attivare tutti i ministeri competenti.

I due centri di ricerca nazionale su agricoltura e ambiente (CREA e ISPRA) si sono dimostrati molto interessati e disposti a collaborare attivamente con il progetto, così come i rappresentanti delle Università di Bologna e Venezia, che sono stati coinvolti in quanto referenti di altri progetti LIFE sugli impollinatori (Life4Pollinators, LIFE Pollinaction).

A livello regionale sono censiti 9 enti, considerando le direzioni regionali delle quattro Regioni target (Ambiente, agricoltura, infrastrutture). La predisposizione e l'interesse di tali enti verso il progetto sconta la scarsa capacità di alcuni partner, nella fase di avviamento, di raggiungere gli stakeholder di livello regionale, a fronte di una loro significativa influenza.

Sono censite le sezioni di livello nazionale delle tre principali organizzazioni di tutela e di rappresentanza delle imprese agricole (Confagricoltura, CIA, Coldiretti) e di alcune delle



principali associazioni ambientaliste italiane già impegnate sui temi del progetto (WWF, Legambiente, Federparchi - EUROpark Italia).

Di livello regionale e nazionale sono poi stati censiti i parchi regionali coinvolti sin da ora nelle attività di replicazione del WP6: Il Parco Regionale Gola di Frasassi (Marche), il Parco Nazionale del Pollino (Basilicata), il Parco Nazionale dell'Alta Murgia (Puglia), il Parco Lombardo del Ticino e il Parco Nord Milano (Lomardia).

L'Ente Parco Nazionale dell'Appennino tosco-emiliano (PNATE - Allegato II) ha censito 96 realtà di cui 15 sono associazioni di categoria, 3 sono afferenti a centri di ricerca, 13 sono Enti pubblici locali, le restanti 65 sono aziende agricole. Di queste, le prime 48 presentano una predisposizione ambivalente verso il progetto e un livello di coinvolgimento basso; le restanti 17 aziende, insieme con le associazioni di cui sopra sono già impegnate nel progetto, hanno un interesse alto e un'influenza medio-alta sui temi del progetto.

Confagricoltura Latina (CONF - Allegato III) ha preso in considerazione, tra i comuni dell'Agro Pontino i comuni di Latina, Pontinia, Sabaudia, San Felice Circeo, Terracina e Cisterna di Latina. È stato censito il centro di ricerca del Ce.R.S.I.Te.S - La Sapienza (Polo Pontino) e l'istituto Agrario San Benedetto, attivi da tempo sui temi dell'ambiente anche attraverso collaborazioni con progetti europei. Sono state poi mappate 19 associazioni attive sui temi della tutela dell'ambiente e del paesaggio e dello sviluppo locale (es. Italia Nostra Latina, Slow Food Latina, WWF, Legambiente, ...). Relativamente alle aziende agricole Confagricoltura ha censito, per la prima fase di coinvolgimento attivo delle aziende agricole, le 4 responsabili di implementare le infrastrutture verdi.

Il Comune di Aprilia (Allegato IV) ha censito 54 realtà di cui 4 aziende agricole, corrispondenti alle aziende che faranno le azioni dimostrative che hanno il livello di coinvolgimento massimo; 27 realtà legate anche a commercio e artigianato, tra cui anche associazioni di categoria; 9 istituti scolastici (predisposizione, influenza e interesse verso il progetto buone); 11 realtà associative legate ai temi ambientali e dell'educazione ambientale, inclusi i comitati di quartiere. Tra le realtà di livello sovralocale (provinciale) afferenti allo stesso territorio di pertinenza del partner Confagricoltura troviamo: l'ente provinciale; le 4 associazioni di categoria legate all'agricoltura; l'Ente Parco Nazionale del Circeo, la XIII Comunità Montana dei Monti Lepini e il Consorzio di Bonifica.

L'Università di Camerino (Allegato V) ha censito la Provincia di Macerata, il Comune di Montecavallo, 3 Aziende agricole, un'associazione del terzo settore per il livello locale, mentre per le associazioni di categoria ha identificato quelle di livello regionale (Coldiretti Marche; Marche agricoltura pesca). Tutti i soggetti al di fuori della Provincia sono già impegnati e hanno un elevato interesse verso i temi del progetto.

RomaNatura (Allegato VI) ha censito le 6 aziende agricole coinvolte attivamente nello sviluppo delle azioni dimostrative e 10 Imprese che si occupano di apicoltura in tutto il



territorio di pertinenza dell'Ente, che verranno coinvolti nelle attività di informazione, adesione ai patti locali e consultazione. Tra gli enti pubblici ha censito il Comune di Roma e la città metropolitana di Roma Capitale. Sono poi stati censiti 4 Dipartimenti e Centri di Ricerca afferenti all'Università La Sapienza di Roma e uno afferente l'Università di Firenze, già in relazione con l'Ente romano su altre iniziative di studio e tutela ambientale.

Le realtà censite corrispondono a quelle identificate e riportate entro gli indicatori chiave di progetto (KPI), di cui costituiscono una baseline ampliabile entro i tempi del progetto, come di seguito indicato.

A livello governativo, nazionale e regionale sono censiti il Ministero dell'Ambiente, il Ministero dell'Agricoltura; la Direzione Ambiente e la Direzione Agricoltura delle 4 Regioni target (Emilia Romagna, Toscana, Lazio, Marche). Questi rispondono al KPI "10.1.1 – Duty holders" e sono entità che agiscono come responsabili in virtù di un obbligo che gli deriva dalla legislazione EU in materia di ambiente/clima.

Tra gli enti pubblici da coinvolgere (KPI 10.2 – Public bodies) nel Tavolo, nei Patti e nelle attività di replicazione sono censiti un numero di almeno 10 comuni; 5 autorità provinciali; 4 Centri di Ricerca (CREA, ISPRA, Università di Bologna, Università di Venezia); 5 Parchi che parteciperanno nelle attività di replicazione.

Tra le associazioni di categoria coinvolte (KPI 10.2 – Other Stakeholders - Sector Association) ci sono le 3 principali associazioni degli agricoltori di livello nazionale (Coldiretti, CIA, Confagricoltura), e altre 8 organizzazioni di livello locale.

Sono poi state identificate le aziende agricole da coinvolgere entro i patti di livello locale e cui affidare le azioni dimostrative e le aziende agricole da coinvolgere nelle attività di replicazione (webinar dedicati) (KPI 10.2 – Other Stakeholders - Private for profit).

Infine sono censite le 15 realtà associative da coinvolgere attraverso i patti locali (KPI 10.2 – Other Stakeholders - NGOs and other civil society organisations).



Allegato I. Tabella Stakeholder di livello nazionale e regionale

MACROTEMA	LIVELLO	DATI GENERALI		AMBITO	CATEGORIA
		N°	ORGANIZZAZIONE		
biodiversità e impollinatori	nazionale	1	Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE)	Natura e biodiversità	Pubblica Amministrazione
biodiversità e impollinatori	nazionale	2	ISPRA	Natura e biodiversità	Centri di ricerca e Università
agricoltura	nazionale	3	MASAF - Ministero dell'agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle foreste	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
cambiamenti climatici	nazionale	4	CMCC - EuroMediterranean Center on Climate Changes Foundation	Ricerca	Centri di ricerca e Università
agricoltura	nazionale	5	CREA PB - Centro di ricerca Politiche e Bioeconomia	Agricoltura	Centri di ricerca e Università
biodiversità e impollinatori	nazionale	6	CREA AA - Agricoltura e Ambiente	Agricoltura	Centri di ricerca e Università
agricoltura	nazionale	7	COLDIRETTI	Agricoltura	associazione di categoria
agricoltura	nazionale	8	CIA	Agricoltura	associazione di categoria
agricoltura	nazionale	9	CONFAGRICOLTURA	Agricoltura	associazione di categoria
agricoltura	nazionale	10	WWF	Agricoltura	Terzo settore
agricoltura	nazionale	11	Legambiente	Agricoltura	Terzo settore
biodiversità e impollinatori	nazionale	12	Federparchi - EUROpark italia	Natura e biodiversità	Terzo Settore
biodiversità e impollinatori	nazionale	13	UNIBO (Referente LIFE 4pollinators)	Natura e biodiversità	Centro di ricerca o Università
biodiversità e impollinatori	nazionale	14	Università Ca' Foscari Venezia (Referente LIFE PollinAction)	Natura e biodiversità	Centro di ricerca o Università
biodiversità e impollinatori	nazionale	15	Università di Padova	Ricerca	Centro di ricerca o Università
biodiversità e impollinatori	nazionale	16	Università di Torino	Ricerca	Centri di ricerca e Università
biodiversità e impollinatori	regionale	17	Regione Lazio - DIREZIONE AMBIENTE	Natura e biodiversità	Pubblica Amministrazione
agricoltura	regionale	20	Regione Lazio DIR. AGRICOLTURA	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	regionale	21	ARSIAL - Tutela Risorse e Vigilanza sulle Produzioni di Qualità	Agricoltura	Agenzie settoriali
biodiversità e impollinatori	regionale	22	Regione Emilia-Romagna - Settore Aree Protette, Foreste e Sviluppo Zone Montane	Natura e biodiversità	Pubblica Amministrazione
agricoltura	regionale	23	Regione Emilia Romagna - DIREZIONE GENERALE AGRICOLTURA, CACCIA E PESCA. SETTORE PROGRAMMAZIONE, SVILUPPO DEL TERRITORIO E SOSTENIBILITA' DELLE PRODUZIONI	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	regionale	24	Regione Toscana - DIREZIONE AGRICOLTURA E SVILUPPO RURALE	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
biodiversità e impollinatori	regionale	25	Regione Toscana - DIREZIONE AMBIENTE E ENERGIA	Natura e biodiversità	Pubblica Amministrazione



agricoltura	regionale	26	Regione Marche - DIREZIONE AGRICOLTURA E SVILUPPO RURALE	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
pianificazione e sviluppo locale	regionale	27	Regione Marche - Dipartimento Infrastrutture, Territorio e Protezione civile - Settore Territori Interni, parchi e rete ecologica regionale	Pianificazione	Pubblica Amministrazione
pianificazione e sviluppo locale	regionale	28	Parco Regionale Gola Rossa-Frasassi / Unione Montana Esino-Frasassi	Pianificazione	Ente parco o area protetta
pianificazione e sviluppo locale	regionale	29	Ente Parco Nazionale del Pollino	Pianificazione	Ente parco o area protetta
pianificazione e sviluppo locale	regionale	30	Parco Nazionale Alta Murgia	Pianificazione	Ente parco o area protetta
pianificazione e sviluppo locale	regionale	31	Parco Lombardo della Valle del Ticino	Pianificazione	Ente parco o area protetta
pianificazione e sviluppo locale	regionale	32	Parco Nord Milano	Pianificazione	Ente parco o area protetta

Allegato II. Tabella Area target 1 - Parco nazionale dell'Appennino tosco-emiliano

MACROTEMA	LIVELLO	N°	ORGANIZZAZIONE	AMBITO	CATEGORIA
agricoltura	locale	1	Azienda agricola Zambonini Giacomo	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	2	Azienda agricola Ferretti Ermanno	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	3	Fattoria Fiori	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	4	Azienda agricola Santini Giorgio	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	5	Azienda agricola Armosino Elsa	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	6	Azienda agricola Malpeli Pietro	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	7	Azienda agricola Il Laghetto	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	8	Azienda agricola Bagnoli	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	9	Azienda agricola Cabassi Giuseppe	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	10	Azienda agricola Moreni Alberto	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	11	Azienda agricola Paolini Domenico	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	12	Azienda agricola Rubini Paolo	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	13	Azienda agricola Piagneri Pier Paolo	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	14	Azienda agricola Cavaliere Maria Cristina	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	15	Azienda agricola Rampini Patrizia	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	16	Azienda agricola Chiesa Alice	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	17	Azienda agricola Clerici Mauro	Agricoltura	Azienda agricola



agricoltura	locale	18	Azienda agricola Lazzeri Irma	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	19	Azienda agricola Iacini Francesco	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	20	Azienda agricola Stoica Iomelia	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	21	Azienda agricola Rio Ettore	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	22	Azienda agricola Pierati Michele	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	23	Azienda agricola Bertonelli Torquato	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	24	Azienda agricola Azzi Matilde	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	25	Azienda agricola Cavani Ombretta	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	26	Azienda agricola Bonaccorsi Giordano	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	27	Azienda agricola VENTURI DEGLI ESPOSITI VINCENZO	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	28	Azienda agricola BARBIERI MICHELE	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	29	Azienda agricola Bianchini Ugo	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	30	Azienda agricola Ferretti Marilena	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	31	Azienda agricola La fattoria di Tobia	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	32	Azienda agricola Branchetti Arturo	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	33	Azienda agricola Tacconi Pierina	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	34	Azienda agricola Giannarelli Marco	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	35	Azienda agricola Figaroli Roberto	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	36	Azienda agricola Piagneri Seratti Franco	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	37	Azienda agricola Figaroli Patrizia	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	38	Azienda agricola Del Signore Carla	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	39	Azienda agricola Filippelli Mario	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	40	Azienda agricola Merletti Valentina	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	41	Azienda agricola Bellari Iva	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	42	Azienda agricola Soare Ionica	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	43	Azienda agricola Irali Onorato	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	44	Azienda agricola Gandolfi Bruno	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	45	Azienda agricola Orsi Euro	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	46	Azienda agricola Moscardini Almara	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	47	Azienda agricola Bertoncini	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	48	Azienda agricola MATTEI BRUNO	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	49	Azienda Agricola Begani	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	50	Azienda Agricola La Cà dei Lupi	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	51	Az. Agr. Martinelli Laura	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	52	Agriturismo Il Cerreto	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	53	Azienda agricola Castagnamora	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	54	Azienda agricola Cerretti Luciana	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	55	Agriturismo La Lupaia	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	56	Azienda agricola Bernabei Giovanni	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	57	Az. Agr. Biologica Montagnana s.s.	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	58	Soc. Agricola Baratta Alessandro e Seni Monica	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	59	Api Libere	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	60	IL PUNGIGLIONE Società Cooperativa Sociale Impresa Sociale	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	61	La Peppina	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	62	Az. Agr. Paolo il Contadino	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	63	Az. Apistica La strega Rossa	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	64	Beni di Uso Civico di Giuncugnano	Silvicoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	65	Agriturismo Montagna Verde	Agricoltura	Azienda agricola
biodiversità e impollinatori	locale	66	WWF Reggio Emilia	Natura e biodiversità	associazione di categoria



biodiversità e impollinatori	locale	67	Legambiente Appennino Reggiano	Natura e biodiversità	associazione di categoria
biodiversità e impollinatori	locale	68	Legambiente Val d'Enza	Natura e biodiversità	associazione di categoria
biodiversità e impollinatori	locale	69	Legambiente Reggio Emilia	Natura e biodiversità	associazione di categoria
biodiversità e impollinatori	locale	70	Circolo Legambiente Ligonchio	Natura e biodiversità	associazione di categoria
agricoltura	locale	71	Confagricoltura Reggio Emilia	Agricoltura	associazione di categoria
agricoltura	locale	72	CIA REGGIO EMILIA (sede Castelnovo ne' Monti)	Agricoltura	associazione di categoria
agricoltura	locale	73	Coldiretti Reggio Emilia (sede Castelnovo ne' Monti)	Agricoltura	associazione di categoria
agricoltura	locale	74	ConfCooperative Reggio Emilia	Sviluppo locale	associazione di categoria
agricoltura	locale	75	Comune di Castelnovo ne' Monti (RE)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	76	Comune di Villa Minozzo (RE)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	77	Comune di Ventasso (RE)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	78	Comune di Monchio delle Corti (PR)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	79	Comune di Corniglio (PR)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	80	Comune di Filattiera (MS)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	81	Comune di Bagnone (MS)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	82	Comune di Licciana Nardi (MS)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	83	Comune di Comano (MS)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	84	Comune di Fivizzano (MS)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	85	Comune di Sillano-Giuncugnano (LU)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	86	Comune di San Romano in Garfagnana (LU)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	87	Comune di Villa Collemandina (LU)	Agricoltura	Pubblica Amministrazione
agricoltura	locale	88	Coldiretti Reggio Emilia	Agricoltura	associazione di categoria
agricoltura	locale	89	Coldiretti Reggio Emilia	Agricoltura	associazione di categoria
agricoltura	locale	90	CRPA - CENTRO RICERCHE PRODUZIONI ANIMALI	Agricoltura	Centro di ricerca o Università
agricoltura	locale	91	CRPA - CENTRO RICERCHE PRODUZIONI ANIMALI	Agricoltura	Centro di ricerca o Università
agricoltura	locale	92	CIA REGGIO EMILIA (sede Castelnovo ne' Monti)	Agricoltura	associazione di categoria



agricoltura	locale	93	Coldiretti Reggio Emilia	Agricoltura	associazione di categoria
agricoltura	locale	94	CRPA - CENTRO RICERCHE PRODUZIONI ANIMALI	Agricoltura	Centro di ricerca o Università
agricoltura	locale	95	Coldiretti Reggio Emilia	Agricoltura	associazione di categoria
agricoltura	locale	96	CIA REGGIO EMILIA (sede Castelnovo ne' Monti)	Agricoltura	associazione di categoria

Allegato III. Tabella Area target 2 - Agro Pontino

MACROTEMA	LIVELLO	DATI GENERALI		AMBITO	CATEGORIA
		N°	organizzazione		
pianificazione e sviluppo locale	locale	1	Provincia di Latina	Sviluppo locale	Pubblica Amministrazione
biodiversità e impollinatori	nazionale	2	Ente Parco Nazionale del Circeo	Natura e biodiversità	Ente parco o area protetta
pianificazione e sviluppo locale	locale	3	XIII comunità montana Lepini Ausoni	Sviluppo locale	Pubblica Amministrazione
pianificazione e sviluppo locale	locale	4	Consorzio di Bonifica	Pianificazione	Fornitori di servizi pubblici
pianificazione e sviluppo locale	locale	5	Comune di Latina	Sviluppo locale	Pubblica Amministrazione
pianificazione e sviluppo locale	locale	6	Comune di Cisterna di Latina	Sviluppo locale	Pubblica Amministrazione
pianificazione e sviluppo locale	locale	7	Comune di Sabaudia	Sviluppo locale	Pubblica Amministrazione
pianificazione e sviluppo locale	locale	8	Comune di Pontinia	Sviluppo locale	Pubblica Amministrazione



pianificazione e sviluppo locale	locale	9	Comune di Terracina	Sviluppo locale	Pubblica Amministrazione
pianificazione e sviluppo locale	locale	10	Comune di San Felice Circeo	Sviluppo locale	Pubblica Amministrazione
pianificazione e sviluppo locale	locale	12	Ce.R.S.I.Te.S - La Sapienza (Polo Pontino)	Ricerca	Centri di ricerca e Università
pianificazione e sviluppo locale	locale	13	Camera di Commercio Latina	Sviluppo locale	Camera di Commercio
biodiversità e impollinatori	locale	15	Arpa Lazio	Monitoraggio ambientale	Pubblica Amministrazione
pianificazione e sviluppo locale	locale	16	Unindustria Latina	Sviluppo locale	Sindacati
agricoltura	locale	17	Confagricoltura Latina	Sviluppo locale	Sindacati
agricoltura	locale	18	CIA Latina	Agricoltura	Sindacati
agricoltura	locale	19	Coldiretti Latina	Agricoltura	Sindacati
agricoltura	locale	20	Istituto Agrario San Benedetto	Sviluppo locale	Scuole
pianificazione e sviluppo locale	locale	21	Federlazio Latina	Sviluppo locale	Sindacati
agricoltura	locale	22	Agrilatina	Agricoltura	Aziende agricole
agricoltura	locale	23	Fondazione Roffredo Caetani	Agricoltura	Aziende agricole
agricoltura	locale	24	Strada del vino della Provincia di Latina	Sviluppo locale	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	25	Istituto Pangea	Educazione ambientale	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	26	Sempre Verde Pro Natura Latina	Educazione ambientale	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	27	La Riviera d'Ulisse - Ente Turistico di Terzo Settore	Turismo	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	28	Il sentiero società cooperativa	Turismo	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	29	Associazione Circe	Educazione ambientale	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	regionale	30	WWF LITORALE LAZIALE	Natura e biodiversità	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	31	Italia Nostra	Cultura	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	32	Legambiente Arcobaleno Pontino	Natura e biodiversità	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	33	Legambiente Verde Azzurro SUD Pontino	Natura e biodiversità	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	34	Legambiente Terracina	Natura e biodiversità	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	35	Ekoclub International Onlus	Sviluppo locale	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	36	Compagnia dei Lepini	Sviluppo locale	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	37	A.C. Cavata flumen	Turismo	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	38	Libera Università della Terra e dei Popoli APS	Sviluppo locale	Terzo Settore



pianificazione e sviluppo locale	locale	39	Slowfood Latina	Sviluppo locale	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	40	FAI Latina	Cultura	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	41	Ecomuseo Agro Pontino	Ricerca	Terzo Settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	42	Plastic Free Odv Onlus	Educazione ambientale	Terzo Settore
agricoltura	locale	43	Azienda Marco Carpineti	Agricoltura	Aziende agricole
agricoltura	locale	44	Azienda Stefano Boschetto	Agricoltura	Aziende agricole
agricoltura	locale	45	Azienda Marco Lanza	Agricoltura	Aziende agricole
agricoltura	locale	46	Azienda Dario Beccia	Agricoltura	Aziende agricole

Allegato IV. Tabella Area target 3 – Aprilia

MACROTEMA	LIVELLO	DATI GENERALI		AMBITO	CATEGORIA
		N°	ORGANIZZAZIONE		
pianificazione e sviluppo locale	locale	1	Provincia di Latina	Sviluppo locale	Pubblica Amministrazione
biodiversità e impollinatori	nazionale	2	Ente Parco Nazionale del Circeo	Natura e biodiversità	Ente parco o area protetta
pianificazione e sviluppo locale	locale	3	XIII comunità montana Lepini Ausoni	Sviluppo locale	Pubblica Amministrazione
pianificazione e sviluppo locale	locale	4	Consorzio di Bonifica	Pianificazione	Fornitori di servizi pubblici
biodiversità e impollinatori	locale	5	Azienda Apistica Ape D'Oro	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	6	Tenuta Calissoni Bulgari	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	7	Azienda Agricola Biologica di Donato Giangiolami	Agricoltura	Azienda agricola
agricoltura	locale	8	Fattoria Mardero	Agricoltura	Azienda agricola
pianificazione e sviluppo locale	locale	9	I Grado: Arturo Toscanini	Educazione ambientale	Istituto scolastico
pianificazione e sviluppo locale	locale	10	I Grado: Giovanni Pascoli	Educazione ambientale	Istituto scolastico
pianificazione e sviluppo locale	locale	11	I Grado: Gianni Orzini	Educazione ambientale	Istituto scolastico
pianificazione e sviluppo locale	locale	12	I Grado: Antonio Gramsci	Educazione ambientale	Istituto scolastico
pianificazione e sviluppo locale	locale	13	I Grado: Menotti Garibaldi	Educazione ambientale	Istituto scolastico



pianificazione e sviluppo locale	locale	14	I Grado: Giacomo Matteotti	Educazione ambientale	Istituto scolastico
pianificazione e sviluppo locale	regionale	15	Il Grado: Carlo & Nello Rosselli	Educazione ambientale	Istituto scolastico
pianificazione e sviluppo locale	regionale	16	Il Grado: Enrico Mattei	Educazione ambientale	Istituto scolastico
pianificazione e sviluppo locale	regionale	17	Il Grado: Antonio Meucci	Educazione ambientale	Istituto scolastico
pianificazione e sviluppo locale	locale	18	Proiettiamo Aprilia	Sviluppo locale	Terzo settore
pianificazione e sviluppo locale	regionale	19	Confcommercio Provincia di Latina	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	regionale	20	FIVA CONFCOMMERCIO Latina	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	regionale	21	FIVA CONFCOMMERCIO Castelli romani	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	locale	22	CONFCOMMERCIO - Aprilia	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	regionale	23	Confesercenti Latina	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	locale	24	AMBULANTI OGGI	Sviluppo locale	cittadino
pianificazione e sviluppo locale	locale	25	FIVAG CISL Settore ambulanti su aree pubbliche	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	locale	26	MERCATO COPERTO	Sviluppo locale	altro
pianificazione e sviluppo locale	locale	27	UCALP	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	locale	28	APRILIA COMMERCIO	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	locale	29	ASCOMPEA	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	locale	30	ACAP	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	locale	31	CDA FIERE Associazione senza fini di lucro	Sviluppo locale	associazione di categoria
agricoltura	regionale	32	COLDIRETTI LATINA	Sviluppo locale	associazione di categoria
agricoltura	regionale	33	Confagricoltura Latina (già Partner LIFE)	Sviluppo locale	associazione di categoria
agricoltura	regionale	34	CIA CONF.ITAL.AGRICOLTORI	Sviluppo locale	associazione di categoria
agricoltura	regionale	35	UNIONE GENERALE COLTIVATORI	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	regionale	36	Confcooperative Latina	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	regionale	37	Legacoop	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	regionale	38	Unindustria Latina	Sviluppo locale	associazione di categoria



pianificazione e sviluppo locale	nazionale	39	Confimprese Italia	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	regionale	40	Federlazio	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	regionale	41	CONFARTIGIANATO LATINA	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	locale	42	CONFARTIGIANATO - APRILIA	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	regionale	43	CASARTIGIANI LATINA	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	nazionale	44	C.N.A. Latina – Confederazione Naz.le Artigiani	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	locale	45	CNA- APRILIA	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	regionale	46	ACAI- LATINA	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	regionale	47	CLAAI - LATINA	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	nazionale	48	U.A.I. – Unione Artigiani Italiani di Latina	Sviluppo locale	associazione di categoria
pianificazione e sviluppo locale	locale	49	Comitato quartiere MONTARELLI	Sviluppo locale	cittadino
pianificazione e sviluppo locale	locale	50	Comitato quartiere AGROVERDE	Sviluppo locale	cittadino
pianificazione e sviluppo locale	locale	51	Comitato quartiere APRILIA NORD	Sviluppo locale	cittadino
pianificazione e sviluppo locale	locale	52	Comitato quartiere ISOLE	Sviluppo locale	cittadino
pianificazione e sviluppo locale	locale	53	Comitato quartiere PRIMO	Sviluppo locale	cittadino
pianificazione e sviluppo locale	locale	54	Comitato quartiere TOSCANINI	Sviluppo locale	cittadino
pianificazione e sviluppo locale	locale	55	Comitato quartiere CAMPO DI CARNE	Sviluppo locale	cittadino
biodiversità e impollinatori	locale	56	Associazione micologica botanica Aprilia - A.M.B.A.	Educazione ambientale	Terzo settore
cambiamenti climatici	locale	57	Consulgreen Aprilia	Natura e biodiversità	Terzo settore
pianificazione e sviluppo locale	locale	58	Pro-Loco di Aprilia	Sviluppo locale	Terzo settore

Allegato V. Tabella Area target 4 – Riserva Torricchio

MACROTEMA	LIVELLO	DATI GENERALI		AMBITO	CATEGORIA
		N°	organizzazione		
pianificazione e sviluppo locale	locale	1	Provincia di Macerata	Pianificazione	Pubblica Amministrazione



agricoltura	regionale	2	Coldiretti Marche	Agricoltura	associazione di categoria
biodiversità e impollinatori	regionale	3	WWF Marche	Natura e biodiversità	Centro di ricerca o Università
pianificazione e sviluppo locale	locale	4	Comune di Montecavallo	Sviluppo locale	Pubblica Amministrazione
biodiversità e impollinatori	nazionale	5	Riserva Naturale Statale Montagna di Torricchio	Natura e biodiversità	Ente parco o area protetta
agricoltura	regionale	6	"MARCHE AGRICOLTURA PESCA" Agenzia per l'innovazione nel settore agroalimentare e della pesca	Agricoltura	associazione di categoria
agricoltura	locale	7	Azienda Angeli	Agricoltura	Azienda agricola
biodiversità e impollinatori	locale	8	Eros Stampatori (apicoltore)	Agricoltura	Azienda agricola
biodiversità e impollinatori	locale	9	Corrado Grandoni (apicoltore)	Agricoltura	Azienda agricola

Allegato VI. Tabella Area target 5 – Roma Natura

MACROTEMA	LIVELLO	DATI GENERALI		AMBITO	CATEGORIA
		N°	organizzazione		
agricoltura	locale	1	Cooperativa Agricoltura Nuova	Agricoltura	Aziende agricole
agricoltura	locale	2	Cooperativa Il Trattore	Agricoltura	Aziende agricole
agricoltura	locale	3	Agriturismo Cavendo Tutus	Agricoltura	Aziende agricole
agricoltura	locale	4	Azienda Agricola Antonio Roncella	Agricoltura	Aziende agricole
agricoltura	locale	5	Azienda agricola Burrai Daniel	Agricoltura	Aziende agricole
agricoltura	locale	6	Cooperativa Cobragor	Agricoltura	Aziende agricole
biodiversità e impollinatori	regionale	7	Alpa Lazio - Associazione Laziale produttori apistici	Natura e biodiversità	PMI
biodiversità e impollinatori	regionale	8	Associazione Apicoltori Alto Lazio - AAAL	Natura e biodiversità	PMI
biodiversità e impollinatori	regionale	9	Associazione Apicoltori di Roma e Provincia AAReP	Natura e biodiversità	PMI
biodiversità e impollinatori	regionale	10	Arnia Onlus	Natura e biodiversità	PMI
biodiversità e impollinatori	regionale	11	A.S.P. Apicoltura ETS	Natura e biodiversità	PMI
biodiversità e impollinatori	regionale	12	Associazione Regionale Apicoltori Laziali - ARAL	Natura e biodiversità	PMI
biodiversità e impollinatori	regionale	13	Api Tuscia	Natura e biodiversità	PMI
biodiversità e impollinatori	regionale	14	Arcadia Onlus ODV	Natura e biodiversità	PMI
biodiversità e impollinatori	regionale	15	APS Gruppo Api Sparse - GAS	Natura e biodiversità	PMI



biodiversità e impollinatori	regionale	16	Associazione degli Apicoltori Laziali (A.D.A.L.)	Natura e biodiversità	PMI
pianificazione e sviluppo locale	locale	17	Comune di Roma	Pianificazione	Pubblica Amministrazione
pianificazione e sviluppo locale	locale	18	Città metropolitana di Roma Capitale	Pianificazione	Pubblica Amministrazione
biodiversità e impollinatori	nazionale	19	Centro Interuniversitario Biodiversità, Servizi Ecosistemici e Sostenibilità (CIRBISES), Sapienza Università di Roma	Ricerca	Centri di ricerca e Università
biodiversità e impollinatori	nazionale	20	Istituto di ecologia applicata - Sapienza Università di Roma	Ricerca	Centri di ricerca e Università
biodiversità e impollinatori	nazionale	21	Dipartimento di Biologia e Biotecnologie, Sapienza Università di Roma	Ricerca	Centri di ricerca e Università
biodiversità e impollinatori	nazionale	22	Dipartimento di Biologia Ambientale, Sapienza Università di Roma	Ricerca	Centri di ricerca e Università
biodiversità e impollinatori	nazionale	23	Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università di Firenze	Ricerca	Centri di ricerca e Università



Deliverable D.3.1 - In depth-collaborative analysis | Part 3a

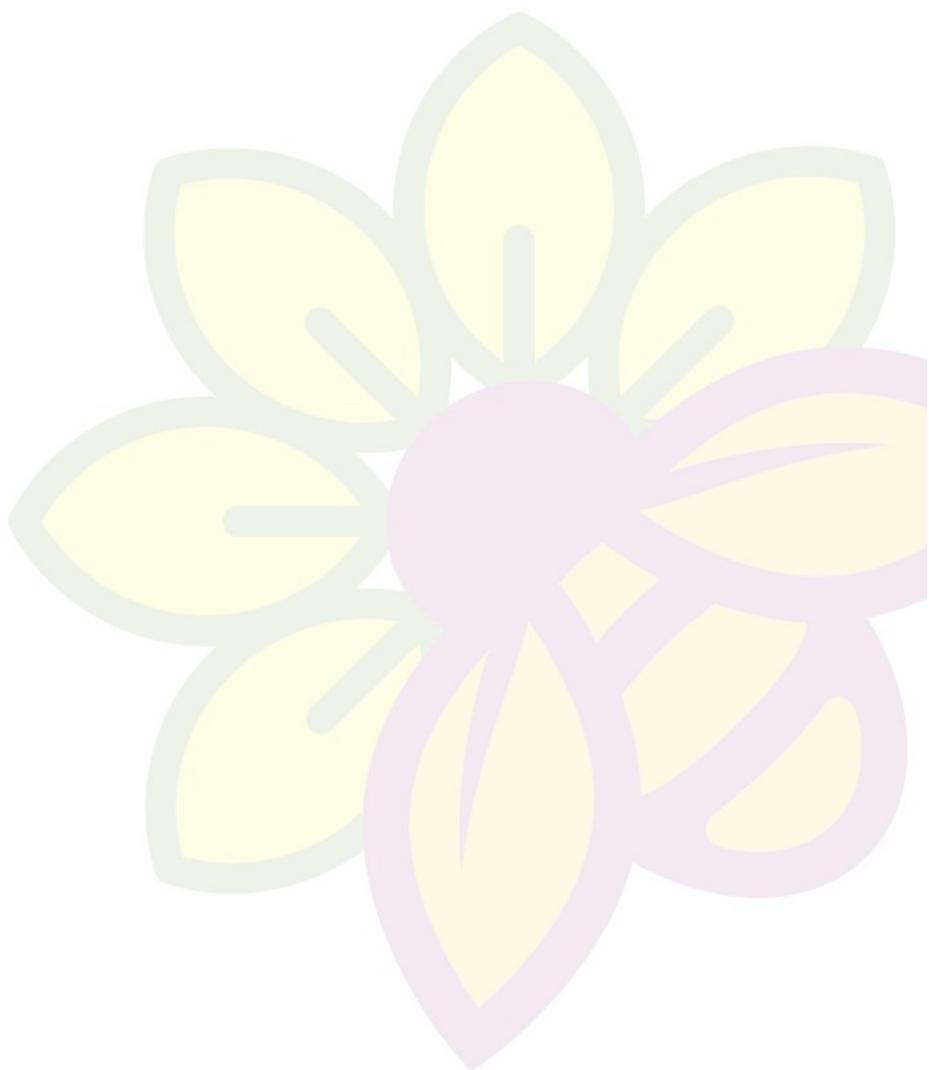
Sub-T.3.1.3a: Downscaling of climate scenarios

A cura di

**Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per la Bioeconomia (CNR-
IBE)**



LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt/101074591





SOMMARIO PARTE 3.1.3a

I - Cambiamenti climatici	50
1. Introduzione	50
2. Cambiamenti climatici e variabilità climatica nelle aree pilota	54
PNATE – Parco nazionale dell’Appennino Tosco-Emiliano	56
RNMT - Riserva naturale Montagna di Torricchio	59
RN – Roma Natura	61
PP – Pianura Pontina.....	64
Bibliografia – PARTE 3.1.3 a – Sezione I	67
II - Scenari climatici e proiezione dei possibili impatti sugli impollinatori	68
1. Analisi della vulnerabilità climatica basata sulle variabili bioclimatiche.....	68
1.1 Introduzione	68
1.2 Materiali e metodi	71
1.3 Risultati	76
2. Analisi della vulnerabilità climatica basata sugli eventi climatici estremi	87
2.1 Introduzione	87
2.2 Materiali e metodi	89
2.3 Risultati.....	94
Bibliografia PARTE 3.1.3 a – sezione II	103



I - Cambiamenti climatici

1. Introduzione

Il rapporto dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) pubblicato nel 2021 (AR6 Climate Change 2021: Le basi fisico-scientifiche © IPCC) presenta i risultati chiave delle conoscenze scientifiche sui cambiamenti climatici ed in particolare, evidenzia il fatto che il riscaldamento globale negli ultimi decenni sta avvenendo più velocemente di quanto ci potessimo aspettare, e questo deriva anche (ma non solo) da una indiscussa influenza delle attività dell'uomo sul Pianeta. I risultati presentati nel rapporto sono più solidi che in passato e oggi abbiamo una migliore comprensione anche della variazione regionale dei cambiamenti climatici.

Oltre ai risultati presentati dal Working Group 1 (WG1) dell'IPCC, sono stati pubblicati i risultati degli altri gruppi di lavoro: il WG2, che presenta la valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi e sulla biodiversità, a livello globale e locale, e delle conseguenze per il benessere delle persone e per il pianeta (Climate Change 2022: Impatti, adattamento e vulnerabilità © IPCC); il WG3 , affronta tutti gli aspetti della mitigazione, da quelli più strettamente economici a quelli politici e sociali, includendo per la prima volta un capitolo dedicato all'innovazione e al progresso tecnologico verso la decarbonizzazione (Climate Change 2022: Mitigazione dei cambiamenti climatici © IPCC). (IPCC, 2021; IPCC, 2022a; IPCC, 2022b). Infine, una sintesi di quanto presentato nei tre corposi volumi ci viene oggi offerta nel Climate Change 2023: AR6 Rapporto di sintesi (IPCC, 2023).¹

¹ Una descrizione dei rapporti e dei principali risultati in essi presentati è disponibile, in lingua italiana, a cura del Focal Point Nazionale IPCC. <https://ipccitalia.cmcc.it/>

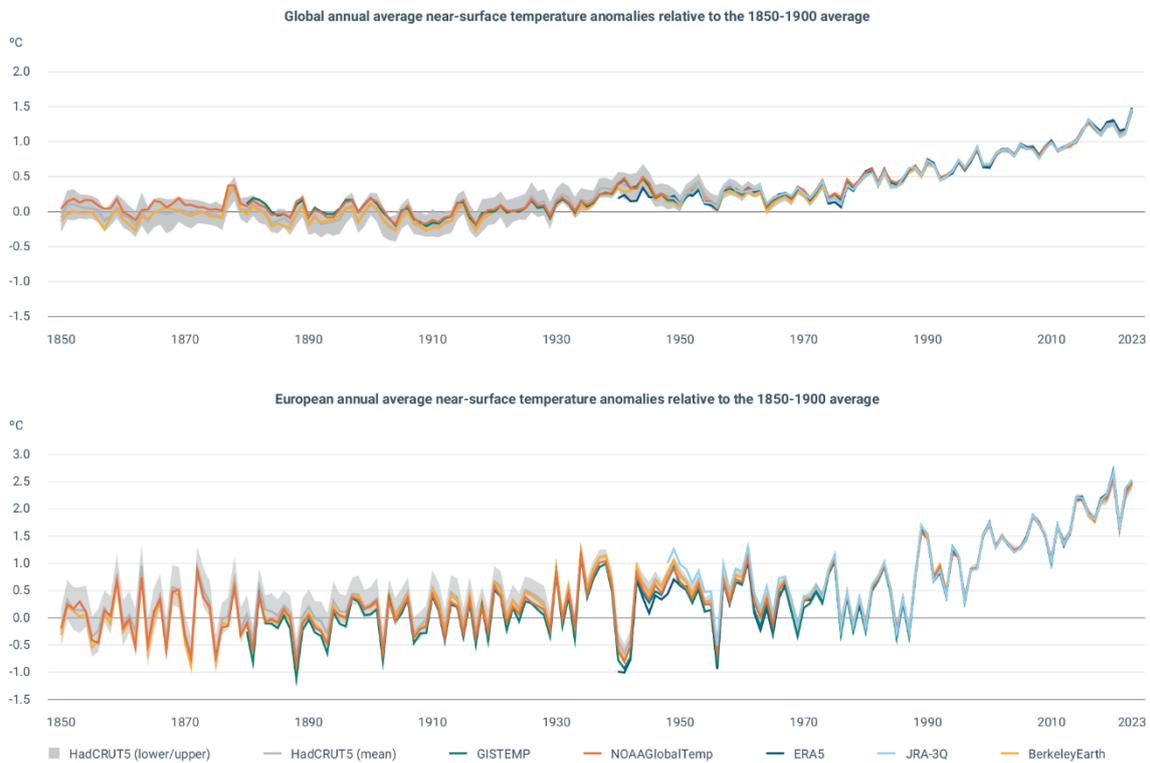


Figura I - 1 Anomalie della temperatura media annua in prossimità della superficie a livello globale (sopra) ed europeo (sotto) rispetto al periodo preindustriale 1850-1900. (Fonte: EEA. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/global-and-european-temperatures>)

Da una attenta lettura dei rapporti menzionati e della letteratura scientifica di supporto, emerge che nel Mediterraneo le temperature medie annue dell'aria sono ora più elevate di circa 1.4°C rispetto al periodo preindustriale, ben al di sopra delle attuali tendenze di riscaldamento globale (1,1 gradi centigradi) (Figura I - 1). Senza ulteriori misure di mitigazione, l'aumento della temperatura regionale sarà di 2.2°C nel 2040, probabilmente superiore ai 3.8°C in alcune regioni nel 2100. Un tale aumento della temperatura media a livello regionale ha conseguenze evidenti sugli eventi estremi, la loro frequenza, intensità e distribuzione. Negli ultimi decenni, nella Regione Mediterranea abbiamo avuto un aumento delle precipitazioni intense, una diminuzione delle ondate di freddo (ma non sono mancate le gelate, anche tardive); un aumento delle ondate di calore e di periodi con temperature molto elevate; un aumento della frequenza e durata dei periodi siccitosi; ed un aumento di episodi di mareggiate. Scenari climatici relativi al nostro Paese indicano un aumento della temperatura fino a 2°C nel periodo 2021-2050 (rispetto a 1981-2010), valore che, nello scenario peggiore, potrebbe raggiungere i 5°C; una diminuzione delle



precipitazioni estive nelle regioni del centro e del sud e sulle isole maggiori, ma anche un aumento di eventi precipitazioni intense. La maggioranza degli scenari indica infine un aumento del numero di giorni caldi e dei periodi senza pioggia.

Lo stesso quadro emerge da un recente rapporto della World Meteorological Organization (WMO, 2022) che ha evidenziato che negli ultimi 30 anni, le temperature in Europa sono aumentate di oltre il doppio della media globale, la più alta di qualsiasi continente al mondo e che, in futuro, in base agli scenari climatici:

- Indipendentemente dai futuri livelli di riscaldamento globale, le temperature aumenteranno in tutte le aree europee a un ritmo superiore rispetto alle variazioni medie globali della temperatura, in modo simile a quanto osservato in passato.
- La frequenza e l'intensità degli eventi di caldo estremo, comprese le ondate di calore marine, sono aumentate negli ultimi decenni e si prevede che continueranno ad aumentare indipendentemente dallo scenario delle emissioni di gas serra. Si prevede che le soglie critiche rilevanti per gli ecosistemi e l'uomo saranno superate per un riscaldamento globale di 2 °C e superiore.
- Le osservazioni hanno un andamento stagionale e regionale coerente con l'aumento previsto delle precipitazioni in inverno nell'Europa settentrionale. Si prevede una diminuzione delle precipitazioni in estate nel Mediterraneo che si estenderà alle regioni settentrionali. Si prevede che le precipitazioni estreme e le inondazioni aumenteranno per un livello di riscaldamento globale superiore a 1,5°C in tutte le regioni ad eccezione del Mediterraneo.

Il quadro del clima in Italia elaborato annualmente dal Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente² rimarca come a partire dal 2000, le anomalie rispetto alla base climatologica 1991-2020 sono state quasi sempre positive (Figura I - 2): fanno eccezione quattro anni (2004, 2005, 2010 e 2013); il 2023 è stato inoltre il decimo anno consecutivo con anomalia positiva rispetto alla norma (+1.14°C), e intense onde di calore estive hanno interessato pressoché tutto il territorio (Figura I - 3).

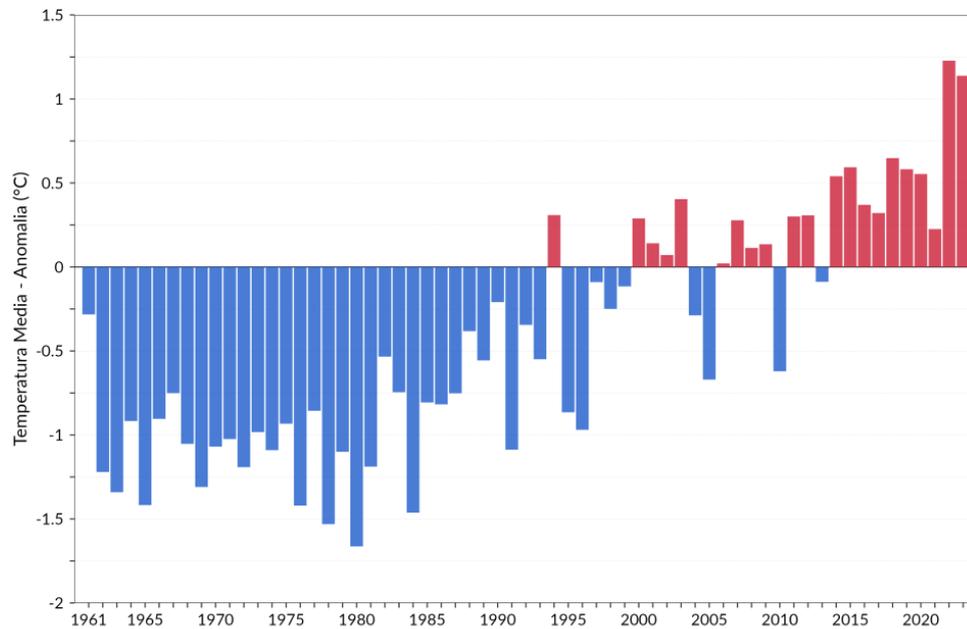


Figura I - 2 Serie delle anomalie medie in Italia della temperatura media rispetto al valore normale 1991-2020. (Fonte: Elaborazione ISPRA su dati SCIA.)

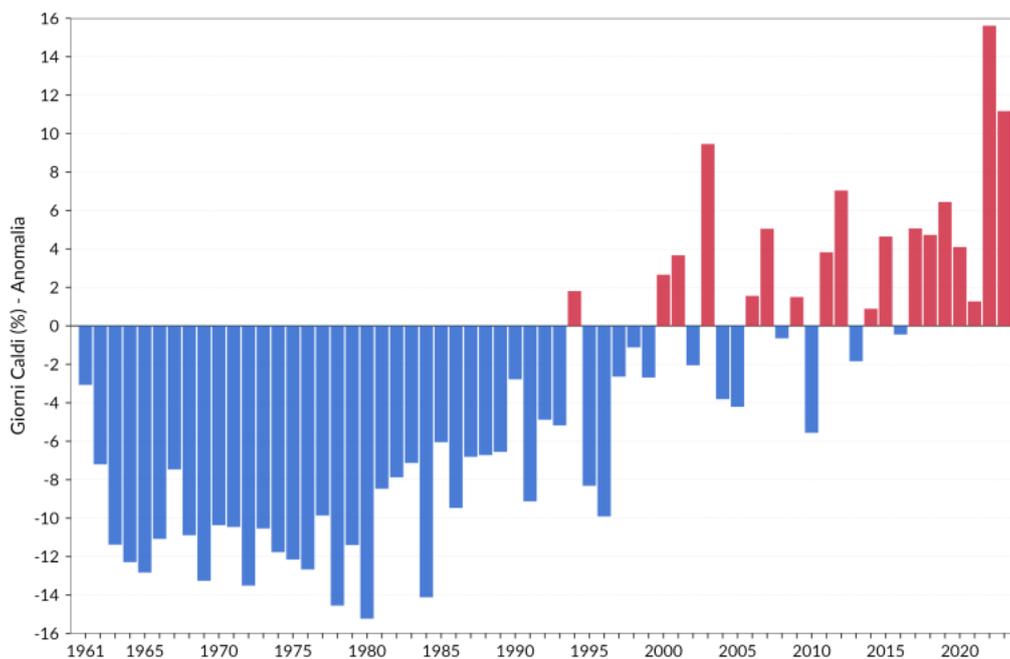


Figura I - 3 Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni caldi in Italia (TX90p)13, espresso in % di giorni/anno, rispetto al valore normale 1991-2020. (Fonte: Elaborazione ISPRA su dati SCIA.)



Per quanto riguarda le precipitazioni, le cumulate annuali mostrano anomalie negative, culminate con il grave deficit del 2022 (-22%). Siccità severa ed estrema sono condizioni che si riscontrano ormai spesso sul territorio italiano, seppure in modo non omogeneo spazialmente e temporalmente, così come frequenti e particolarmente disastrose sono state le alluvioni che hanno colpito l'Italia negli ultimi decenni- A tal proposito si pensi, ad esempio, ai due eventi che hanno colpito i territori centro-orientali dell'Emilia-Romagna nel maggio 2023, solo per citare i più recenti.

2. Cambiamenti climatici e variabilità climatica nelle aree pilota

La sperimentazione del progetto LIFE BEEadapt interessa le seguenti aree pilota rappresentate in Figura I - 4: il Parco nazionale dell'Appennino tosco-emiliano (Toscana ed Emilia-Romagna); la Riserva naturale "Montagna del Torricchio" (Marche); le aree naturali protette di Roma Natura, le aree urbane del Comune di Aprilia e le aree agricole dell'Agro Pontino (Lazio).

Una descrizione più dettagliata delle aree viene riportata nella seconda parte del documento, mentre nel seguito del presente paragrafo si descrivono i cambiamenti climatici in atto nelle diverse aree.



Figura I - 4 Aree pilota del progetto

Molto schematicamente, di seguito si riportano per ciascuna area i tipi di clima secondo la classificazione climatica classica di Köppen-Geiger la cui classificazione globale per il periodo recente (1986-2016) e per il futuro (2071-2100) è rappresentata Figura I - 5 dove sono riportate solo le classi maggiori e non i sottotipi (Cui et al, 2021). Se analizziamo i cambiamenti nell'area Mediterranea e sud-Europea caratterizzata da un

clima temperato (Classe C) è stata identificata una estensione verso i poli dell'areale nel quale la classe prevalente è la C. In futuro potremo aspettarci che una parte considerevole della zona oggi in classe C ricadrà in sottotipi climatici più caldi e secchi propri delle zone climatiche tropicali e aride (A) e (B).

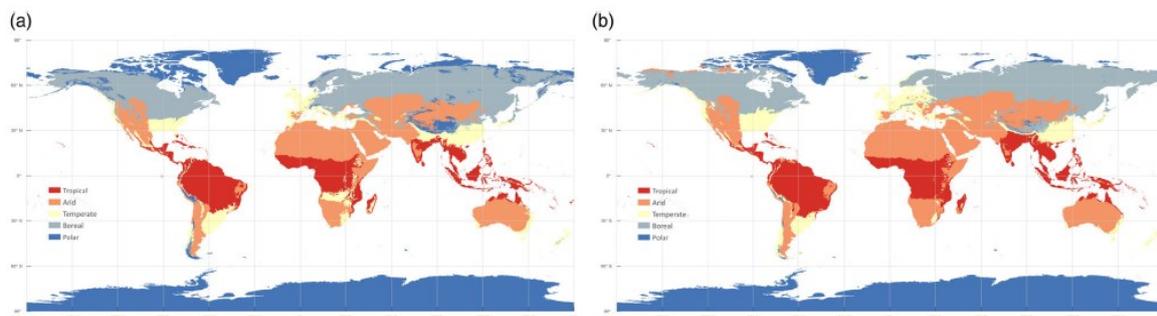


Figura 1 - 5 Distribuzione globale delle maggiori zone climatiche secondo Köppen-Geiger per il periodo recente (1980–2016) e per il futuro (2071-2100)

Il Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano (PNATE) si trova tra le regioni Toscana ed Emilia-Romagna e si sovrappone a quattro riserve naturali statali e 16 siti Natura 2000. L'area del PNATE (Parco Nazionale più le riserve connesse) include quattro tipi di clima: Csa, Csb, Csc e Cfc con prevalenza di estati calde e secche e inverni freschi e umidi.

La Riserva Naturale Montagna di Torricchio (RNMT) si trova negli Appennini Umbria-Marche dell'Italia centrale e si sovrappone a tre siti Natura 2000 e presenta un clima Csc, con estati calde e secche e inverni freschi e umidi.

Roma Natura (RN), l'Ente per la Gestione delle Aree Protette di Roma, sovrintende oltre 146,630 km² di terre protette all'interno della città, che vanno dai 7 ai 156 metri s.l.m. Le aree protette di Roma Natura hanno un clima Csa, ovvero temperato caldo con estati secche e calde.

La Pianura Pontina (PP) comprende in realtà due diverse aree: l'Agro Pontino ed il Comune di Aprilia ed ha subito un vasto progetto di bonifica durante gli anni '20, che ha modificato significativamente la sua idrografia, topografia e biodiversità e, seppur solo localmente, il clima dell'area e presenta oggi un clima Csa, ovvero temperato caldo con estati secche e calde.



PNATE – Parco nazionale dell’Appennino Tosco-Emiliano

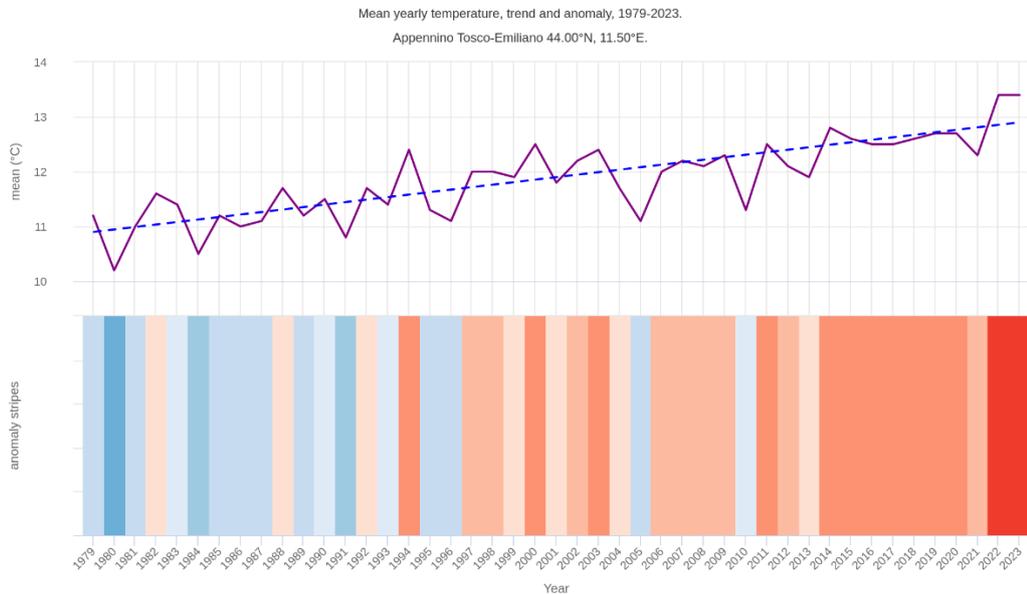


Figura I - 6 Appennino Tosco-Emiliano - Temperatura media annuale (tendenza ed anomalia) per il periodo 1979-2023.

Il grafico in alto mostra una stima della temperatura media annuale per l’area dell’Appennino Tosco-Emiliano. La linea di tendenza (in blu), in salita da sinistra a destra, indica che la variazione della temperatura è positiva e l’area sta diventando in media più calda. Nella parte inferiore il grafico mostra le cosiddette strisce di riscaldamento. Ogni striscia colorata rappresenta la temperatura media di un anno - blu per gli anni più freddi e rosso per quelli più caldi e la scala va da -1.4°C (anno 1980) a +1.8°C (anni 2022, 2023).

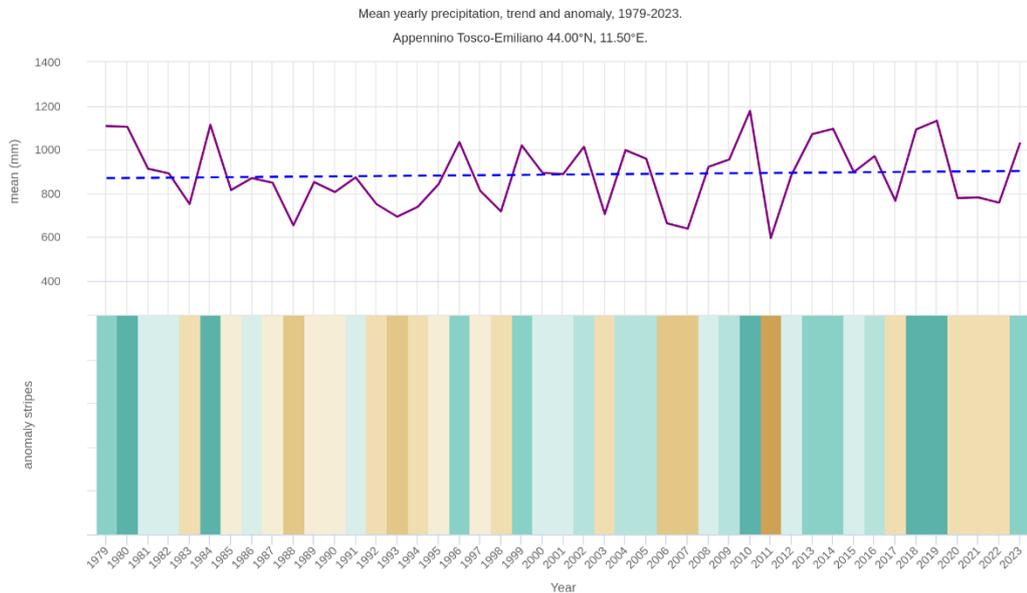


Figura I - 7 Appennino Tosco-Emiliano - Precipitazione media annuale (tendenza e anomalia) per il periodo 1979-2023.

Il grafico in alto mostra una stima delle precipitazioni totali medie per l'area dell'Appennino Tosco-Emiliano e dintorni. La tendenza lineare delle precipitazioni: nel caso in esame (linea blu pressoché orizzontale) non indica alcuna tendenza definita. Nella parte inferiore il grafico mostra le cosiddette strisce di precipitazione. Ogni striscia colorata rappresenta la precipitazione totale di un anno - verde per gli anni più umidi e marrone per quelli più secchi e la scala va da -265mm (anno 2011) a +304mm (anno 2010).

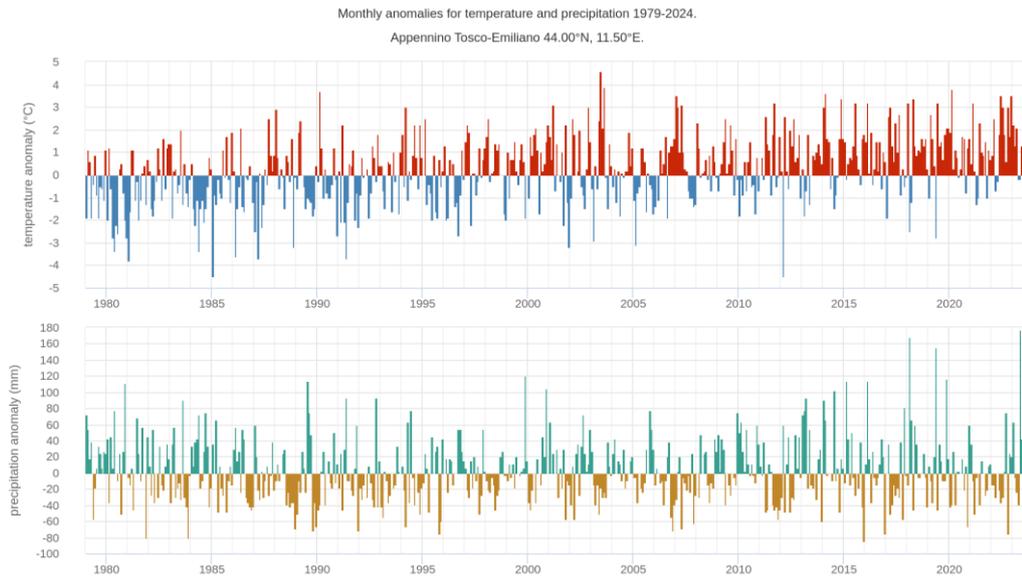


Figura I - 8 Appennino Tosco-Emiliano – Anomalie mensili di temperatura e precipitazione 1979-2024.

Il grafico in alto mostra l'anomalia mensile della temperatura per il periodo 1979-2023 calcolata rispetto al trentennio di riferimento 1980-2010. I mesi con anomalia positiva e negativa sono indicati, rispettivamente, in rosso e blu.

Il grafico in basso mostra l'anomalia mensile delle precipitazioni per il periodo 1979-2023 calcolata rispetto al trentennio di riferimento 1980-2010. In verde sono i mesi più piovosi mentre il colore marrone indica mesi più secchi del normale.

RNMT - Riserva naturale Montagna di Torricchio

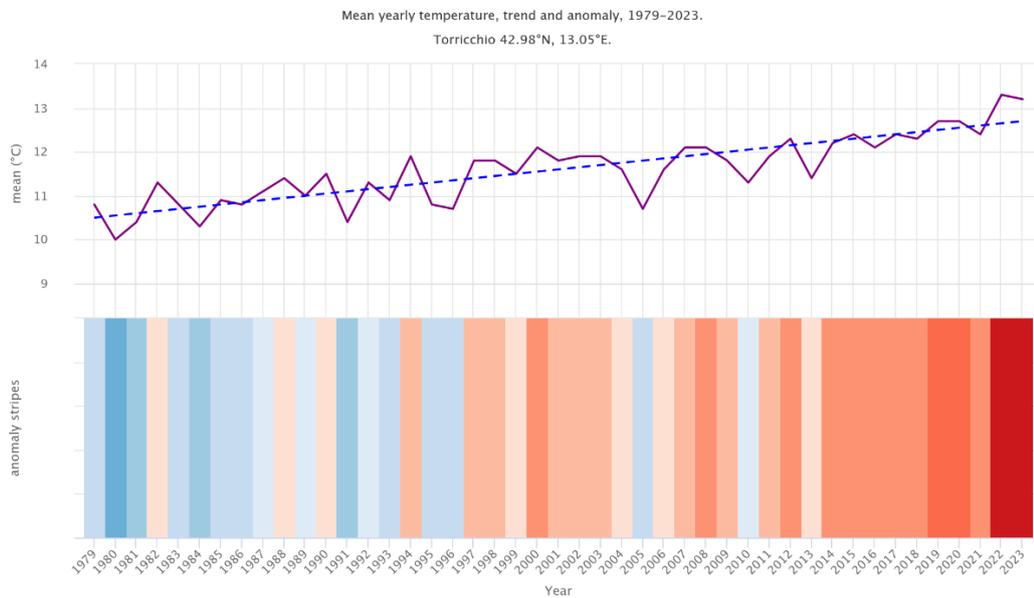


Figura I - 9 Riserva naturale Montagna di Torricchio - Temperatura media annuale (tendenza ed anomalia) per il periodo 1979-2023.

Il grafico in alto mostra una stima della temperatura media annuale per l'area della Riserva naturale Montagna di Torricchio, nelle Marche. La linea di tendenza (in blu), in salita da sinistra a destra, indica che la variazione della temperatura è positiva e l'area sta diventando in media più calda. Nella parte inferiore il grafico mostra le cosiddette strisce di riscaldamento. Ogni striscia colorata rappresenta la temperatura media di un anno: blu per gli anni più freddi e rosso per quelli più caldi e la scala va da -1.3°C (anno 1980) a +2.0°C (anno 2022).

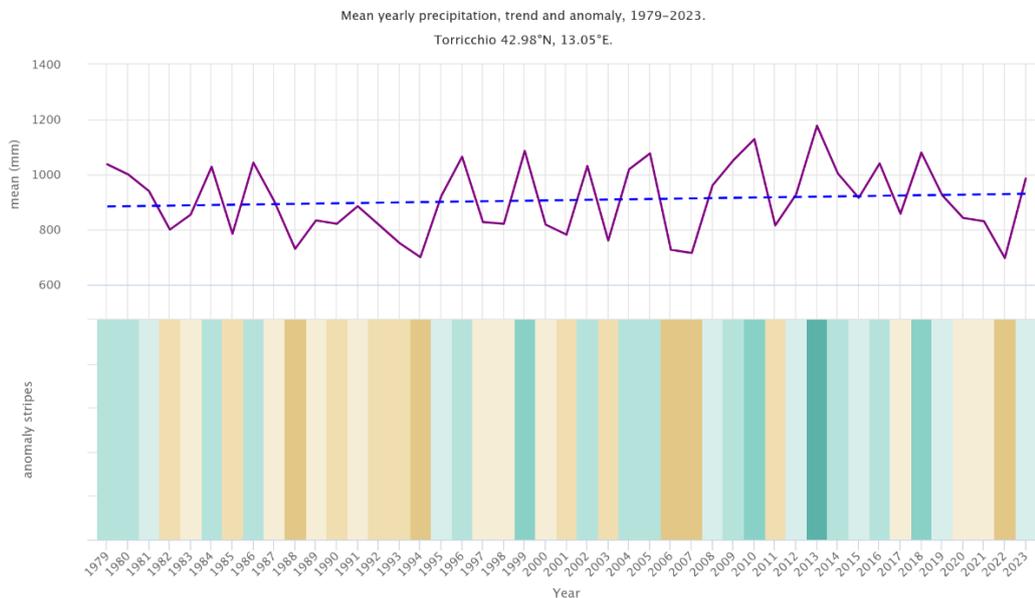


Figura I - 10 Riserva naturale Montagna di Torricchio - Precipitazione media annuale (tendenza ed anomalia) per il periodo 1979-2023.

Il grafico in alto mostra una stima delle precipitazioni totali medie per l'area della Riserva naturale Montagna di Torricchio. La tendenza lineare delle precipitazioni: nel caso in esame (linea blu leggermente in salita da sinistra verso destra) la variazione delle precipitazioni è positiva e le precipitazioni annue totali stanno aumentando nell'area.

Tuttavia, solo una analisi più approfondita dei dati giornalieri raccolti nell'area potrebbe dare indicazioni sulle caratteristiche di queste precipitazioni (numero di giorni piovosi, intensità delle piogge, durate dei periodi umidi e secchi, ecc). *A tale scopo, sono stati richiesti al partner di progetto Uni Cam, e di recente ottenuti, dati puntuali giornalieri di parametri meteorologici. Le analisi su tali serie temporali sono ora in corso ed i risultati verranno presentati in altro rapporto.*

Nella parte inferiore il grafico mostra le cosiddette strisce di precipitazione. Ogni striscia colorata rappresenta la precipitazione totale di un anno - verde per gli anni più umidi e marrone per quelli più secchi e la scala va da -200.8mm (anno 2022) a +255.5mm (anno 2013).

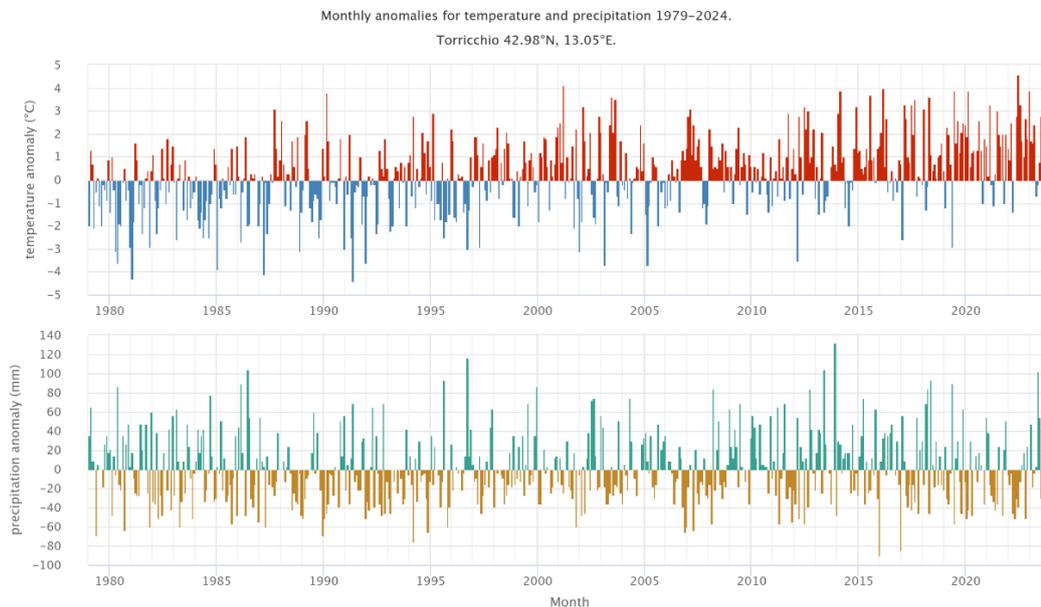


Figura I - 11 Riserva naturale Montagna di Torricchio – Anomalie mensili di temperatura e precipitazione 1979-2024.

Il grafico in alto mostra l'anomalia mensile della temperatura per il periodo 1979-2023 calcolata rispetto al trentennio di riferimento 1980-2010. I mesi con anomalia positiva e negativa sono indicati, rispettivamente, in rosso e blu.

Il grafico in basso mostra l'anomalia mensile delle precipitazioni per il periodo 1979-2023 calcolata rispetto al trentennio di riferimento 1980-2010. In verde sono i mesi più piovosi mentre il colore marrone indica mesi più secchi del normale.

RN – Roma Natura

Per l'area metropolitana di Roma, dalle elaborazioni su dati ISTAT riportate nel Piano clima Roma pubblicato nel 2024, riferendoci agli anni 1971-2021, emerge una tendenza alla crescita della temperatura media. In particolare, rispetto al valore medio di temperatura del periodo di riferimento 1971-2000, il cosiddetto CLINO, pari a 15,6°C, le temperature medie annuali hanno iniziato a crescere rapidamente a partire dagli anni 90. Dagli anni 2000, prosegue la tendenza all'aumento della temperatura media annua: nel primo decennio, nel 2003, l'anno della prima lunga ondata di calore estivo che ha interessato tutto il Mediterraneo e l'Europa, la media annuale raggiunge il valore di 17°C, con un'anomalia intorno a +1,5°C sul CLINO 1971-2000 mentre nel secondo decennio per quattro anni viene superato il valore medio annuo di 18°C. Un generale aumento si nota anche nella medie delle temperature minime e massime.



Per quanto riguarda le precipitazioni, queste mostrano una spiccata variabilità interannuale rispetto al valore cumulato medio calcolato sul CLINO: 807 mm e una sempre maggior frequenza di anomalie negative a partire da metà degli anni '90 in poi con valori anche significativi (si veda, ad esempio, gli anni 2001, 2003, 2007)

Nel periodo più recente, 2011-2021, essa presenta un valore medio di quasi 783 mm, segnando anomalie negative rispetto al CLINO 1971-2010 per sei degli anni del periodo (2011, 2012, 2015, 2016, 2017 e 2020). In particolare, il 2017 è stato l'anno meno piovoso con circa 527 mm (-280 mm sul CLINO 1981-2000) insieme al 2020 (601 mm, -206 mm sul valore climatico) e al 2022 (666 mm, -180 mm sul valore climatico), mentre i più piovosi il 2014 con 1.116 mm (anomalia intorno a +309 mm) e il 2018 (1140 mm, con anomalie di +280 mm).

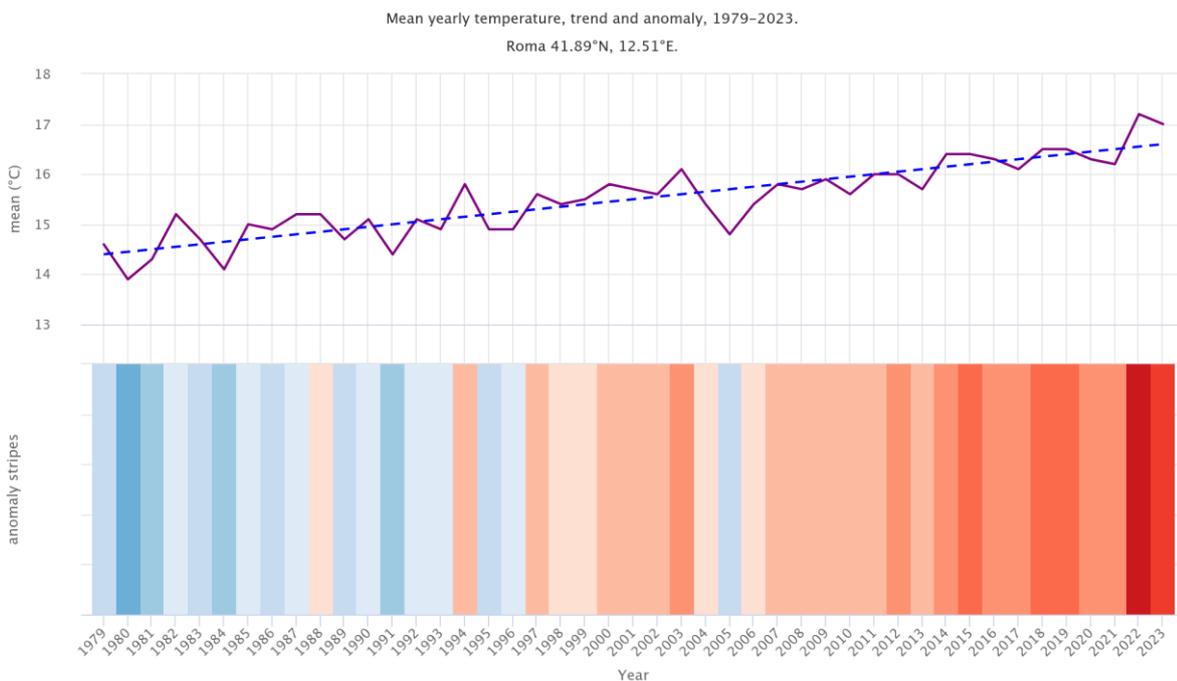


Figura I - 12 Roma area metropolitana - Temperatura media annuale (tendenza ed anomalia) per il periodo 1979-2023.

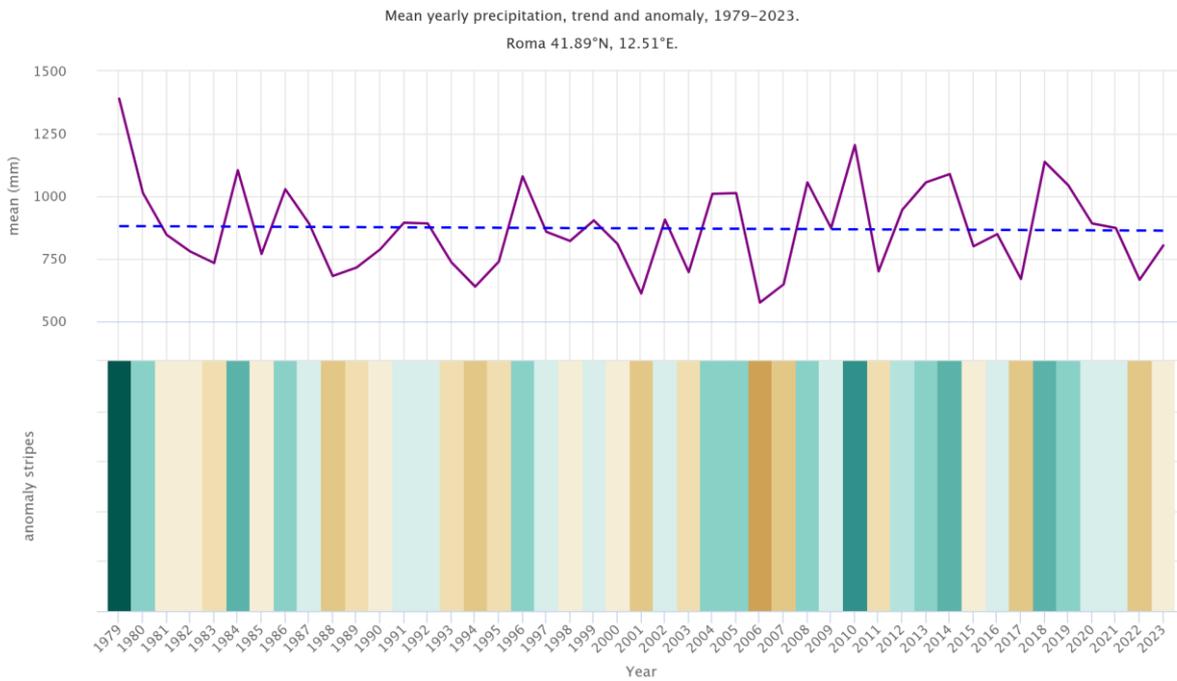


Figura I - 13 Roma area metropolitana - Precipitazione media annuale (tendenza ed anomalia) per il periodo 1979-2023.

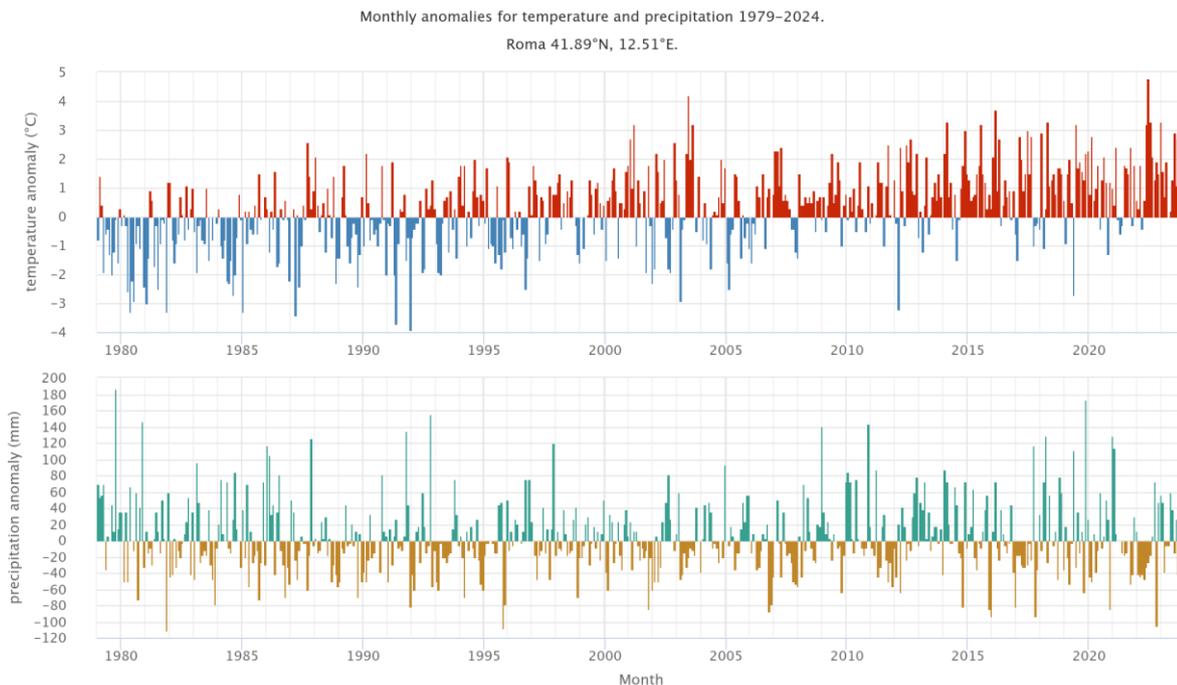


Figura I - 14 Roma area metropolitana – Anomalie mensili di temperatura e precipitazione 1979-2024.



Anche nel caso di Roma, una analisi delle serie giornaliere di temperatura e precipitazione mostra una diversa distribuzione nel periodo recente degli eventi estremi, con ondate di calore estive precoci, già nel mese di maggio, ma che protraggono anche fino ad inizio autunno, ed un numero importante di precipitazioni intense, come peraltro evidenziato anche nel rapporto di Spano et al (2021): 42 eventi estremi nel periodo 2010 – 2020, registrati nell'area romana.

PP – Pianura Pontina

Nel caso della Pianura Pontina che comprende l'Agro Pontino ed il Comune di Aprilia, quest'ultimo è stato preso come rappresentativo, da un punto di vista climatico, dell'intero areale.

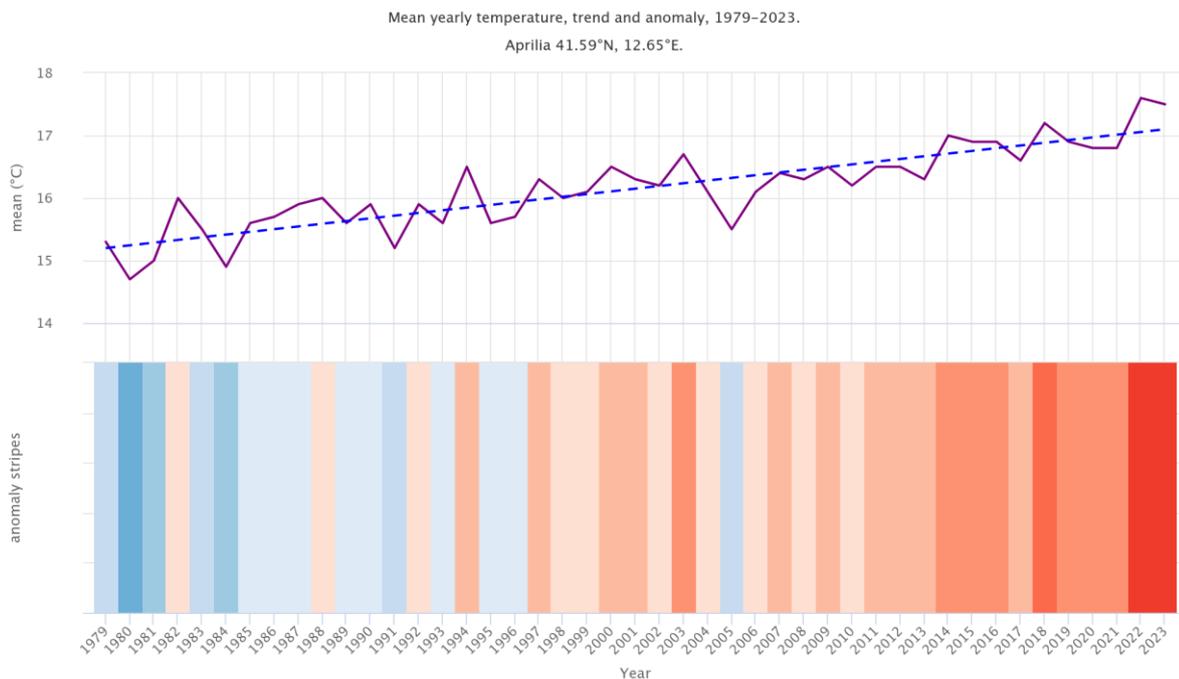


Figura I - 15 Aprilia - Temperatura media annuale (tendenza ed anomalia) per il periodo 1979-2023.

Il grafico in alto mostra una stima della temperatura media annuale per la Pianura Pontina, nel Lazio. La linea di tendenza (in blu), in salita da sinistra a destra, indica che la variazione della temperatura è positiva e l'area sta diventando in media più calda. Nella parte inferiore il grafico mostra le cosiddette strisce di riscaldamento. Ogni striscia colorata rappresenta la temperatura media di un anno: blu per gli anni più freddi e rosso per quelli più caldi e la scala va da -1.3°C (anno 1980) a +1.7°C (anno 2022) ed un valore medio annuale salito da circa 14,7°C ad oltre 17,5°C.

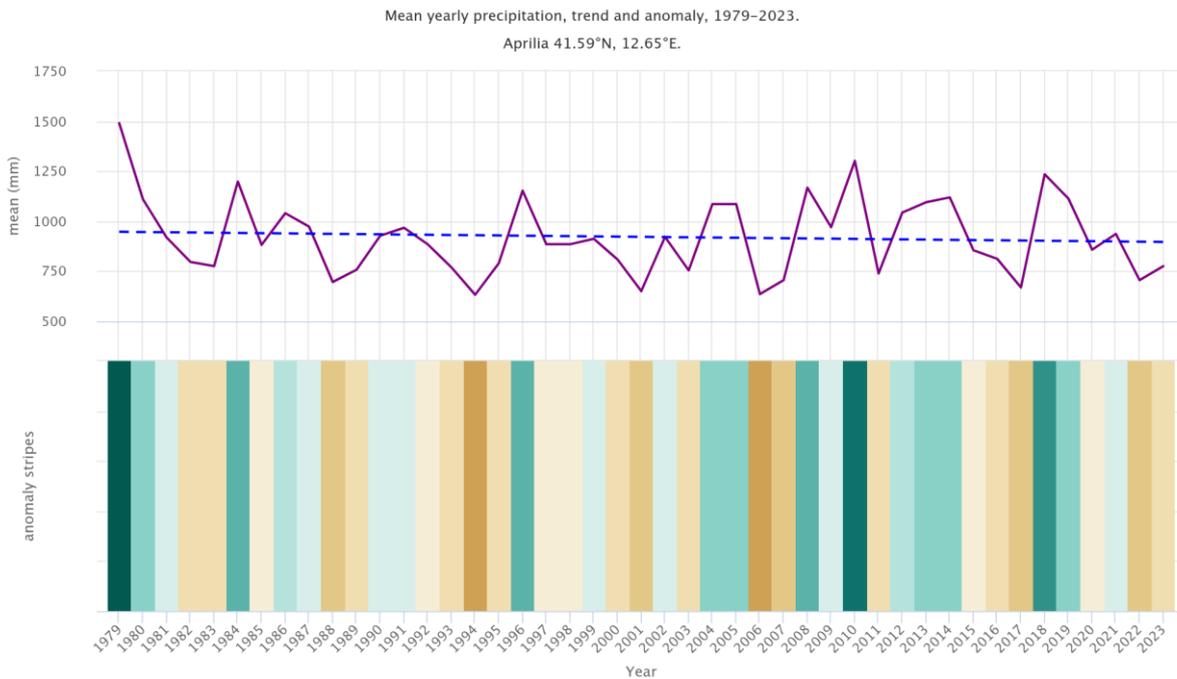


Figura I - 16 Aprilia - Precipitazione media annuale (tendenza ed anomalia) per il periodo 1979-2023.

Il grafico in alto mostra una stima delle precipitazioni totali medie per la Pianura Pontina, nel Lazio. La tendenza lineare delle precipitazioni: nel caso in esame (linea blu leggermente in salita da sinistra verso destra) la variazione delle precipitazioni è positiva e le precipitazioni annue totali stanno aumentando nell'area.

Nella parte inferiore il grafico mostra le cosiddette strisce di precipitazione. Ogni striscia colorata rappresenta la precipitazione totale di un anno - verde per gli anni più umidi e marrone per quelli più secchi e la scala va da -255mm (anni 1994, 2006), a +578mm (anno 1979). Dal grafico si evince una alta variabilità interannuale in termini di precipitazione media annua compresa fra poco più di 600 mm/anno a oltre 1200 mm/anno.

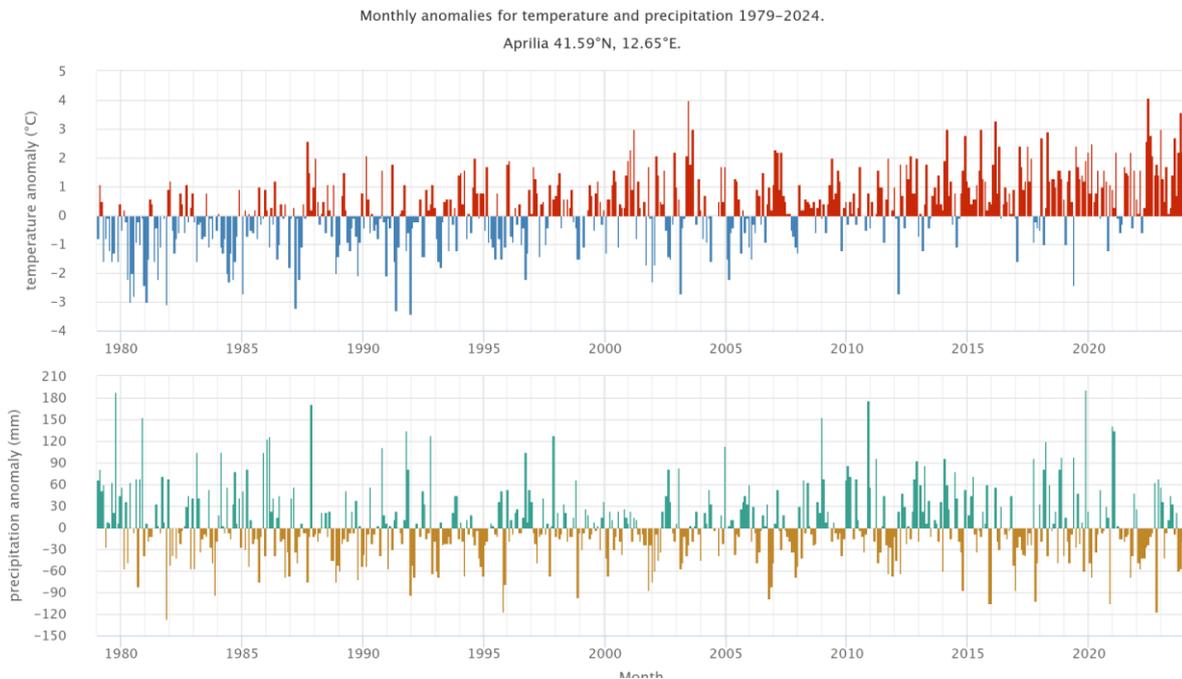


Figura I - 17 Aprilia – Anomalie mensili di temperatura e precipitazione 1979-2024.

Il grafico in alto mostra l'anomalia mensile della temperatura per il periodo 1979-2023 calcolata rispetto al trentennio di riferimento 1980-2010. I mesi con anomalia positiva e negativa sono indicati, rispettivamente, in rosso e blu.

Il grafico in basso mostra l'anomalia mensile delle precipitazioni per il periodo 1979-2023 calcolata rispetto al trentennio di riferimento 1980-2010. In verde sono i mesi più piovosi mentre il colore marrone indica mesi più secchi del normale.

Assieme ad una alta variabilità interannuale in termini di precipitazione media annua si ipotizza (analisi in corso) una diversa distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno con un numero inferiore di giorni piovosi nel periodo recente, ma con intensità maggiore, come, almeno parzialmente, mostra il grafico dei valori mensili.



Bibliografia – PARTE 3.1.3 a – Sezione I

- Cui, D., Liang, S., & Wang, D. (2021). Observed and projected changes in global climate zones based on Köppen climate classification. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 12(3), e701.
- IPCC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- IPCC, 2022a. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- IPCC, 2022b. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
- IPCC, 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the IPCC [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>.
- ISTAT, 2023. Temperatura e precipitazione delle città capoluogo negli anni 1971-2021. <https://www.istat.it/informazioni-sulla-rilevazione/rilevazione-dati-meteoclimatici-ed-idrologici-anno-2017/>
- Piano Clima Roma, 2024. Proposta di strategia di adattamento climatico. <https://www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/Strategia-adattamento-climatico.pdf>
- SNPA, 2024. Il clima in Italia nel 2023. Report ambientali SNPA n. 42/2024 – ISBN 978-88-448-1217-1 <https://www.isprambiente.gov.it/it/istituto-informa/comunicati-stampa/anno-2024/clima-nuovo-record-nel-2023-1-20degc-le-temperature-minime>
- Spano D., Mereu V., Bacciu V., Barbato G., Buonocore M., Casartelli V., Ellena M., Lamesso E., Ledda A., Marras S., Mercogliano P., Monteleone L., Mysiak J., Padulano R., Raffa M., Ruiu M.G.G., Serra V., Villani V., 2021. "Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in sei città italiane". DOI: 10.25424/cmcc/analisi_del_rischio_2021
- WMO, 2022. Temperatures in Europe increase more than twice global average. <https://wmo.int/news/media-centre/temperatures-europe-increase-more-twice-global-average>



II - Scenari climatici e proiezione dei possibili impatti sugli impollinatori

Le farfalle diurne e le api svolgono un ruolo fondamentale come impollinatori negli ecosistemi naturali e sono cruciali per la produttività degli agro-ecosistemi. È preoccupante che sempre più studi suggeriscano che il cambiamento climatico potrebbe causare l'estinzione e il declino degli insetti impollinatori a livello mondiale. Per pianificare la loro conservazione e gli sforzi di mitigazione del clima, è essenziale comprendere quali specie e aree siano più vulnerabili ai cambiamenti climatici. Il progetto LIFE "BEEadapt" mira a migliorare la resilienza climatica degli impollinatori in quattro aree dell'Italia centrale, che comprendono aree protette e una vasta gamma di ecosistemi naturali e agro-ecosistemi. Abbiamo utilizzato modelli di distribuzione delle specie (Maxent) e due scenari contrastanti per il 2050: uno basato su pratiche sostenibili e l'altro sullo sviluppo dei combustibili fossili, per valutare i potenziali impatti dei cambiamenti climatici e degli eventi climatici estremi su 145 specie di farfalle e 17 di api presenti in queste aree. Abbiamo scoperto dei pattern di vulnerabilità tra le farfalle: le specie di pianura e generaliste tendono ad espandere il loro areale in entrambi gli scenari, mentre le specie di montagna e specialistiche potrebbero subire una riduzione della loro idoneità, specialmente nello scenario dei combustibili fossili. Riguardo le api, i dati di partenza non sono abbastanza esaustivi da portare a risultati altrettanto solidi, ma concordanti nell'individuare diffuse vulnerabilità all'interno delle aree di studio. I nostri risultati forniscono informazioni essenziali per stabilire le priorità di conservazione e orientare le strategie di mitigazione nel contesto del progetto BEEadapt. Misure di conservazione come il ripristino degli habitat e il miglioramento della connettività saranno cruciali per garantire la sopravvivenza a lungo termine di queste popolazioni di impollinatori.

1. Analisi della vulnerabilità climatica basata sulle variabili bioclimatiche

1.1 Introduzione

Il cambiamento climatico causato dall'uomo rappresenta una seria minaccia per la biodiversità della Terra, che deve affrontare contrazioni, frammentazioni e spostamenti degli habitat (Cowie et al., 2022; Pecl et al., 2017). Questo fenomeno senza precedenti, che si è verificato nell'arco di decenni anziché millenni, si contrappone nettamente ai cambiamenti ambientali del passato (Pecl et al. 2017; Cowie et al. 2022). La regione mediterranea, con le sue specie diversificate e adattate localmente, è particolarmente vulnerabile ai cambiamenti climatici (Di Nuzzo et al., 2021; Diaz et al., 2003). Queste specie potrebbero subire significativi cambiamenti nella loro idoneità climatica, mentre la



loro capacità di seguirli e/o adattarsi alle nuove condizioni rimane altamente incerta (Elsen & Tingley, 2015).

Api e farfalle, principali specie impollinatrici che svolgono un ruolo importante nel funzionamento di molti ecosistemi e sono necessarie per la produzione di numerose colture a livello mondiale, sono particolarmente minacciate dai cambiamenti climatici (Hill et al., 2021; Soroye et al., 2020). Le popolazioni di impollinatori sono diminuite negli ultimi anni a causa del cambiamento climatico e di altre attività umane, sollevando serie preoccupazioni sul futuro delle specie e dei servizi ecosistemici che forniscono (Nath et al., 2023). Per essere efficaci, le azioni di conservazione degli impollinatori devono essere proattive e basate su stime affidabili degli impatti dei cambiamenti climatici (Arneeth et al., 2020; Guisan et al., 2013).

I modelli di distribuzione delle specie (SDM) sono emersi come potenti strumenti per anticipare gli effetti del cambiamento climatico sulla biodiversità. Questi modelli utilizzano algoritmi statistici per correlare le presenze delle specie con le caratteristiche climatiche occupate dalle stesse (Guisan et al., 2017). Modellando i requisiti climatici delle specie, gli SDM possono proiettare l'idoneità delle condizioni climatiche sia per il presente che per il futuro, utilizzando scenari di cambiamento climatico. I potenziali cambiamenti di distribuzione dovuti al cambiamento climatico sono frequentemente quantificati utilizzando gli SDM (Guisan et al., 2017; Lake et al., 2020) con risultati affidabili (Santini et al., 2021).

Per costruire tali modelli, i dati sulle specie possono essere ottenuti tramite il lavoro sul campo degli esperti (Ríos-Saldaña et al. 2018) e banche dati online come la Global Biodiversity Information Facility, che raccoglie e armonizza dati provenienti da diverse fonti come università, musei e piattaforme di citizen science. Dopo una valida e attenta verifica, queste fonti possono fornire dati utili per la costruzione degli SDM (Johnston et al., 2022; Nelson & Ellis, 2019). Tuttavia, questo tipo di dati è solitamente soggetto a bias di campionamento, con il numero di presenze proporzionale allo sforzo di campionamento (Barber et al., 2022). Questo è di solito più elevato nelle aree protette, che sono tipicamente oggetto di maggiori indagini e progetti di monitoraggio rispetto alle aree non protette (Beck et al., 2014).

Le aree protette sono componenti cruciali della conservazione della biodiversità globale, proteggendo le specie dalla perdita e degrado dell'habitat, anche quando questi fenomeni sono esacerbati dal cambiamento climatico (Hole et al., 2009). Tuttavia, sorgono preoccupazioni sulla loro efficacia a lungo termine a causa dei confini statici e dei potenziali spostamenti delle aree di distribuzione delle specie verso condizioni climatiche più favorevoli (Araujo et al., 2011). È quindi necessario promuovere pratiche sostenibili in grado di garantire la persistenza delle specie anche nelle aree non protette (Dicks et al.,



2016). Se le specie possono sopravvivere solo in aree protette circondate da una matrice ostile, sono destinate all'estinzione (Carroll et al., 2004). Una vasta gamma di ecosistemi con diverse strategie di gestione, nonché una diversità di topografie, microclimi e tipologie di habitat, dovrebbe essere inclusa nella pianificazione efficace della conservazione per garantire "rifugi climatici", ovvero aree in cui le condizioni favorevoli continuano a esistere nonostante il cambiamento climatico (Ackerly et al., 2010; Hole et al., 2009).

Queste considerazioni hanno guidato la selezione delle aree di studio del LIFE BEEadapt che mira proprio a investigare e mitigare i potenziali effetti del cambiamento climatico sugli impollinatori nell'Italia centrale. Queste aree presentano vari gradi e tipologie di intervento umano, che vanno dagli ambienti urbani a quelli naturali, oltre a diversi livelli di protezione, includendo sia terre non protette che varie tipologie di aree protette. Inoltre, coprono una vasta gamma di terreni, come montagne, colline e pianure costiere. L'Italia centrale è nota per la sua elevata biodiversità, ma sta affrontando sfide significative a causa del cambiamento climatico, che potrebbe avere un impatto notevole sugli impollinatori e sui servizi di impollinazione. Abbiamo utilizzato dati provenienti da lavoro sul campo e banche dati online per costruire SDM corretti per il bias di campionamento, al fine di stimare i potenziali impatti del cambiamento climatico su 130 specie di api e 15 specie di farfalle diurne rilevate in queste aree, alla luce di due scenari contrastanti per l'anno 2050: uno basato su pratiche sostenibili e l'altro sullo sviluppo dei combustibili fossili.

1.2 Materiali e metodi

Aree di studio e di background

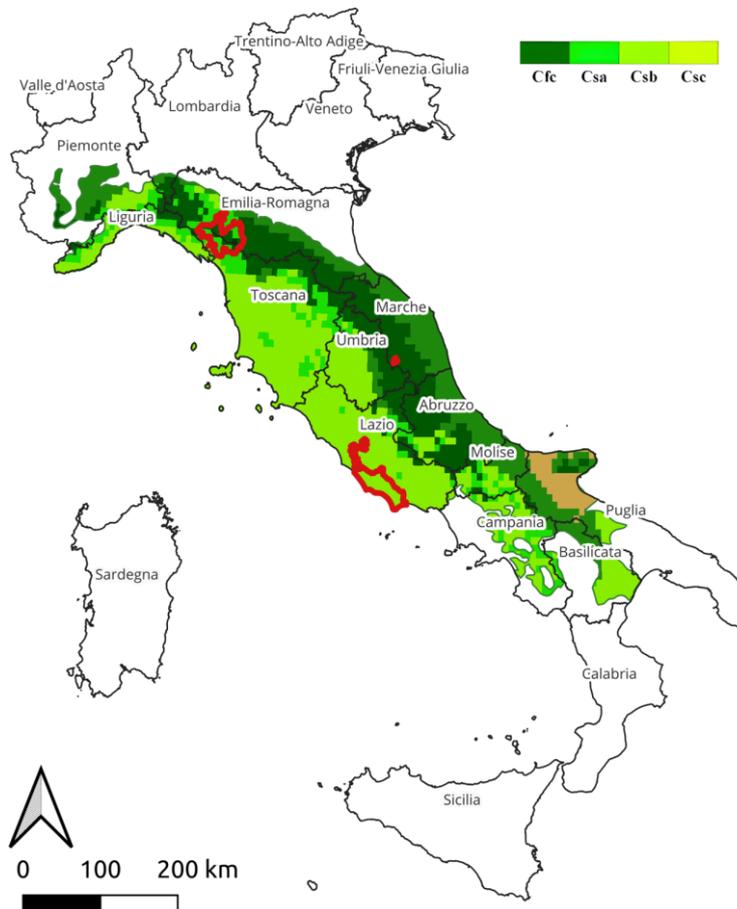


Figura II - 1 Aree di studio e di background con categorie climatiche di Köppen-Geiger.

Il Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano (PNATE) si trova tra le regioni Toscana ed Emilia-Romagna e si sovrappone a quattro riserve naturali statali e 16 siti Natura 2000. Queste aree protette hanno l'obiettivo di conservare il patrimonio naturale, mantenere gli equilibri idrogeologici e supportare le attività socioeconomiche locali. Abbiamo esteso questa area di studio ai comuni che si sovrappongono con il PNATE, includendo la zona cuscinetto del parco, per un totale di 1684,230 km² tra i 54 e i 2105 metri s.l.m. Secondo la classificazione climatica aggiornata di Köppen-Geiger (KG) (CCIDG, 2023), l'area estesa del PNATE (Parco Nazionale più le riserve connesse) include quattro tipi di clima secondo la classificazione Köppen-Geiger: Csa, Csb, Csc e Cfc. Il sistema di classificazione climatica Köppen-Geiger utilizza lettere per indicare i tipi di clima. Csa è un sottotipo di clima



temperato caldo, con estati calde e secche e inverni miti e umidi. La lettera "C" sta per temperato caldo, "s" per estate secca e "a" per un sottotipo di estate calda. I climi Csb hanno un modello climatico mediterraneo, con estati calde e secche e inverni miti e umidi; la "b" si riferisce a un sottotipo di estate calda. I climi Csc, che rientrano nella categoria del temperato caldo, hanno estati calde e secche e inverni freschi e umidi; la "c" rappresenta un sottotipo di inverno freddo. Infine, Cfc rappresenta un clima temperato fresco con estati miti e inverni da freschi a freddi, con abbondanti precipitazioni durante tutto l'anno; "f" indica assenza di stagione secca.

La Riserva Naturale Montagna di Torricchio (RNMT) si trova negli Appennini Umbria-Marche dell'Italia centrale e si sovrappone a tre siti Natura 2000. La riserva presenta profonde vallate, pendii ripidi e altopiani pianeggianti con una vegetazione diversificata, come prati secondari, foreste decidue e terreni agricoli. Abbiamo esteso questa area di studio a 19,629 km², tra i 368 e i 1502 metri s.l.m. Secondo la classificazione climatica di Köppen-Geiger, la TMNR ha un clima Csc, con estati calde e secche e inverni freschi e umidi.

Roma Natura (RN), l'Ente per la Gestione delle Aree Protette di Roma, sovrintende oltre 146,630 km² di terre protette all'interno della città, che vanno dai 7 ai 156 metri s.l.m. Queste aree ospitano ecosistemi diversificati, svolgendo ruoli cruciali nella conservazione della biodiversità e fungendo da spazi ricreativi. Tra le riserve notevoli gestite da Roma Natura ci sono la Riserva Naturale Decima Malafede, la Riserva Naturale Valle dei Casali, la Riserva Naturale Regionale Tenuta di Acquafredda, la Riserva Naturale Valle dell'Aniene e il Parco Regionale Urbano di Aguzzano. Secondo la classificazione climatica di Köppen-Geiger, le aree protette di Roma Natura hanno un clima Csa, ovvero temperato caldo con estati secche e calde.

La Pianura Pontina (PP) ha subito un vasto progetto di bonifica durante gli anni '20, che ha modificato significativamente la sua idrografia, topografia e biodiversità. Situata principalmente nella Provincia di Latina, essa era un tempo una zona paludosa, mentre ora è prevalentemente occupata da campi agricoli. È delimitata dal Mar Tirreno a ovest e a sud, dai Monti Lepini e Ausoni a est, e dal fiume Astura e dai Colli Albani a nord. Abbiamo considerato approssimativamente l'area una volta coperta dalle paludi, che si estende per 1516,091 km² e varia da 0 a 799 metri s.l.m., includendo parti delle colline circostanti. La pianura è caratterizzata da pratiche agricole intensive e da un notevole impatto umano; tuttavia, continuano a esistere frammenti dall'elevato valore ecologico e conservazionistico. Secondo la classificazione climatica di Köppen-Geiger, la Pianura Pontina ha un clima Csa, ovvero temperato caldo con estati secche e calde.

La selezione dell'area di background, ovvero la regione in cui l'SDM viene calibrato, è un passaggio iniziale essenziale nel modellare la distribuzione delle specie poiché ha un



impatto significativo sui risultati (Acevedo et al., 2012; Sillero et al., 2021). Dato che l'area di studio costituisce solo una piccola porzione della distribuzione totale delle specie, usarla come background causerebbe un'alterazione della nicchia climatico (Chevalier et al., 2021). Questo porterebbe a una sottostima della nicchia realizzata e della tolleranza climatica per tutte le specie. Per ridurre gli effetti del troncamento di nicchia, abbiamo scelto come background per gli SDM le due ecoregioni che si sovrappongono alle aree di studio ed entro i confini italiani: "Foreste mediterranee, boschi e macchia" e "Foreste temperate di latifoglie e miste" (Dinerstein et al., 2017). È ragionevole supporre che le popolazioni delle specie studiate si siano adattate localmente alle condizioni biotiche e abiotiche presenti in queste due ecoregioni (Blaustein et al., 2010; Boyer et al., 2021).

Dati di presenza delle specie

Abbiamo ottenuto dati sulle specie presenti nelle quattro aree di studio dalla piattaforma online Global Biodiversity Information Facility (GBIF) in due passaggi: 1) creazione di una checklist tramite un poligono corrispondente alle quattro aree più un buffer di 5 km e 2) scaricamento delle presenze disponibili per le specie così individuate all'interno dell'area di background. Sono state così individuate sulla piattaforma 138 di farfalle (GBIF.org, 2023b) e 54 di api (GBIF.org, 2023a). Dai rilievi di campo svolti nelle aree di studio sono state rilevate ulteriori 13 specie di farfalle non presenti su GBIF per un totale di 151 specie. Per queste specie si è provveduto ad ottenere le necessarie presenze dalla suddetta piattaforma, escludendo i record privi di coordinate o contenenti errori spaziali (Zizka et al., 2020), tramite la funzione "occ_data" del pacchetto R `rgbif` ver. 3.7.8 (Chamberlain et al., 2024). Abbiamo poi utilizzato la funzione "elimCellDups" del pacchetto R `enmSdm` (Smith et al., 2020) per ridurre le presenze mantenendo un solo punto di presenza per specie a una risoluzione di 30 secondi d'arco ($\sim 1\text{km}^2$), corrispondente a quella delle variabili climatiche (vedi sezione successiva).

Le specie sono state ulteriormente selezionate andando a conservare per la modellizzazione solo quelle che avessero almeno 20 presenze per le farfalle e 10 per le api. Un minimo di 20 presenze è considerato essere un valore accettabile per la costruzione dei modelli di distribuzione (Guisan et al., 2017), tuttavia abbiamo scelto una soglia più bassa per le api allo scopo di modellizzare anche questo gruppo nonostante gli scarsi dati disponibili. Il dataset finale per le farfalle includeva 130 specie con un totale di 33859 presenze (mediana per specie = 123, deviazione standard = 297,454), e 15 api con 2200 presenze (mediana = 53, deviazione standard = 248.273) (Tab. 1). Il campione ottenuto per le farfalle è risultato quindi molto più completo ed esaustivo di quello ottenuto



per le api, i cui dati risultano carenti sia dal punto di vista delle specie rilevate per area di studio che del numero di presenze disponibili.³

Dati climatici

Abbiamo ottenuto informazioni climatiche per le condizioni attuali e future da Worldclim 2.1 (Fick & Hijmans, 2017) a una risoluzione di 30 secondi d'arco ($\sim 1\text{km}^2$), che offre un set di 19 variabili bioclimatiche ampiamente utilizzate per modellare la distribuzione degli insetti a varie scale. Questi organismi sono ectotermici, il che significa che la temperatura influenza direttamente la loro crescita, comportamento e sopravvivenza, mentre le precipitazioni influenzano la disponibilità di acqua e, insieme alla temperatura, la vegetazione e la disponibilità di risorse. Abbiamo selezionato quattro variabili bioclimatiche che potrebbero catturare eventi climatici estremi: 1) la stagionalità della temperatura (Bio4), che misura la variabilità termica nel corso dell'anno, maggiore la variabilità, maggiore la probabilità di eventi climatici estremi; 2) la temperatura massima del mese più caldo (Bio5), registra i picchi termici durante il periodo più caldo dell'anno, offrendo un'indicazione diretta di eventuali eventi di calore estremo; 3) la precipitazione del mese più secco (Bio14), si concentra sull'ammontare di pioggia durante il periodo di maggiore aridità annuale, in cui si possono verificare eventi eccezionalmente aridi; 4) ed infine la stagionalità della precipitazione (Bio15), valuta la variabilità delle precipitazioni nel corso dell'anno, con valori più elevati che indicano una maggiore variabilità, inclusi potenziali periodi di precipitazioni estreme. Per verificare la presenza di multicollinearità, abbiamo eseguito un'Analisi della Varianza Inflazione utilizzando la funzione 'vstep' del pacchetto R usdm. (Naimi, 2023).

Abbiamo scelto due scenari dal Coupled Model Intercomparison Project 6 (CMIP6) (Eyring et al., 2016) da Worldclim (Worldclim, 2022) che seguono gli Shared Socioeconomic Pathways (SSPs), un insieme di cinque narrazioni che descrivono i potenziali sviluppi futuri della società e dell'economia globale (O'Neill et al., 2017), per valutare il possibile impatto del cambiamento climatico al 2050 (2041-2060). SSP1-2.6, lo scenario di "sviluppo sostenibile", presume che la società riuscirà a ridurre con successo le emissioni di gas serra grazie alla transizione verso un sistema energetico a basse emissioni di carbonio, raggiungendo una forzante radiativa di 2.6 W/m^2 entro il 2100. SSP5-8.5, lo scenario di "sviluppo basato sui combustibili fossili", presume che la società continuerà a dipendere fortemente dai combustibili fossili, portando a livelli elevati di emissioni di gas serra e

³ La tabella delle osservazioni per specie comprende 145 specie ed è disponibile a richiesta degli interessati



raggiungendo una forzante radiativa di 8.5 W/m² entro il 2100. Per tenere conto dell'incertezza nelle proiezioni climatiche future, abbiamo scelto tre diversi Modelli di Circolazione Globale (GCM) (Thuiller et al., 2019): EC-Earth3-Veg, CNRM-CM6-1, and IPSL-CM6A-LR. Usando la funzione "calc" del pacchetto R raster (Hijmans et al., 2022), abbiamo calcolato un ensemble dei tre GCM e lo abbiamo utilizzato per proiettare gli SDM nel futuro.

Modelli di distribuzione delle specie

Abbiamo sviluppato SDM utilizzando il pacchetto R biomod2 versione 3.4.1 (Thuiller et al., 2023) e l'algoritmo Maxent (Phillips et al., 2023), che è tra i migliori algoritmi disponibili per modellare la distribuzione delle specie (Valavi et al., 2022). Per stimare le nicchie delle specie, l'algoritmo Maxent confronta i punti di presenza delle specie con punti campionati casualmente nell'intera area di background, denominati punti di background (PB). Abbiamo seguito un approccio standard di correzione del bias che campiona i PB seguendo la densità delle presenze delle specie, riproducendo così i bias nel campione di presenza. Per generare set di PB del gruppo target, abbiamo impiegato una stima della densità del kernel 2D per trasformare le singole presenze in una superficie di probabilità continua che potesse essere utilizzata per pesare il campionamento dei PB (Barber et al., 2022). Abbiamo seguito (Liu et al., 2016) e campionato un numero di PB doppio rispetto alle presenze e creato tre set di PB per specie.

Abbiamo diviso casualmente i dataset di presenze e PB in set di calibrazione (comprendenti il 70% dei punti) e set di validazione (comprendenti il restante 30%) per condurre un test di cross-validazione delle performance degli SDM utilizzando l'Area sotto la Curva ROC (Receiver Operating Characteristic) (Guisan et al., 2017). I valori ROC variano da 0 a 1. Abbiamo replicato la cross-validazione cinque volte per ciascun dataset di background e algoritmo, ottenendo un totale di 25 repliche per specie. I valori ROC superiori a 0.6 sono considerati indicativi di una performance accettabile del modello. Pertanto, solo le repliche che soddisfano questa soglia sono state utilizzate per generare i modelli finali (Guisan et al., 2017). Abbiamo inoltre calcolato il Boyce Index utilizzando i pacchetti R biomod2 ed Ecospat. Il Boyce Index è una metrica raccomandata per modelli costruiti con sole presenze e senza vere assenze, in quanto non è sensibile ai metodi di selezione dei BP (Di Cola et al., 2017; Sillero et al., 2021). I valori di tale metrica variano tra -1 e +1. Valori di Boyce prossimi allo zero suggeriscono modelli con proiezioni equivalenti a modelli casuali, valori negativi indicano proiezioni peggiori del caso, mentre valori positivi indicano una buona performance.



Biomod2 genera proiezioni raster di idoneità climatica con valori continui compresi tra 0 e 1000. Per consentire un confronto dell'idoneità climatica delle specie tra le condizioni attuali e quelle future, abbiamo binarizzato i valori a 0 (indicando l'assenza di idoneità climatica) e 1. Abbiamo utilizzato la soglia di Massima Sensibilità più Specificità, che massimizza la capacità degli SDM di identificare correttamente presenze e PB (Liu et al., 2016), utilizzando il pacchetto R PresenceAbsence (Freeman, 2023).

Analisi dei trend futuri

Abbiamo calcolato il cambiamento nell'idoneità climatica per specie sottraendo il numero di celle proiettate in condizioni attuali da quelle proiettate nei due scenari. Le proiezioni binarizzate sono state sommate per ottenere mappe di ricchezza delle specie per le aree di studio al presente e al futuro. Queste mappe sono state confrontate sottraendo i valori attuali da quelli futuri. Abbiamo infine individuato le cinque specie di farfalle e api più vulnerabili per ogni area d'indagine come quelle per cui la perdita in proporzione di idoneità climatica era la più elevata sotto lo scenario SSP5-8.5.

Tutte le analisi spaziali sono state condotte in R con il pacchetto raster (Hijmans et al., 2023). I grafici sono stati realizzati con il pacchetto ggplot2 (Wickham et al., 2024), tranne per le mappe per cui è stato usato rasterVis (Lamigueiro et al., 2023).

1.3 Risultati

Tutti gli SDM hanno mostrato prestazioni più elevate per le farfalle, con un valore ROC mediano = 0.699 (SD = 0.163) e Boyce = 0.944 (0.122), e accettabili per le api, con valore ROC mediano = 0.620 (SD = 0.136) e Boyce = 0.803 (SD = 0.133). Questa differenza fra i due gruppi è data dalla disparità nell'abbondanza e nella qualità dei dati di partenza, molto maggiore per le farfalle che per le api.

Importanza delle variabili

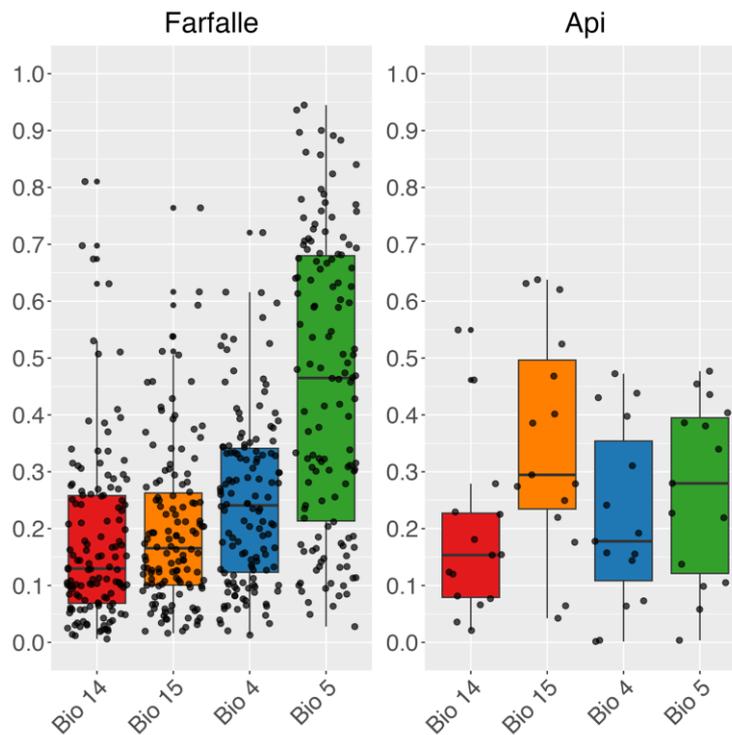


Figura II - 2 Importanza delle variabili per farfalle (sinistra) e api (destra).

Fra le variabili prescelte per lo sviluppo degli SDM, quella che è risultata avere maggior importanza per le farfalle è stata BIO5, la temperatura del mese più caldo (Fig. 2). Questo sorprende in quanto esso è un periodo critico per la tolleranza al caldo sia degli insetti che delle piante di cui essi si nutrono. L'aumento delle temperature durante questo mese può facilmente portare le specie oltre il proprio limite superiore di tolleranza alla temperatura, con la loro conseguente scomparsa, specialmente se si verificano ondate di calore. Per quanto riguarda le api, la variabile con maggior influenza sugli SDM è risultata essere Bio15, stagionalità delle precipitazioni, seguita da BIO5 (Fig. 2). Questo può suggerire che le specie analizzate preferiscono un ambiente stabile, mentre l'aumento della stagionalità, che è previsto con il cambiamento climatico, può sfavorirle in quanto può tradursi in periodi di abbondanti piogge seguiti da periodi in cui queste risultano scarse, con conseguente drastica fluttuazione delle risorse.

Idoneità climatica

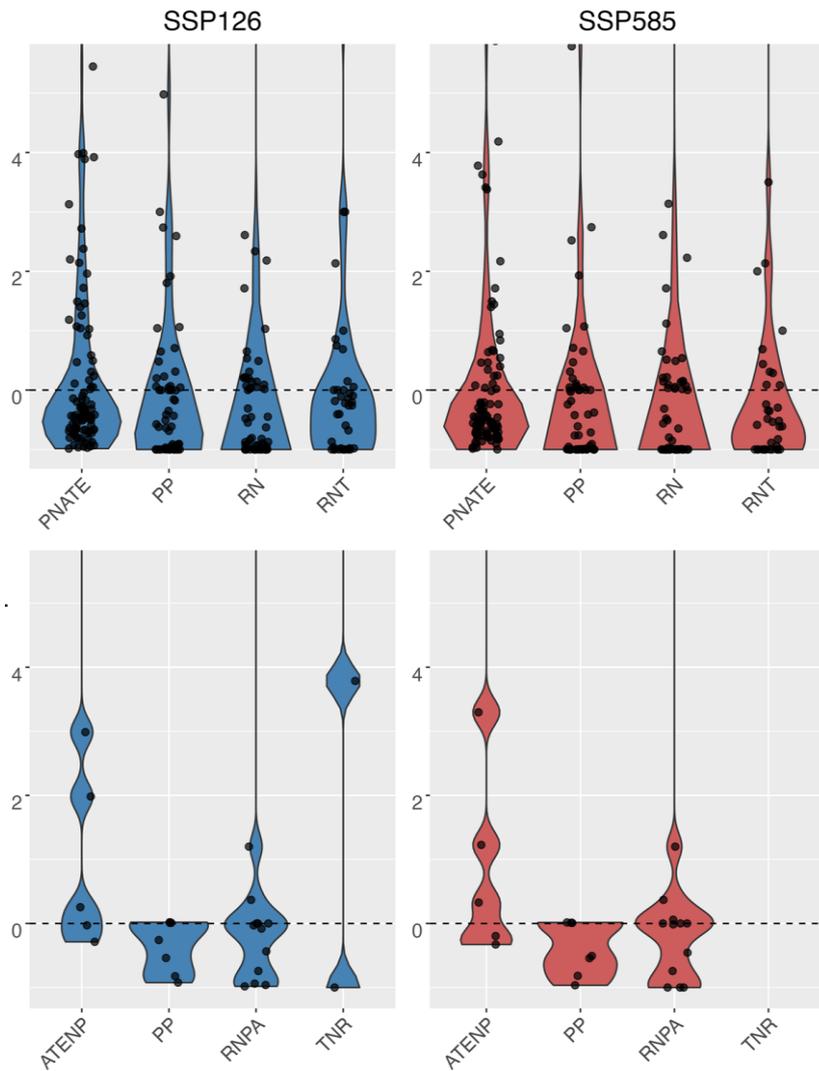


Figura II - 3 Variazione in proporzione dell'idoneità climatica per farfalle (sopra) e api (sotto) nei due scenari.

L'idoneità climatica di farfalle e api, intesa come numero di celle idonee, ha mostrato un chiaro pattern nelle quattro aree di studio e nei due scenari di cambiamento climatico. In entrambi gli scenari numerose specie hanno visto una diminuzione nel numero di celle idonee, ma i maggiori declini di idoneità sono stati riscontrati nell'SSP5-8.5 (Fig. 3). Questo fatto è riscontrato in tutte le aree di studio, con delle differenze principalmente



dovute alle loro orografia. In quelle pianeggianti e collinari, quali la pianura pontina e le aree protette di Roma, una porzione considerevole di specie ha invece visto un'espansione nella propria idoneità climatica, specialmente nelle aree di collina, mentre nelle aree montane, quali il PNATE e Torricchio, il numero di specie che ha guadagnato idoneità è solo una parte minoritaria (Fig. 3). Nel caso delle api, il campione riguarda un numero di specie esiguo e generaliste, dunque i risultati ivi presentati vanno interpretati in considerazione di ciò. Nell'area di studio della Riserva Naturale di Torricchio, ad esempio, solo 4 specie di api sono state segnalate ad una distanza di 5 km. In futuro queste specie sono potrebbero avere una considerevole espansione, tanto da non rientrare nel range di variazione considerato dal grafico nell'SSP5-8.5 (Fig. 3).

Ricchezza di specie

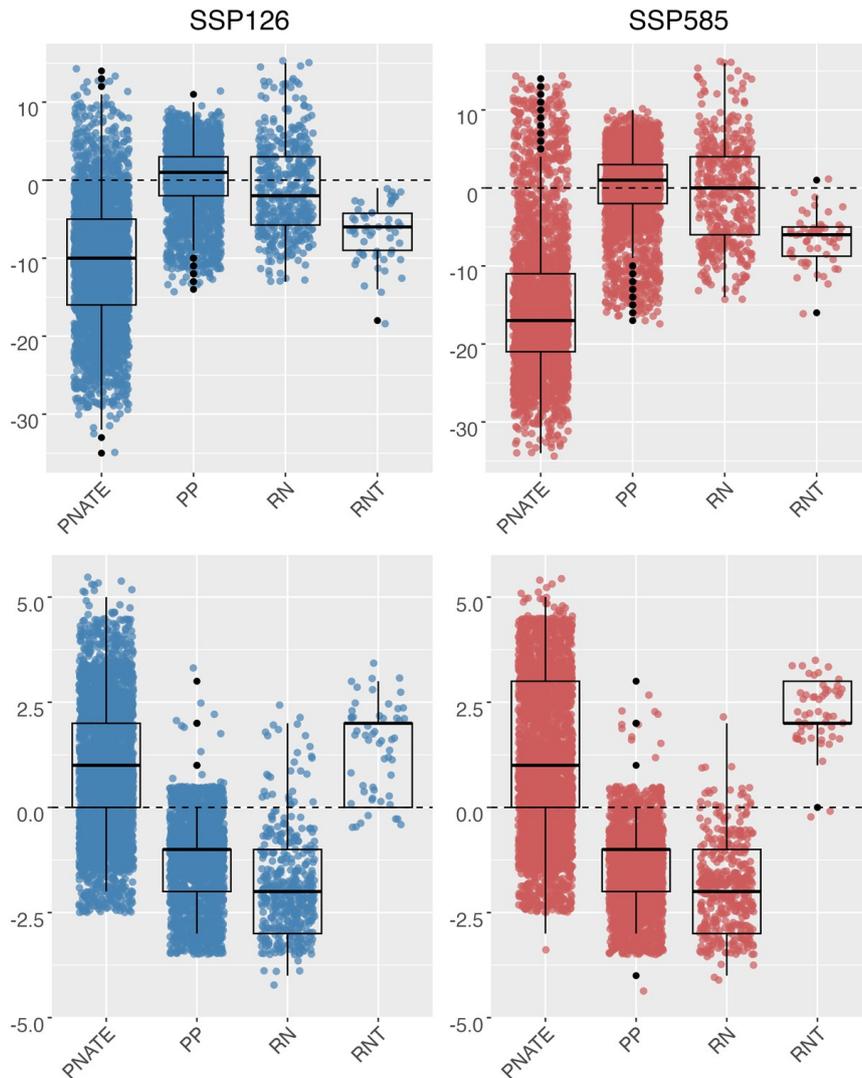


Figura II - 4 Variazione nella ricchezza di specie per cella per le farfalle (sopra) e api (sotto) nei due scenari.

Riguardo la ricchezza di specie e i suoi pattern spaziali, risultano ancora più evidenti le differenze fra pianura, collina e montagna (Fig. 4-8). È possibile individuare un chiaro pattern di perdita di specie nelle zone costiere, seguito da un aumento della ricchezza specifica in quelle pianeggianti più interne e collinari, a cui si sostituisce una diminuzione della diversità nelle zone montuose (Fig. 4-8). Questo pattern può essere spiegato con



uno spostamento dell'idoneità climatica di specie di pianura verso la collina e delle specie di collina verso la montagna, mentre le specie montane purtroppo non trovano più il loro clima idoneo poiché non vi sono zone a maggior elevazione in cui potrebbero rifugiarsi. Questo è evidente considerando la risposta proiettata delle farfalle al cambiamento climatico nel PNATE e la RNMT, dove la mediana della differenza di specie fra scenari e presente è negativa. Si nota invece una risposta più variegata per la PP e RN, dove ad una porzione considerevole di celle che perde specie, orientata verso la costa, si associa una porzione che guadagna specie, orientata verso l'interno (Fig. 4-8). Per quanto riguarda le api, i pattern sembrano essere opposti a quelli delle farfalle, con guadagni nelle aree montuose e declini nelle aree pianeggianti e collinari (Fig. 4-8). Questo risultato va interpretato con cautela, in quanto basato su un campione ridotto di specie, principalmente generaliste, comuni e non strettamente montane.

Va considerato che ogni variazione nel numero di specie, sia negativa che positiva, implica degli spostamenti delle stesse necessari per seguire il proprio habitat e non è garantito che questo sia possibile. Il cambiamento climatico potrà probabilmente ad alterazioni delle comunità di impollinatori, portando ad interagire specie che prima non facevano parte dello stesso ecosistema, con risvolti ecologici difficilmente prevedibili. Nelle celle dove vi è una perdita netta di specie a causa del cambiamento climatico inoltre, la diminuzione della ricchezza specifica può rendere l'ecosistema meno resistente e resiliente alle alterazioni ambientali, con ripercussioni negative a cascata sul suo funzionamento e sul servizio ecosistemico dell'impollinazione.

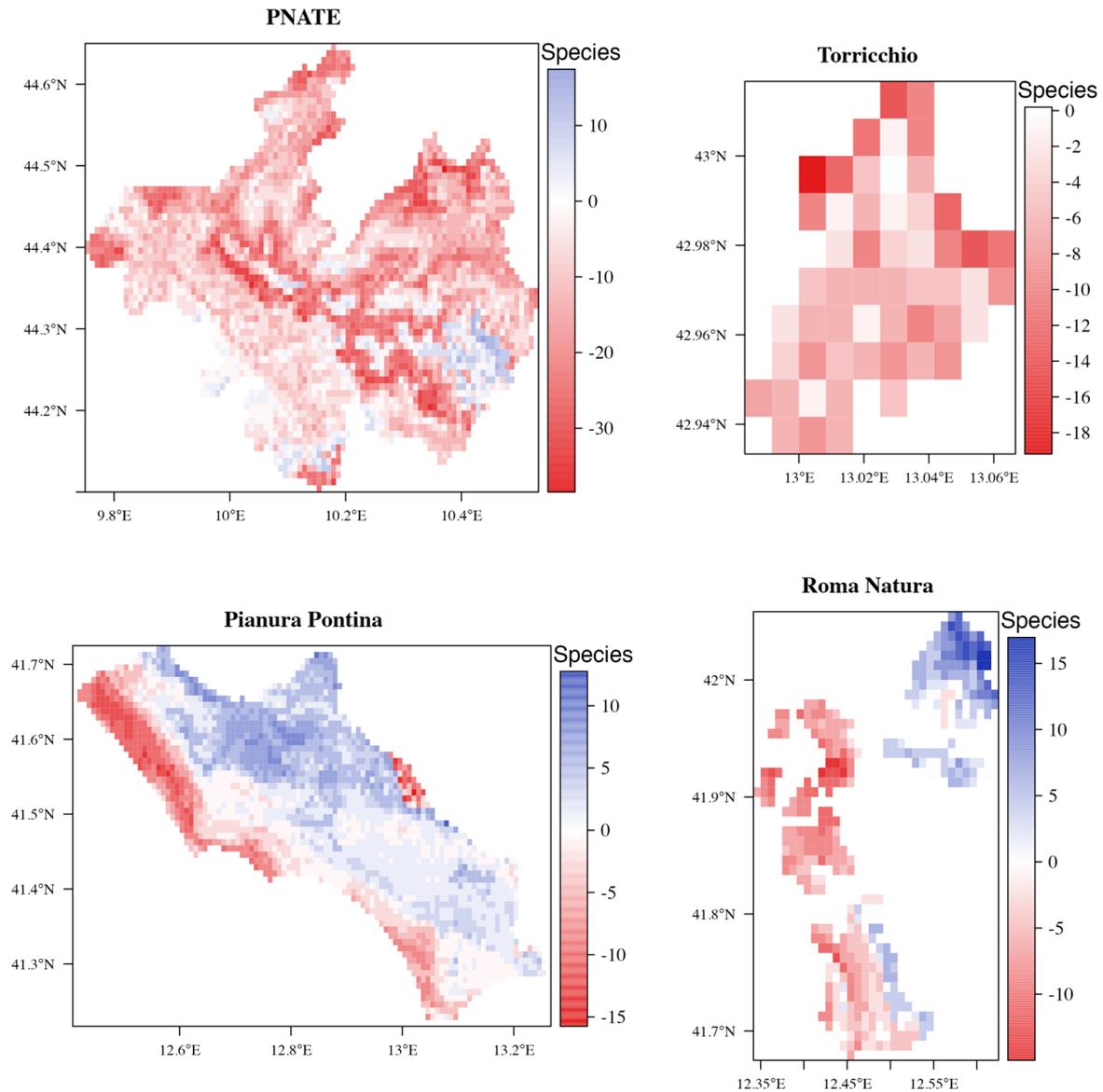


Figura II - 5 Variazione della ricchezza di farfalle nelle aree di studio sotto lo scenario SSP1-2.6.

Le aree dove sono anticipati severi declini nel numero delle specie a causa del cambiamento climatico possono quindi essere considerate priorità di conservazione e target per gli interventi di mitigazione previsti dal progetto BEEadapt. Questi interventi dovranno essere indirizzati sia ad evitare l'estinzione locale delle specie che a favorire i

loro movimenti di dispersal verso zone che guadagneranno o manterranno idoneità climatica in futuro.

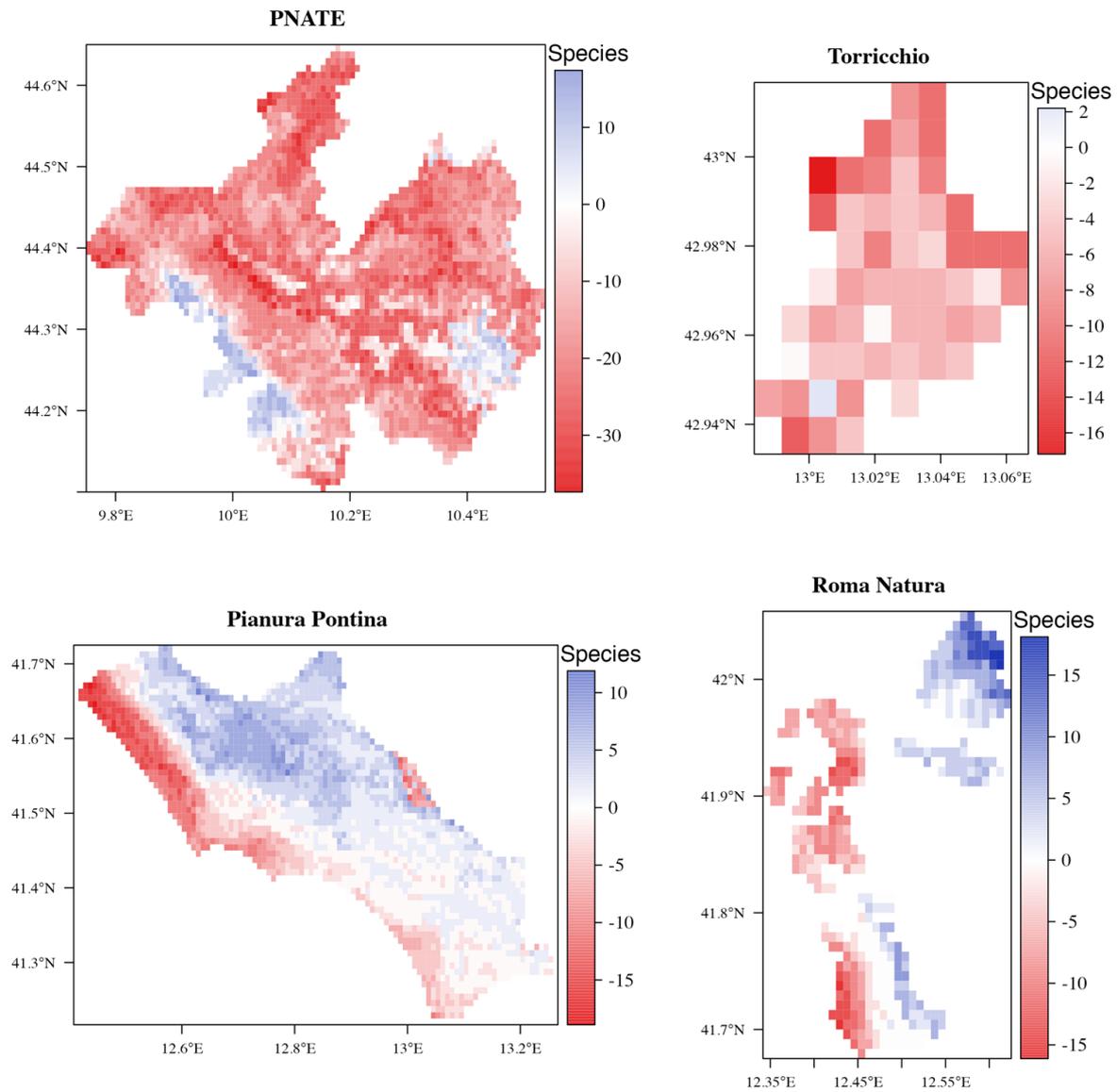


Figura II - 6 Variazione della ricchezza di farfalle nelle aree di studio sotto lo scenario SSP1-2.6.

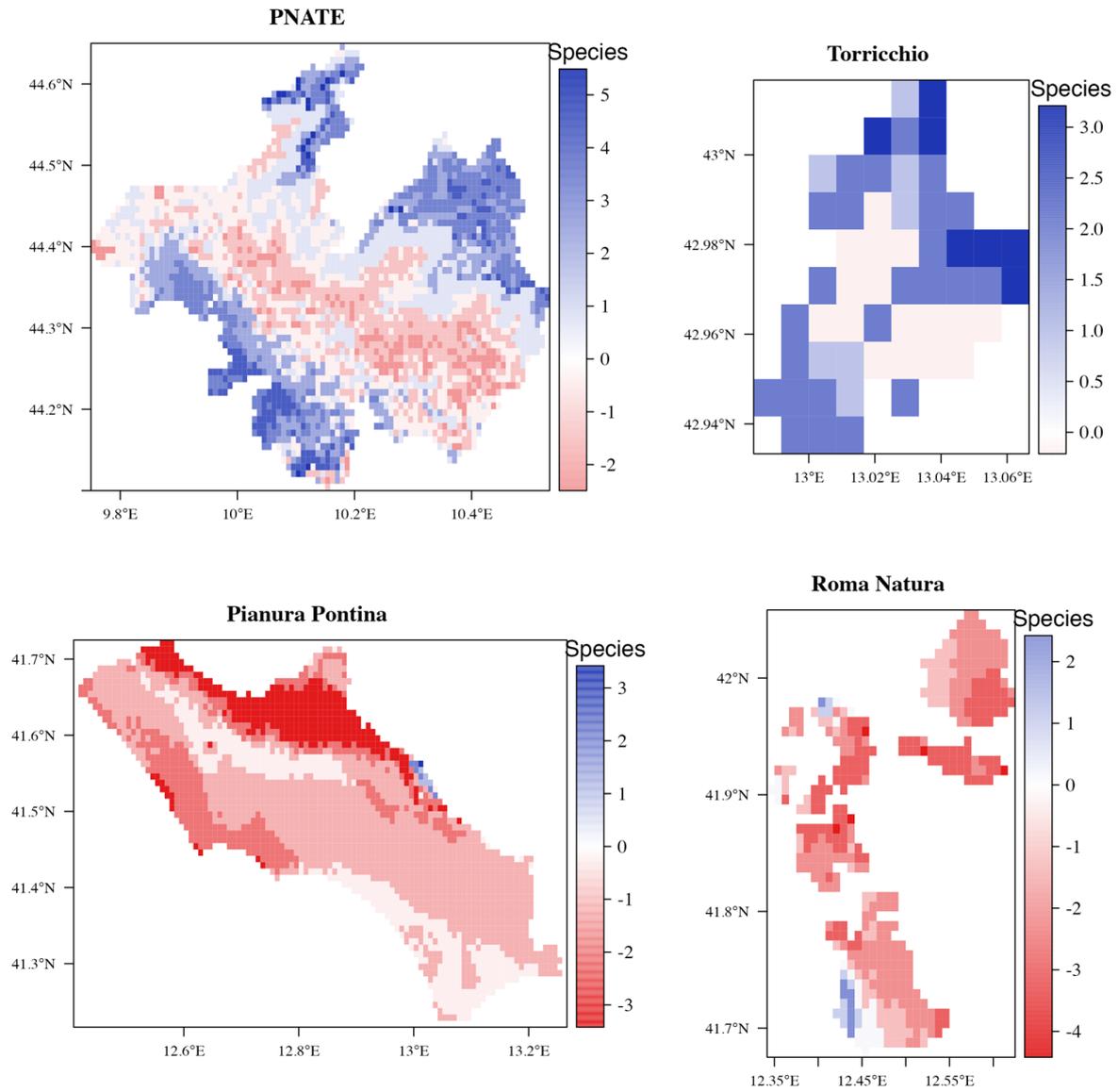


Figura II - 7 Variazione della ricchezza di api nelle aree di studio sotto lo scenario SSP1-2.6

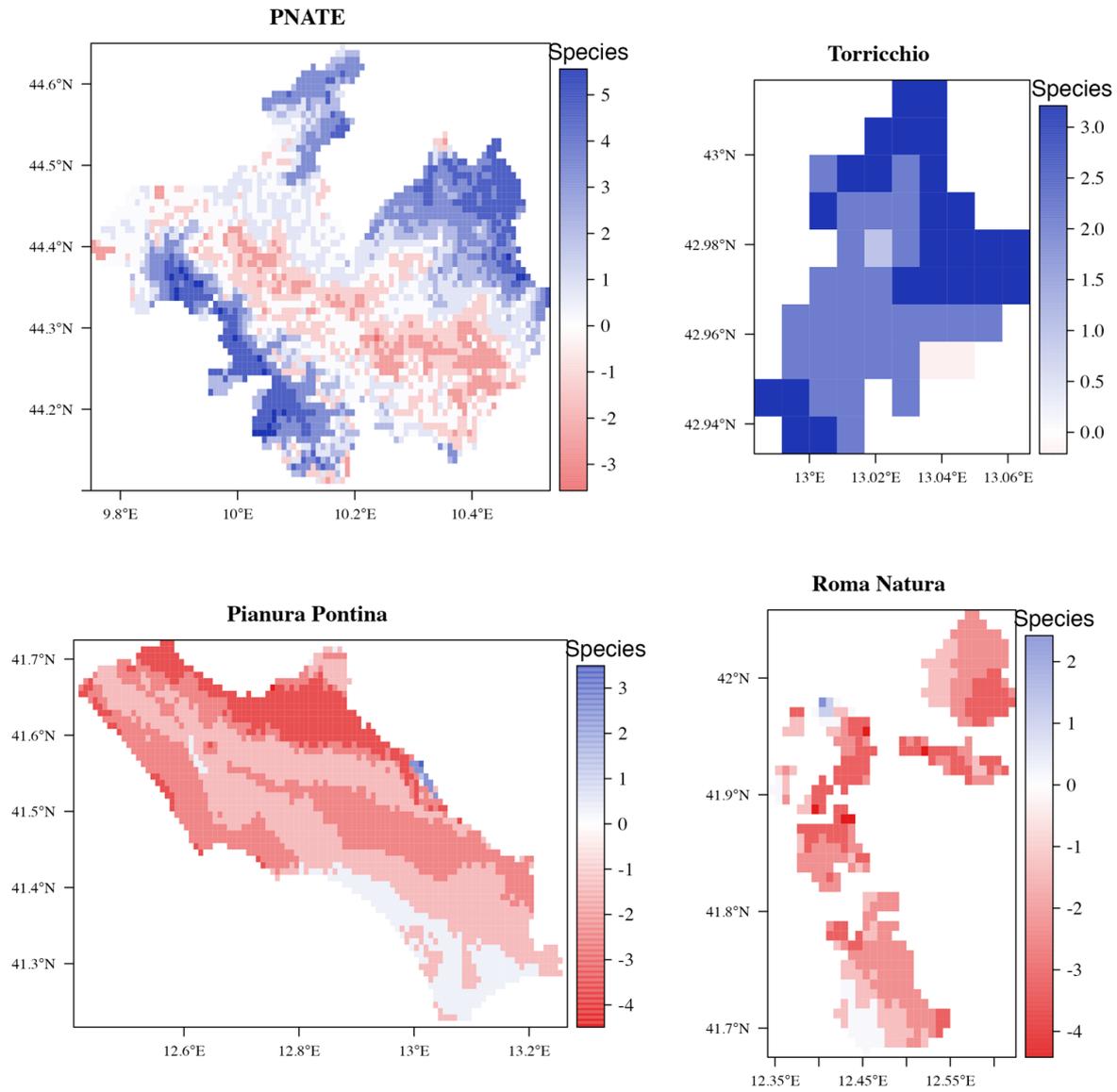


Figura II - 8 Variazione della ricchezza di api nelle aree di studio sotto lo scenario SSP5-8.5.



Le cinque specie più vulnerabili per area

Abbiamo individuato le 5 specie di farfalle e api per area affette dai maggiori declini in idoneità climatica per specie in base alle nostre proiezioni (Tab. 1.2). Nel caso delle api, dato l'esiguo numero di specie modellizzate, tali specie sono meno di 5 per PNATE, PP e RNT, in quest'ultimo caso, nessuna specie è proiettata come in declino. Queste specie possono essere considerate priorità di conservazione e target per gli interventi di mitigazione previsti dal progetto LIFE BEEadapt.

Tabella 1.2. Le cinque specie per area che hanno mostrato i maggiori declini sotto lo scenario SSP5-8.5.

Gruppo	Specie	Presente	SSP126	SSP585	Area	SSP126%	SSP585%
Farfalle	<i>Erebia cassioides</i>	807	23	1	PNATE	-97,15%	-99,88%
	<i>Erebia epiphron</i>	590	32	8	PNATE	-94,58%	-98,64%
	<i>Erebia euryale</i>	380	18	11	PNATE	-95,26%	-97,11%
	<i>Parnassius mnemosyne</i>	530	66	20	PNATE	-87,55%	-96,23%
	<i>Erebia meolans</i>	1063	211	98	PNATE	-80,15%	-90,78%
	<i>Apatura ilia</i>	1	4	0	PP	300,00%	-100,00%
	<i>Coenonympha arcania</i>	23	0	0	PP	-100,00%	-100,00%
	<i>Colias alfacariensis</i>	1	0	0	PP	-100,00%	-100,00%
	<i>Glaucopsyche alexis</i>	237	0	0	PP	-100,00%	-100,00%
	<i>Hipparchia fagi</i>	176	0	0	PP	-100,00%	-100,00%
	<i>Apatura ilia</i>	1	0	0	RN	-100,00%	-100,00%
	<i>Aporia crataegi</i>	1	0	0	RN	-100,00%	-100,00%
	<i>Cacyreus marshalli</i>	426	23	0	RN	-94,60%	-100,00%
	<i>Celastrina argiolus</i>	291	4	0	RN	-98,63%	-100,00%
	<i>Coenonympha pamphilus</i>	197	25	0	RN	-87,31%	-100,00%
	<i>Brenthis hecate</i>	22	0	0	RNT	-100,00%	-100,00%
	<i>Colias croceus</i>	1	0	0	RNT	-100,00%	-100,00%
	<i>Cyaniris semiargus</i>	35	0	0	RNT	-100,00%	-100,00%
	<i>Erebia alberganus</i>	22	0	0	RNT	-100,00%	-100,00%
	<i>Gonepteryx rhamni</i>	1	0	0	RNT	-100,00%	-100,00%
Api	<i>Bombus pratorum</i>	3593	2562	2413	PNATE	-28,69%	-32,84%
	<i>Bombus pascuorum</i>	758	736	609	PNATE	-2,90%	-19,66%
	<i>Xylocopa violacea</i>	639	49	22	PP	-92,33%	-96,56%
	<i>Megachile sculpturalis</i>	1098	194	200	PP	-82,33%	-81,79%
	<i>Bombus pascuorum</i>	2444	1127	1119	PP	-53,89%	-54,21%



<i>Amegilla garrula</i>	2614	1936	1286	PP	-25,94%	-50,80%
<i>Bombus ruderatus</i>	926	36	0	RN	-96,11%	-100,00%
<i>Halictus scabiosae</i>	801	49	0	RN	-93,88%	-100,00%
<i>Xylocopa violacea</i>	852	15	0	RN	-98,24%	-100,00%
<i>Anthidium manicatum</i>	338	87	87	RN	-74,26%	-74,26%
<i>Megachile sculpturalis</i>	896	505	487	RN	-43,64%	-45,65%

2. Analisi della vulnerabilità climatica basata sugli eventi climatici estremi

2.1 Introduzione

Le attività umane basate sui combustibili fossili hanno indotto un cambiamento climatico senza precedenti nella storia della terra per rapidità. Questo rappresenta una minaccia totalmente nuova per la biodiversità, che si è evoluta per rispondere ad alterazioni ambientali molto più lente (Cowie et al., 2022, p. 20; Pecl et al., 2017). Oltre l'alterazione generale dei pattern climatici su base annuale che fin ora hanno modellato gli ecosistemi terrestri, vi è un preoccupante aumento degli Eventi Climatici Estremi (ECE), fenomeni che si distinguono per la loro intensità, collocandosi al di fuori della norma climatica di una regione, come nel caso di ondate di calore o di freddo, precipitazioni intense e siccità prolungata (Mahecha et al., 2023; Morán-Ordóñez et al., 2018). Questi eventi risultano particolarmente stressanti per la vita sia animale che vegetale e, seppur hanno sempre caratterizzato il pianeta terra, sono diventati e diventeranno sempre più frequenti a causa del cambiamento climatico.

La regione mediterranea è particolarmente interessata nel presente ed è previsto che lo sarà sempre più nel futuro dagli ECE. La sua elevata biodiversità, adattata localmente, potrebbe risultare gravemente impattata dagli ECE, dato che questi possono facilmente portare le specie al limite dei propri intervalli di tolleranza per temperature e piovosità (Mahecha et al., 2023; Morán-Ordóñez et al., 2018). Mentre c'è una crescente letteratura sugli effetti attesi degli ECE sul benessere umano e sull'agricoltura, e sugli impatti dei cambiamenti climatici in generale sulla biodiversità, pochi studi si sono concentrati sugli effetti potenziali degli ECE sulla distribuzione delle specie, probabilmente a causa di limiti nella disponibilità di dati climatici adeguati (Mahecha et al., 2023).

Gli ECE possono avere drammatici impatti diretti sulle popolazioni, aumentando lo stress fisiologico degli individui, riducendo il loro successo riproduttivo e quindi causando declini o scomparse locali delle specie più vulnerabili. Date la rapidità con cui gli ECE stanno aumentando, produrre delle stime spazialmente esplicite dei loro impatti è una questione urgente e di fondamentale importanza per la conservazione della biodiversità.



Fra le componenti più importanti della biodiversità troviamo api e farfalle, le quali svolgono la fondamentale funzione ecologica e il cruciale servizio ecosistemico dell'impollinazione sia negli ecosistemi naturali che negli agrosistemi (Hill et al., 2021; Soroye et al., 2020). Questi impollinatori sono particolarmente minacciati dagli ECE, i quali hanno un impatto diretto sulle piante nutrici e produttrici di nettare che sostengono le loro popolazioni (Hill et al., 2021; Soroye et al., 2020). Questo ha destato un serio allarme nella comunità scientifica e gettato incertezza sul loro futuro (Nath et al., 2023). Azioni di conservazione adeguate a tutela degli impollinatori devono essere informate da robuste stime che individuino nello spazio e nel tempo dove gli effetti degli ECE saranno più gravi e intensi (Arneth et al., 2020).

Fra i più utilizzati e robusti strumenti per anticipare gli effetti del cambiamento climatico sulla biodiversità troviamo i Modelli di Distribuzione delle Specie (SDM), basati su algoritmi statistici che mettono in relazione le presenze delle specie con le caratteristiche ambientali, in questo caso climatiche, dell'area occupata da queste (Guisan et al., 2017). Essi modellano quindi la nicchia ecologica delle specie ed in base ad essa classificano il territorio studiato assegnando dei valori di idoneità per la presenza delle specie. Questo può essere fatto sia nel presente che nel futuro, avvalendosi di scenari di cambiamento climatico. Gli SDM sono frequentemente combinati con scenari per valutare l'impatto dei cambiamenti climatici sulla distribuzione delle specie (Guisan et al., 2017; Lake et al., 2020), tuttavia raramente si concentrano specificatamente sugli ECE.

I dati sulle specie necessari per gli SDM possono provenire da banche dati online come la Global Biodiversity Information Facility, la quale armonizza fonti come università, musei e citizen science. Questi dati sono tuttavia soggetti di frequente a bias di campionamento sconosciuti, con lo sforzo di campionamento distribuito in modo ineguale nell'area considerata (Barber et al., 2022). Tale sforzo e quindi i dati sono maggiormente presenti nelle aree protette, componenti cruciali della conservazione della biodiversità globale (Hole et al., 2009).

L'efficacia a lungo termine delle aree protette è messa in dubbio alla luce del cambiamento climatico, a causa dei loro confini statici e dei potenziali spostamenti delle aree di distribuzione delle specie indotte da esso (Araujo et al., 2011). Fondamentale è quindi stimare i possibili impatti dei cambiamenti climatici sia dentro che fuori le aree protette, allo scopo di necessario promuovere pratiche che garantiscano la persistenza delle specie anche nelle aree non protette (Dicks et al., 2016). Solo includendo una diversa gamma di ecosistemi, con diverse strategie di gestione, si può infatti garantire la conservazione di "rifugi climatici", aree in cui le condizioni climatiche idonee per le specie continuano a persistere nel futuro (Ackerly et al., 2010; Hole et al., 2009).



Per il progetto LIFE BEEadapt, che mira ad esplorare e mitigare i potenziali effetti del cambiamento climatico sugli impollinatori nell'Italia centrale, questi fattori hanno influenzato la selezione di quattro aree di studio, le quali coprono una gamma di tipologie e gradi di intervento umano, diversi livelli di protezione e una varietà di tipologie di territorio, come pianure, colline e montagne.

Nota per la sua elevata biodiversità, l'Italia centrale sta attualmente affrontando serie problematiche dovute al cambiamento climatico e agli ECE, che potrebbe avere un impatto significativo sugli impollinatori e sui servizi di impollinazione. Per stimare gli effetti potenziali degli ECE su 145 specie di farfalle e sulle 17 specie di api osservate nelle quattro aree del progetto, abbiamo costruito SDM corretti per il bias utilizzando dati provenienti da lavoro sul campo e da banche dati online e abbiamo proiettato la loro idoneità ambientale nel 2050, sotto uno due opposti scenari di cambiamento climatico.

2.2 Materiali e metodi

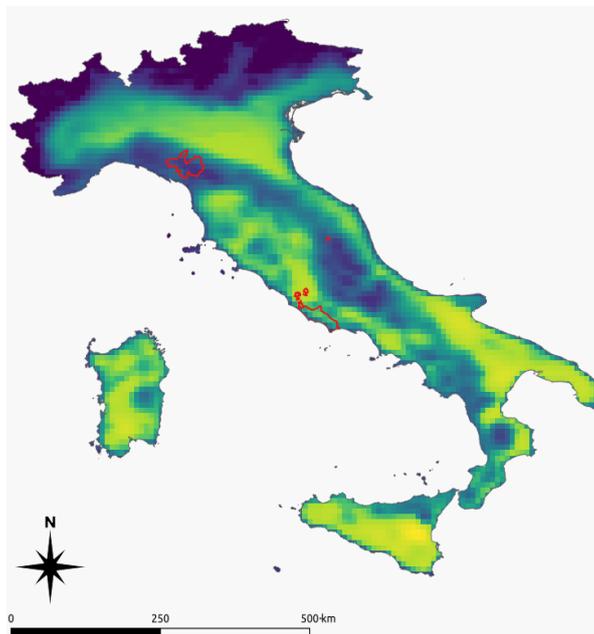


Figura II - 9 Aree di studio e di background per l'analisi dei ECE. La variabile riportata è Tmax30.

Aree di studio e di background



Per la descrizione delle aree di studio si rimanda alla stessa sezione del capitolo precedente.

Un passaggio critico nella modellazione della distribuzione delle specie è la scelta dell'area di background in cui vengono calibrati gli SDM, poiché questa scelta ha un'influenza significativa sui risultati (Acevedo et al., 2012; Sillero et al., 2021). Utilizzare l'area di studio come background sottostimerebbe la nicchia climatica delle specie perché rappresenta una piccola percentuale della loro distribuzione totale (Chevalier et al., 2021). Abbiamo scelto l'intera Italia come background per gli SDM per mitigare gli effetti del troncamento della nicchia. È ragionevole ritenere che le popolazioni delle specie in studio si siano adattate localmente agli ambienti biotici e abiotici presenti nella penisola. (Blaustein et al., 2010; Boyer et al., 2021)

Dati di presenza delle specie

Abbiamo utilizzato la piattaforma Global Biodiversity Information Facility (GBIF) per ottenere i dati sulle specie presenti in ciascuna delle quattro aree di studio: Inizialmente, è stato creato un poligono che includeva le quattro aree più un buffer di cinque chilometri per creare una checklist. Successivamente, sono state scaricate le osservazioni disponibili per dette specie nell'area di background. Sono state così identificate 138 specie di farfalle e 54 specie di api (GBIF.org, 2023b e 2023a, rispettivamente). Le indagini sul campo condotte nelle aree di studio hanno inoltre rivelato 13 specie di farfalle non presenti nei dati GBIF, portando il numero totale di specie a 151. Utilizzando la funzione "occ_data" nel pacchetto R *rgbif* ver. 3.7.8 (Chamberlain et al., 2024), sono state acquisite le presenze per queste specie da GBIF, rimuovendo i record privi di coordinate o contenenti errori spaziali (Zizka et al., 2020).

Abbiamo filtrato le presenze mantenendo un solo punto di presenza per specie a una risoluzione di 6 minuti d'arco ($\sim 11 \text{ km}^2$), corrispondente a quella delle variabili climatiche (vedi sezione successiva), utilizzando la funzione "elimCellDups" del pacchetto R *enmSdm* (Smith et al., 2020).

Le specie sono state ulteriormente selezionate andando a conservare per la modellizzazione solo quelle che avessero almeno 20 presenze per le farfalle e 10 per le api. Un minimo di 20 presenze è considerato essere un valore accettabile per la costruzione dei modelli di distribuzione (Guisan et al., 2017), tuttavia abbiamo scelto una soglia più bassa per le api allo scopo di modellizzare anche questo gruppo nonostante gli scarsi dati disponibili. Il dataset finale per le farfalle includeva 145 specie con un totale



di 58300 presenze (mediana per specie = 253, deviazione standard = 377.715), e 17 api con 4026 presenze (mediana per specie = 83, deviazione standard = 330.903) (Tab. 1). Il campione ottenuto per le farfalle è risultato quindi molto più completo ed esaustivo di quello ottenuto per le api, i cui dati risultano carenti sia dal punto di vista delle specie rilevate per area di studio che del numero di presenze disponibili.

Dati climatici

Tabella 2.1. Modelli di circolazione regionali utilizzati per lo sviluppo delle variabili ECE.

GCM	RCM	Variable
CNRM-CM5	ALADIN63	tasmin, tasmax, pr
CNRM-CM5	RACMO22E	tasmin, tasmax, pr
EC-EARTH	CCLM4-8-17	tasmin, tasmax, pr
EC-EARTH	HIRAM5	tasmin, tasmax
EC-EARTH	RACMO22E	tasmin, tasmax, pr
EC-EARTH	RCA4	tasmin, tasmax
MPI-ESM-LR	REMO2009	tasmin, tasmax, pr
MPI-ESM-LR	RCA4	tasmin, tasmax
NorESM1-M	REMO2015	tasmin, tasmax
NorESM1-M	RCA4	tasmin, tasmax
HadGEM2	RACMO22E	pr



Le variabili climatiche degli ECE sono state calcolate in collaborazione con il centro di ricerca EURAC (EURAC, 2024), tramite il Climdex-Kit (Campalani & Crespi, 2023) e Climate Data Operators (Schulzweida, 2023) Gli indicatori climatici per l'area di background sono stati calcolati a partire dalle simulazioni EURO-CORDEX (WCRP, 2024) delle precipitazioni e delle temperature giornaliere disponibili per l'Europa con una risoluzione spaziale di $0.11^\circ \times 0.11^\circ$ (EUR-11). Sono state considerate le simulazioni dei modelli per i due scenari di emissione (Representative Concentration Pathways, RCP) 2.6 e RCP 8.5 (van Vuuren et al., 2011) come scenari migliore e peggiore, rispettivamente. In particolare, abbiamo raccolto 10 simulazioni GCM-RCM (Global Climate Model driving Regional Climate Model) per la temperatura minima e massima (tasmin, tasmax) e 6 simulazioni GCM-RCM per le precipitazioni (pr). Gli RCM effettuano il downscaling dei campi climatici dai Modelli di Circolazione Globale, e possono fornire informazioni a scale fini che risultano più accurate per studiare fenomeni regionali (Giorgi, 2019; Jacob et al., 2020). La scelta del modello è stata basata sulle raccomandazioni fornite dalla comunità EURO-CORDEX (<https://www.euro-cordex.net/078730/index.php.en>) e sono stati inclusi nel sottoinsieme solo i modelli con entrambi gli scenari disponibili (Tab. 2.1).

Per caratterizzare gli ECE, abbiamo calcolato quattro variabili che descrivono estremi di temperatura e siccità rilevanti dal punto di vista ecologico per i periodi 1971-2000 (clima "attuale") e 2021-2050 (clima futuro) (Baquero et al., 2021): numero annuale di giorni con temperatura massima giornaliera $\geq 30^\circ\text{C}$ (Tmax30), numero di periodi annuali di cinque giorni consecutivi con temperatura massima giornaliera $\geq 30^\circ\text{C}$ (Tmax30nd5d), numero annuale di giorni con precipitazione giornaliera ≤ 1 mm (Pr1mm) e numero di periodi annuali di cinque giorni consecutivi con precipitazione giornaliera ≤ 1 mm (Pr1mm5d).



Modelli di distribuzione

L'algoritmo Maxent (Phillips et al., 2023), uno dei migliori algoritmi per simulare la distribuzione delle specie, e il pacchetto R biomod2 versione 3.4.1 (Thuiller et al., 2023) sono stati utilizzati per costruire gli SDM (Valavi et al., 2022). Maxent confronta i punti di presenza delle specie con punti di background (BP) campionati casualmente per modellizzare la nicchia delle specie. Per replicare i bias nel campione di presenza, abbiamo scelto un approccio largamente utilizzato che consiste nel campionare i BP in base alla densità delle presenze di un gruppo di specie. Abbiamo trasformato le presenze in una superficie di probabilità continua utilizzando una stima della densità kernel 2D, questa superficie è stata utilizzata per guidare il campionamento dei BP (Barber et al., 2022). Questo metodo è stato applicato per le specie con fino a 605 punti di presenza, oltre questa soglia, abbiamo applicato un campionamento random in quanto non erano disponibili abbastanza celle di background pesato secondo il bias. Siccome tali specie sono più comuni e diffuse, la correzione del bias può essere trascurata. Abbiamo campionato un numero di BP eguale rispetto alle presenze e prodotto 3 set di PB per specie.

Per testare la performance degli SDM, abbiamo diviso casualmente i dataset di presenze e BP in set di calibrazione, che comprendevano il 70% dei punti, e set di validazione, che comprendevano il restante 30% dei punti e calcolato l'Area sotto la Curva ROC (Receiver Operating Characteristic)(Guisan et al., 2017). Per ogni dataset di background e metodo, abbiamo eseguito cinque repliche di cross-validazione, ottenendo un totale di 25 ripetizioni per specie. I valori ROC variano da 0 a 1 e una performance accettabile del modello è indicata da valori superiori a 0.6. Di conseguenza, i modelli finali sono stati prodotti solo utilizzando le repliche che soddisfacevano questo requisito.

Abbiamo anche utilizzato il Boyce Index dal pacchetto R Ecospat, poiché questo indice è consigliato per modelli costruiti con dati di sole presenze (Di Cola et al., 2017; Sillero et al., 2021). Boyce ha valori che variano da -1 a +1, quando i valori sono prossimi allo zero denotano modelli con proiezioni simili a quelle di modelli casuali; quando negativi denotano proiezioni peggiori di quelle casuali; mentre quando positivi denotano un'ottima performance.

Biomod2 produce proiezioni raster di idoneità climatica con valori continui che vanno da 0 a 1000. Per consentire il confronto fra le condizioni attuali e future, abbiamo binarizzato i dati a 0 (nessuna idoneità climatica) e 1 (idoneità climatica) tramite il pacchetto R PresenceAbsence (Freeman, 2023) e la soglia di Massima Sensibilità più Specificità, che massimizza la capacità degli SDM di identificare correttamente presenze e BP (Liu et al., 2016).

Analisi dei trend futuri

Sottraendo il numero di celle proiettate in condizioni attuali da quelle previste nei due scenari futuri, siamo stati in grado di calcolare il cambiamento nell'idoneità climatica per ogni specie. Le proiezioni binarizzate sono state sommate per creare mappe di ricchezza delle specie nelle aree di studio sia per il presente che per il futuro. Per confrontare queste mappe, i valori futuri sono stati sottratti da quelli attuali. Infine, abbiamo determinato che, sotto lo scenario SSP5-8.5, le cinque specie di farfalle e api più a rischio per ogni regione di studio erano quelle con la maggiore perdita percentuale di idoneità climatica. Tutte le analisi spaziali sono state effettuate utilizzando il pacchetto raster in R (Hijmans et al., 2023). I grafici sono stati realizzati con il pacchetto ggplot2 (Wickham et al., 2024); le mappe sono state create utilizzando rasterVis (Lamigueiro et al., 2023).

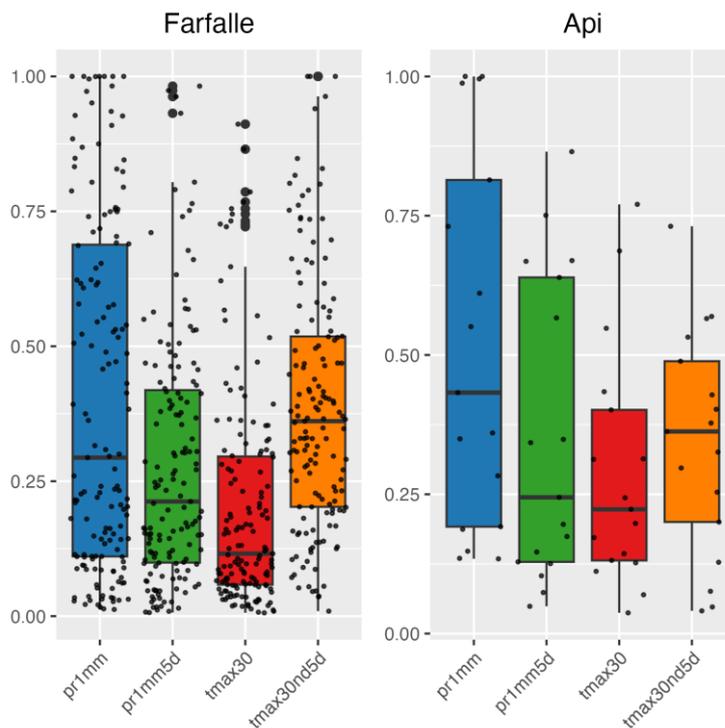


Figura II - 10 Importanza delle variabili per farfalle (sinistra) e api (destra).

2.3 Risultati

Tutti gli SDM hanno mostrato prestazioni più elevate per le farfalle, con un valore ROC mediano = 0.700 (SD = 0.115) e Boyce = 0.974 (0.098), e accettabili per le api, con valore ROC mediano = 0.658 (SD = 0.114) e Boyce = 0.854 (SD = 0.237). Questa



differenza fra i due gruppi è data dalla disparità nell'abbondanza e nella qualità dei dati di partenza, molto maggiore per le farfalle che per le api.

Importanza delle variabili

Il numero di periodi annuali di cinque giorni consecutivi con temperatura massima giornaliera $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ($T_{\text{max}30\text{nd}5\text{d}}$) è stata la variabile più significativa per le farfalle, seguita dal numero annuale di giorni con precipitazione giornaliera $\leq 1\text{ mm}$ ($Pr1\text{mm}$) (Fig. 10). Per le api, le stesse due variabili risultano le più importanti ma con posizioni invertite (Fig. 10). L'aumento della temperatura oltre i 30°C per diversi giorni consecutivi ha il potenziale di portare le specie oltre il loro limite massimo di tolleranza per lunghi periodi, rendendo difficile la loro sopravvivenza. La scarsità di acqua descritta da $Pr1\text{mm}$ invece può portare ad un drastico declino delle risorse trofiche disponibili, sia come piante nutrici che come fioriture.

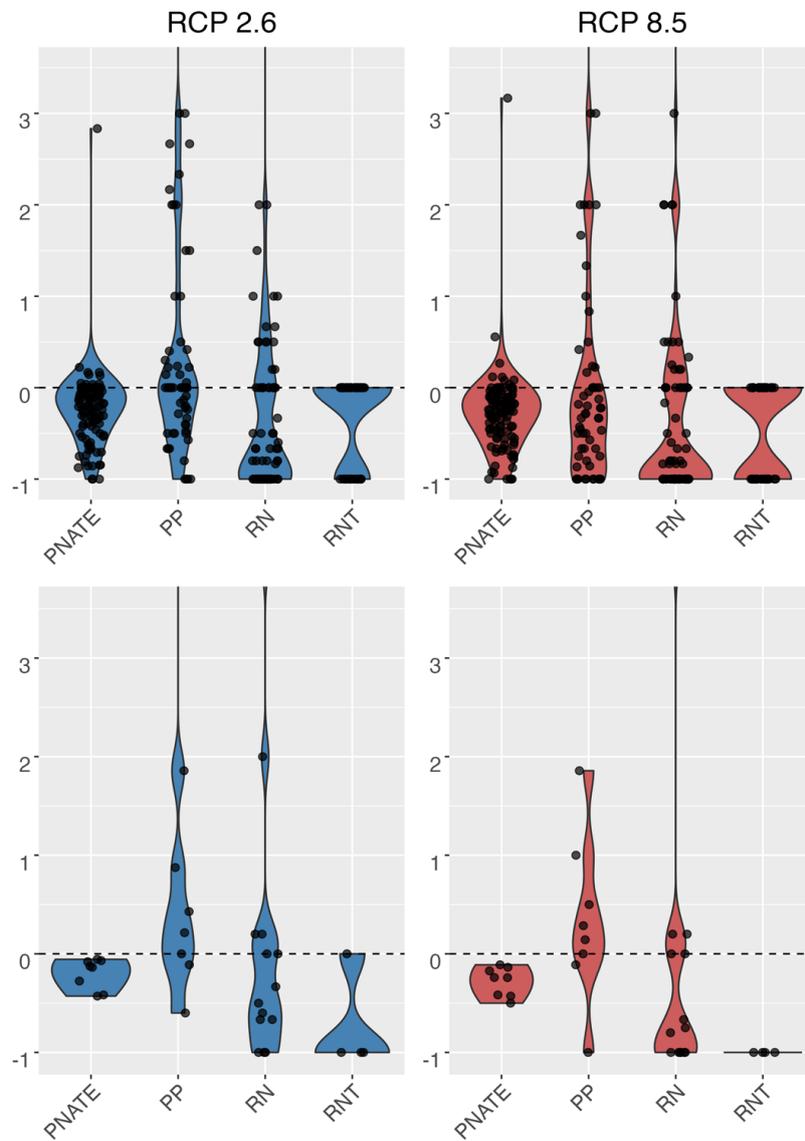


Figura II - 11 Variazione in proporzione dell'idoneità climatica per farfalle (sopra) e api (sotto) nei due scenari.

Idoneità climatica

In tutte e quattro le aree di studio e nei due scenari di cambiamento climatico, è emerso un chiaro pattern nel numero di celle idonee che indicano l'idoneità climatica di farfalle e api in risposta agli ECE. Il numero di celle idonee è diminuito per numerose specie in entrambi gli scenari; le maggiori diminuzioni sono state osservate nello scenario RCP-8.5 (Fig. 11). Le aree di studio hanno mostrato variazioni principalmente dovute alla topografia. Molte specie hanno avuto un aumento della loro idoneità climatica in aree pianeggianti e collinari, come la Pianura Pontina e le aree protette di Roma. Tuttavia, solo una piccola frazione di specie ha acquisito idoneità in regioni montuose come il PNATE e Torricchio (Fig. 11). Queste risposte sono condivise da farfalle e api e sono per entrambe più intense nello scenario RCP 8.5.

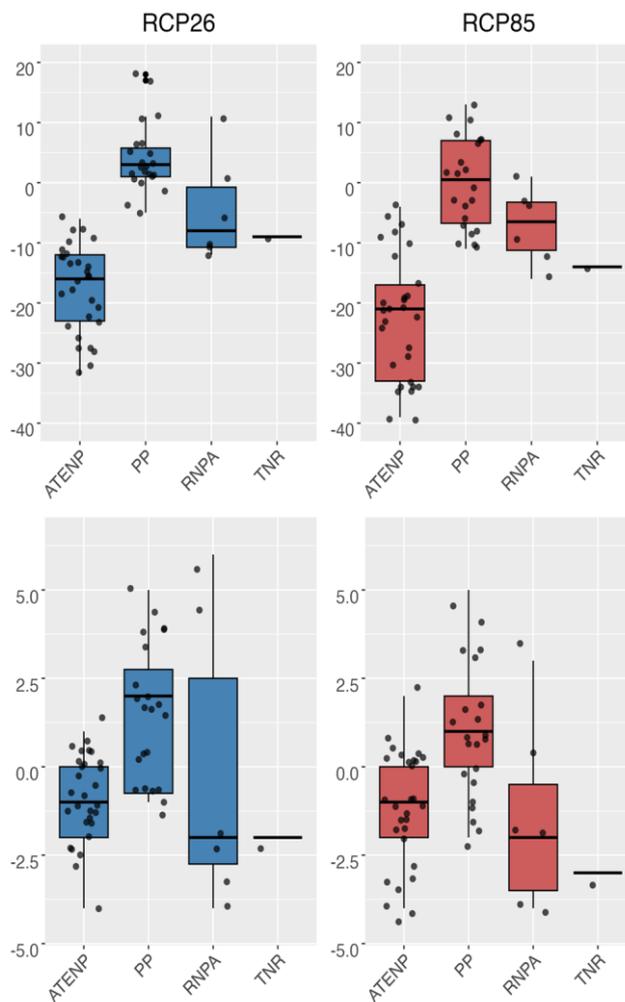


Figura II - 12 *Variazione nella ricchezza di specie per cella per le farfalle (sopra) e api (sotto) nei due scenari.*



Ricchezza di specie

Le differenze tra pianure, colline e montagne nella risposta delle specie diventano ancora più evidenti quando si considera la differenza in ricchezza di specie (Fig. 12-16). Si osserva un evidente pattern di perdita di ricchezza nelle regioni costiere, seguito da un aumento nelle pianure più interne e nelle zone collinari, con una diminuzione nelle aree montuose. Questo riflette lo spostamento dell'idoneità climatica dalle pianure verso le regioni collinari e dalle colline verso le montagne. Poiché nelle aree di studio non esistono aree ad elevazioni maggiori verso cui le specie montane possano ritirarsi, vi è una diffusa perdita di specie nelle zone montane in entrambi gli scenari. Questi pattern sono condivisi da farfalle e api e sono per entrambi più intensi nello scenario RCP 8.5 che in quello RCP 2.6. È importante tenere a mente che qualsiasi variazione nel numero di specie, sia positiva che negativa, implica che queste specie debbano spostarsi per seguire i loro habitat, e che questo spostamento non è sempre possibile. Si prevede che le comunità di impollinatori cambino a causa del cambiamento climatico e i risultati di questo cambiamento potrebbero essere ecologicamente imprevedibili. Una ridotta ricchezza di specie può rendere un ecosistema meno resiliente ai cambiamenti ambientali, con effetti a cascata dannosi sulla capacità dell'ecosistema di funzionare e fornire il servizio ecosistemico dell'impollinazione. Pertanto, le aree che si prevede subiranno significativi cali nella diversità di impollinatori a causa degli ECE possono essere considerate prioritarie per gli interventi di mitigazione pianificati dal progetto BEEadapt.

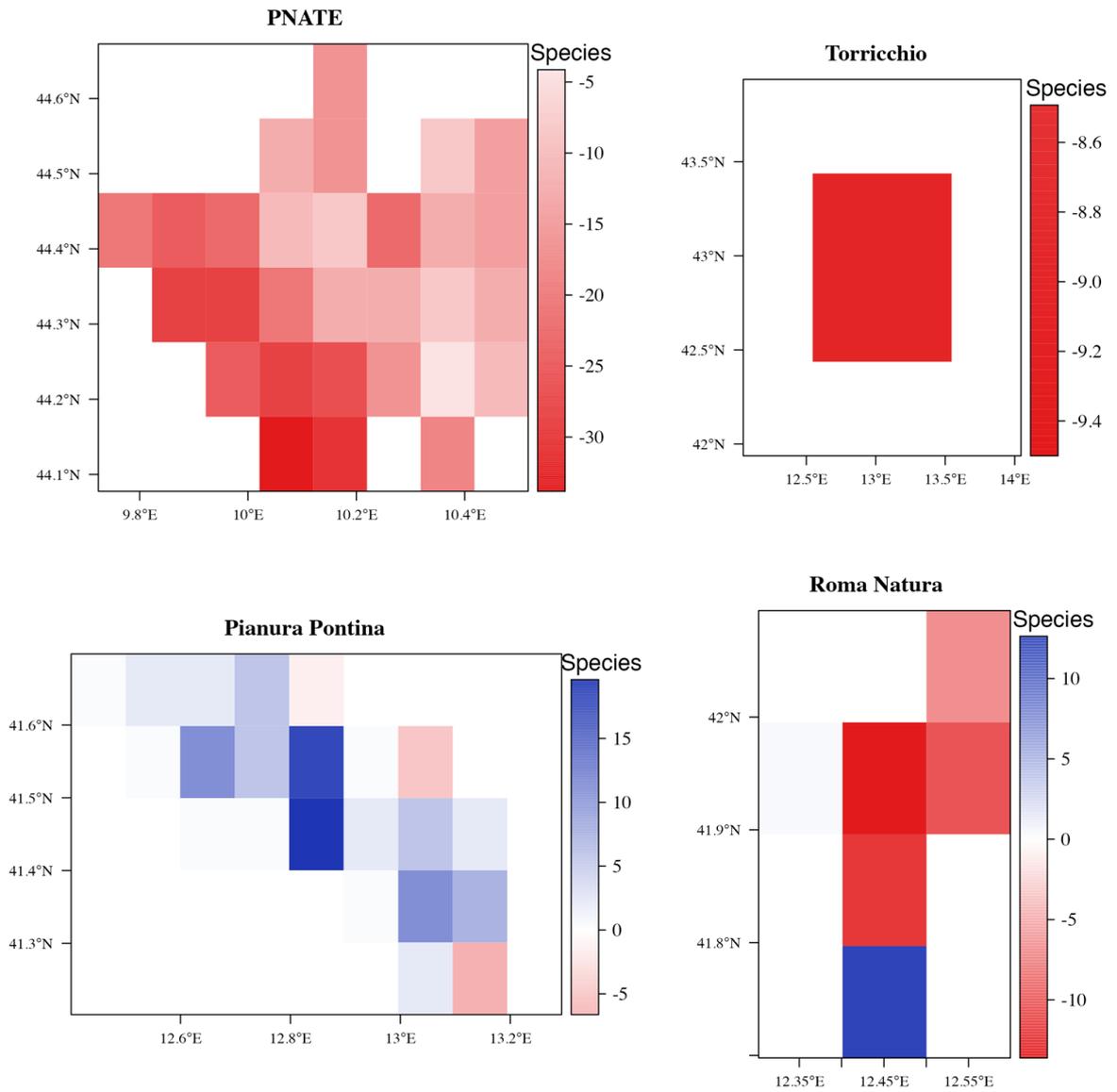


Figura II - 13 Variazione della ricchezza di farfalle nelle aree di studio sotto lo scenario RCP 2.6 in risposta agli ECE.

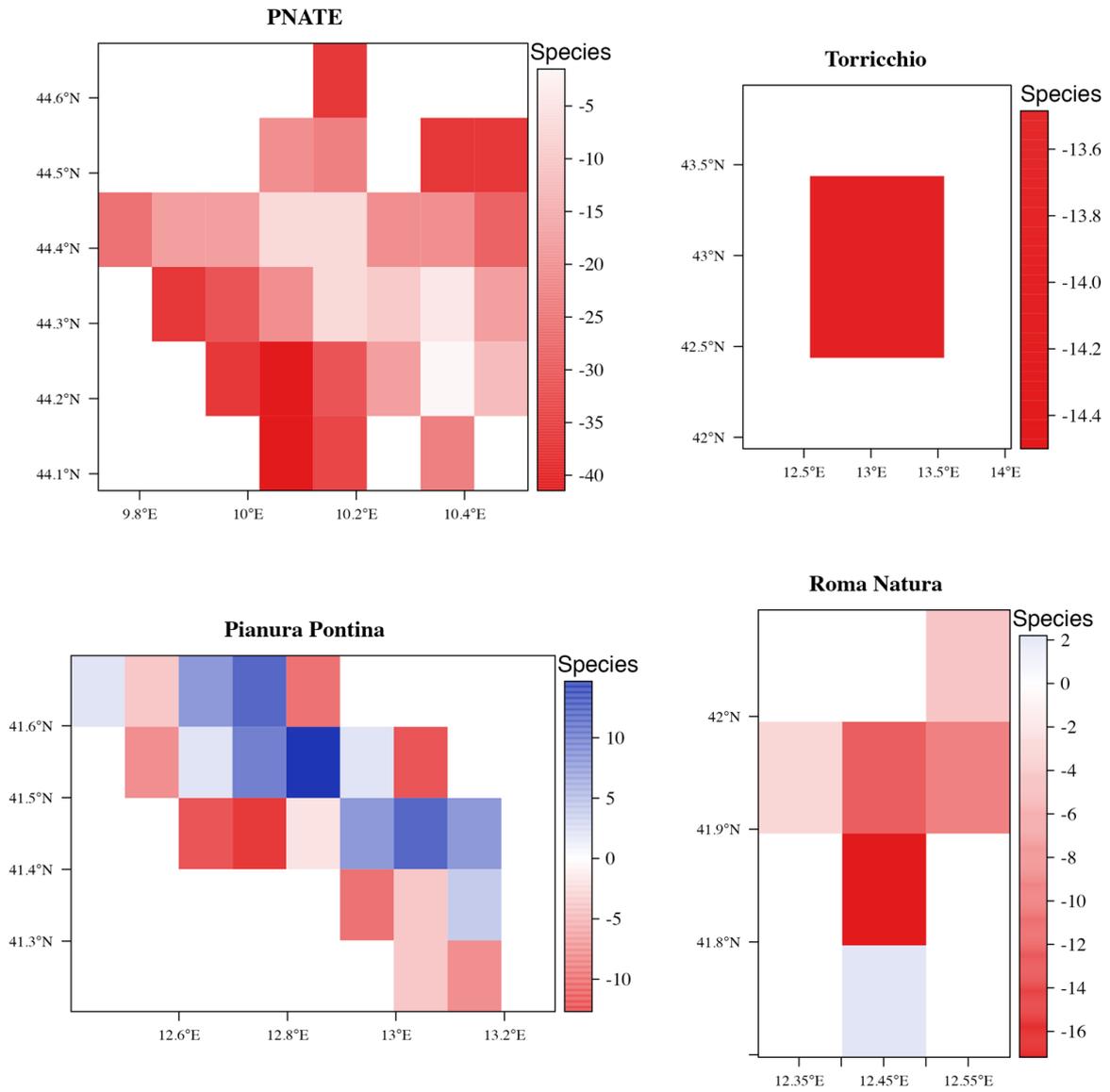


Figura II - 14 Variazione della ricchezza di farfalle nelle aree di studio sotto lo scenario RCP 8.5 in risposta agli ECE.

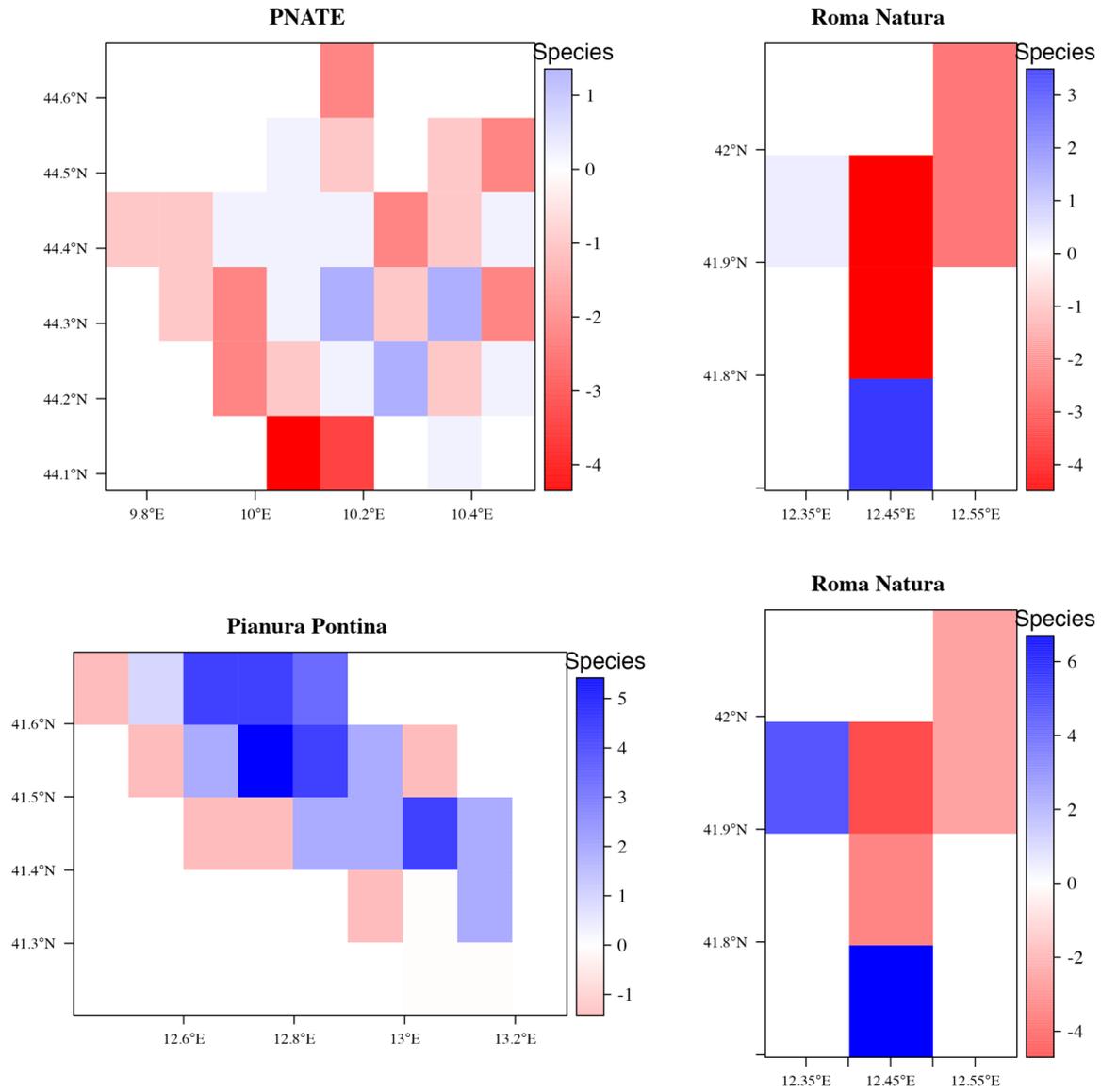


Figura II - 15 Variazione della ricchezza di api nelle aree di studio sotto lo scenario RCP 2.6 in risposta agli ECE.

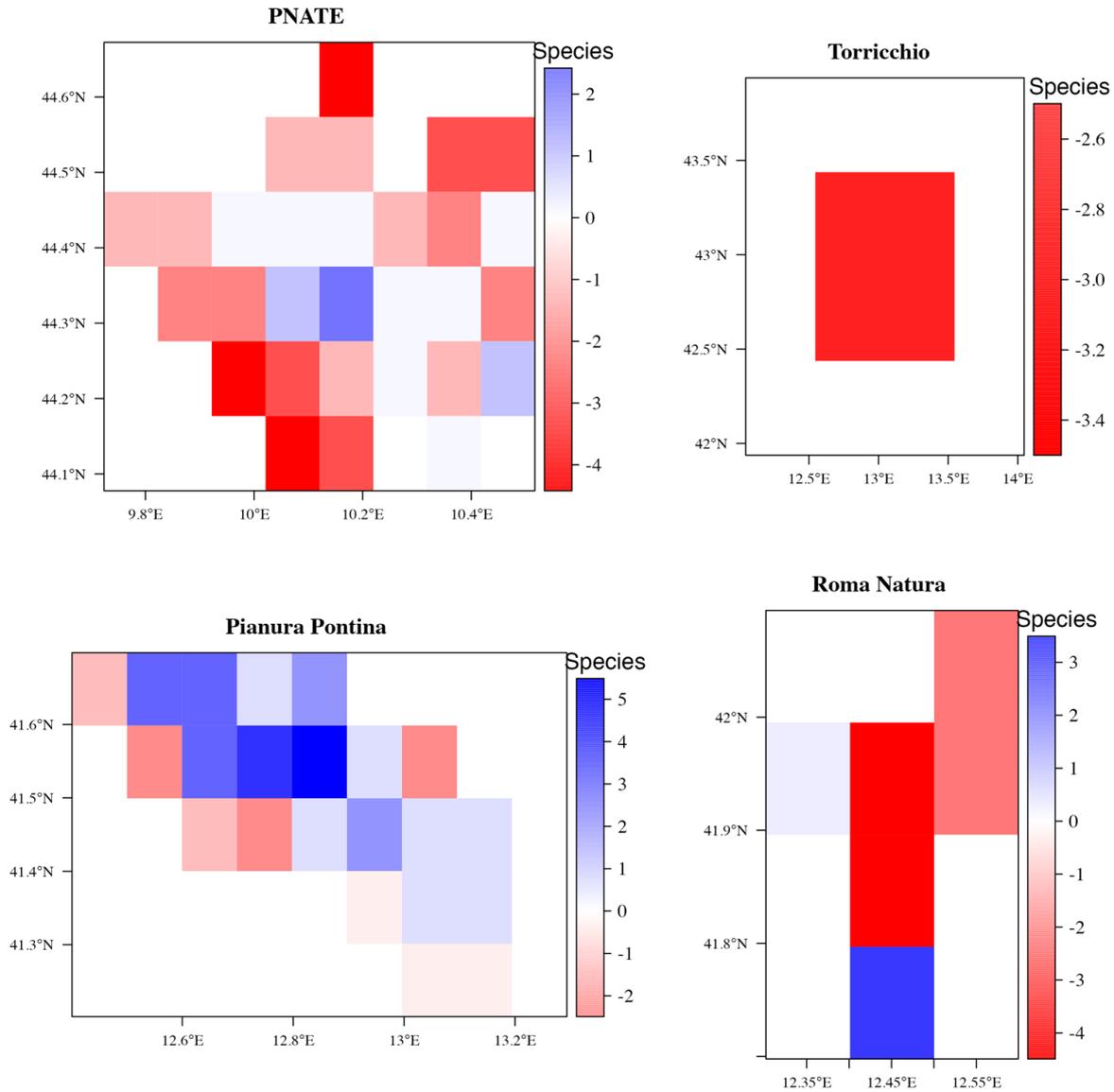


Figura II - 16 Variazione della ricchezza di api nelle aree di studio sotto lo scenario RCP 8.5 in risposta agli ECE.



Bibliografia PARTE 3.1.3 a – sezione II

- Acevedo, P., Jiménez-Valverde, A., Lobo, J. M., & Real, R. (2012). Delimiting the geographical background in species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 39(8), 1383–1390. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2012.02713.x>
- Ackerly, D. D., Loarie, S. R., Cornwell, W. K., Weiss, S. B., Hamilton, H., Branciforte, R., & Kraft, N. J. B. (2010). The geography of climate change: Implications for conservation biogeography. *Diversity and Distributions*, 16(3), 476–487. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00654.x>
- Araujo, M. B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogués-Bravo, D., & Thuiller, W. (2011). Climate change threatens European conservation areas. *Ecology Letters*, 14(5), 484–492. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01610.x>
- Arneth, A., Shin, Y. J., Leadley, P., Rondinini, C., Bukvareva, E., Kolb, M., Midgley, G. F., Oberdorff, T., Palomo, I., & Saito, O. (2020). Post-2020 biodiversity targets need to embrace climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(49), 30882–30891. <https://doi.org/10.1073/pnas.2009584117>
- Baquero, R. A., Barbosa, A. M., Ayllón, D., Guerra, C., Sánchez, E., Araújo, M. B., & Nicola, G. G. (2021). Potential distributions of invasive vertebrates in the Iberian Peninsula under projected changes in climate extreme events. *Diversity and Distributions*, 27(11), 2262–2276. <https://doi.org/10.1111/ddi.13401>
- Barber, R. A., Ball, S. G., Morris, R. K. A., & Gilbert, F. (2022). Target-group backgrounds prove effective at correcting sampling bias in Maxent models. *Diversity and Distributions*, 28(1), 128–141. <https://doi.org/10.1111/ddi.13442>
- Beck, J., Böller, M., Erhardt, A., & Schwanghart, W. (2014). Spatial bias in the GBIF database and its effect on modeling species' geographic distributions. *Ecological Informatics*, 19, 10–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2013.11.002>
- Blaustein, A. R., Walls, S. C., Bancroft, B. A., Lawler, J. J., Searle, C. L., & Gervasi, S. S. (2010). Direct and Indirect Effects of Climate Change on Amphibian Populations. *Diversity*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/d2020281>



- Boyer, I., Cayuela, H., Bertrand, R., & Isselin-Nondedeu, F. (2021). Improving biological relevance of model projections in response to climate change by considering dispersal amongst lineages in an amphibian. *Journal of Biogeography*, 48(3), 561–576. <https://doi.org/10.1111/jbi.14019>
- Campalani, P., & Crespi, A. (2023). Climdex-Kit: An Open Software for Climate Index Calculation, Sharing and Analysis Towards Tailored Climate Services (No. 2023010228). Preprints. <https://doi.org/10.20944/preprints202301.0228.v1>
- Carroll, C., Noss, R. F., Paquet, P. C., & Schumaker, N. H. (2004). Extinction Debt of Protected Areas in Developing Landscapes. *Conservation Biology*, 18(4), 1110–1120. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00083.x>
- CCIDG. (2023, March 12). World Maps of Köppen-Geiger climate classification present. <https://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>
- Chamberlain, S., Oldoni, D., Barve, V., Desmet, P., Geffert, L., Mcglinn, D., Ram, K., rOpenSci (<https://ropensci.org/>), Waller [aut, J., & cre. (2024). rgbif: Interface to the Global Biodiversity Information Facility API (3.8.0) [Computer software]. <https://cran.r-project.org/web/packages/rgbif/index.html>
- Chevalier, M., Broennimann, O., Cornuault, J., & Guisan, A. (2021). Data integration methods to account for spatial niche truncation effects in regional projections of species distribution. *Ecological Applications*, 31(7). <https://doi.org/10.1002/eap.2427>
- Cowie, R. H., Bouchet, P., & Fontaine, B. (2022). The Sixth Mass Extinction: Fact, fiction or speculation? *Biological Reviews*, 97(2), 640–663. <https://doi.org/10.1111/brv.12816>
- Di Cola, V., Broennimann, O., Petitpierre, B., Breiner, F. T., D’Amen, M., Randin, C., Engler, R., Pottier, J., Pio, D., Dubuis, A., Pellissier, L., Mateo, R. G., Hordijk, W., Salamin, N., & Guisan, A. (2017). ecospat: An R package to support spatial analyses and modeling of species niches and distributions. *Ecography*, 40(6), 774–787. <https://doi.org/10.1111/ecog.02671>



- Di Nuzzo, L., Vallese, C., Benesperi, R., Giordani, P., Chiarucci, A., Di Cecco, V., Di Martino, L., Di Musciano, M., Gheza, G., Lelli, C., Spitale, D., & Nascimbene, J. (2021). Contrasting multitaxon responses to climate change in Mediterranean mountains. *Scientific Reports*, *11*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83866-x>
- Diaz, H. F., Grosjean, M., & Graumlich, L. (2003). Climate Variability and Change in High Elevation Regions: Past, Present and Future. *Climatic Change*, *59*(1), 1–4. <https://doi.org/10.1023/A:1024416227887>
- Dicks, L. V., Viana, B., Bommarco, R., Brosi, B., Arizmendi, M. del C., Cunningham, S. A., Galetto, L., Hill, R., Lopes, A. V., Pires, C., Taki, H., & Potts, S. G. (2016). Ten policies for pollinators. *Science*, *354*(6315), 975–976. <https://doi.org/10.1126/science.aai9226>
- Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N., Wikramanayake, E., & Saleem, M. (2017). *Ecoregions 2017* © Resolve. <https://ecoregions.appspot.com/>
- Elsen, P. R., & Tingley, M. W. (2015). Global mountain topography and the fate of montane species under climate change. *Nature Climate Change*, *5*(8), Article 8. <https://doi.org/10.1038/nclimate2656>
- EURAC. (2024). *Center for Climate Change and Transformation*. EURAC Research. <https://www.eurac.edu/en/institutes-centers/center-for-climate-change-and-transformation>
- Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, *9*(5), 1937–1958. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, *37*(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Freeman, E. (2023). *PresenceAbsence: Presence-Absence Model Evaluation* (1.1.11) [Computer software]. <https://cran.r-project.org/web/packages/PresenceAbsence/index.html>



- GBIF.org. (2023a). *Apoidea BEEadapt checklist* [Global Biodiversity Information Facility]. <https://www.gbif.org/occurrence/download/0060344-231002084531237>
- GBIF.org. (2023b). *Lepidoptera BEEadapt checklist* [Global Biodiversity Information Facility]. <https://www.gbif.org/occurrence/download/0060342-231002084531237>
- Guisan, A., Thuiller, W., & Zimmermann, N. E. (2017). Habitat Suitability and Distribution Models: With Applications in R. In *Habitat Suitability and Distribution Models*. Cambridge University Press.
- Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J. B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P. R., Tulloch, A. I. T., Regan, T. J., Brotons, L., Mcdonald-Madden, E., Mantyka-Pringle, C., Martin, T. G., Rhodes, J. R., Maggini, R., Setterfield, S. A., Elith, J., Schwartz, M. W., Wintle, B. A., Broennimann, O., Austin, M., ... Buckley, Y. M. (2013). Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology Letters*, *16*(12), 1424–1435. <https://doi.org/10.1111/ele.12189>
- Hijmans, R. J., Etten, J. van, Sumner, M., Cheng, J., Baston, D., Bevan, A., Bivand, R., Busetto, L., Canty, M., Fasoli, B., Forrest, D., Ghosh, A., Golicher, D., Gray, J., Greenberg, J. A., Hiemstra, P., Hingee, K., Ilich, A., Geosciences, I. for M. A., ... Wueest, R. (2022). *raster: Geographic Data Analysis and Modeling* (3.6-11). <https://CRAN.R-project.org/package=raster>
- Hijmans, R. J., Etten, J. van, Sumner, M., Cheng, J., Baston, D., Bevan, A., Bivand, R., Busetto, L., Canty, M., Fasoli, B., Forrest, D., Ghosh, A., Golicher, D., Gray, J., Greenberg, J. A., Hiemstra, P., Hingee, K., Ilich, A., Geosciences, I. for M. A., ... Wueest, R. (2023). *raster: Geographic Data Analysis and Modeling* (3.6-26) [Computer software]. <https://cran.r-project.org/web/packages/raster/index.html>
- Hill, G. M., Kawahara, A. Y., Daniels, J. C., Bateman, C. C., & Scheffers, B. R. (2021). Climate change effects on animal ecology: Butterflies and moths as a case study. *Biological Reviews*, *96*(5), 2113–2126. <https://doi.org/10.1111/brv.12746>
- Hole, D. G., Willis, S. G., Pain, D. J., Fishpool, L. D., Butchart, S. H. M., Collingham, Y. C., Rahbek, C., & Huntley, B. (2009). Projected impacts of climate change on a continent-wide protected area network. *Ecology Letters*, *12*(5), 420–431. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01297.x>



- Johnston, A., Matechou, E., & Dennis, E. (2022). Outstanding challenges and future directions for biodiversity monitoring using citizen science data. *Methods in Ecology and Evolution*.
- Lake, T. A., Briscoe Runquist, R. D., & Moeller, D. A. (2020). Predicting range expansion of invasive species: Pitfalls and best practices for obtaining biologically realistic projections. *Diversity and Distributions*, 26(12), 1767–1779. <https://doi.org/10.1111/ddi.13161>
- Lamigueiro, O. P., Hijmans, R., & Courtiol, A. (2023). *rasterVis: Visualization Methods for Raster Data* (0.51.6) [Computer software]. <https://cran.r-project.org/web/packages/rasterVis/index.html>
- LIFE. (2023). *BEEadapt project*. <https://www.lifebeeadapt.eu/en/>
- Liu, C., Newell, G., & White, M. (2016). On the selection of thresholds for predicting species occurrence with presence-only data. *Ecology and Evolution*, 6(1), 337–348. <https://doi.org/10.1002/ece3.1878>
- Mahecha, M. D., Bastos, A., Bohn, F., Eisenhauer, N., Feilhauer, H., Hickler, T., Kalesse-Los, H., Migliavacca, M., Otto, F. E. L., Peng, J., Tegen, I., Weigelt, A., Wendisch, M., Wirth, C., Al-Halbouni, D., Deneke, H. M., Doktor, D., Dunker, S., Ehrlich, A., ... Quaas, J. (2023). *Biodiversity and climate extremes: Known interactions and research gaps* [Preprint]. Preprints.
- <https://doi.org/10.22541/essoar.169462031.19744802/v1>
- Morán-Ordóñez, A., Briscoe, N. J., & Wintle, B. A. (2018). Modelling species responses to extreme weather provides new insights into constraints on range and likely climate change impacts for Australian mammals. *Ecography*, 41(2), 308–320. <https://doi.org/10.1111/ecog.02850>
- Naimi, B. (2023). *usdm: Uncertainty Analysis for Species Distribution Models*. <https://cran.r-project.org/web/packages/usdm/index.html>



- Nath, R., Singh, H., & Mukherjee, S. (2023). Insect pollinators decline: An emerging concern of Anthropocene epoch. *Journal of Apicultural Research*, 62(1), 23–38. <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2088931>
- Nelson, G., & Ellis, S. (2019). The history and impact of digitization and digital data mobilization on biodiversity research. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 374(1763). <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0391>
- O'Neill, B. C., Kriegler, E., Ebi, K. L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D. S., van Ruijven, B. J., van Vuuren, D. P., Birkmann, J., Kok, K., Levy, M., & Solecki, W. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change*, 42, 169–180. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004>
- Pecl, G. T., Araújo, M. B., Bell, J. D., Blanchard, J., Bonebrake, T. C., Chen, I. C., Clark, T. D., Colwell, R. K., Danielsen, F., Evengård, B., Falconi, L., Ferrier, S., Frusher, S., Garcia, R. A., Griffis, R. B., Hobday, A. J., Janion-Scheepers, C., Jarzyna, M. A., Jennings, S., ... Williams, S. E. (2017). Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science*, 355(6332), 1–9. <https://doi.org/10.1126/science.aai9214>
- Phillips, S. J., Dudík, M., & Schapire, R. E. (2023). *Maxent software for modeling species niches and distributions* (3.4.1) [Computer software]. http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/
- Santini, L., Benítez-López, A., Maiorano, L., Čengić, M., & Huijbregts, M. A. J. (2021). Assessing the reliability of species distribution projections in climate change research. *Diversity and Distributions*, 27(6), 1035–1050. <https://doi.org/10.1111/ddi.13252>
- Schulzweida, U. (2023). CDO User Guide (2.3.0). *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.10020800>
- Sillero, N., Arenas-Castro, S., Enriquez-Urzelai, U., Vale, C. G., Sousa-Guedes, D., Martínez-Freiría, F., Real, R., & Barbosa, A. M. (2021). Want to model a species niche? A step-by-step guideline on correlative ecological niche modelling. *Ecological*



Modelling, 456(July), 109671.
<https://doi.org/10.1016/J.ECOLMODEL.2021.109671>

Smith, A. B., El-Gabbas, A., & Soifer, L. (2020). *enmSdm: Tools for modeling species niches and distributions*. R Package Version 0.5.3.0.
<https://github.com/adamlilith/enmSdm>

Soroye, P., Newbold, T., & Kerr, J. (2020). Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents. *Science*, 367(6478), 685–688.
<https://doi.org/10.1126/science.aax8591>

Thuiller, W., Georges, D., Gueguen, M., Engler, R., Breiner, F., Lafourcade, B., & Patin, R. (2023). *biomod2: Ensemble Platform for Species Distribution Modeling*.
<https://cran.r-project.org/web/packages/biomod2/index.html>

Thuiller, W., Guéguen, M., Renaud, J., Karger, D. N., & Zimmermann, N. E. (2019). Uncertainty in ensembles of global biodiversity scenarios. *Nature Communications*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09519-w>

Valavi, R., Guillera-Arroita, G., Lahoz-Monfort, J. J., & Elith, J. (2022). Predictive performance of presence-only species distribution models: A benchmark study with reproducible code. *Ecological Monographs*, 92(1), e01486.
<https://doi.org/10.1002/ecm.1486>

van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J. F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J., & Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change*, 109(1), 5–31. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>

WCRP. (2024). *EURO-CORDEX - Coordinated Downscaling Experiment—European Domain*. World Climate Research Programme. <https://www.euro-cordex.net/>

Wickham, H., Chang, W., Henry, L., Pedersen, T. L., Takahashi, K., Wilke, C., Woo, K., Yutani, H., Dunnington, D., Brand, T. van den, Posit, & PBC. (2024). *ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics* (3.5.1) [Computer software]. <https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/index.html>

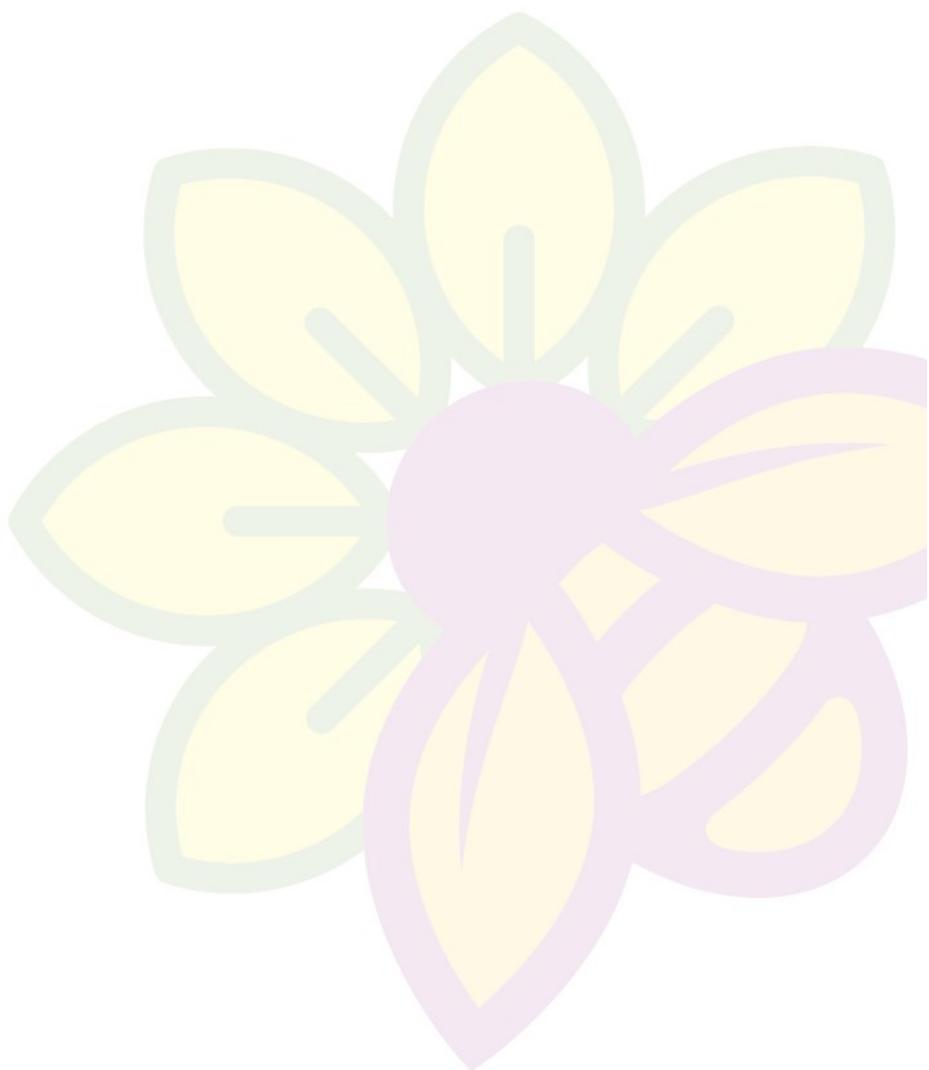


Worldclim. (2022, February 19). *Future climate data—WorldClim 1 documentation*.
<https://www.worldclim.org/data/cmip6/cmip6climate.html>

Zizka, A., Carvalho, F. A., Calvente, A., Baez-Lizarazo, M. R., Cabral, A., Coelho, J. F. R., Colli-Silva, M., Fantinati, M. R., Fernandes, M. F., Ferreira-Araújo, T., Moreira, F. G. L., Santos, N. M. C., Santos, T. A. B., Santos-Costa, R. C. dos, Serrano, F. C., Silva, A. P. A. da, Soares, A. de S., Souza, P. G. C. de, Tomaz, E. C., ... Antonelli, A. (2020). No one-size-fits-all solution to clean GBIF. *PeerJ*, 8, e9916.
<https://doi.org/10.7717/peerj.9916>

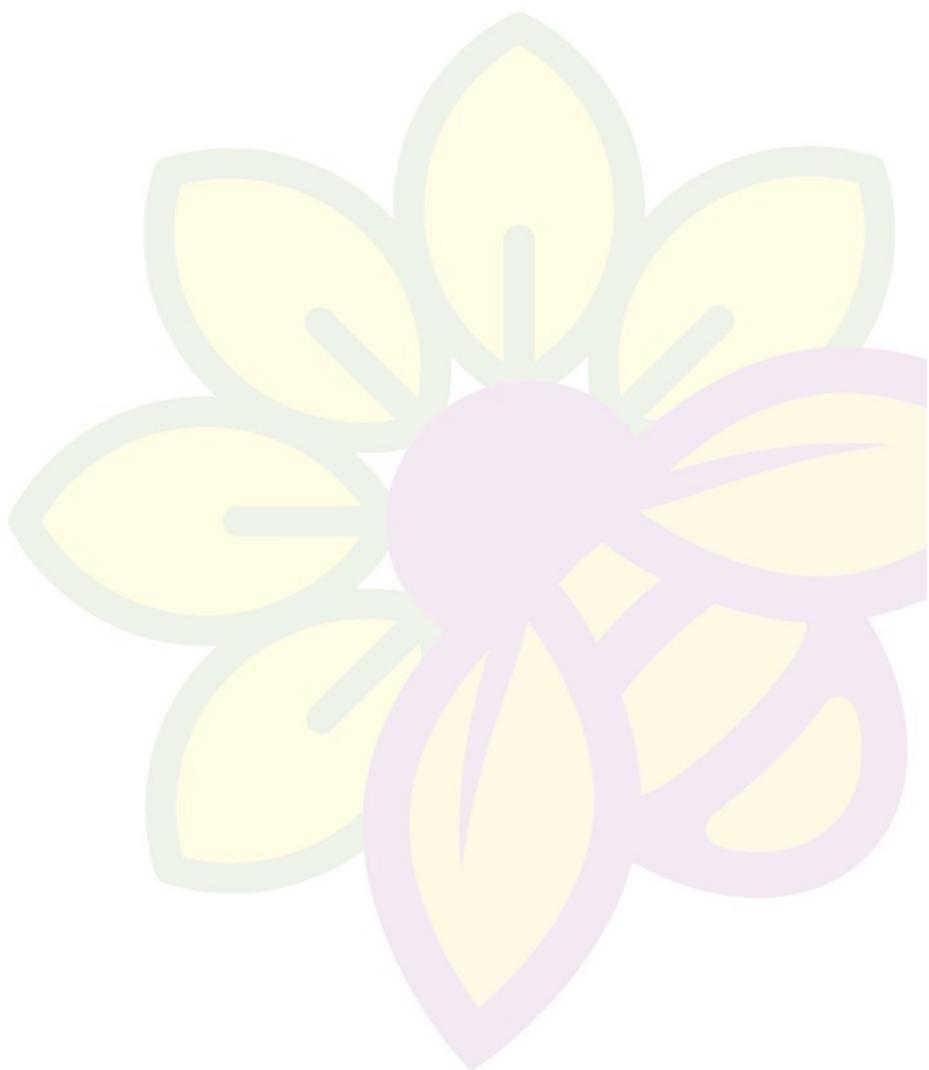


LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt/101074591





LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt/101074591



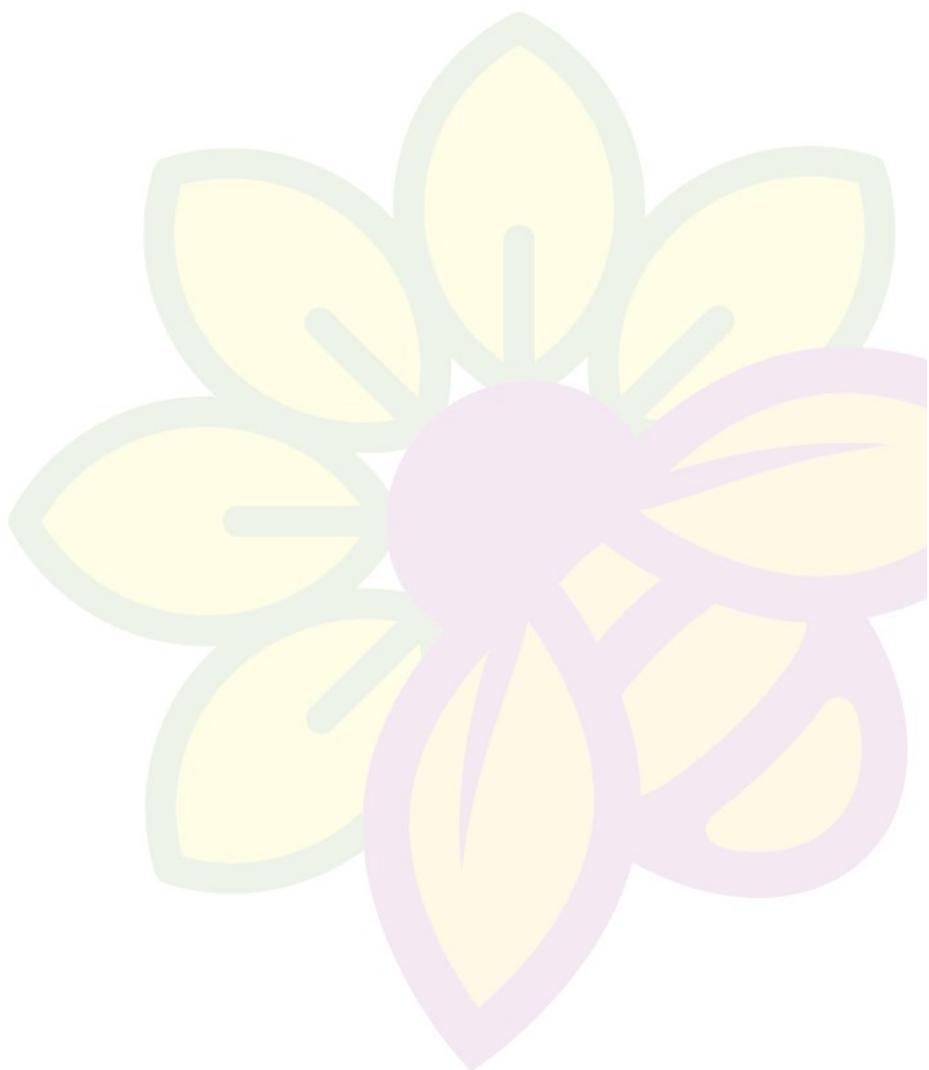


LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt/101074591

Deliverable D.3.1 - In depth-collaborative analysis | Part 3b

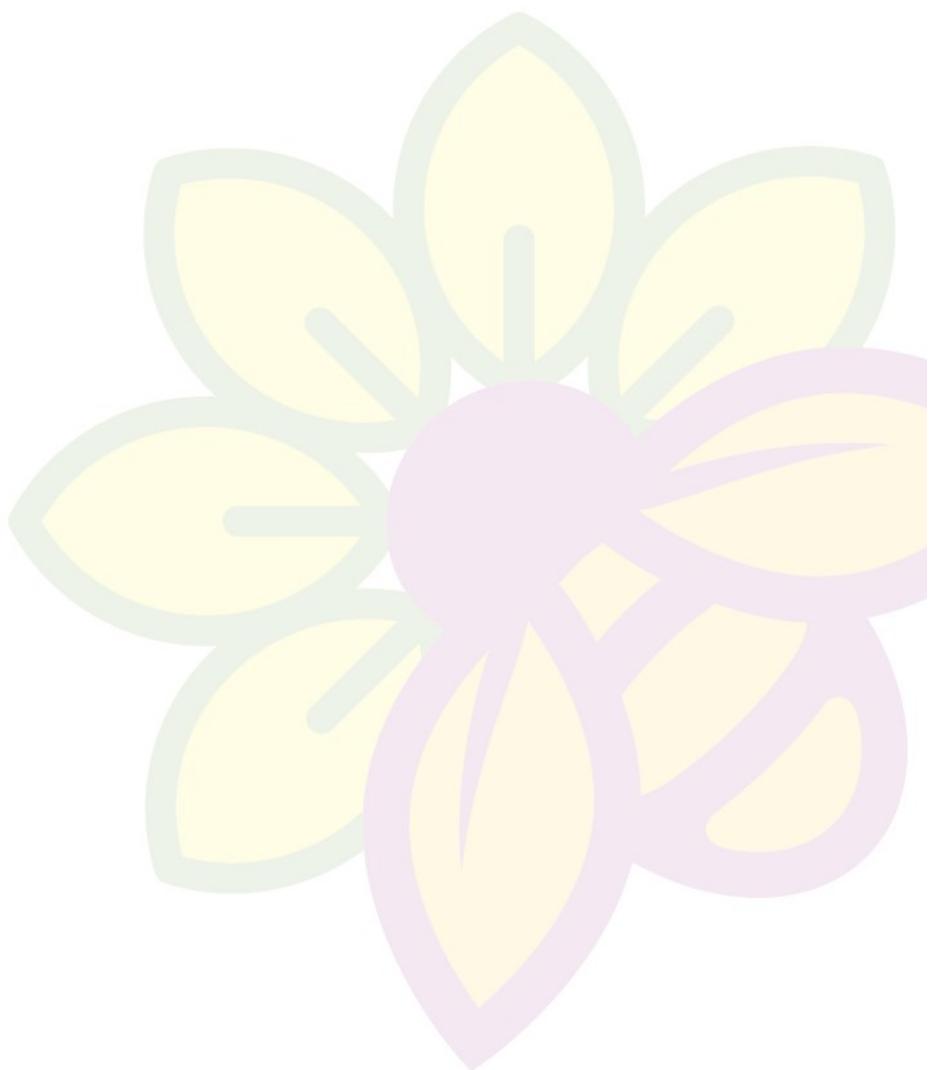
Sub-T.3.1.3b: Climate risk and vulnerability assessment

A cura di U-Space srl





LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt/101074591





LIFE21-CCA-IT-LIFE BEEadapt/101074591

SOMMARIO PARTE 3.1.3.b

1.	Aspetti metodologici	116
1.1.	Lo strumento delle catene d'impatto	116
1.2.	La catena di impatto del Life BEEadapt	119
2.	Analisi della componente Pericolo	122
3.	Analisi della componente Esposizione	133
4.	Analisi della componente Vulnerabilità	140
4.1.	Presenza e vigore vegetativo (Indice NDVI)	144
4.2.	Eterogeneità del mosaico ambientale (Indice RAO)	146
4.3.	Presenza di infrastrutture verdi e corridoi ecologici (Copernicus Small Woody Features)	149
4.4.	Idoneità del territorio alla presenza di impollinatori (classi CUS)	151
4.5.	La mappa della vulnerabilità	156
5.	Valutazione del rischio di alterazione dei servizi ecosistemici	161
6.	Dataset	166



Aspetti metodologici

Lo strumento delle catene d'impatto

Come già evidenziato in fase di proposta, per la valutazione di vulnerabilità e rischio climatico si è scelto di adottare lo strumento delle catene d'impatto. Si tratta di uno strumento applicabile nelle analisi di vulnerabilità e rischio collegate ai cambiamenti climatici, sviluppato da Adelphi ed Eurac per conto della Società tedesca per la cooperazione internazionale nel 2014 e poi aggiornato sulla base delle definizioni e dell'impianto concettuale dell'IPCC AR5⁴.

⁴ Hagenlocher, M., Schneiderbauer, S., Zebisch, M., & Renner, K. (2014). Vulnerability Sourcebook: Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, adelphi, EURAC Research.

GIZ, E. (2017). Risk supplement to the vulnerability sourcebook. Guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook's approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk.

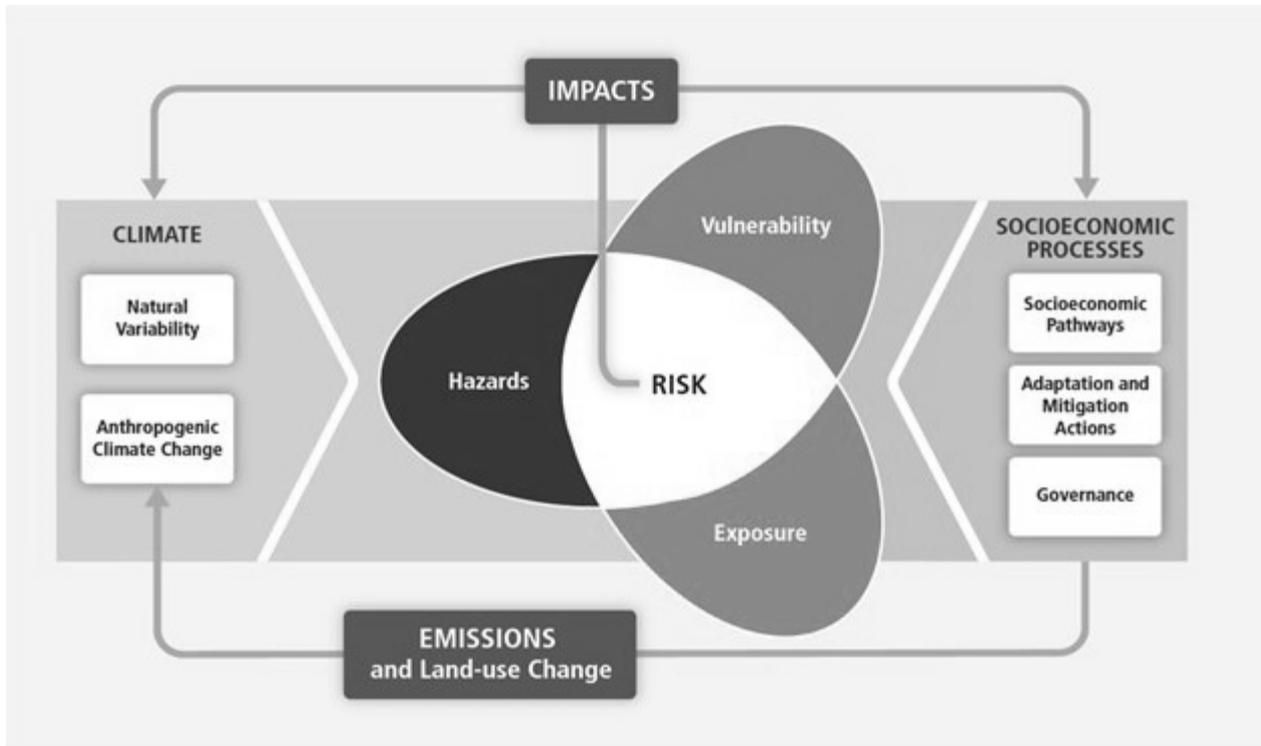


Figura 4 - Lo schema concettuale dell'IPCC AR5 (IPCC, 2014)

La catena dell'impatto aiuta a comprendere, sistematizzare e dare priorità ai fattori che determinano il rischio nel sistema interessato, nonché alle loro relazioni di causa-effetto. Si parte dall'individuazione di un RISCHIO definito in maniera piuttosto specifica e se ne analizzano a ritroso le componenti, identificando gli IMPATTI INTERMEDI, ovvero i possibili danni, ed esplorando i diversi fattori che ne determinano l'entità:

- il PERICOLO cioè il segnale/fenomeno climatico "driver" e i suoi impatti fisici diretti
- l'ESPOSIZIONE, ovvero gli elementi del sistema socio ecologico che subiscono danni a causa degli impatti fisici diretti
- la VULNERABILITÀ, ovvero la combinazione di caratteristiche che accentuano la sensibilità o favoriscono la capacità di risposta e adattamento.

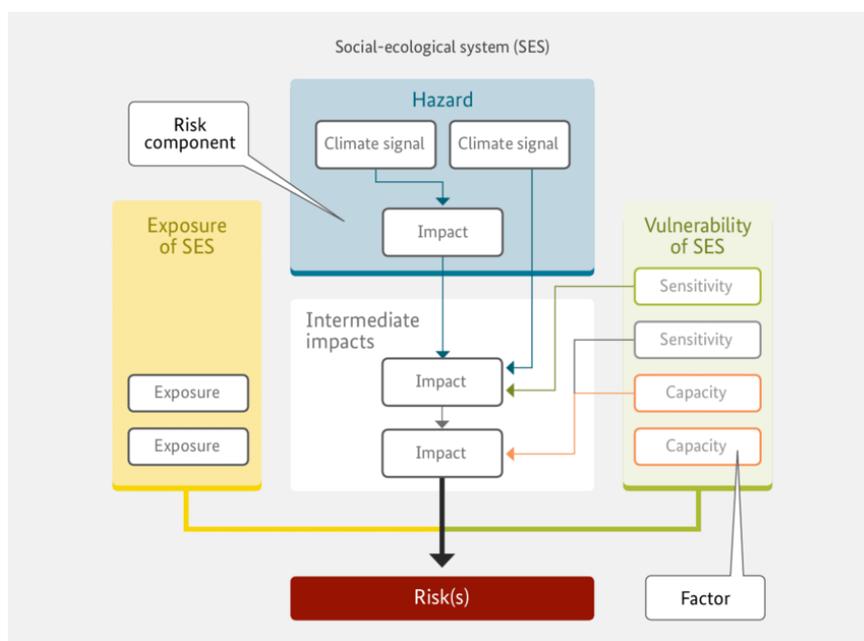


Figura 5 - Struttura ed elementi chiave di una catena d’impatto (da GIZ – EURAC, 2017)

L’individuazione dei diversi fattori che nell’ambito delle 3 componenti influenzano il rischio complessivo a cui risulta esposto il sistema supporta l’identificazione di opzioni di intervento e margini di miglioramento. Nello specifico, se è impossibile nel breve-medio termine intervenire sui driver climatici e molto difficile modificare le condizioni di esposizione, è possibile operare per ridurre la sensibilità e migliorare la capacità adattiva del sistema. Pertanto quello della vulnerabilità si configura come ambito operativo privilegiato per azioni di adattamento volte a ridurre o contrastare gli effetti avversi dei cambiamenti climatici.

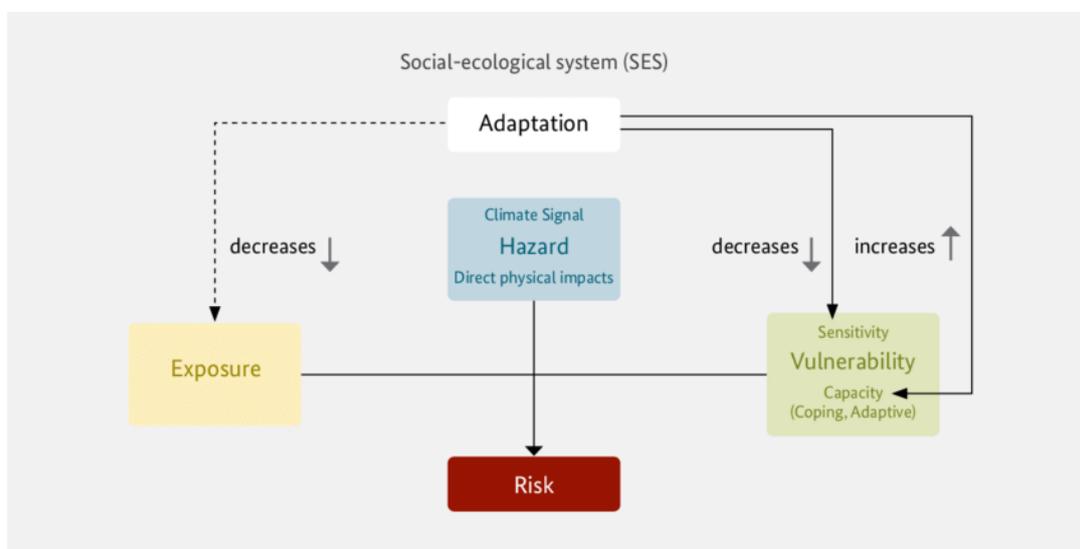


Figura 6 - Schema logico della catena di impatto e dei meccanismi di adattamento (GIZ – EURA,C 2017)

Nell’ambito della catena di impatto ogni fattore di rischio può essere descritto da uno o più indicatori anche di tipo proxy, che possono essere combinati per produrre una valutazione quantitativa del rischio e delle sue diverse componenti, per generare rappresentazioni cartografiche, confrontare contesti simili o fasi temporali.

La catena di impatto del Life BEEadapt

Nell’ambito del progetto Life BEEadapt, il rischio è stato definito come **l’alterazione dei servizi ecosistemici collegati agli insetti impollinatori**. Seguendo la classificazione dei servizi ecosistemici adottata dall’EEA (CICES 5.1⁵) i rischi considerati riguardano in particolare 3 servizi ecosistemici:

- “Conservazione delle popolazioni entomologiche e dei relativi habitat” (codice CICES: 2.2.2.3 Maintaining nursery population and habitats),
- “Impollinazione” (codice CICES: 2.2.2.1 Pollination)
- “Produzione agricola a scopo alimentare” (codice CICES: 1.1.1.1 Cultivated plants grown for nutritional purposes).

⁵ Haines-Young, R. and M.B. Potschin (2018): Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure, www.cices.eu



L'impatto intermedio da cui origina tale rischio è rappresentato dal declino delle popolazioni entomologiche, a sua volta dovuto a scarsità di cibo – essenzialmente l'assenza o la riduzione delle fioriture – e carenza di rifugi – ovvero di siti adatti alla nidificazione e alla riproduzione. Entrambe queste condizioni sono evidentemente influenzate da un mix di fattori naturali e antropici.

A livello dell'esposizione, quali elementi del sistema socio-ecologico soggetti all'impatto, sono state considerate le popolazioni di impollinatori selvatici, in particolare apoidi e sirfidi, e le aziende agricole in quanto dirette beneficiarie dell'impollinazione animale. In fase di proposta era stato ipotizzato di considerare tra i soggetti esposti anche le aziende del settore apiario, l'ipotesi è stata tuttavia abbandonata per evitare contraddizioni interne, secondo alcuni studi, infatti, le api domestiche costituiscono una potenziale minaccia per gli impollinatori selvatici, in quanto a determinate condizioni possono risultare in competizione per le risorse nettariifere.

Tra i fattori naturali, a livello del pericolo, rientrano alcuni dei fenomeni caratteristici del cambiamento climatico (segnali climatici): l'aumento delle temperature e la diminuzione delle precipitazioni (in misura maggiore la siccità prolungata) possono infatti provocare alterazioni fenologiche che alterano la disponibilità di risorse nutritive, mentre gli eventi meteorologici estremi possono determinare la distruzione improvvisa degli habitat.

La componente del rischio maggiormente influenzata da fattori antropici è la vulnerabilità, intesa come combinazione di attributi o proprietà del sistema che lo rendono più o meno suscettibile agli effetti avversi indotti dal segnale climatico. La vulnerabilità include fattori legati alla sensibilità del sistema e fattori legati alla sua capacità di adattamento e risposta.

La sensibilità riguarda caratteristiche ambientali e aspetti socioeconomici o culturali che rendono il sistema più vulnerabile. Nel caso in esame, i fattori di sensibilità individuati hanno prevalentemente a che fare con il disturbo antropico in relazione all'uso del suolo e più specificamente con le pratiche agricole: lavorazioni meccaniche o trattamenti fitosanitari che a determinate condizioni possono risultare più o meno nocivi. È possibile ridurre le conseguenze negative per gli insetti impollinatori attraverso metodi di produzione biologica e lavorazioni poco invasive, adottando la rotazione colturale e tecniche di ridotta lavorazione superficiale.

La capacità adattiva riguarda caratteristiche che consentono al sistema di far fronte alle situazioni avverse adattandosi. Nel caso in esame, la capacità adattiva include tutti quegli elementi che offrono agli insetti impollinatori maggiori opportunità di sopravvivenza in

caso di condizioni climatiche avverse, riguarda l'eterogeneità ambientale (inclusa la diversificazione colturale) e la presenza di infrastrutture verdi.

Nell'ambito del Life BEEadapt le azioni di adattamento mirano generalmente a migliorare la disponibilità di cibo e le opportunità di nidificazione e riproduzione per gli impollinatori nei contesti rurali e urbani al fine di ridurre gli impatti intermedi. Per raggiungere questo obiettivo, il progetto ha previsto azioni per mantenere le infrastrutture verdi nel paesaggio rurale e pianificarne di nuove seguendo criteri che le rendano efficaci per gli impollinatori, e azioni di supporto alla diffusione di pratiche rispettose degli impollinatori tra gli agricoltori, realizzando interventi dimostrativi e fornendo assistenza tecnica per la sperimentazione di iniziative a valere sugli schemi di pagamento per i servizi ecosistemici (PES) mirati alla tutela degli impollinatori disponibili nell'ambito della Politica Agricola Comune.

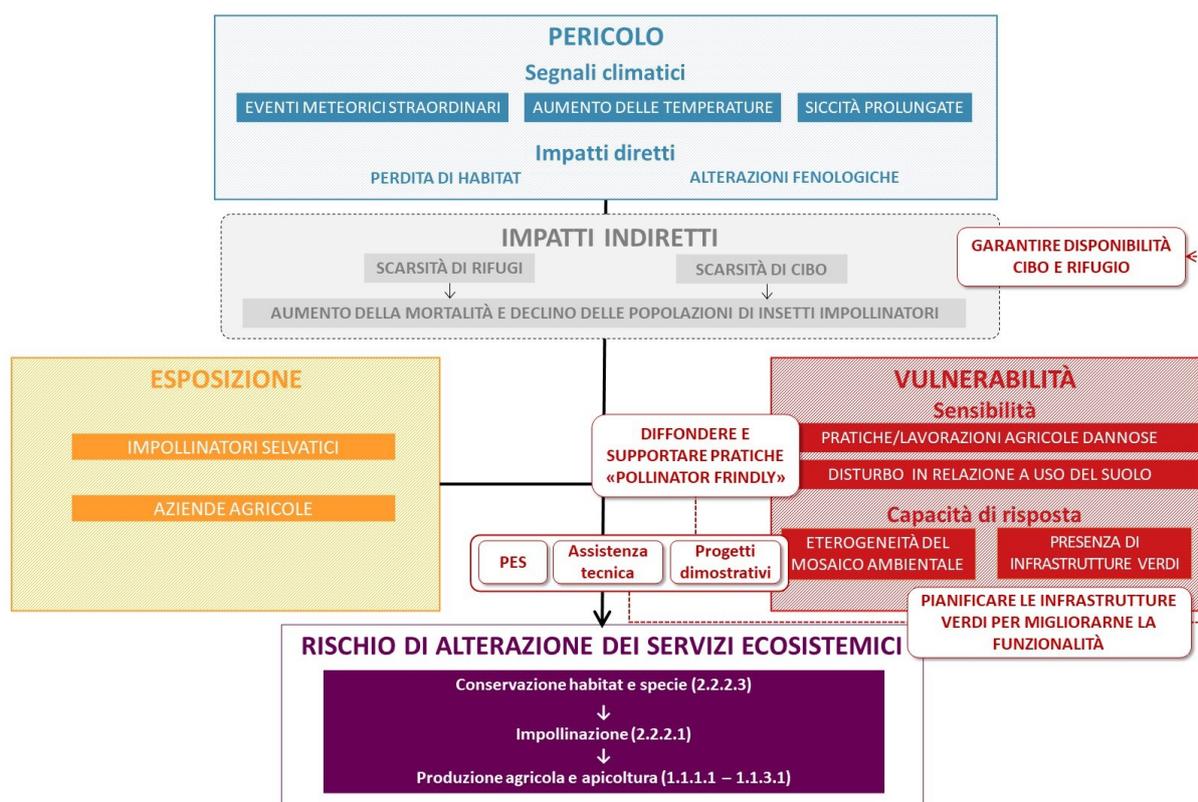


Figura 7 - La catena d'impatto di Life BEE-Adapt e le azioni di adattamento previste

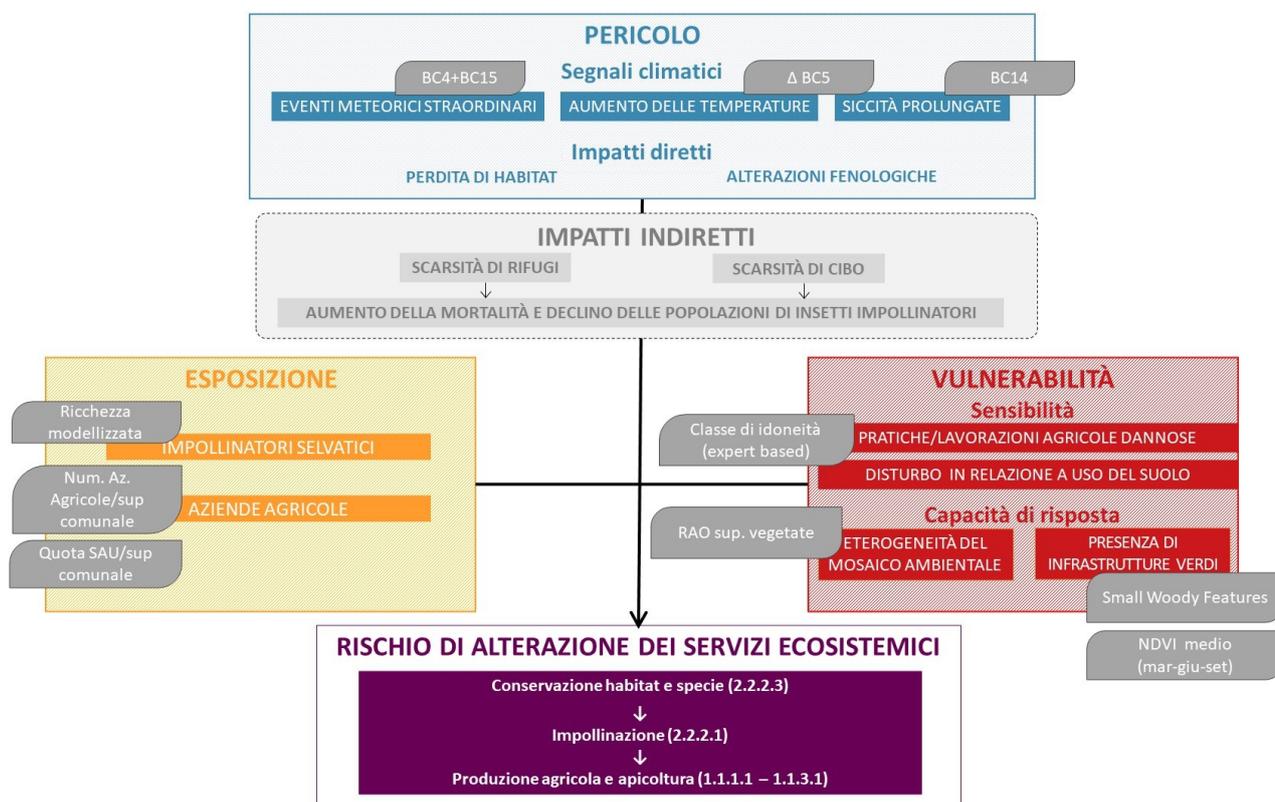


Figura 8 - La catena d'impatto di Life BEE-Adapt e gli indicatori utilizzati come proxy dei diversi fattori

Analisi della componente Pericolo

Nell'analisi del pericolo rientrano alcuni dei fenomeni caratteristici del cambiamento climatico: l'aumento delle temperature e la diminuzione delle precipitazioni (in misura maggiore la siccità prolungata) possono provocare alterazioni fenologiche che influiscono sulla disponibilità di risorse nutritive, mentre gli eventi meteorologici estremi possono determinare la distruzione improvvisa degli habitat. Al fine di indagare questa componente si è scelto di utilizzare un set di dati prodotti dal sistema WorldClim 2⁶, che operano una interpolazione spaziale mensile di dati climatici con estensione globale ad una risoluzione spaziale di 1 km. Il dataset si basa su medie climatiche derivanti dalle stazioni meteorologiche con dati dal

⁶ Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>



1970 al 2000 e per coprire le aree con bassa densità di stazioni sono stati integrati dati satellitari MODIS. Comprende variabili come temperatura, precipitazioni, radiazione solare, velocità del vento e pressione di vapore. Oltre alle serie storiche si sono presi in considerazione anche le proiezioni climatiche del progetto CMIP6⁷ (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6), una collaborazione internazionale che coinvolge numerosi modelli climatici globali, finalizzata a produrre simulazioni dettagliate e coerenti del sistema climatico terrestre. CMIP6 utilizza un insieme di scenari di emissioni noti come Shared Socioeconomic Pathways (SSP). Gli SSP descrivono percorsi socioeconomici futuri e sono combinati con scenari di forzatura radiativa per produrre proiezioni climatiche. Tra i vari scenari disponibili abbiamo selezionato due scenari, riferiti al periodo 2041/2060:

- SSP1-2.6: Un percorso sostenibile con politiche climatiche ambiziose, compatibile con l'obiettivo di mantenere l'aumento della temperatura globale al di sotto di 2°C
- SSP5-8.5: Uno scenario ad alte emissioni, rappresentante un futuro con uso intensivo di combustibili fossili e crescita economica rapida.

Per indagare scenari e variabili climatiche sono stati usati tre modelli climatici globali:

Modello	Sviluppatore	Caratteristiche
CMCC-ESM2	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC)	Earth System Model di seconda generazione che include componenti atmosferici, oceanici, terrestri e biogeochimici.
EC-Earth3-Veg	EC-Earth Consortium	Variante dell'EC-Earth3 che include una componente di vegetazione dinamica.
IPSL-CM6A-LR	Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL)	Modello climatico globale che include componenti atmosferici, oceanici, terrestri e biogeochimici.

Per ognuno degli scenari sono state selezionate quattro variabili bioclimatiche (BC):

⁷ Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9(5), 1937-1958



Variabile	Descrizione	Valore min	Valore max	Unità
BC4	Stagionalità della temperatura (deviazione standard ×100)	587.07	883.77	%
BC5	Temperatura massima del mese più caldo	3	4.83	°C
BC14	Precipitazione del mese più secco	2	70.34	mm
BC15	Stagionalità delle precipitazioni (coefficiente di variazione)	15.3	57.47	%

Di questi modelli è stata effettuata la media per ognuna delle variabili, in entrambi gli scenari presi in considerazione, il migliore (SSP1-2.6) e il peggiore (SSP5-8.5). Nel caso della variabile BC5 (temperatura massima del mese più caldo) queste medie sono state confrontate con i dati storici elaborati da WordClim 2, così da ottenere la differenza attesa tra i singoli scenari e lo stato attuale.

Per far dialogare i dati ottenuti riguardo le diverse variabili si è scelto di normalizzare i risultati dei due scenari nell'intervallo da 0 a 5 con la seguente formula⁸:

$$Normalizzazione = 5 \times \frac{Raster - Min\ globale}{Max\ globale - Min\ globale}$$

Per ognuna delle variabili si è scelto di fare una media tra i due scenari normalizzati, ottenendo così 4 mappe di variabili bioclimatiche. Infine, questi 4 risultati sono stati comparati fra di loro attraverso la seguente formula:

⁸ Nel caso della variabile BC14 (Precipitazione del mese più secco) la normalizzazione è stata eseguita invertendo il range di valori in modo che a valori più alti corrisponda una minore quantità di precipitazioni, visto che l'obiettivo è indagare gli eventi siccitosi.



$$\text{Pericolo climatico} = \frac{\left(\frac{BC4 + BC15}{2}\right) + \Delta BC5 + BC14}{3}$$

Dove BC4 e BC15 sono riconducibili a *Eventi meteorologici straordinari*, $\Delta BC5$ all'*Aumento delle temperature*, BC14 alle *Siccità prolungate (Diminuzione delle precipitazioni)*

Per sintetizzare il complesso iter di lavoro proponiamo un workflow sintetico con le diverse fasi e le mappe delle singole componenti analizzate (Figure da 6 a 9).

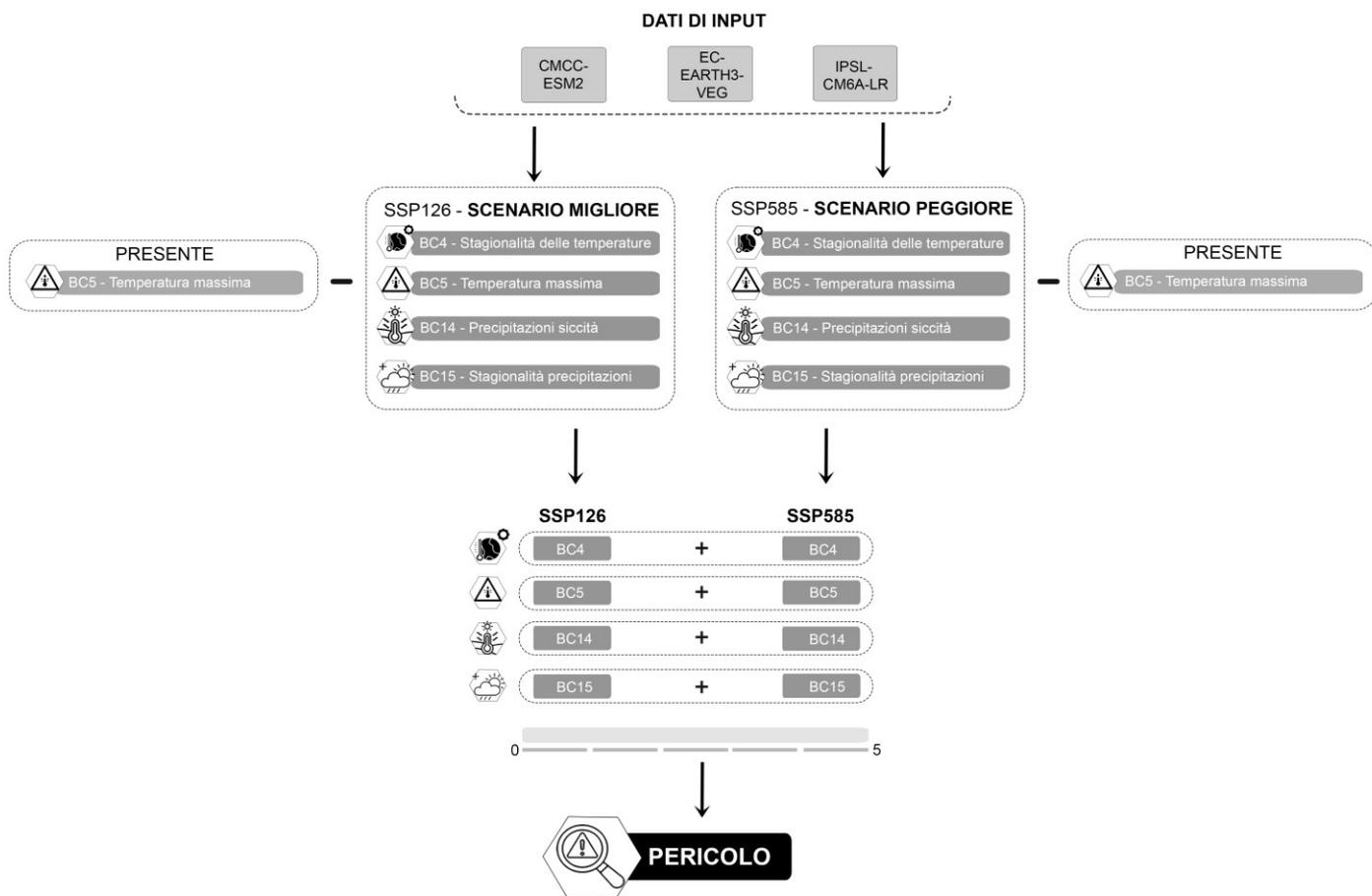


Figura 9: Schema di workflow dei dati meteorologici

Fase a: Media tra i modelli climatici globali

Fase b: Dati scenari futuri (SSP) per variabile (BC)

Fase c: Differenza tra dati temperature scenari futuri (SSP) e dati presente per variabile temperature (BC5)

Fase d: Normalizzazione da 0 a 5 delle differenze per variabile (BC)

Fase e : Media tra gli scenari (SSP) normalizzati

Fase f: Comparazione delle variabili di Pericolo (Hazard)

PERICOLO AUMENTO DELLE TEMPERATURE

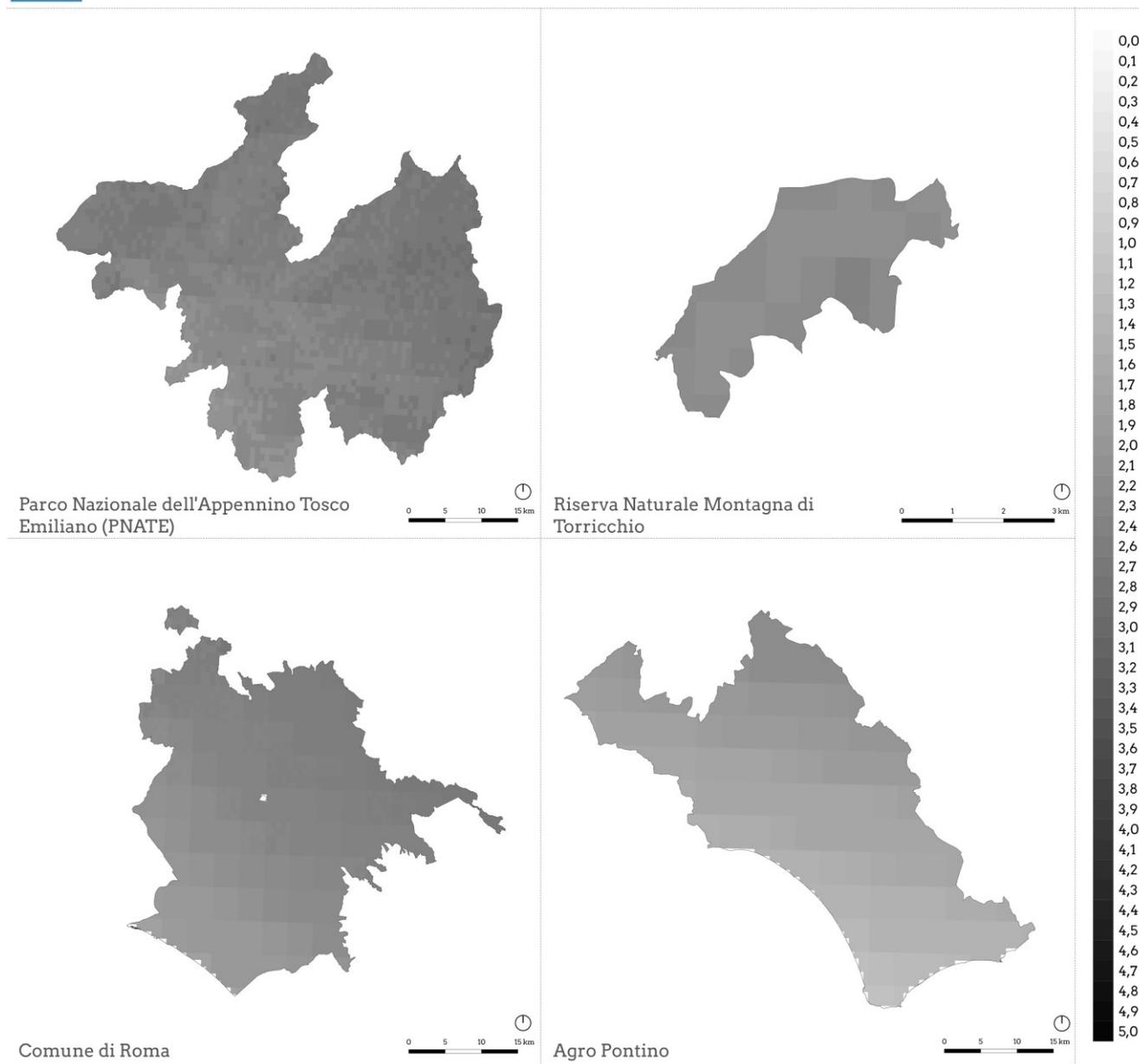


Figura 10 - Aree di intervento con visualizzazione dei punteggi pesati dell'aumento delle temperature (BC5)

Il fenomeno dell'aumento delle temperature (Figura 7) mostra un andamento caratteristico riscontrabile nelle diverse aree geografiche. Le aree interne, collinari e montuose, sono particolarmente vulnerabili all'aumento delle temperature sia estive che invernali, soprattutto negli scenari futuri, mentre nelle aree costiere e in pianura questi

aumenti, già evidenti, risultano essere di minore impatto nella visualizzazione.

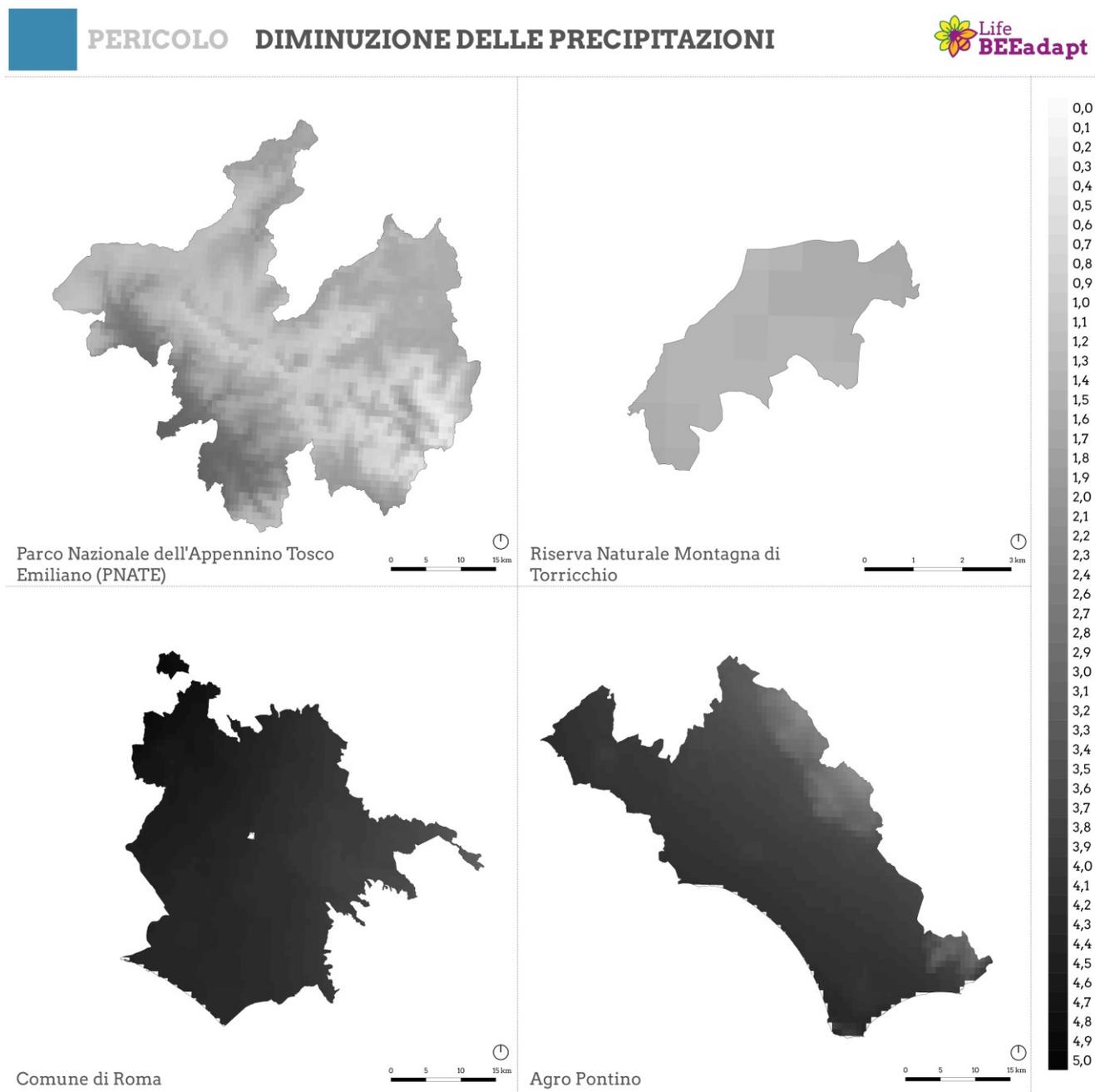


Figura 11 - Aree di intervento con visualizzazione dei punteggi pesati della diminuzione delle precipitazioni (BC14)



Il fenomeno della siccità (Figura 8) è molto evidente nelle aree pianeggianti del centro-sud di Roma e dell'Agro Pontino, mentre risulta meno critico nelle aree montane di Torricchio e Appennino Tosco-Emiliano. Anche questa è un andamento prevedibile del cambiamento climatico, delineato ormai in maniera strutturale.

PERICOLO EVENTI METEOROLOGICI ESTREMI

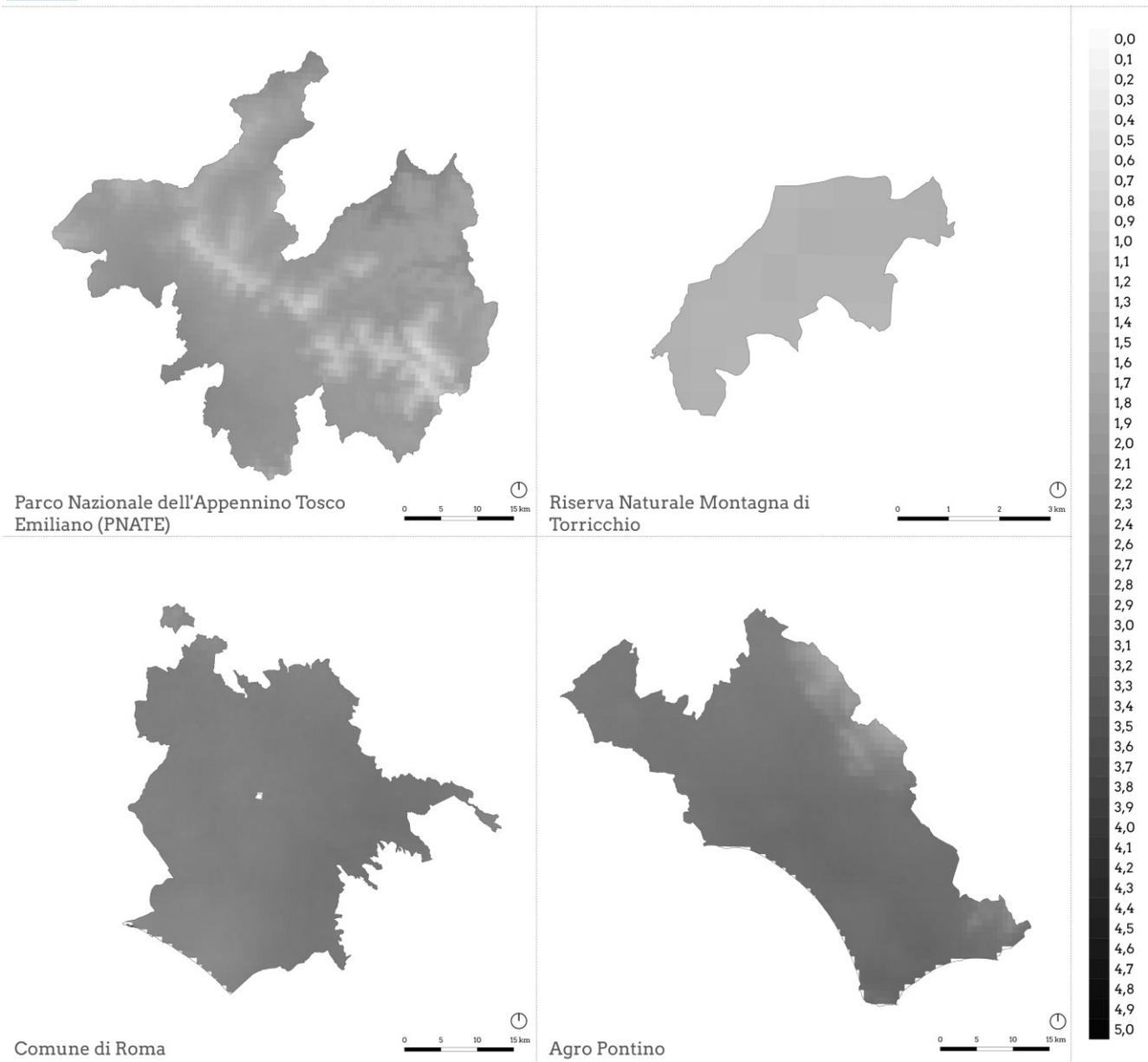


Figura 12 - Aree di intervento con visualizzazione dei punteggi pesati degli eventi meteorologici estremi (BC4+BC15)

Il fenomeno degli eventi meteorologici estremi (Figura 9) riguarda tutte le aree del centro Italia, con una lieve diminuzione del fenomeno in corrispondenza delle quote più elevate della fascia appenninica.

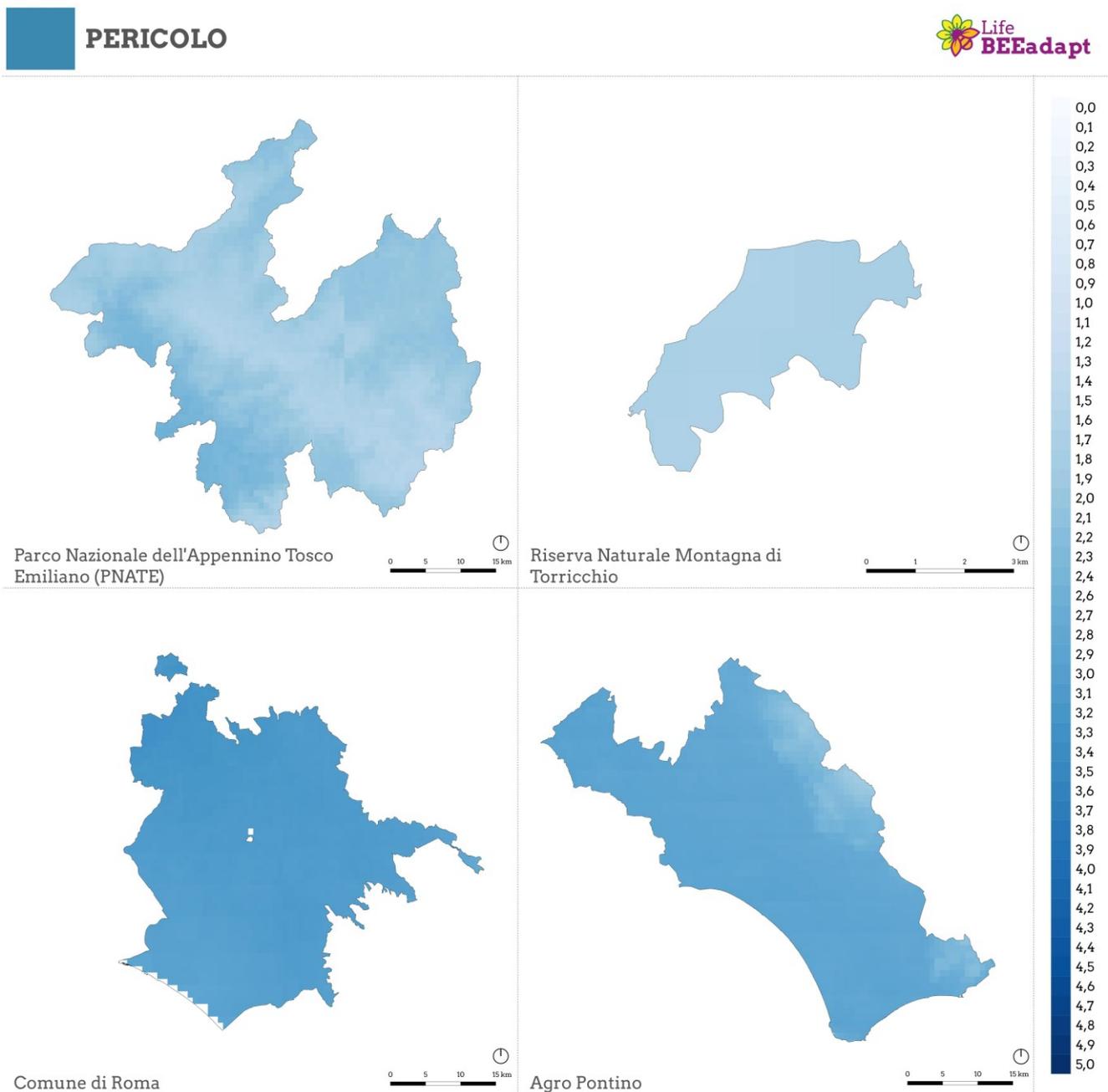


Figura 13 - Mappa del pericolo



La mappa del Pericolo climatico, sintesi delle tre componenti analizzate precedentemente, è in linea con gli andamenti delle variabili climatiche: Roma risulta essere l'area più soggetta a fenomeni critici di cambiamento climatico, seguita dall'Agro Pontino. L'area dei monti Lepini rappresenta un'eccezione, mostrando valori più bassi di pericolo grazie alla maggiore altitudine, similmente alle aree di Torricchio e dell'Appennino Tosco-Emiliano.



Analisi della componente Esposizione

L'analisi dell'esposizione valuta come il territorio sia influenzato dalle conseguenze del cambiamento climatico sulle attività degli impollinatori. Queste influenze non solo incidono sulle attività agricole, rendendole più vulnerabili, ma hanno anche un impatto significativo sulla distribuzione e sull'abbondanza delle diverse specie di impollinatori. Al fine di compiere tale analisi si è deciso di combinare dati statistici sulle imprese agricole italiane a livello comunale e modelli di abbondanza delle specie di impollinatori (lepidotteri e

apoidei), di cui alleghiamo la mappa con le distribuzioni specifiche per ogni area d'intervento (i valori sono stati normalizzati da 0 a 5).

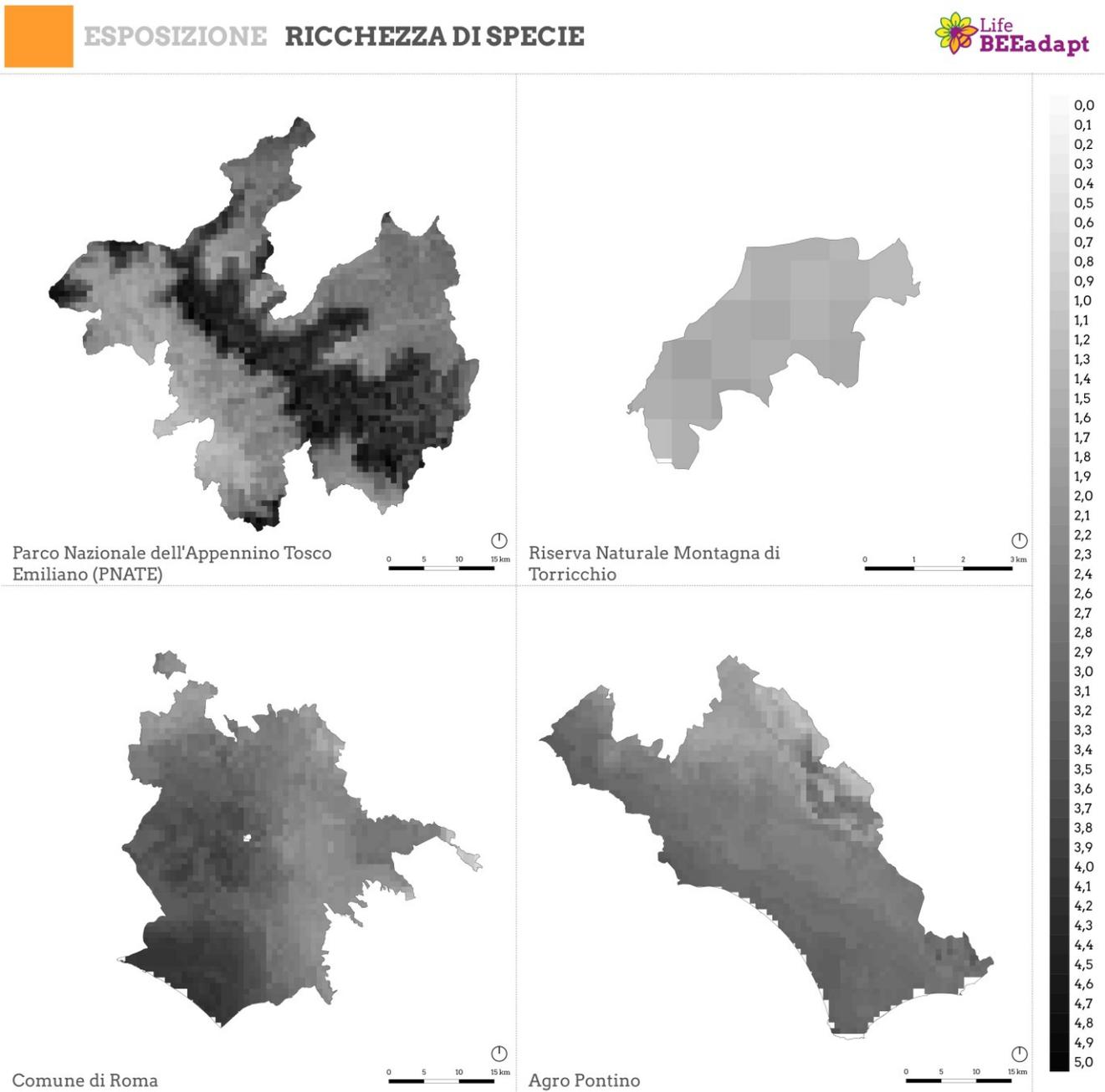


Figura 14 - Aree di intervento con visualizzazione del modello di abbondanza di specie di impollinatori



Nella Figura 11 si può apprezzare la distribuzione evidente soprattutto nelle aree di praterie montane dell'appennino Tosco-Emiliano e nelle aree di riserva della costa laziale di Castel Porziano.

Per spazializzare la componente riguardante le aziende agricole, si è scelto di collegare il dato Istat del Censimento Agricoltura 2020⁹ alle geometrie delle classi cus corrispondenti alle coperture agricole (codice 2). Di seguito si riporta l'elenco dei Comuni coinvolti con relativa estensione (dati geometrici GIS), il numero delle unità agricole e le superfici agricole utilizzate (Istat)¹⁰.

Area target	Comune	Superficie comunale (Ha)	Num unità agricole	Superficie agricola utilizzata (Ha)
PNATE	Bagnone	17.786	925	7.946,51
PNATE	Calestano	5.470	236	1.749,59
PNATE	Casola in Lunigiana	7.398	75	220,93
PNATE	Castelnovo ne' Monti	3.234	84	851,54
PNATE	Comano	5.739	77	915,38
PNATE	Corniglio	4.157	72	190,96
PNATE	Filattiera	9.673	272	3.067,41
PNATE	Fivizzano	14.391	1.285	8.687,76
PNATE	Licciana Nardi	5.386	37	209,54
PNATE	Monchio delle Corti	8.516	934	4.373,78
PNATE	Piazza al Serchio	16.580	139	1.432,45
PNATE	Pontremoli	4.881	96	330,08

⁹ Istituto Nazionale di Statistica. (2021). 7° Censimento Generale dell'Agricoltura. <https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/censimentoagricoltura>

¹⁰ Questi due dati, relativi al Censimento Agricoltura 2020, sono custoditi nella sezione *Dati – Dati riferiti al Comune di localizzazione dei terreni/allevamenti – Unità agricole con superficie agricola utilizzata per tipo di coltivazione e zona altimetrica.*



PNATE	San Romano in Garfagnana	18.122	353	1.063,65
PNATE	Sillano Giuncugnano	27.712	1.971	11.571,00
PNATE	Ventasso	5.571	111	394,08
PNATE	Vetto	6.908	55	458,85
PNATE	Villa Collemantina	3.116	178	1.016,81
PNATE	Villa Minozzo	2.704	56	296,14
Montagna di Torricchio	Pieve Torina	7.466	97	2.575,30
Montagna di Torricchio	Visso	11.187	1.127	7.814,21
Comune di Roma	Roma	18.264	172	710,02
Agro Pontino	Aprilia	128.566	2.442	46.240,93
Agro Pontino	Artena	14.508	653	5.423,76
Agro Pontino	Bassiano	3.256	208	771,74
Agro Pontino	Cisterna di Latina	2.617	41	140,22
Agro Pontino	Cori	4.491	457	2.864,16
Agro Pontino	Latina	10.027	641	4.023,59
Agro Pontino	Norma	8.134	56	781,06
Agro Pontino	Pontinia	13.628	1.213	11.051,28
Agro Pontino	Sabaudia	25.831	205	3.094,59
Agro Pontino	San Felice Circeo	5.340	124	972,21
Agro Pontino	Sermoneta	3.481	50	142,23
Agro Pontino	Sezze	16.816	169	2.580,68
Agro Pontino	Terracina	10.023	88	3.419,05



Al fine di rendere apprezzabile il risultato su mappa abbiamo calcolato un indice per mettere in relazione la densità delle unità agricole e la proporzione della superficie agricola utilizzata rispetto alla superficie totale del Comune, utilizzando la seguente formula:

$$\text{Indice Composito di Utilizzo Agricolo (ICUA)} = \frac{\left(\frac{\text{Numero unità agricole}}{\text{Superficie comunale}}\right) + \left(\frac{\text{Superficie agricola utilizzata}}{\text{Superficie comunale}}\right)}{2}$$

Si precisa che i risultati dei due rapporti sono stati normalizzati (0-5) prima di applicare la media.

Il risultato di tale operazione è comunque a scala comunale ma i dati ottenuti sono riportati, come già detto, solo sulle superfici agricole. Il risultato è apprezzabile nella mappa di seguito.

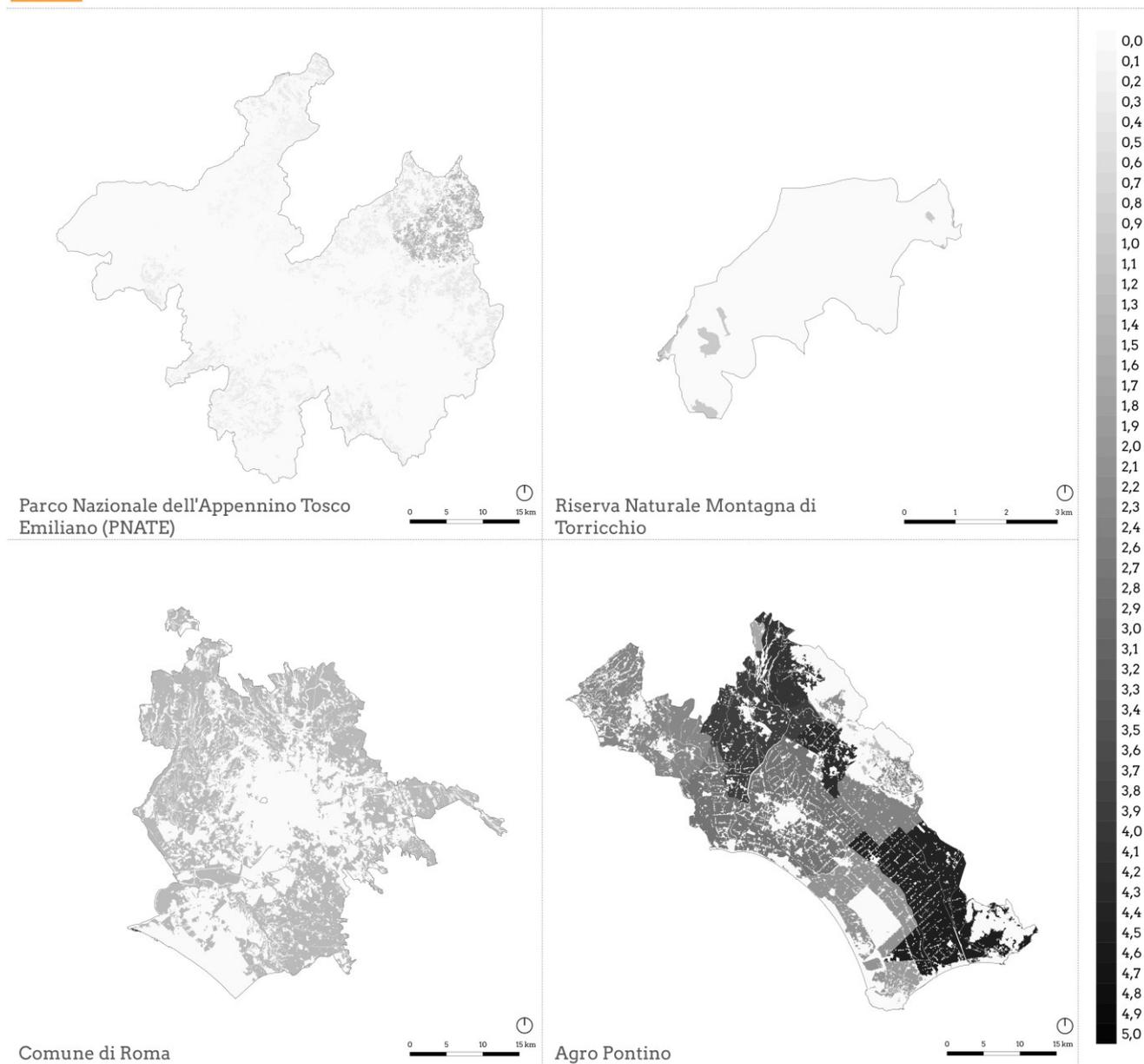


Figura 15 - Aree di intervento con visualizzazione dell'indice composto di utilizzo agricolo (ICUA)

Nelle mappe in Figura 12 si può notare che i Comuni con valori più alti ricadono tutti nell'area dell'Agro Pontino, alcuni esempi sono Cisterna di Latina, Cori, Sermoneta, Pontinia e Terracina, che rispecchia la vocazione del territorio all'uso agricolo.

ESPOSIZIONE

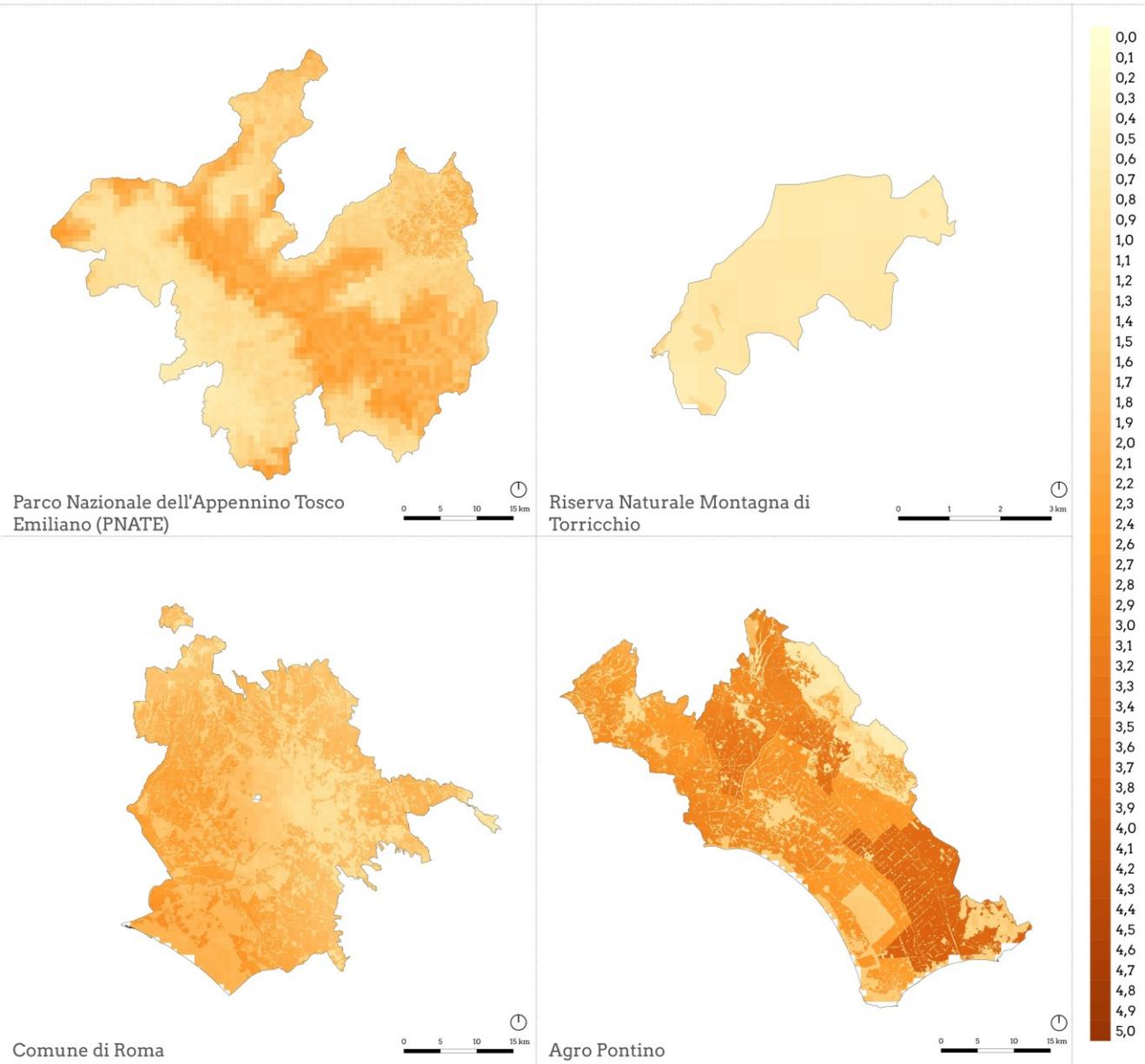


Figura 16 - Mappa dell'esposizione



La mappa dell'esposizione (Figura 13) è il risultato della combinazione delle due componenti descritte, la ricchezza di specie modellizzata e la mappa dell'indice ICUA, ottenuta tramite una media aritmetica. La sintesi espressa mostra che i valori più alti si trovano nell'Agro Pontino e nella fascia montana di praterie dell'Appennino Tosco-Emiliano, ma per motivi diversi: l'Agro Pontino per la sua alta vocazione agricola, e l'Appennino Tosco-Emiliano per l'elevata ricchezza di specie impollinatrici. Torricchio presenta valori di esposizione molto bassi a causa di un uso agricolo quasi nullo, mentre Roma ha valori medi di esposizione dovuti ad una moderata ricchezza di specie associata ad un uso agricolo abbastanza evidente.

Analisi della componente Vulnerabilità

L'analisi della vulnerabilità, terza componente per la redazione della mappa del rischio, è un processo che valuta come diversi fattori territoriali influenzano l'individuazione di aree critiche per l'attività e la sopravvivenza degli impollinatori.

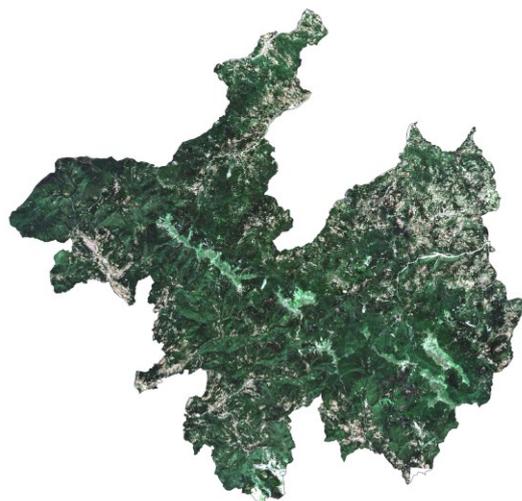
Per effettuare l'analisi della vulnerabilità sono stati utilizzati i seguenti strati informativi, tutti riportati su una matrice raster 10mx10m:

- Presenza e vigore vegetativo della flora (Indice NDVI)
- Eterogeneità del mosaico ambientale (Indice RAO)
- Presenza di infrastrutture verdi e corridoi ecologici (Copernicus Small Woody Features)
- Idoneità del territorio alla presenza di impollinatori (classi CUS)

Ognuno di questi quattro input assegna un punteggio alla vulnerabilità del territorio: valori bassi degli input indicano alta vulnerabilità, mentre valori alti degli input rappresentano bassa vulnerabilità, suggerendo così luoghi favorevoli alla presenza degli impollinatori. Inoltre è stata presa in considerazione anche una valutazione stagionale legata allo stato fenologico delle piante in corrispondenza con l'attività vitale degli impollinatori, considerando tre intervalli per la presa dei dati satellitari utili all'analisi (Sentinel-2), dall'inizio della stagione primaverile alla fine della stagione estiva: marzo, giugno e settembre (Figura 14). Di seguito si riportano alcune delle immagini satellitari utilizzate, relative a giugno 2022.



Immagini Sentinel2



Parco Nazionale dell'Appennino Tosco Emiliano (PNATE)



Riserva Naturale Montagna di Torricchio



Comune di Roma



Agro Pontino

Figura 17 - Aree di intervento con i mosaici delle immagini Sentinel-2 di giugno 2022



Le immagini satellitari multispettrali, utilizzate per calcolare l'indice NDVI, alla base dell'elaborazione dell'indice RAO, è stato utilizzato il software SNAP di ESA¹¹. Di seguito in tabella viene riportato l'elenco immagini utilizzate con relativa data di acquisizione e codice identificativo immagine:

mar-23	Roma	16/3/2023	S2B_MSIL2A_20230316T100029_N0509_R122_T32TQM_20230316T130117
			S2B_MSIL2A_20230316T100029_N0509_R122_T33TUG_20230316T130117
	Agro Pontino	16/3/2023	S2B_MSIL2A_20230316T100029_N0509_R122_T33TUG_20230316T130117
			S2B_MSIL2A_20230316T100029_N0509_R122_T33TUF_20230316T130117
	PNATE	12/3/2023	S2B_MSIL2A_20230312T101729_N0509_R065_T32TNP_20230312T163807
			S2B_MSIL2A_20230312T101729_N0509_R065_T32TPP_20230312T163807
		22/3/2023	S2B_MSIL2A_20230322T101649_N0509_R065_T32TNQ_20230322T145625
			S2B_MSIL2A_20230322T101649_N0509_R065_T32TPQ_20230322T145625
Torricchio	16/3/2023	S2B_MSIL2A_20230316T100029_N0509_R122_T33TUH_20230316T130117	
giu-22	Roma	14/6/2023	S2A_MSIL2A_20220614T100041_N0400_R122_T33TTG_20220614T143516
			S2A_MSIL2A_20220614T100041_N0400_R122_T33TUG_20220614T143516
	Agro Pontino	19/6/2023	S2B_MSIL2A_20220619T100029_N0400_R122_T32TQM_20220619T114329
			S2B_MSIL2A_20220619T100029_N0400_R122_T33TUF_20220619T114329
			S2B_MSIL2A_20220619T100029_N0400_R122_T33TUG_20220619T114329
	PNATE	20/6/2023	S2A_MSIL2A_20220620T102041_N0400_R065_T32TNP_20220620T162319
			S2A_MSIL2A_20220620T102041_N0400_R065_T32TNQ_20220620T162319
			S2A_MSIL2A_20220620T102041_N0400_R065_T32TPQ_20220620T162319
	Torricchio	19/6/2023	S2B_MSIL2A_20220619T100029_N0400_R122_T33TUH_20220619T114329
	set-23	Roma	27/9/2023
S2A_MSIL2A_20230927T100031_N0509_R122_T33TUG_20230927T141059			
Agro Pontino		12/9/2023	S2B_MSIL2A_20230912T095609_N0509_R122_T32TQM_20230912T131955
			S2B_MSIL2A_20230912T095609_N0509_R122_T33TUF_20230912T131955
			S2B_MSIL2A_20230912T095609_N0509_R122_T33TUG_20230912T131955
PNATE		10/9/2023	S2A_MSIL2A_20230910T100601_N0509_R022_T32TNP_20230910T161500
			S2A_MSIL2A_20230910T100601_N0509_R022_T32TNQ_20230910T161500
			S2A_MSIL2A_20230910T100601_N0509_R022_T32TPP_20230910T161500
			S2A_MSIL2A_20230910T100601_N0509_R022_T32TPQ_20230910T161500
Torricchio	12/9/2023	S2B_MSIL2A_20230912T095609_N0509_R122_T33TUH_20230912T131955	

¹¹ European Space Agency (ESA). (2022). Sentinel Application Platform (SNAP)



Per la complessità della componente vulnerabilità rispetto alle altre, nei prossimi capitoli verranno analizzate le quattro componenti separatamente.



Presenza e vigore vegetativo (Indice NDVI)

L'indice NDVI¹² (Normalized Difference Vegetation Index) è un indicatore utilizzato per monitorare la salute e il vigore della vegetazione in una determinata area. Viene calcolato utilizzando le misurazioni della luce riflessa nelle bande del rosso visibile (RED) e dell'infrarosso vicino (NIR) dello spettro elettromagnetico.

$$NDVI = \frac{NIR + RED}{NIR - RED}$$

L'utilizzo di questa informazione permette di attribuire un valore alla presenza di vegetazione in ambito urbano e periurbano, in ambito agricolo e in ambito naturale e boschivo, con una precisione dipendente dalla risoluzione spaziale dell'immagine usata, in questo caso immagini satellitari multispettrali del sensore Sentinel-2, di 10 m. Inoltre, come già accennato, si è scelto di calcolare l'indice in tre momenti dell'anno, per valutare le differenze nelle varie fasi di fenologia delle specie vegetali: marzo, giugno e settembre, di cui è stata poi effettuata una media tra i valori, in modo da riportare un singolo valore per ogni cella del raster. Successivamente è stato assegnato un punteggio di vulnerabilità agli intervalli di valori, di seguito riportati¹³:

Valore minimo	Valore massimo	Punteggio NDVI
-1	-0,10401	0
-0,10401	0,055727	1
0,055727	0,20579	2
0,20579	0,37035	3
0,37035	1	4

¹² Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., & Deering, D.W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium-Volume I: Technical Presentations (NASA SP-351, Vol. 1, pp. 309-317)

¹³ Rizvi et al. (2009). Spectral Analysis of Remote Sensing Image for Assessment of Agroforestry Areas in Yamunanagar district of Haryana. ISRS Symposium-2009 at RRSSC, Nagpur.

VULNERABILITÀ INDICE NDVI

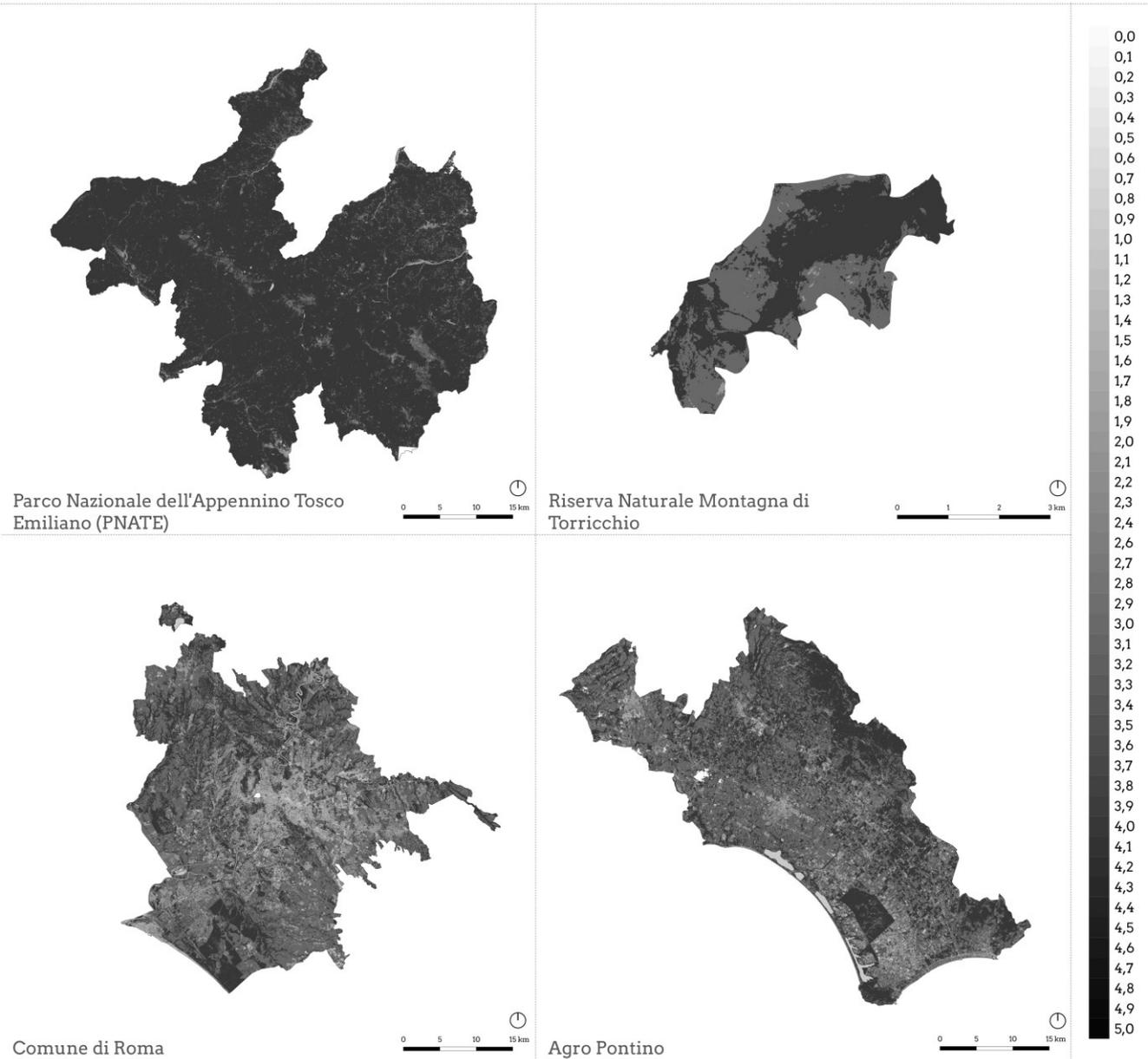


Figura 18 - Aree di intervento con visualizzazione dei punteggi pesati di NDVI

Dall'analisi delle mappe di NDVI si nota che alti vigori vegetativi sono presenti soprattutto nell'area dell'Appennino Tosco-Emiliano. Anche la Riserva naturale di Torricchio presenta un alto vigore vegetativo. L'area di Roma esprime valori elevati di NDVI soprattutto nella



zona sud-est della tenuta di Castel Porziano e in modo più attenuato ma presente anche nell'area ovest del comune. Il territorio dell'Agro Pontino, a vocazione agricola, mostra valori molto alti nella zona dei Monti Lepini (nord) e nelle aree del Parco e del promontorio del Circeo.

Eterogeneità del mosaico ambientale (Indice RAO)

L'indice RAO¹⁴ è utile per valutare la diversità delle comunità biologiche in una data area geografica e di conseguenza l'eterogeneità del mosaico del paesaggio ambientale. Viene calcolato utilizzando la formula:

$$Q = \sum_{i,j}^s p_i p_j d_{ij}$$

Dove:

S è il numero delle categorie numeriche dell'NDVI

P_i e P_j sono le proporzioni dei valori NDVI i e j nell'insieme (finestra mobile)

d_{ij} è la dissimilarità tra i valori i e i valori j

Per quanto riguarda il calcolo è stato utilizzato il pacchetto *rasterdiv* del software R¹⁵.

Questo strumento permette di confrontare ogni pixel di una data immagine raster con i pixel adiacenti all'interno di una finestra mobile.

Nel nostro caso il calcolo è stato operato attraverso una finestra mobile di 3x3 pixel dei raster NDVI, dove il pixel centrale viene messo a confronto con gli 8 pixel di contorno.

14 Rao, C. R. (1982). Diversity and dissimilarity coefficients: A unified approach. *Theoretical Population Biology*, 21(1), 24-43

15 R Core Team. (2022) from <https://www.R-project.org/>

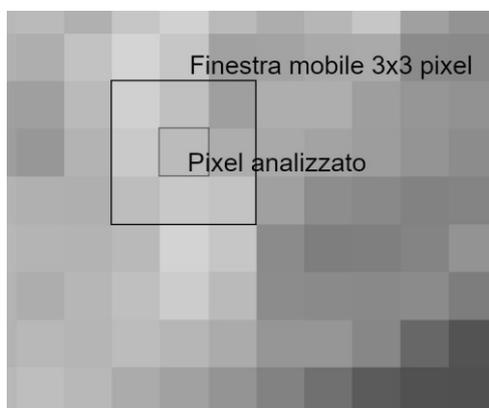


Figura 19 - Funzionamento grafico dell'indice RAO

L'indice è stato calcolato per ognuno dei momenti dell'anno in cui è stata calcolato anche l'indice NDVI, marzo, giugno e settembre. Per ogni pixel è stata effettuata una media tra i valori RAO mensili, in modo da riportare un singolo valore per ogni cella del raster. Successivamente è stato assegnato un punteggio di vulnerabilità agli intervalli di valori, di seguito riportati:

Valore minimo	Valore massimo	Punteggio RAO
0	0,05	1
0,05	0,10	2
0,10	0,15	3
0,15	0,30	4

L'utilizzo di questa informazione permette la valutazione della varietà del contesto naturale e semi-naturale in riferimento all'indice vegetazionale. In ambito agricolo, bassi livelli di eterogeneità sono associati a colture intensive industriali, che risultano dannose per la biodiversità degli impollinatori. Al contrario, alti livelli di eterogeneità indicano pratiche agricole che supportano la presenza di infrastrutture verdi e, di conseguenza, favoriscono la presenza di diverse specie di impollinatori. In ambienti naturali, si osserva la stessa dinamica: alti livelli di eterogeneità favoriscono la presenza abbondante di impollinatori, mentre boschi densi e uniformi non forniscono un habitat adatto per la loro presenza.

Gli ambienti urbani costituiscono un caso particolare: pur essendo intrinsecamente eterogenei, non sono idonei per la presenza degli impollinatori, il che può influenzare i

risultati dell'indice RAO. Per tale motivo, ai pixel ricadenti nel codice 1 della cus, corrispondente appunto all'urbano (ad eccezione dei codici 141, 1411, 1412, 1413, relativi alle aree verdi urbane), è stato attribuito valore zero.

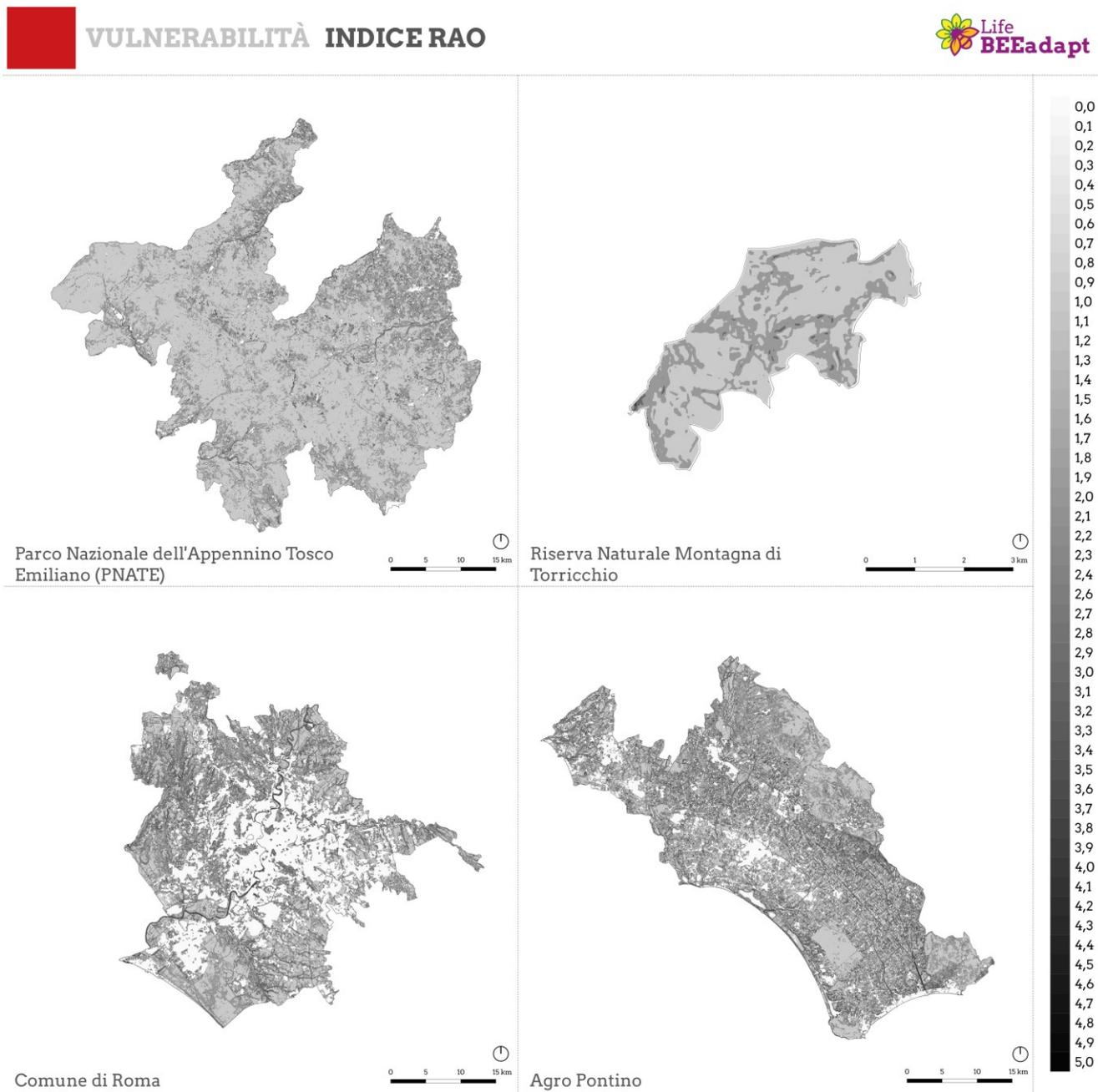


Figura 20 - Aree di intervento con visualizzazione dei punteggi pesati di RAO



Dall'analisi delle mappe dell'indice RAO si nota che l'eterogeneità del mosaico ambientale non è significativamente presente nei territori dei due parchi (PNATE e Torricchio), ma è più evidente nelle aree di Roma e dell'Agro Pontino. Nel caso di Roma, ciò è dovuto alla varietà naturale del territorio, che include forre, parchi, aree naturali protette e aree agricole. Nell'Agro Pontino, sebbene la copertura sia quasi esclusivamente agricola, si osserva un mosaico variegato costituito da aste fluviali, fasce frangivento e piccoli corridoi verdi tra i campi coltivati.

Presenza di infrastrutture verdi e corridoi ecologici (Copernicus Small Woody Features)

Per potenziare l'analisi delle infrastrutture verdi già identificate mediante l'indice RAO, si è integrato nel calcolo del livello di vulnerabilità territoriale uno dei prodotti cartografici forniti dal Land Monitoring Service del progetto Copernicus: l'High Resolution Layer Small Woody Features del 2018 (SWF)¹⁶. Questo livello ad alta risoluzione (5m) fornisce dati dettagliati sulle caratteristiche del paesaggio legate agli elementi lignei di piccole dimensioni, come alberi isolati, siepi, filari e boschetti. Tali infrastrutture, creando corridoi verdi tra ambienti naturali, agricoli e urbani, favoriscono lo spostamento degli impollinatori e la loro sopravvivenza. Il raster è stato dapprima ricampionato da 5m a 10m, la presenza del pixel è stata valorizzata con 1 punto:

Valore pixel	Punteggio SWF
1	1
0	0

¹⁶ European Space Agency. (2018). *Copernicus small woody features 2018* [Raster]. <https://doi.org/10.2909/a8e683b1-2f96-45c8-827f-580a79413018>

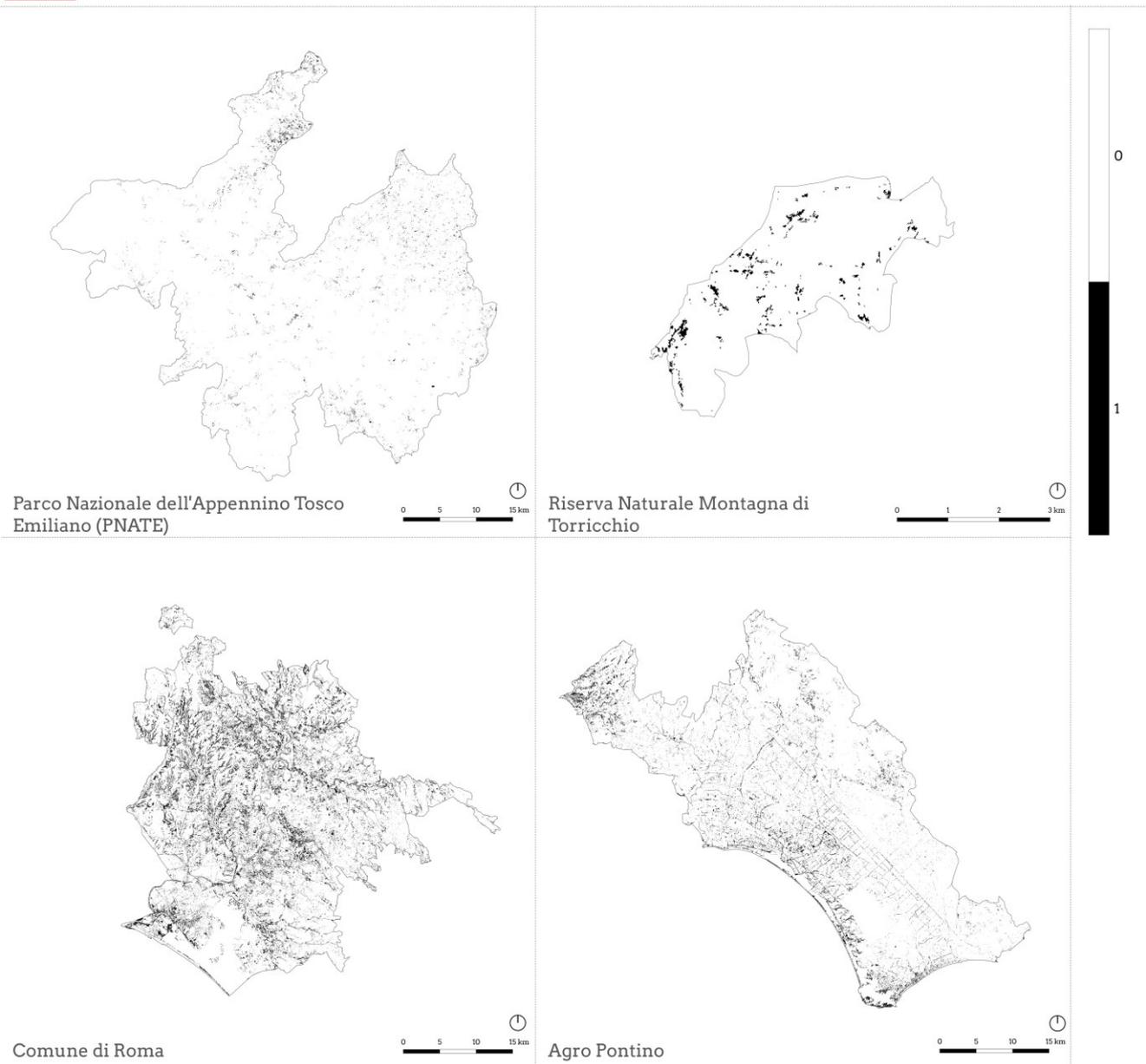


Figura 21 - Aree di intervento con copertura di Copernicus Small Woody Features 2018

Dall'analisi delle mappe di SWF risalta come l'area di Roma sia caratterizzata da una presenza massiccia di elementi lignei di piccole dimensioni. L'Agro pontino mostra una presenza comunque alta ma meno accentuata, concentrata nella zona nord (Aprilia) e lungo le aree costiere. PNATE e Torricchio presentano una relativa presenza di SWF dovuta



alla loro natura: PNATE è ricco di boschi fitti che non comprendono SWF mentre Torricchio è prevalentemente una prateria montana.

Idoneità del territorio alla presenza di impollinatori (classi CUS)

Al fine di arricchire il sistema di valutazione della vulnerabilità, si è scelto di includere nel calcolo lo strato informativo dell'uso del suolo, valutandone l'idoneità alla presenza di impollinatori. Ad ogni classe CUS è stato quindi attribuito un punteggio secondo valutazione expert-based condotta dai naturalisti entomologi coinvolti nel progetto.

Gli usi del suolo sul territorio italiano sono redatti a scala regionale e in formato vettoriale. Pertanto, è stato ritenuto fondamentale omogeneizzare le classi, a volte discordanti in codice e/o definizione, in un codice univoco, prevalentemente al terzo livello e portare la copertura da vettoriale a raster, così da poter essere inserita nel calcolo con gli altri strati informativi. Nei casi in cui la disaggregazione risultava significativa per l'idoneità sono stati conservati i codici al quarto o quinto livello (sottoclassi di 211, 212, 321, 323).

La tabella seguente riporta i codici unificati insieme ai relativi punteggi di idoneità assegnato ai pixel della copertura cus:

cod unif	descr unif	idoneità
110	Aree urbanizzate di tipo residenziale	1
111	Zone residenziali a tessuto continuo	1
112	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	1
121	Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	1
122	Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	1
123	Aree portuali	1
124	Aeroporti	1
131	Aree estrattive	1
132	Discariche	1
133	Cantieri	1
141	Aree verdi urbane	2



142	Aree ricreative e sportive	1
143	Cimiteri	1
210	Seminativi irrigui e non irrigui	2
221	Vigneti	2
222	Frutteti e frutti minori	2
223	Oliveti	2
224	Altre colture permanenti	2
231	Prati stabili	3
241	Colture temporanee associate a colture permanenti	2
242	Sistemi colturali e particellari complessi	2
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	3
244	Aree agroforestali	2
310	Zone boscate	2
311	Boschi di latifoglie	2
312	Boschi di conifere	2
313	Boschi misti di conifere e latifoglie	2
320	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	4
321	Aree a pascolo naturale e praterie	4
322	Brughiere e cespuglieti	4
323	Aree a vegetazione sclerofilla	3
324	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	3
330	Zone aperte con vegetazione rada o assente	2
331	Spiagge, dune e sabbie	2
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	2
333	Aree con vegetazione rada	3
411	Paludi interne	2
412	Torbiere	2



421	Paludi salmastre	2
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie	2
512	Bacini d'acqua	2
521	Lagune	2
523	Mari e oceani	2
1223	Aree verdi associate alla viabilità	2
1411	Parchi	3
1412	Ville	3
1413	Aree incolte urbane	3
2111	Seminativi in aree non irrigue	2
2112	Vivai in aree non irrigue	1
2121	Seminativi in aree irrigue	2
2122	Vivai in aree irrigue	1
3221	Cespuglieti d'altitudine e montani a mirtillo, ginepro nano, ramno alpino, rosacee e leguminose arbustive	4
21130	Colture orticole in aree non irrigue	1
21131	Colture orticole in aree non irrigue in serra e sotto plastica	1
21132	Colture orticole in aree non irrigue in pieno campo	2
21230	Colture orticole in aree irrigue	1
21231	Colture orticole in aree irrigue in serra e sotto plastica	1
21232	Colture orticole in aree irrigue in pieno campo	2
32121	Praterie montane e d'altitudine (a <i>Brachypodium genuense</i> , <i>Sesleria tenuifolia</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Festuca rubra</i>) con locali comunità ad elina e salici nani	4
32311	Macchia alta retrodunale e interdunale	3
32312	Macchia alta interna e collinare	4
32321	Macchia a ginepro coccolone o a ginepro fenicio delle dune stabilizzate	3



32322	Macchia a ginepro fenicio delle coste alte, con euforbia arborescente e/o palma nana	3
32323	Macchia a mirto e lentisco o a olivastro e lentisco	3
32324	Garighe a cisti, erica e rosmarino o ad Helichrysum litoreum	4

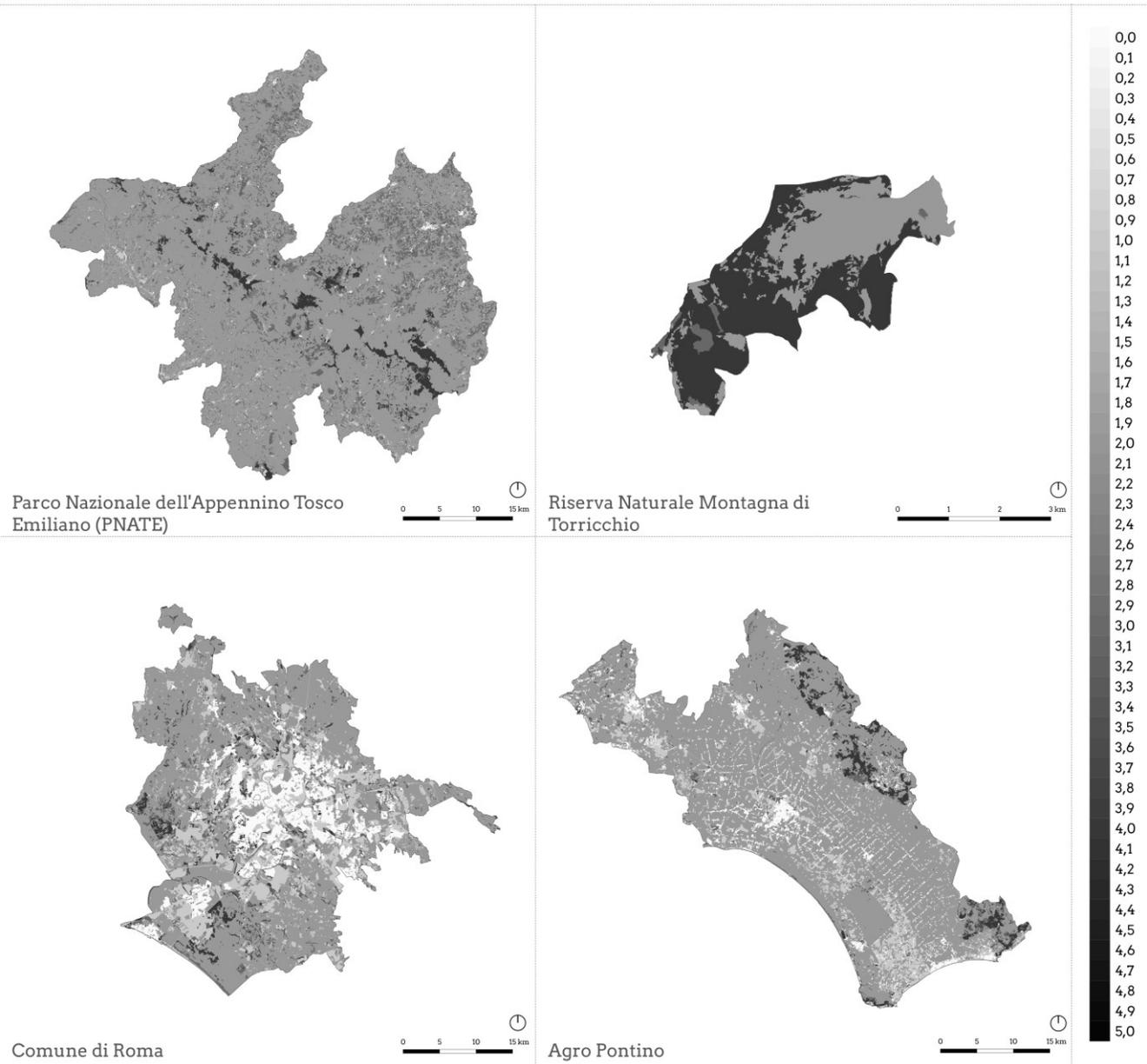


Figura 22 - Aree di intervento con visualizzazione dei punteggi pesati di idoneità CUS

Dall'analisi delle mappe CUS si distinguono alte idoneità alla presenza di impollinatori nelle aree a quote più elevate di PNATE, prevalentemente praterie montane, nelle aree prative di Torricchio, a Roma, nelle zone dove sono presenti corridoi ecologici lineari e nell'Agro Pontino ai piedi dei Monti Lepini.



La mappa della vulnerabilità

Analizzate le componenti scelte per la valutazione della vulnerabilità territoriale, si è scelto di combinarle con la formula:

$$Vuln = 5 - \left(\frac{NDVI + RAO + CUS}{3} + SWF \right)$$

La componente SWF, essendo valutata solo in termini di presenza/assenza (0-1), non è stata inclusa nella media, ma è stata aggiunta a quest'ultima. NDVI, RAO e CUS esprimono tutti valori da 0 a 4. Con l'aggiunta di SWF, si arriva quindi a un range complessivo da 0 a 5, che è il criterio adottato per le componenti in questa ricerca.

Nella formula, il prefisso '5-' all'inizio è funzionale a invertire i valori di positività delle componenti.

I risultanti valori di vulnerabilità sono riportati nelle seguenti mappe:

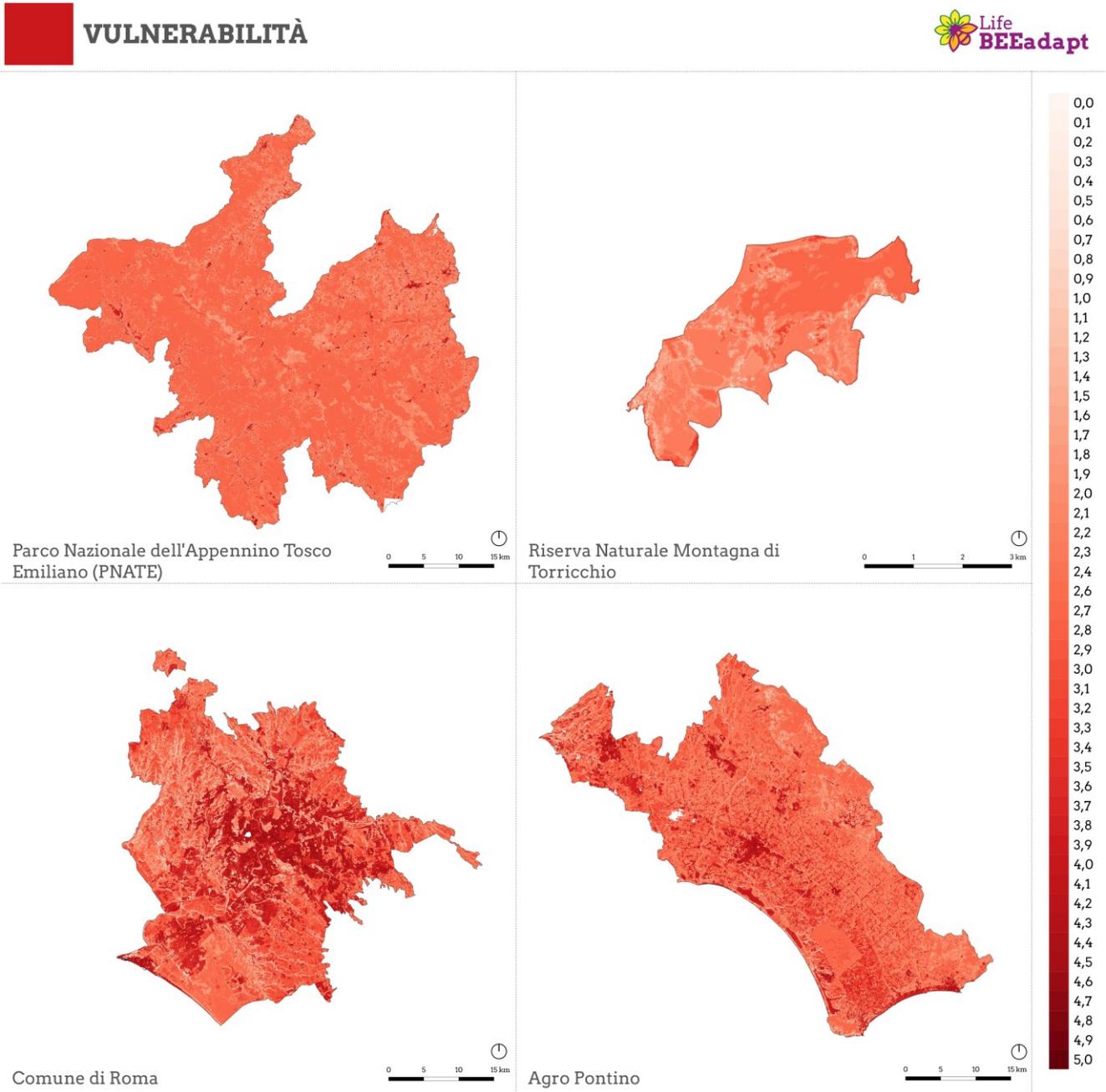


Figura 23 - Mappa della vulnerabilità



L'osservazione delle mappe di vulnerabilità porta alla luce considerazioni sia sul tipo di territorio favorevole agli impollinatori, che sulle condizioni vegetative delle piante in esso presenti.

Le analisi della media stagionale (marzo/settembre) hanno evidenziato che gli ambienti con alta eterogeneità, come forre, aree ripariali e lacustri, e praterie montane, sono associati a una bassa vulnerabilità, favorendo una maggiore biodiversità. Al contrario, le aree ad alta vulnerabilità includono boschi fitti, aree urbane e zone agricole industriali, che presentano condizioni meno favorevoli per gli impollinatori a causa della ridotta diversità di habitat e dell'elevato impatto antropico. È importante notare che, sebbene i boschi siano spazi verdi, non favoriscono la biodiversità degli impollinatori a causa della loro densità e uniformità, che limitano la varietà di habitat necessari per sostenere diverse specie.

A questo proposito, il Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano (PNATE) presenta una mappa della vulnerabilità i cui valori sono piuttosto uniformi, data la grande presenza di boschi compatti. I valori si abbassano nelle zone di prateria montana che tagliano l'area da nord-ovest a sud-est e nelle zone miste naturale-agricolo non intensivo, situate a nord.

La Riserva Naturale Montagna di Torricchio presenta anch'essa valori omogenei, essendo presenti boschi ma anche praterie montane. I valori di vulnerabilità in questo caso si alzano perché vengono compromessi da una bassa eterogeneità del territorio (RAO) e dalla scarsa presenza di corridoi ecologici (SWF). Si trovano valori di bassa vulnerabilità prevalentemente nella zona ovest, dove i corridoi sono più presenti e ci sono paesaggi più variegati.

L'area del Comune di Roma mostra la distribuzione più eterogenea tra le aree esaminate. Questo è dovuto alla massiccia presenza di urbano, che corrisponde ad alti valori di vulnerabilità, ma anche a zone naturali e seminaturali di diversa natura che compongono il vasto anello periurbano del comune. In particolare, l'area nord-ovest (Selva Candida) presenta zone molto interessanti per gli insetti impollinatori per via della massiccia presenza di forre (depositi alluvionali di ghiaia, sabbia e argilla), presenti anche nella parte sud (Tor de Cenci).

L'Agro Pontino presenta una situazione mista: sulla costa, nelle aree dunali, la vulnerabilità risulta bassa, come nelle aree montane a nord, ricalcando le tendenze del PNATE e Torricchio. La zona centrale, con una massiccia presenza agricola, presenta valori abbastanza omogenei, interrotti soltanto dalla rete dei canali e dalla capillare presenza delle infrastrutture verdi. La zona di Aprilia a nord-ovest presenta una situazione molto

simile a quella sud-est di Roma, essendo aree contigue con la stessa tipologia di paesaggio.

Si propone in Figura 21 una rappresentazione grafica dei valori medi delle componenti della vulnerabilità, al fine di permettere il confronto tra le aree. I valori si distribuiscono tutti intorno ad un valore medio, ma è importante considerare il peso delle diverse componenti che caratterizzano i vari tipi di area.

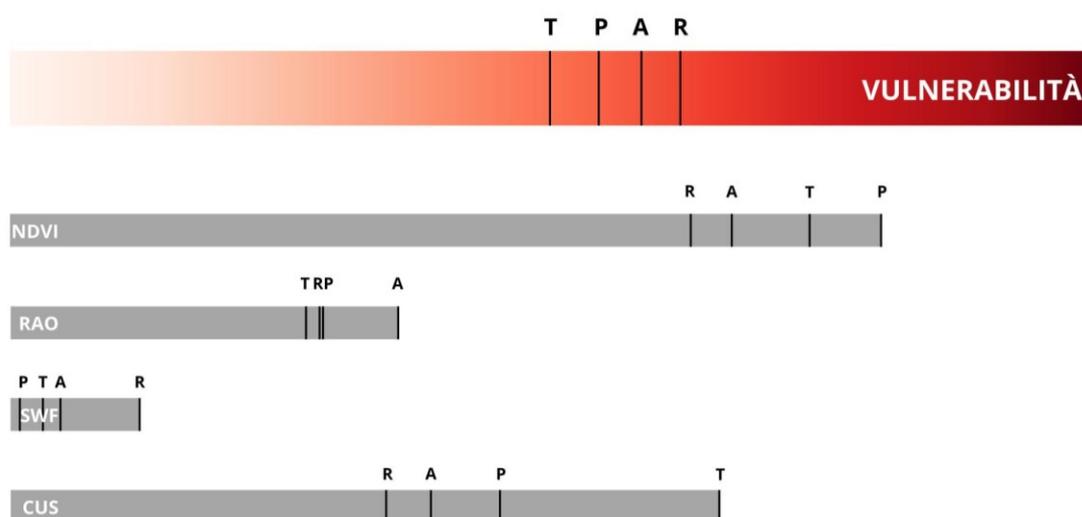


Figura 24 - Grafico riassuntivo dei valori medi di vulnerabilità e delle sue componenti (R=Roma, A=Agro Pontino, P=Parco dell'Appennino Tosco Emiliano, T=Riserva Naturale Montagna di Torricchio)

Le aree prevalentemente naturali, come il Parco dell'Appennino Tosco Emiliano e la Riserva Naturale Montagna di Torricchio, che mostrano una presenza di verde molto alta (NDVI) e tipi di suolo effettivamente adatti alla presenza di impollinatori (CUS), risultano le meno vulnerabili. Tuttavia la sola presenza del verde non determina risultati estremi. Questi sono penalizzati da scarsi valori di eterogeneità del mosaico ambientale (RAO) e una bassa presenza di infrastrutture verdi di collegamento (SWF).

Le aree più antropizzate, come Roma e l'Agro Pontino, compensano in modo diverso i bassi valori di idoneità del suolo (CUS) e presenza di verde (NDVI). Roma beneficia di una massiccia presenza di piccole infrastrutture verdi, che conferiscono un vantaggio significativo. L'Agro Pontino, invece, compensa con valori più alti di eterogeneità (RAO), dovuti alla varietà colturale, al reticolo idrografico e alle aree naturali montane, lacustri e dunali.



Alla luce di questi risultati emerge che le differenze strutturali tra il paesaggio naturale e quello urbano, intrinsecamente diversi anche per quanto riguarda la vocazione alla presenza di impollinatori, possono essere attenuate, nelle aree urbane e agricole, incrementando la varietà del paesaggio e favorendo la formazione di piccoli corridoi ecologici che interconnettano le aree verdi. Questi elementi risultano cruciali per sostenere la biodiversità e garantire habitat adeguati per gli impollinatori.

Valutazione del rischio di alterazione dei servizi ecosistemici

La valutazione del rischio di alterazione dei servizi ecosistemici si basa sul prodotto delle componenti di pericolo, esposizione e vulnerabilità finora descritte.

$$\text{Rischio} = \text{Pericolo} * \text{Esposizione} * \text{Vulnerabilità}$$

Il risultato, per poter essere apprezzato in porzioni territoriali più estese della risoluzione a 10m, è stato calcolato nell'area di un esagono con superficie di 10 ettari. La griglia esagonale utilizzata è stata creata impostando una distanza di 340m tra i centri degli esagoni adiacenti, corrispondenti a una lunghezza del lato dell'esagono di circa 294,45 metri.

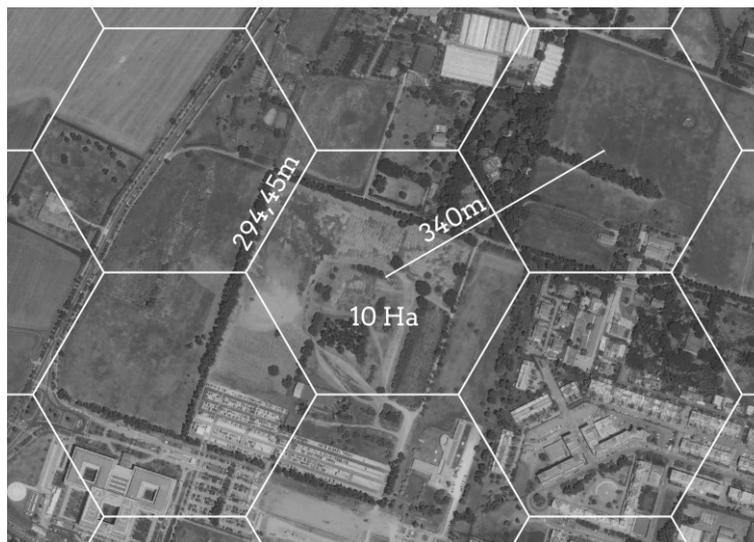


Figura 25 - Dimensione della griglia esagonale

Questa visualizzazione permette di ottenere una visione territoriale semplificata rispetto alla complessità delle componenti e sotto-componenti, che riportiamo di seguito in uno schema che riassume la struttura del lavoro fin qui presentato (Figura 23).

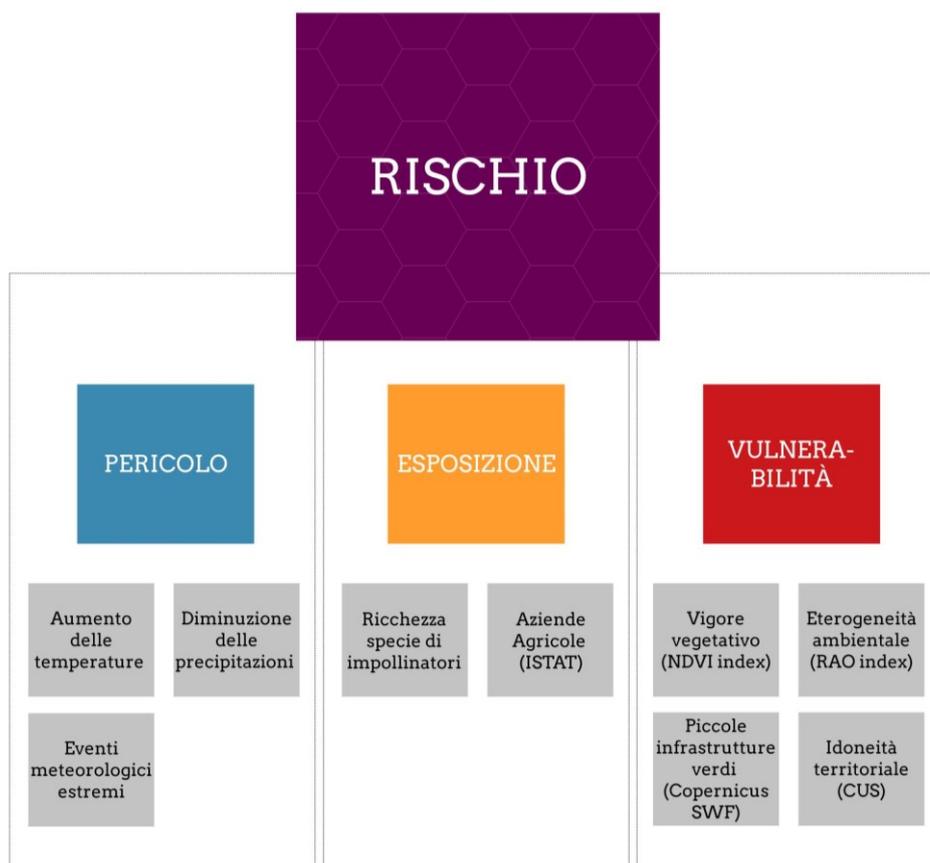


Figura 26 - Schema guida con i componenti della catena d'impatto di BEEadapt e relativi colori

In linea col resto del lavoro abbiamo scelto di normalizzare in una scala da 0 a 5 i risultati del prodotto delle tre componenti

RISCHIO

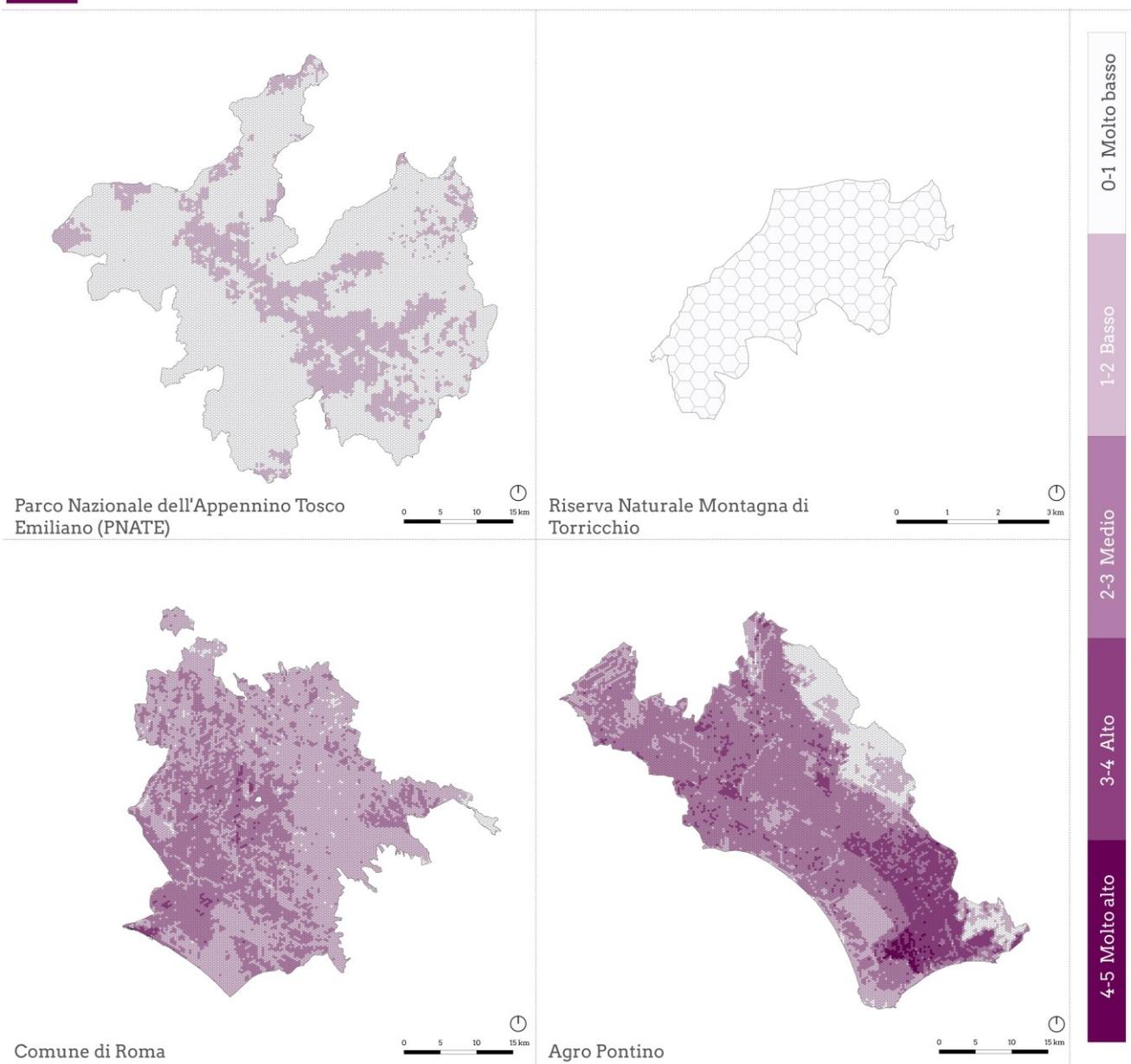


Figura 27 – Mappa del rischio

Dall'analisi della mappa del rischio nelle quattro diverse aree di intervento, emerge una diversificazione significativa dei risultati che riflette le specifiche caratteristiche geografiche, ambientali e socio-economiche di ciascuna regione.



L'Appennino Tosco-Emiliano, con valori prevalentemente bassi e molto bassi, mostra una distribuzione del rischio influenzata dall'altitudine: le aree di crinale a prateria montana presentano livelli di rischio più alti rispetto alle zone a valle. Seppure, come già detto, la resilienza delle zone montane agli eventi climatici estremi è più alta, queste zone risultano più esposte alle conseguenze del cambiamento climatico sulle attività degli impollinatori.

Torricchio spicca per i suoi livelli di rischio molto bassi e uniformi, indicando una situazione di stabilità ecologica relativa, probabilmente dovuta alla limitata esposizione a fattori di rischio antropici ed ambientali.

Roma, come grande area urbana, mostra una gamma estesa di rischi, variando da medio a molto alti. I picchi di rischio sono concentrati in alcune aree urbane dense e nelle zone agricole intensive, mentre livelli inferiori si riscontrano nelle aree ripariali, nelle foreste e nelle aree protette.

L'Agro Pontino si distingue per i suoi livelli di rischio complessivamente superiori rispetto alle altre aree. Le zone serricole intorno a Terracina e le aree urbane mostrano rischi particolarmente elevati, mentre la pianura agricola intensiva presenta livelli alti e più uniformi. Le zone a basso rischio, come l'area nord di Aprilia e il Parco Nazionale del Circeo, evidenziano l'importanza della conservazione delle aree naturali per la riduzione del rischio ambientale.

Nella tabella riassuntiva di seguito sono riportati, per ogni area d'intervento, i valori medi di tutte le componenti della catena d'impatto, così da poter analizzare quali sono le componenti che influenzano di più i risultati per ogni area.



Figura 28 - Tabella "guida" con le medie delle componenti primarie e secondarie della catena d'impatto



Dataset

Tutti i calcoli e le procedure fin qui descritte sono state realizzate in ambiente GIS, nello specifico con il software Qgis 3.34, dove è stato svolto l'intero processo di analisi geospaziale.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva degli input utilizzati con relativi sistemi di punteggio e una breve descrizione:

Componente	Input	Descrizione	Entità spaziale di calcolo	Min	Max	Fonte	Indirizzo
Pericolo	Aumento delle temperature (BC5)	Differenza di Temperatura massima del mese più caldo tra scenario futuro e attuale	Raster (30x30 s)	1,36	3,54	WorldClim 2	https://worldclim.org/
Pericolo	Diminuzione delle precipitazioni (BC14)	Precipitazione del mese più secco	Raster (30x30 s)	0,09	5	WorldClim 2	https://worldclim.org/
Pericolo	Eventi meteorologici estremi (BC4+BC15)	Media tra Stagionalità delle precipitazioni e Stagionalità della temperatura	Raster (30x30 s)	0,89	3,02	WorldClim 2	https://worldclim.org/
Esposizione	Ricchezza di specie	Modelli di abbondanza di specie per le singole aree d'intervento	Raster (10x10 m)	0,58	5	CNR	-
Esposizione	Indice composito di utilizzo agricolo (ICUA)	Calcolo su superficie comunale, superficie agricola utilizzata e numero di unità agricole di ogni Comune	Raster (10x10 m)	0	4,5	7° Censimento dell'Agricoltura (ISTAT)	https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/censimentoagricoltura
Vulnerabilità	NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	Indice di vigore vegetativo	Raster (10x10 m)	0	4	Sentinel-2	https://dataspace.copernicus.eu/



Vulnerabilità	Rao's parametric index	Indice di eterogeneità del mosaico ambientale	Raster (10x10 m)	0	4	Rasterdiv R package	https://cran.r-project.org/web/packages/rasterdiv/index.html
Vulnerabilità	Small Woody Features 2018	Piccole formazioni legnose	Raster (10x10 m)	0	4	Copernicus Small Woody Features 2018 (vector/raster 5 m and 100 m), Europe, 3-yearly	https://land.copernicus.eu/en/products/high-resolution-layer-small-woody-features
Vulnerabilità	Idoneità del territorio alla presenza degli impollinatori	Valore di idoneità attribuito alle classi CUS	Raster (10x10 m)	0	1	BEEadapt	-



Deliverable D.3.1 - In dept-collaborative analysis | Part 4

Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services

A cura di U-Space srl



SOMMARIO PARTE 4

Abstract ITA/EN	170
1. Aspetti metodologici generali.....	171
Valutazione del S.E. Mantenimento di habitat e specie	173
Valutazione del S.E. Impollinazione.....	176
2. Esiti delle elaborazioni.....	179
Area target 1 - Parco Nazionale dell'Appennino Tosco Emiliano.....	179
Area target 2 – Riserva Naturale della Montagna di Torricchio (Università di Camerino)	184
Area target 3 – Comune di Roma (RomaNatura)	188
Area target 4 – Agro Pontino (Confagricoltura – Comune di Aprilia).....	192
Allegato 1 Funzionamento del modello di InVEST “Habitat quality”.....	197
Allegato 2 Funzionamento del modello di InVEST “Pollination”.....	200



Abstract ITA/EN

Il presente documento rappresenta una delle quattro parti del deliverable D.3.1 - In depth-collaborative analysis. Nello specifico, questa sezione illustra i contenuti del database geografico previsto nell'ambito del sub task T.3.1.4: *Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services*. Il documento evidenzia aspetti metodologici generali dell'applicazione del software InVEST e in particolare dei modelli "habitat quality" e "pollination" e restituisce gli esiti delle elaborazioni compiute alla scala territoriale nelle 4 aree target del progetto.

This document represents one of the four parts of deliverable D.3.1 - In depth-collaborative analysis. Specifically, this section illustrates the processes carried out within the sub-task 3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services: The report highlights general methodological aspects of the application of the InVEST software and in particular of the "Habitat quality" and "Pollination" models and returns the results of the processing carried out at the territorial scale in the 4 target areas of the project.

3. Aspetti metodologici generali

Come indicato già in fase di proposta, i servizi ecosistemici (SE) considerati sono tre, identificati in coerenza con il sistema di classificazione CICES, adottato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente EEA¹⁷:

- 1) Produzione Agricola (CICES 1.1.1.1) – lo scopo della valutazione di questo SE è comprendere in che misura gli interventi dimostrativi possono influenzare la produttività agricola.
- 2) Impollinazione (CICES 2.2.2.1) – lo scopo della valutazione di questo SE è stimare il contributo degli impollinatori selvatici alla produzione agricola in funzione dell'attuale configurazione del paesaggio e delle sue eventuali modificazioni nel tempo.
- 3) Qualità dell'habitat (CICES 2.2.2.3) – lo scopo della valutazione di questo SE è verificare la capacità del territorio di ospitare e permettere la sopravvivenza di insetti impollinatori e comprendere in che misura tale capacità può, in uno scenario di cambiamento climatico, essere garantita - o anche migliorata - attraverso interventi specifici.

Tabella 1 Estratto dalla tabella di classificazione dei servizi ecosistemici CICES 5.1

Section	Division	Group	Class	Code	Class type	Simple descriptor	Ecological clause
Provisioning (Biotic)	Biomass	Cultivated terrestrial plants for nutrition, materials or energy	Cultivated terrestrial plants (including fungi, algae) grown for nutritional purposes	1.1.1.1	<i>Crops by amount, type (e.g. cereals, root crops, soft fruit, etc.)</i>	<i>Any crops and fruits grown by humans for food; food crops</i>	<i>The ecological contribution to the growth of cultivated, land-based crops..</i>
Regulation & Maintenance (Biotic)	Regulation of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	Pollination (or 'gamete' dispersal in a marine context)	2.2.2.1	<i>By amount and pollinator</i>	<i>Pollinating our fruit trees and other plants</i>	<i>The fertilisation of crops by plants or animals..</i>
Regulation & Maintenance (Biotic)	Regulation of physical, chemical,	Lifecycle maintenance, habitat and	Maintaining nursery populations	2.2.2.3	<i>By amount and source</i>	<i>Providing habitats for wild plants</i>	<i>The presence of ecological conditions</i>

¹⁷ CICES, acronimo di Common International Classification of Ecosystem Services, è un Sistema di classificazione dei servizi ecosistemici sviluppato nell'ambito del lavoro sulla contabilità ambientale svolto dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA), quale contributo alla costruzione di un sistema di contabilità economico-ambientale (SEEA) comune promossa dalla Divisione statistica delle Nazioni Unite (UNSD) dal 2010. Viene periodicamente aggiornato sulla base degli sviluppi della letteratura internazionale sul tema. L'ultima versione disponibile, del 2016, è CICES 5.1 (<https://cices.eu/resources/>).

Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services

	biological conditions	gene pool protection	and habitats (Including gene pool protection)			<i>and animals that can be useful to us</i>	<i>(usually habitats) necessary for sustaining populations of species...</i>
--	-----------------------	----------------------	---	--	--	---	--

In una fase successiva è emerso come nel contesto in esame, la valutazione del SE "Produzione agricola" e di quello "Impollinazione" sarebbero state sostanzialmente sovrapponibili; pertanto, si è scelto di escludere dall'analisi il primo, la cui valutazione sarebbe comunque risultata poco significativa per alcune aree target.

I due SE sono stati valutati seguendo la stessa metodologia all'interno delle cinque aree di studio indicate dai beneficiari, per il momento alla scala "territoriale", cioè riferite alle aree target nel loro complesso; seguiranno elaborazioni alla scala "aziendale" riferite alle aree direttamente interessate dai progetti dimostrativi.

Le elaborazioni alla scala territoriale consentono, infatti, una valutazione di massima dei servizi ecosistemici resi dai territori analizzati, evidenziando potenzialità e criticità di ciascun ambito operativo. Le elaborazioni a scala aziendale o infra-aziendale servono invece a valutare l'impatto degli interventi dimostrativi, confrontando lo stato ante e post operam e rilevando eventuali variazioni nella capacità di erogare i due SE da parte delle porzioni di territorio coinvolte dai progetti. Questa operazione richiede, data la natura "puntuale" (spazialmente limitata) degli interventi dimostrativi previsti, una scala di osservazione più ravvicinata.

La tabella seguente indica le delimitazioni adottate per le diverse aree di studio e il beneficiario referente:

Tabella 2 Aree di studio per la mappatura e valutazione degli ecosistemi e dei servizi ecosistemici a scala territoriale

Beneficiario referente	Area di studio scala territoriale
PNATE	19 Comuni ricadenti in tutto o in parte nel perimetro del Parco (Inviluppo dei confini comunali di: Pontremoli, Corniglio, Calestano, Comano, Villa Minozzo, Licciana, Nardi, Castelnovo ne' Monti, Villa Collemantina, Sillano Giuncugnano, Filattiera, Vetto, Casola in Lunigiana, Ventasso, Piazza al Serchio, Monchio delle Corti, San Romano in Garfagnana, Bagnone, Fivizzano)
Confagricoltura	Agro pontino (Inviluppo dei confini comunali di: Aprilia, Terracina, Bassiano, Sezze, San Felice Circeo, Sabaudia, Cori, Sermoneta, Cisterna di Latina, Pontinia, Artena (parziale), Norma, Latina)
Comune di Aprilia	
Roma Natura	Comune di Roma (all'interno di cui ricadono 16 aree protette terrestri gestite dall'ente regionale Roma Natura)
UNICAM	Riserva Statale Montagna di Torricchio

Rispetto alla metodologia di valutazione, sin dalla fase di proposta, la scelta è caduta sul InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs), una suite di software open source sviluppata dal Natural Capital Project (Università di Stanford) e

applicato sia a scala globale che a diverse aree di interesse situate soprattutto nei Paesi in via di sviluppo, che ha lo scopo di valutare dal punto di vista biofisico ed economico i SE forniti ed erogati in diverse porzioni del territorio (Tallis et al., 2013).

La suite software InVEST è composta da diversi pacchetti indipendenti tra di loro (modelli) che servono a valutare SE di vario tipo.

Tutti i modelli utilizzano la carta di uso del suolo come strato di base a cui sostanzialmente sovrappongono di volta in volta ulteriori input informativi in formato numerico, vettoriale o raster (overlay mapping).

La carta di uso del suolo utilizzata come base è quella che nasce dall'allineamento dei dataset forniti dai partner, presenta quindi caratteristiche geometriche omogenee e una legenda comune.

Tutte le elaborazioni sono state effettuate considerando un'unità minima mappabile (minimum mapping unit – mmu) di 10 mt.

Valutazione del S.E. Mantenimento di habitat e specie

Per la valutazione del servizio di conservazione di habitat e specie tramite InVEST è stato utilizzato il modello "*Habitat Quality*" (HQ).

Si tratta di uno strumento che consente di individuare ambiti che hanno una maggiore capacità di ospitare e permettere la sopravvivenza di gruppi faunistici specifici e in contemporanea, di valutare l'impatto che determinate minacce hanno su di essi.

Una volta definito un "obiettivo di valutazione" riferito ad una specie o un gruppo target, il modello richiede di identificare una serie di minacce al raggiungimento di tale obiettivo e di classificare gli usi del suolo all'interno dell'area di analisi in funzione della loro "idoneità" quale habitat per le specie target individuate e della loro "sensibilità" alle minacce individuate.

I dati di input richiesti dal modello Invest HQ sono quindi:

- la carta degli usi/delle coperture del suolo (formato raster georiferito),
- la rappresentazione spaziale delle minacce (formato raster georiferito),
- la matrice di idoneità e sensibilità alle minacce delle varie classi di uso del suolo (formato csv).

L'output restituito è una mappatura che, tramite scala cromatica, evidenzia la qualità o il degrado del territorio rispetto all'obiettivo della valutazione.

Nel caso in esame, stante l'obiettivo di conservazione degli impollinatori selvatici, le minacce principali sono state individuate in ogni area di studio, selezionando quelle più impattanti sulle specie autoctone. Qui di seguito si elencano tutte le minacce considerate, divise per aree di studio:

- PNATE: sfalcio periodico delle foraggere, spandimento di concime organico, apicoltura
- Riserva di Torricchio: sovra-pascolo (nei contesti rurali), abbandono delle pratiche agrosilvopastorali, sfalcio delle praterie nei periodi di massima fioritura

Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services

- Roma Natura e Agro-Pontino: lavorazioni meccaniche del suolo, utilizzo di pesticidi e elevata frequentazione e gestione intensiva del verde (nei contesti urbani).

Nel caso delle elaborazioni a scala territoriale, per rappresentare spazialmente tali minacce sono state utilizzate a titolo di proxy, le superfici interessate da alcune specifiche classi di uso del suolo estrapolate dalle carte generali. L'unica eccezione è stata fatta per la minaccia "Apicoltura" nel quale è stata considerata la geolocalizzazione delle arnie sparse sul territorio di PNATE.

A scala aziendale/di progetto è stato necessario integrare informazioni di maggiore dettaglio per distinguere, all'interno di aree caratterizzate da una stessa copertura del suolo, le zone effettivamente soggette a minaccia, ad esempio identificando i prati sovrapascolati all'interno delle superfici in classe CUS 231 o 321, oppure le aree verdi urbane gestite in modo intensivo tra quelle in classe CUS 141.

Tabella 3 Minacce per la conservazione degli impollinatori selvatici individuate a fini di analisi a scala territoriale e relative modalità di spazializzazione

Minacce individuate	Presupposto di spazializzazione della minaccia	Classi CUS rappresentative della minaccia
Lavorazioni meccaniche del suolo	Tra gli usi agricoli, il seminativo irriguo (classe CLC 212) è quello che identifica superfici soggette a lavorazioni del suolo intensive, particolarmente nocive rispetto alla possibilità di nidificazione degli impollinatori selvatici che per diverse specie avviene nel terreno.	212
Utilizzo di pesticidi	Tra gli usi agricoli, le colture orticole (CLC 2113-2123) e i frutteti (CLC 222) sono quelli che identificano meglio superfici soggette ad uso massiccio di fitofarmaci, potenzialmente dannosi per gli impollinatori selvatici oltre che per i parassiti.	2113, 2123, 222
Sovrapascolo	Il pascolamento eccessivo rappresenta una minaccia perché priva gli impollinatori di potenziali fonti mellifere. Tuttavia non è possibile su base esclusivamente cartografica distinguere le superfici effettivamente soggette ad una pressione eccessiva tra quelle identificate come prati stabili o aree a pascolo naturale (CLC 231, 321), di per sé particolarmente favorevoli agli impollinatori. Pertanto la minaccia può essere efficacemente considerata solo nelle elaborazioni a scala aziendale e in presenza di informazioni di dettaglio.	---
Elevata frequentazione e gestione intensiva	Sebbene le aree verdi urbane possono rappresentare contesti idonei agli impollinatori selvatici, una fruizione particolarmente intensa può rappresentare un disturbo, e implicare modalità di gestione intensive - potature frequenti, trattamenti e sistemazioni del suolo - che costituiscono una minaccia per l'habitat. Il verificarsi di tali condizioni è evidentemente più probabile nelle vicinanze di zone residenziali compatte e dense (classi CLC 1111, 1112, 1121, 1212), di aree commerciali o	1111, 1112, 1121, 1212, 1213, 1214

Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services

	servizi pubblici (CLC 1212, 1213, 1214), che pertanto possono essere considerati elementi spazialmente rappresentativi della minaccia.	
Spandimento di concime organico	Spandimento di concime organico proveniente da attività zootecnica con utilizzo di farmaci ad uso veterinario. L'utilizzo di letami non maturati, o talvolta miscelati a farmaci veterinari, portano ad un inquinamento del suolo, rilasciando nell'ambiente sostanze che alterano la composizione floristica favorendo anche lo sviluppo di specie invasive alloctone.	211
Apicoltura	L'allevamento di impollinatori quali ad esempio <i>l'Apis mellifera</i> , sia a scopo di produzione di miele sia per favorire l'impollinazione delle coltura, potrebbe comportare erosione delle risorse alimentari a scapito delle specie di impollinatori selvatici.	--
Sfalcio periodico e regolare delle foraggere	Lo sfalcio periodico delle foraggere porta ad una semplificazione della composizione della comunità delle specie vegetali nel tempo nelle aree, riducendo la disponibilità delle fioriture anche in periodi critici (da agosto in poi).	231, 243
Abbandono delle pratiche agrosilvopastorali	L'abbandono delle pratiche agrosilvopastorali porta l'invasione di specie competitive e l'innescò di processi dinamici	

Per quanto riguarda la valutazione dell'idoneità e la sensibilità alle minacce delle diverse classi di uso del suolo, si è scelto di seguire con approccio expert-based, compilando la matrice con il supporto di naturalisti.

Il peso delle singole minacce è stato valutato in relazione alla natura più o meno diretta dei potenziali impatti sulle popolazioni target, quindi è maggiore nel caso dei pesticidi, seguono le lavorazioni meccaniche del suolo e, a distanza, la frequentazione antropica (ipotizzando una relazione causa-effetto più indiretta e variabile).

Per la valutazione della distanza entro cui la minaccia risulta efficace, nel caso dei pesticidi è stata adottata la misura di 30 mt sulla base di una stima dell'azione e della volatilità dei fitofarmaci; nel caso della frequentazione antropica è stata adottata la misura di 200 mt corrispondente ad un tragitto pedonale medio in ambito urbano; nel caso delle lavorazioni meccaniche la distanza è stata minimizzata (considerando la minaccia efficace solo dove concretamente avvengono); la distanza è stata minimizzata anche per le minacce relative agli spandimenti di liquami, allo sfalcio e all'abbandono delle pratiche agrosilvopastorali perché, anche in questo caso, queste attività di gestione delle superfici agricole impattano solo la zona in cui concretamente avvengono; riguardo la presenza di apiari è stata considerata una distanza massimo di impatto di 2500 mt considerando la distanza di volo degli impollinatori da allevamento.

Per valutare l'idoneità è stata utilizzata una scala in 5 classi equidistanti, dove alla massima idoneità corrispondono le coperture del suolo caratterizzate da migliori opportunità di nutrimento e condizioni di minore disturbo per gli impollinatori (suoli naturali con presenza di piante mellifere erbacee e arbustive), mentre a idoneità nulla

Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services

informazioni sulle risorse floreali, sull'attività di foraggiamento, e sul raggio di volo per stimare un indice dell'abbondanza di impollinatori che visitano ogni cella. Questo modello considera quindi che gli impollinatori, per popolare una determinata area, necessitano di due risorse limitanti: siti adatti alla nidificazione (o comunque siti di rifugio) e presenza di fonti di nutrimento dal quale trarre anche nettare e pollini. Il modello traduce quindi un indice di idoneità agli impollinatori (che assume valori da 0 = non idoneo a 1 = perfettamente idoneo). Inoltre, questo modello considera anche le differenze tra le diverse stagioni, e quindi la diversa distribuzione e periodo di attività degli impollinatori selvatici.

Anche per la valutazione di questo servizio ecosistemico si è proceduto ad una stima a scala territoriale, considerando le varie aree di studio del progetto. Per ogni area sono state raccolte le informazioni sulle specie di impollinatori presenti, partendo dalle informazioni fornite dagli entomologi e derivate dalle attività di campo degli stessi. A partire dalle specie presenti, con il supporto degli entomologi, si è proceduto alla compilazione delle due tabelle richieste dal modello: la biophysical table, utile per definire la disponibilità sia di risorse floreali che di siti di nidificazione in ogni classe di uso del suolo per ogni stagione considerata, e la guild table contenente le proprietà relative ad ogni specie (o gruppo di specie) di impollinatori. In quest'ultima tabella si è proceduto ad indicare quanto ogni specie di impollinatore utilizzi il substrato di nidificazione utilizzato, definendo come 0 = la specie non utilizza questo substrato e 1 = la specie è completamente dipendente da questo substrato. La stessa cosa è stata fatta rispetto all'attività di foraggiamento relativa ad una determinata stagione, per indicare quindi qual è il periodo di maggiore attività di ogni specie. Infine è stata riportata una costante alpha per ogni specie che indica la specifica distanza di volo e l'abbondanza relativa della specie.

Biophysical table			
Land cover categories	Nesting [substrate] availability index	Flower resources index [season1]	Flower resources index [season2]

Guild table					
Specie/group	Nesting suitability [substrate] index	Foraging activity index [season1]	Foraging activity index [season2]	Alpha	Relative abundance



Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services



Questo modello restituisce una serie di mappe di abbondanza per pixel per ogni specie/gruppo considerati, in ogni stagione. Inoltre fornisce delle mappe che rappresentano la l'abbondanza della specie di impollinatori, all'interno di ogni pixel, dato il suo fattore di abbondanza arbitrario dalla tabella, moltiplicato per l'idoneità dell'habitat per quella specie in quel pixel, moltiplicato per le risorse floreali disponibili che un impollinatore potrebbe raggiungere da quel pixel. Infine, crea delle mappe di sintesi, dell'abbondanza totale degli impollinatori per ogni stagione.

Per semplificare la trattazione dei risultati verranno mostrate solo le mappe di abbondanza totale.

Per approfondimenti tecnici sul modello Pollination di INVEST si faccia riferimento all'allegato 2 di questa parte 4 del Deliverable 3.1..

4. Esiti delle elaborazioni

Area target 1 - Parco Nazionale dell'Appennino Tosco Emiliano

Esiti del modello HQ

Il modello di qualità dell'habitat per la zona di PNATE rivela che l'area risulta prevalentemente ricoperta da zone non idonee agli impollinatori servatici (e.g. zone boschive), ma che gli hotspot idonei mostrano in generale un buon livello di qualità. I valori massimi si raggiungono in corrispondenza delle aree agroforestali le quali rappresentano le aree più adatte ad ospitare gli impollinatori. Inoltre, dalla mappa del degrado ottenuta è possibile notare che queste sono anche le meno degradate dell'area in quando sottoposta ad una corretta gestione e circondate da aree boschive che le rendono zone protette. Una diversa annotazione va fatta per tutte quelle aree che sono potenzialmente idonee ad ospitare gli impollinatori, mostrando livelli idoneità mediamente elevati, ma che sono al contempo sottoposti ad una gestione non sostenibile del territorio. Questo è confermato dalla mappatura delle condizioni di degrado, che mostra i valori più alti proprio in corrispondenza delle classi potenzialmente idonee. Tra queste ci sono le zone agricole con importanti spazi naturali che potrebbero rappresentare non solo un buon habitat per gli impollinatori, ma più in generale un corridoio ecologico per le specie. Tuttavia queste sono soggette periodicamente a attività di sfalcio che riducono la disponibilità delle fioriture, particolarmente importanti in periodi critici. Infine anche le aree a pascolo naturali mostrano valori medio-alti di qualità e molto bassi di degrado. Questo è sintomo di una gestione corretta delle attività di pascolo, che non diventano in questo caso una minaccia per gli impollinatori.

In generale è possibile affermare che la minaccia più importante di questo territorio è rappresentata dagli sfalci frequenti e ripetuti durante l'anno.

Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services

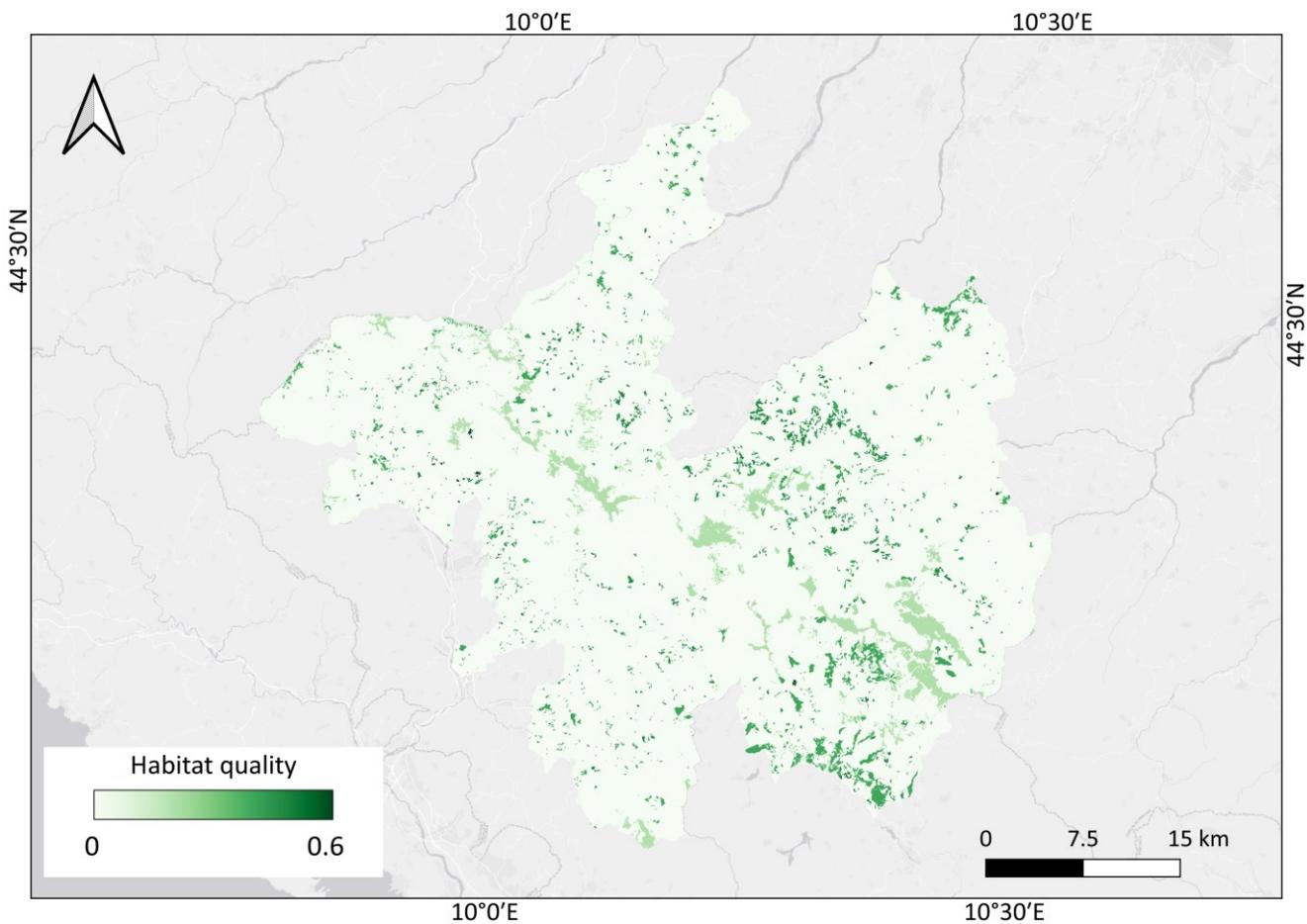


Figura 1 – Risultato del modello di InVEST HQ per l'area di PNATE: stima della qualità degli habitat per gli impollinatori

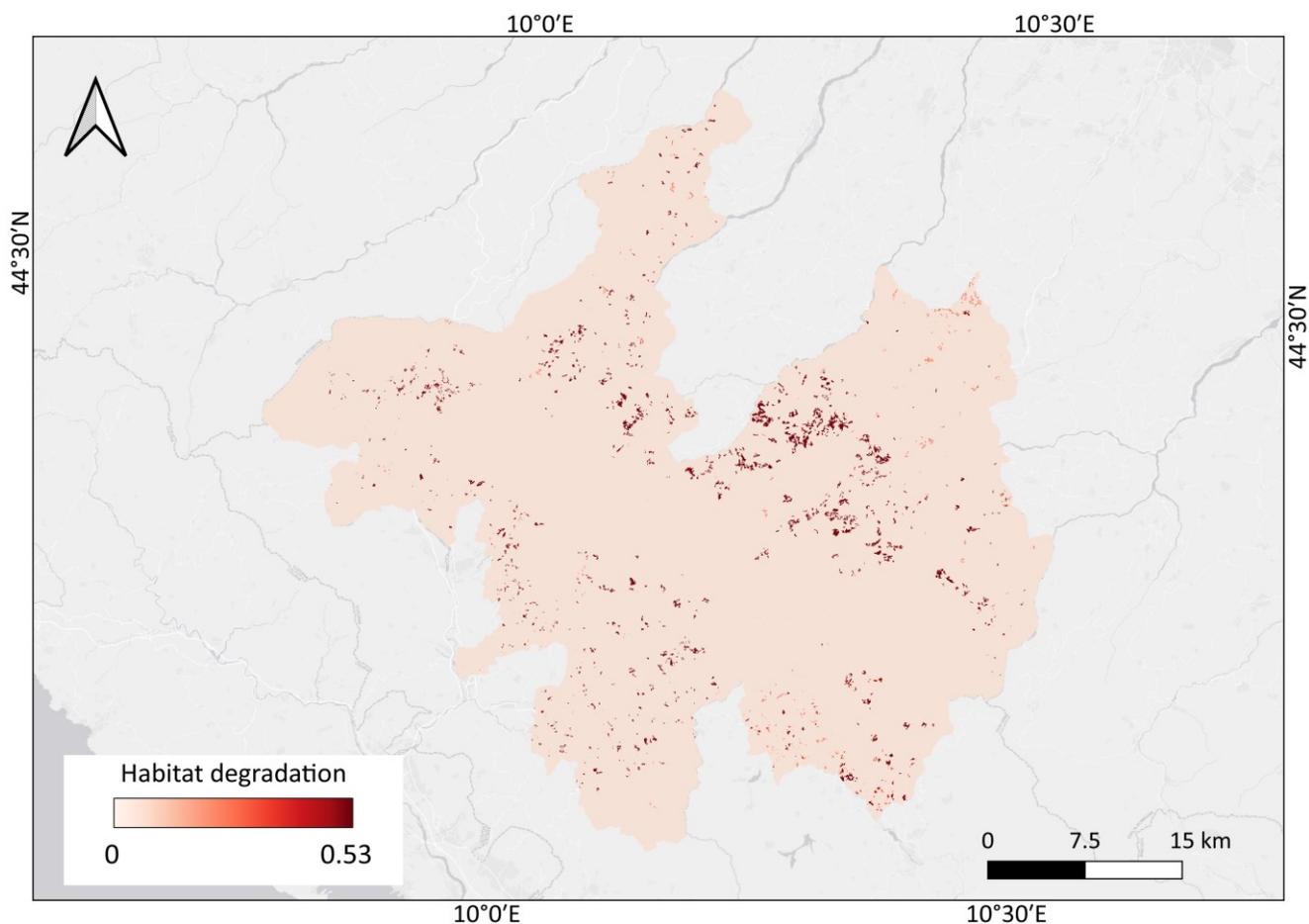


Figura 2 – Risultato del modello di InVEST HQ per l'area di PNATE: stima della degradazione degli habitat

Esiti del modello Pollination

Nella zona di PNATE sono state rilevate 51 specie di impollinatori, il numero più alto tra tutte le aree di studio. Secondo i risultati del modello, la maggiore abbondanza di impollinatori si registra nella parte del confine nord-est della riserva, dove si concentrano anche la maggior percentuale di prati stabili. Qui si risente di questa presenza anche sulle aree coperte da seminativi, in cui si stima una presenza medio alta di impollinatori che possono raggiungere queste aree ricche di risorse floristiche, soprattutto durante la primavera. Questo risulta particolarmente importante anche considerando la resa agricola che in questo caso è favorita dalla presenza degli impollinatori. Opposta è la condizione della parte a sud della riserva, dove anche la presenza di prati stabili non è sufficiente ad osservare un'alta presenza di impollinatori. Questo può essere spiegato dal fatto che queste aree si trovano circondate da zone boschive che quindi non forniscono le risorse necessarie alla sopravvivenza di queste specie. Osservando le variazioni stagionali delle abbondanze risulta anche chiara la differenza tra primavera ed estate, con valori leggermente più alti di abbondanza in primavera.

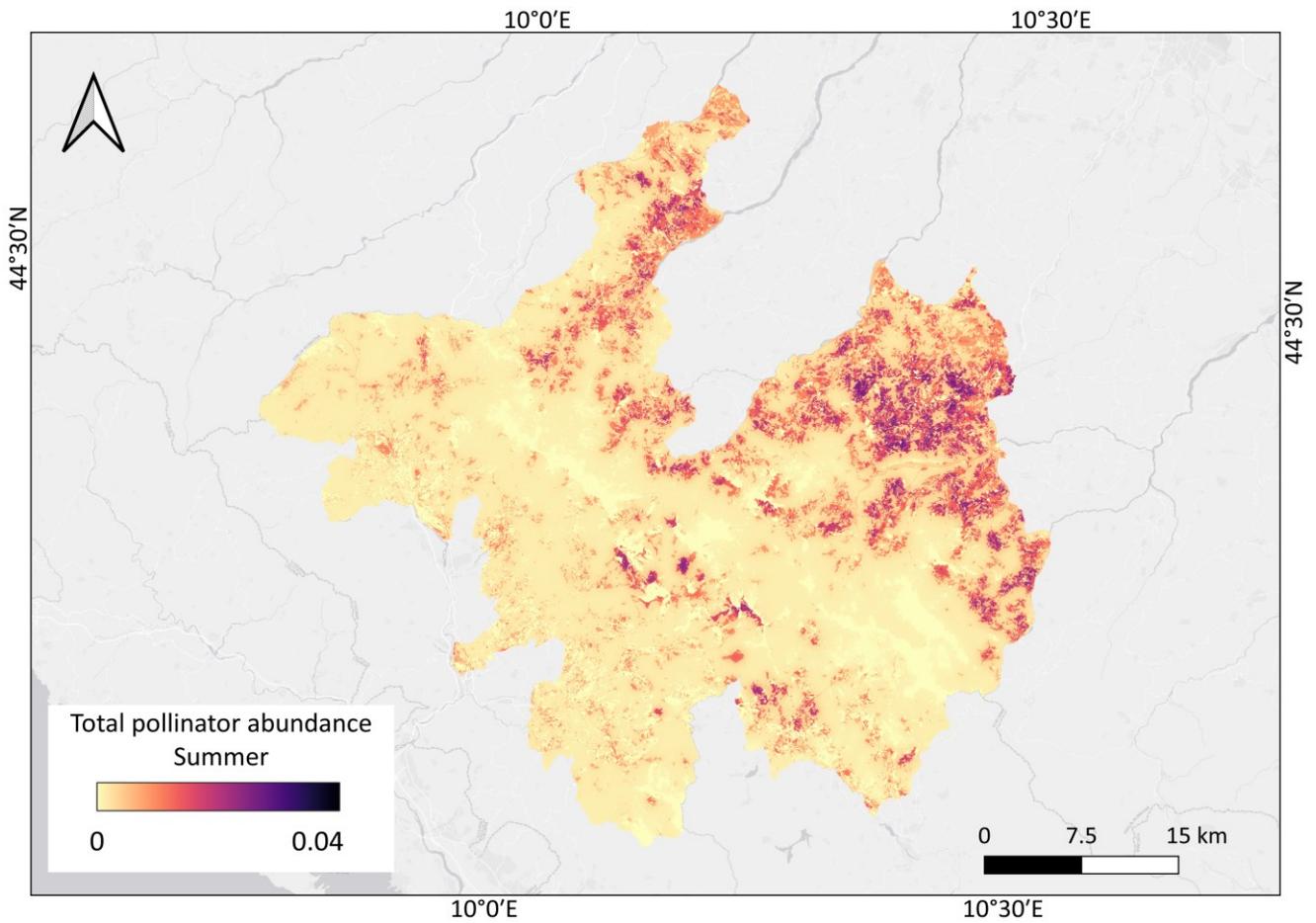


Figura 3 – Risultato del modello di InVEST “Pollination” per l’area di PNATE: abbondanza totale degli impollinatori in estate

Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services

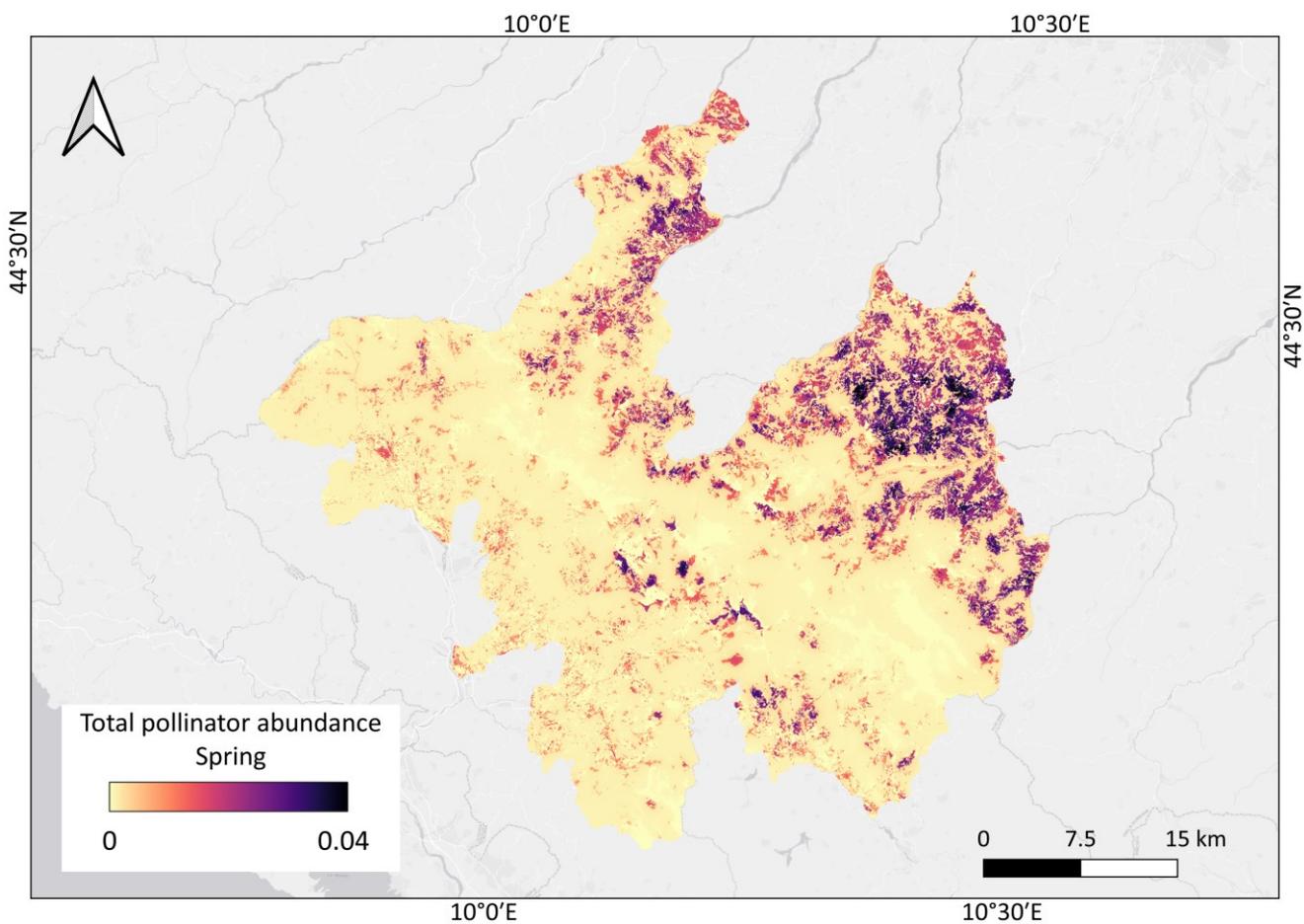


Figura 4 – Risultato del modello di InVEST “Pollination” per l’area di PNATE: abbondanza totale degli impollinatori in primavera

Area target 2 – Riserva Naturale della Montagna di Torricchio (Università di Camerino)

Esiti del modello HQ

L'area di Torricchio mostra valori di qualità elevati per quasi l'intero territorio. Questo è dovuto alla presenza di aree altamente idonee ad ospitare gli impollinatori, come le praterie e pseudo garighe e le aree a pascolo naturale. Tuttavia queste zone sono anche quelle caratterizzate dai valori più alti di degrado, a causa soprattutto del sovrapascolo a cui sono soggette. Il punto in cui si risente maggiormente dell'impatto delle minacce e nella zona più a sud dell'area, dove queste praterie sono interessate anche da un abbandono delle pratiche agrisilvopastorali, che sta portando alla diffusione di specie alloctone, con il conseguente impatto sugli impollinatori selvatici. Le aree più perimetrali della riserva presentano un minore degrado, questo dovuto anche al fatto che queste zone risultano meno idonee alla presenza delle specie di impollinatori e quindi meno impattate dalle minacce ad esse correlate (e.g. boschi a prevalenza di faggi).

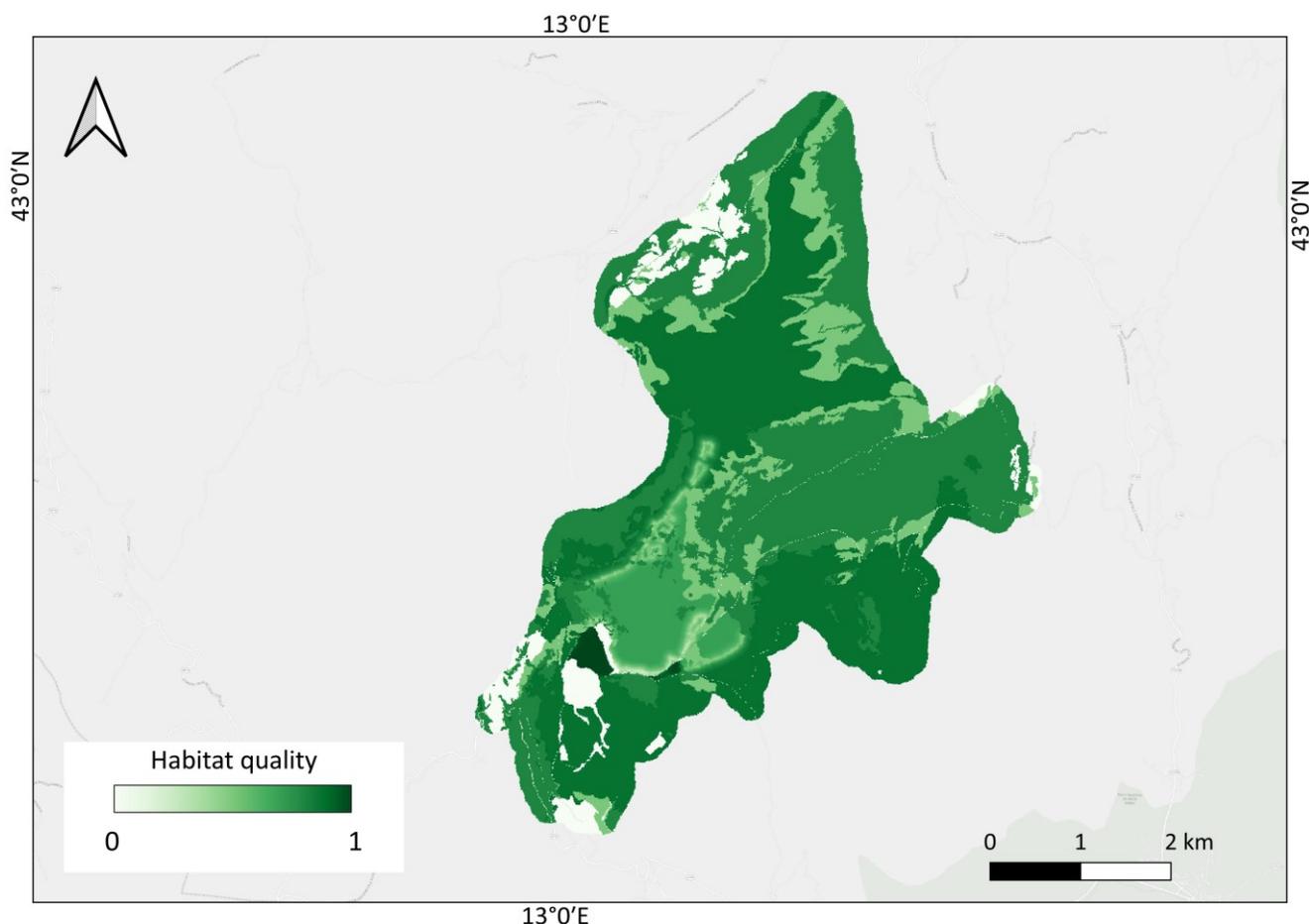


Figura 5 – Risultato del modello di INVEST HQ per l'area di Torricchio: stima della qualità degli habitat per gli impollinatori

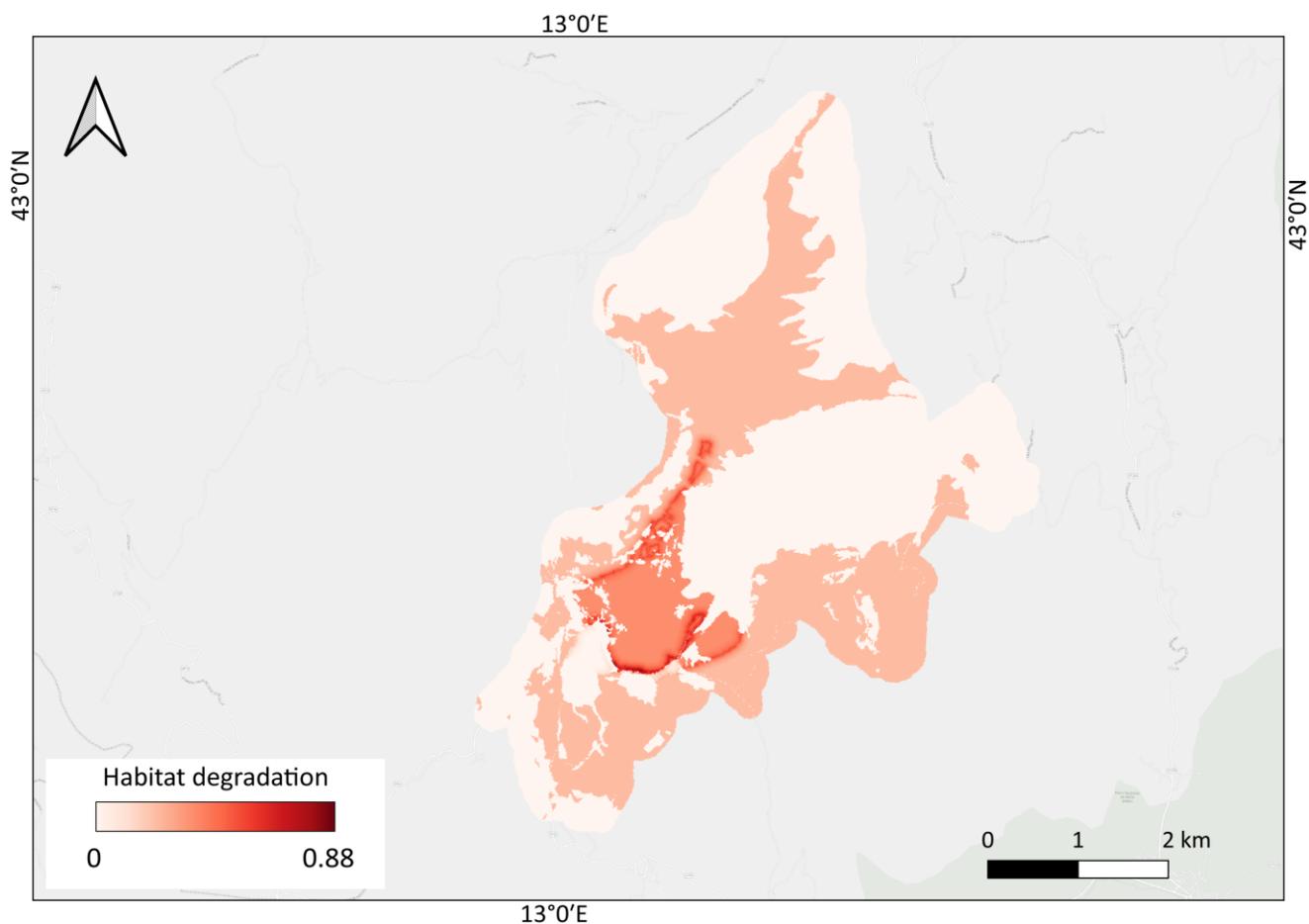


Figura 6 – Risultato del modello di InVEST HQ per l’area di Torricchio: stima della degradazione degli habitat

Esiti del modello Pollination

Nell’area di Torricchio sono state registrate 23 specie di impollinatori selvatici. Dal modello di stima dell’abbondanza spaziale si nota una forte differenza tra l’abbondanza estiva e primaverile, periodo in cui la stima assume valori quasi doppi rispetto alla stagione estiva. I valori più alti di abbondanza nel periodo primaverile si registrano nelle aree a praterie e pseudo-garighe collinari, che sono le zone con più disponibilità di siti di nidificazione. L’abbondanza in queste zone è favorita anche dalla vicinanza di zone come i boschi a prevalenza di faggi che forniscono una buona risorsa floristica durante la primavera. È interessante notare che invece in estate la presenza degli impollinatori si concentra quasi del tutto in corrispondenza delle poche aree a seminativo della zona indice che in questo periodo la risorsa floristica diminuisce drasticamente nelle aree citate in precedenza, mentre le colture forniscono un valido supporto agli impollinatori.

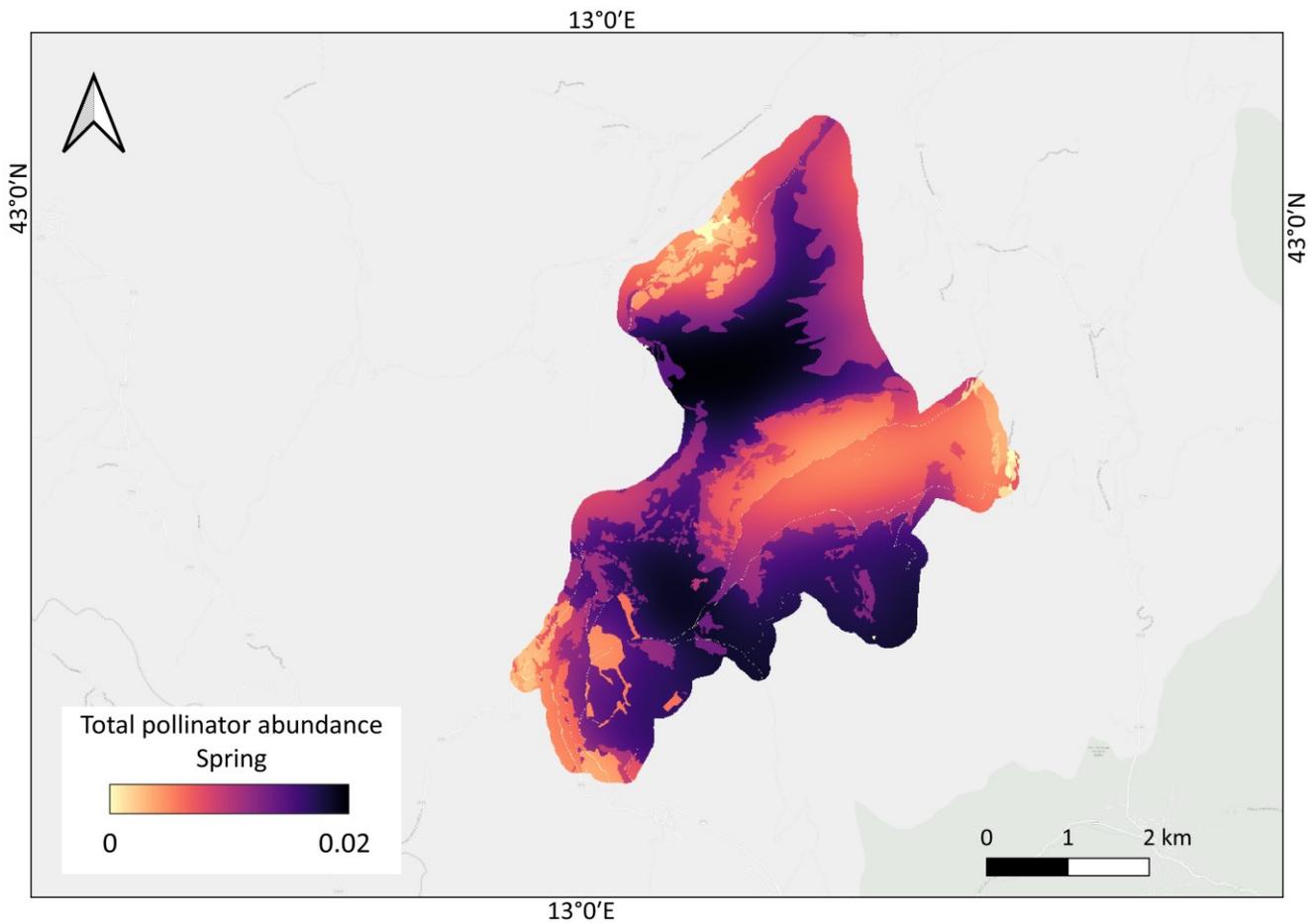


Figura 7 – Risultato del modello di InVEST “Pollination” per l’area di Torricchio: abbondanza totale degli impollinatori in primavera

Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services

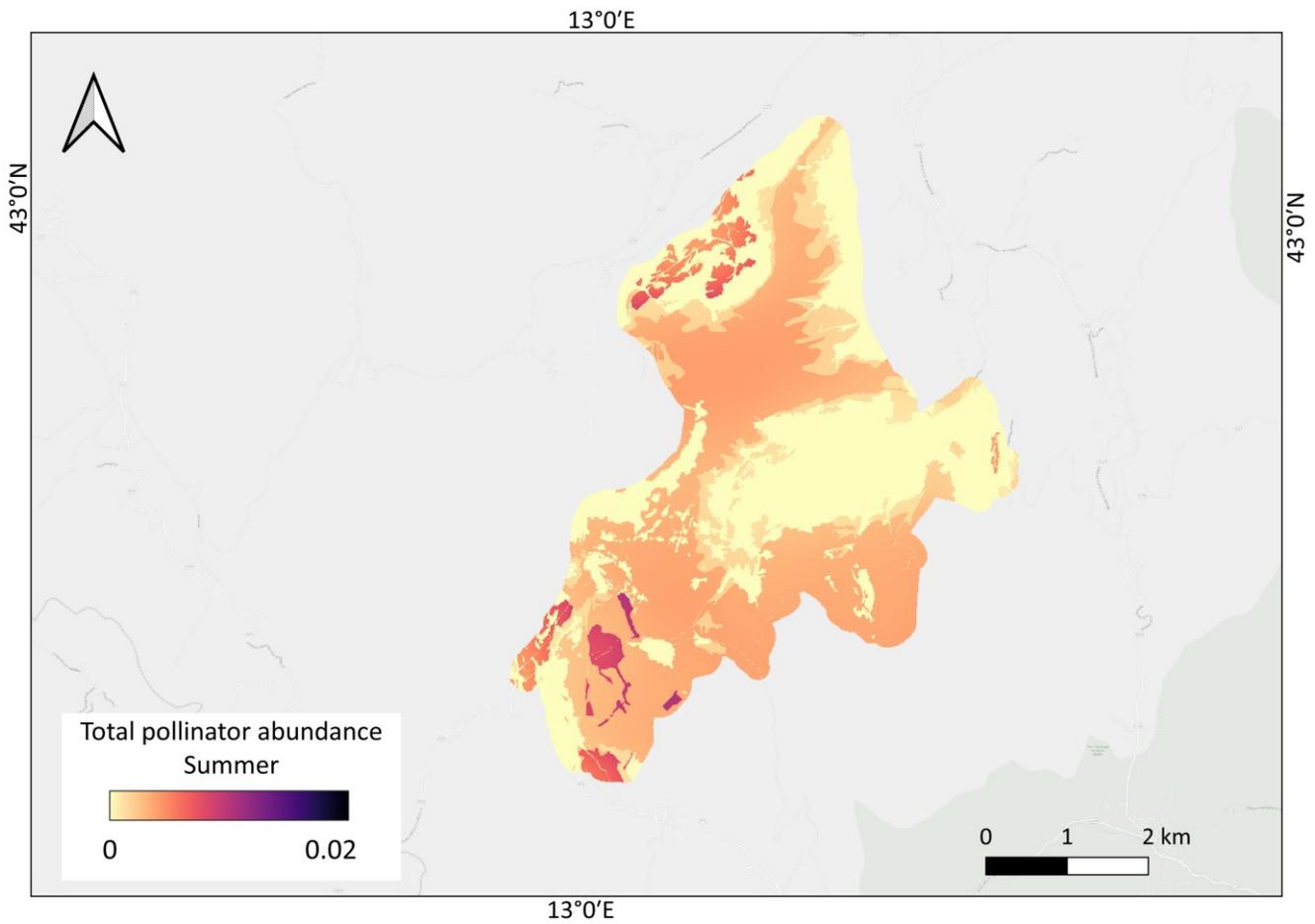


Figura 3 – Risultato del modello di InVEST “Pollination” per l’area di Torricchio: abbondanza totale degli impollinatori in estate

Area target 3 – Comune di Roma (RomaNatura)

Esiti del modello HQ

Anche l'area di studio di Roma presenta dei livelli di qualità prevalentemente bassi, in particolare in corrispondenza dei territori agricoli a sud-est della città. Leggermente diversa e più eterogenea è la condizione degli habitat a nord-ovest della capitale che, seppur sempre zone agricole, sono caratterizzati da una maggior e più rilevante presenza di zone arboree e arbustive che permettono una condizione di qualità media. Nello stesso quadrante si nota una zona in cui la qualità si attesta più omogenea, sempre con valori medi, rappresentata dalla zona dell'Oasi Naturale di Castel di Guido. Questa zona, seppur potrebbe rappresentare un hotspot per gli impollinatori selvatici, è fortemente minacciata dalla forte presenza al suo margine dei campi agricoli. All'interno del territorio urbano di Roma, il quale presenta in generale una bassa idoneità agli impollinatori, alcune zone assumono valori medi di qualità. Tali zone sono rappresentate dalle aree naturali all'interno della città, come Villa Doria Pamphili, Villa Ada e Villa Celimontana. Infine, l'unica zona che presenta una maggiore qualità dell'intera area di studio è la zona della Tenuta di Castel Porziano, con un indice di qualità che aumenta nel tratto più costiero, quindi allontanandosi dalla zona dell'agro romano.

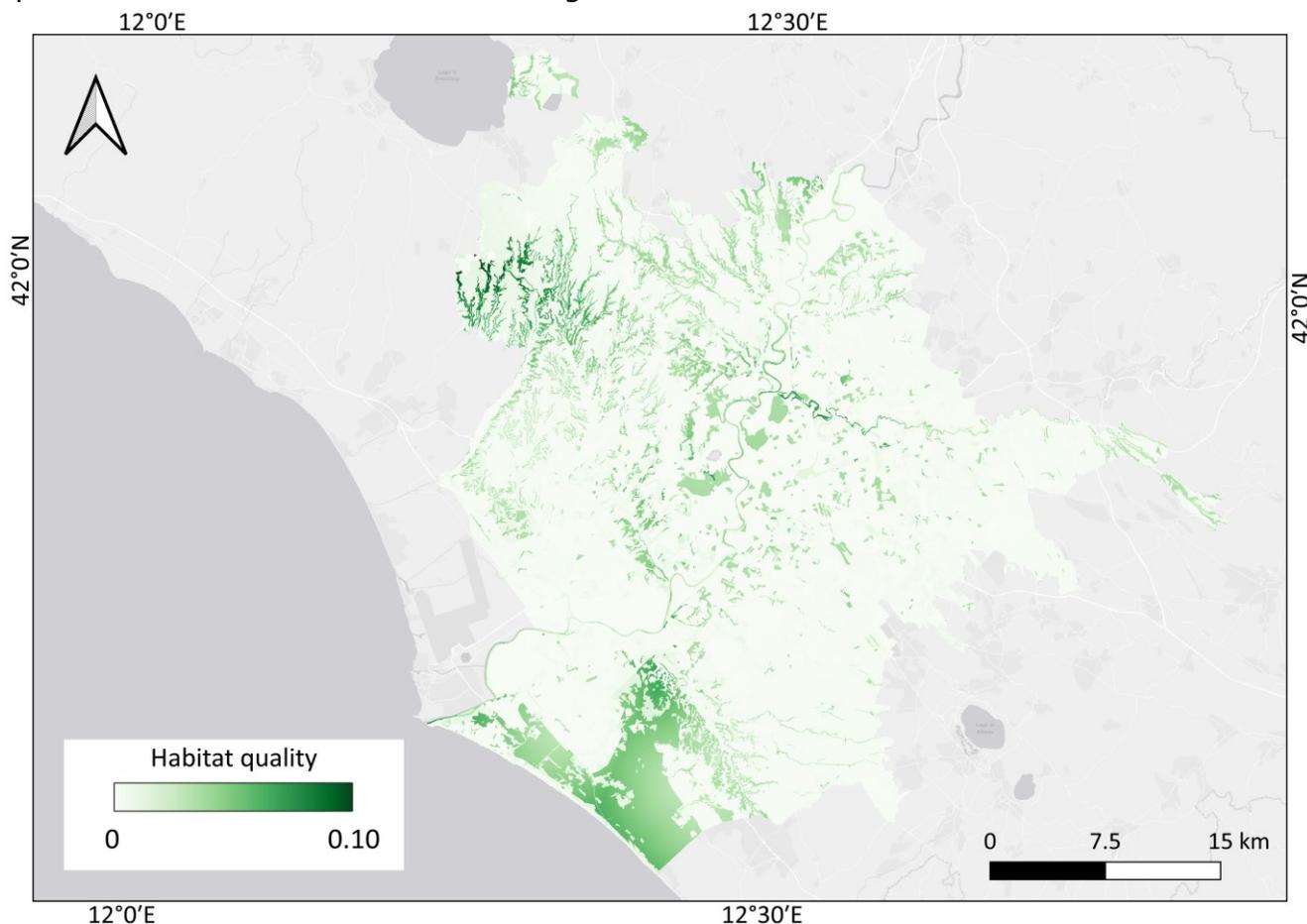


Figura 9 – Risultato del modello di InVEST HQ per l'area del Comune di Roma: stima della qualità degli habitat per gli impollinatori

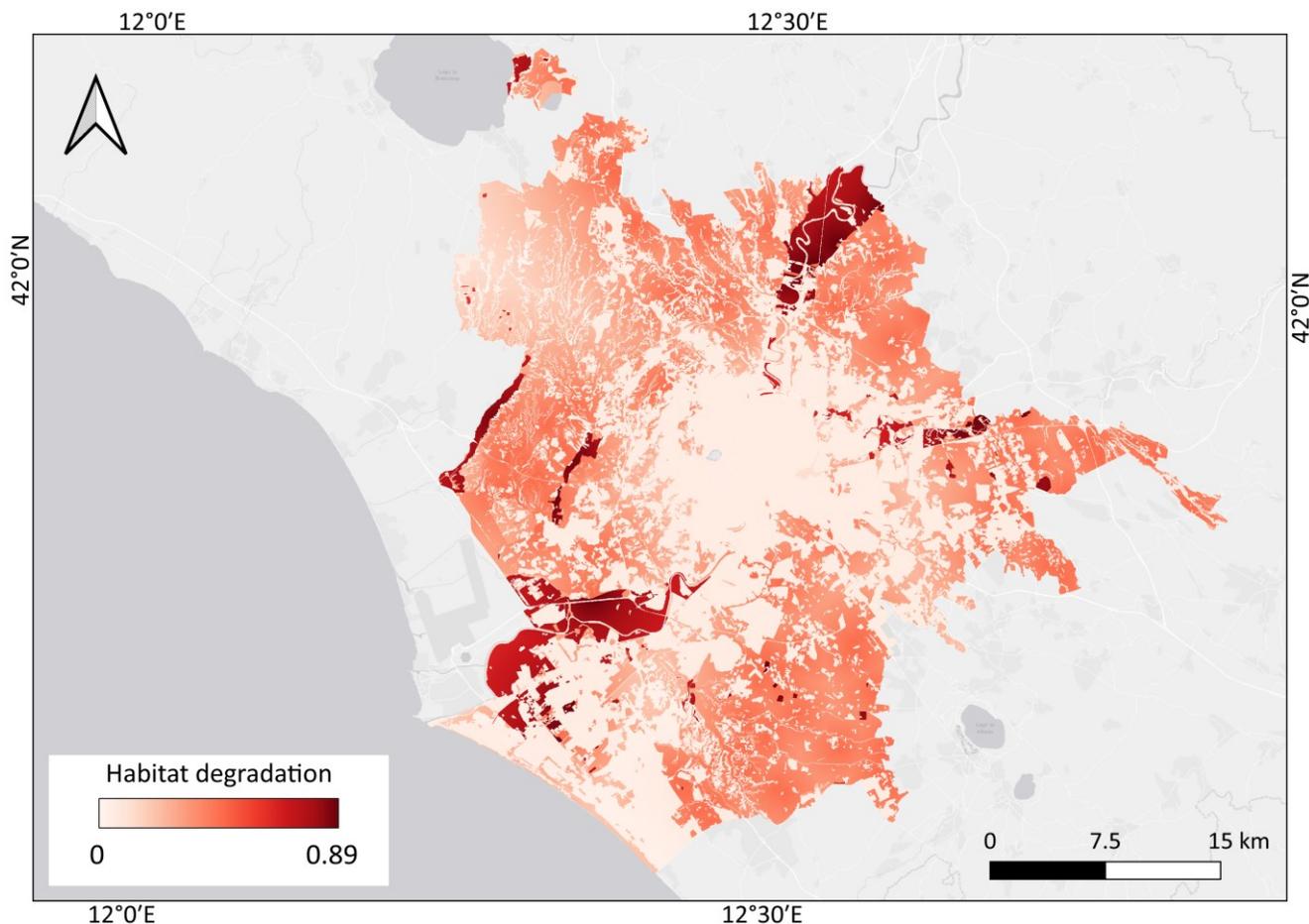


Figura 10 – Risultato del modello di InVEST HQ per l'area del Comune di Roma: stima della degradazione degli habitat

Esiti del modello Pollination

Nella zona del comune di Roma sono state rilevate 24 specie di impollinatori selvatici. L'abbondanza di questi secondo la stima del modello risulta essere anche in questo caso fortemente più elevata in primavera rispetto all'estate. Nel caso del comune di Roma però l'abbondanza degli impollinatori sembra essere nettamente più connessa alla presenza delle aree agricole dell'agro-romano, fonte di risorse floreali soprattutto nei mesi primaverili. I valori di abbondanza più elevati in entrambe le stagioni si registrano nelle zone più verso la parte costiera, in corrispondenza di zone naturali come le zone a pascolo naturale e dove il terreno è coperto da macchia mediterranea. La zona con una minore abbondanza (circa pari a 0) di impollinatori è la zona più interna della città, in cui però si notano comunque degli hotspots di presenza, soprattutto in corrispondenza di Villa Doria Pamphili, del Parco della Caffarella e del Parco del Pineto. In queste zone i valori di abbondanza raggiungono i valori massimi, soprattutto in primavera, grazie alle condizioni

di naturalità di queste aree, sebbene si trovino in un contesto urbano. Altri hotspots all'interno del territorio cittadino si riconoscono in corrispondenza di Villa Borghese e Villa Ada. Queste stesse zone naturali cittadine assumono anche in estate valori più alti di abbondanza rispetto alle zone a loro limitrofe, ma perdono molta importanza se paragonate alle zone più naturali verso la costa. Questo potrebbe essere correlato ad un effetto dell'isola di calore della città che diminuisce di molto la popolazione degli impollinatori.

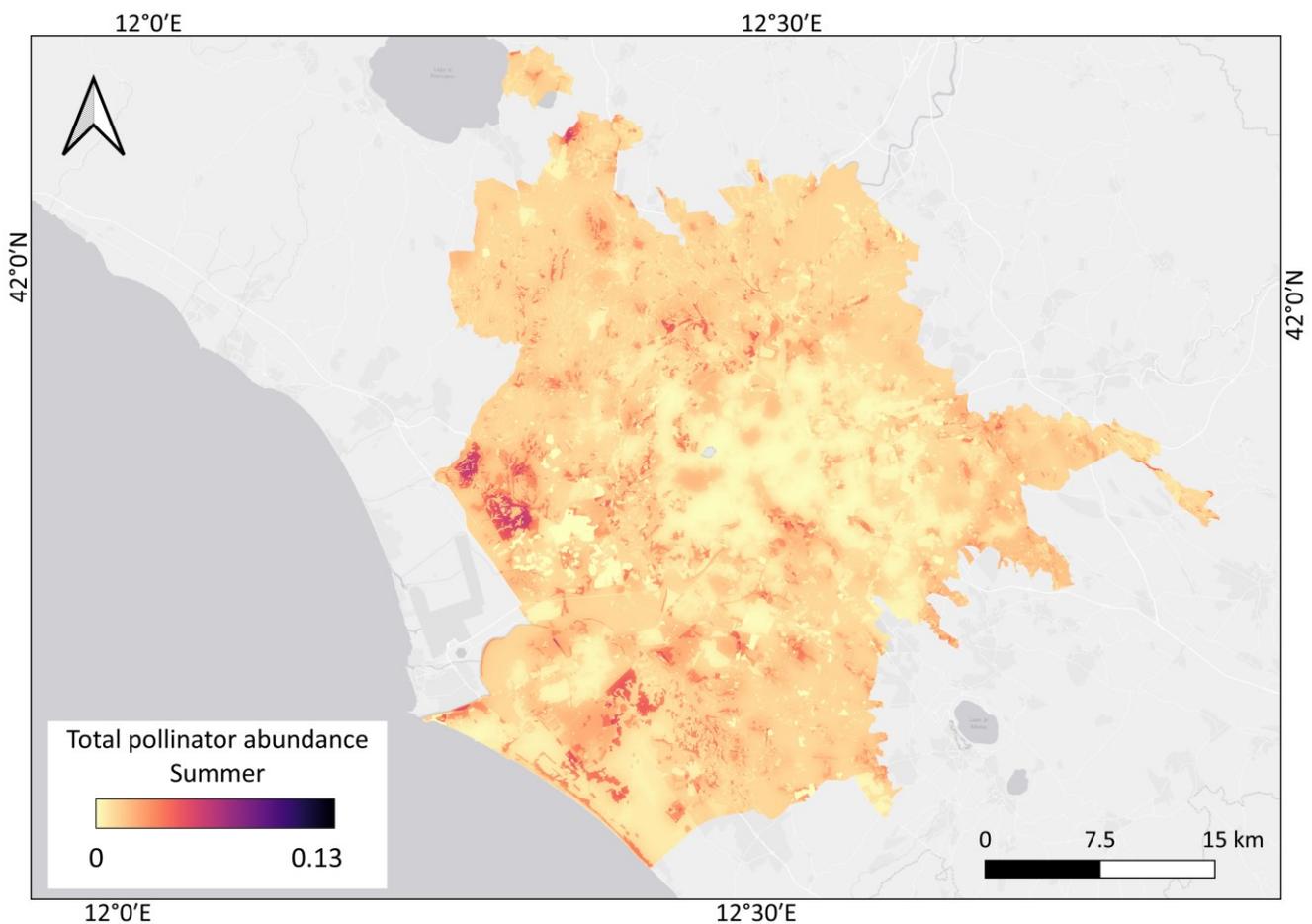


Figura 291 – Risultato del modello di InVEST "Pollination" per l'area del Comune di Roma: abbondanza totale degli impollinatori in estate

Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services

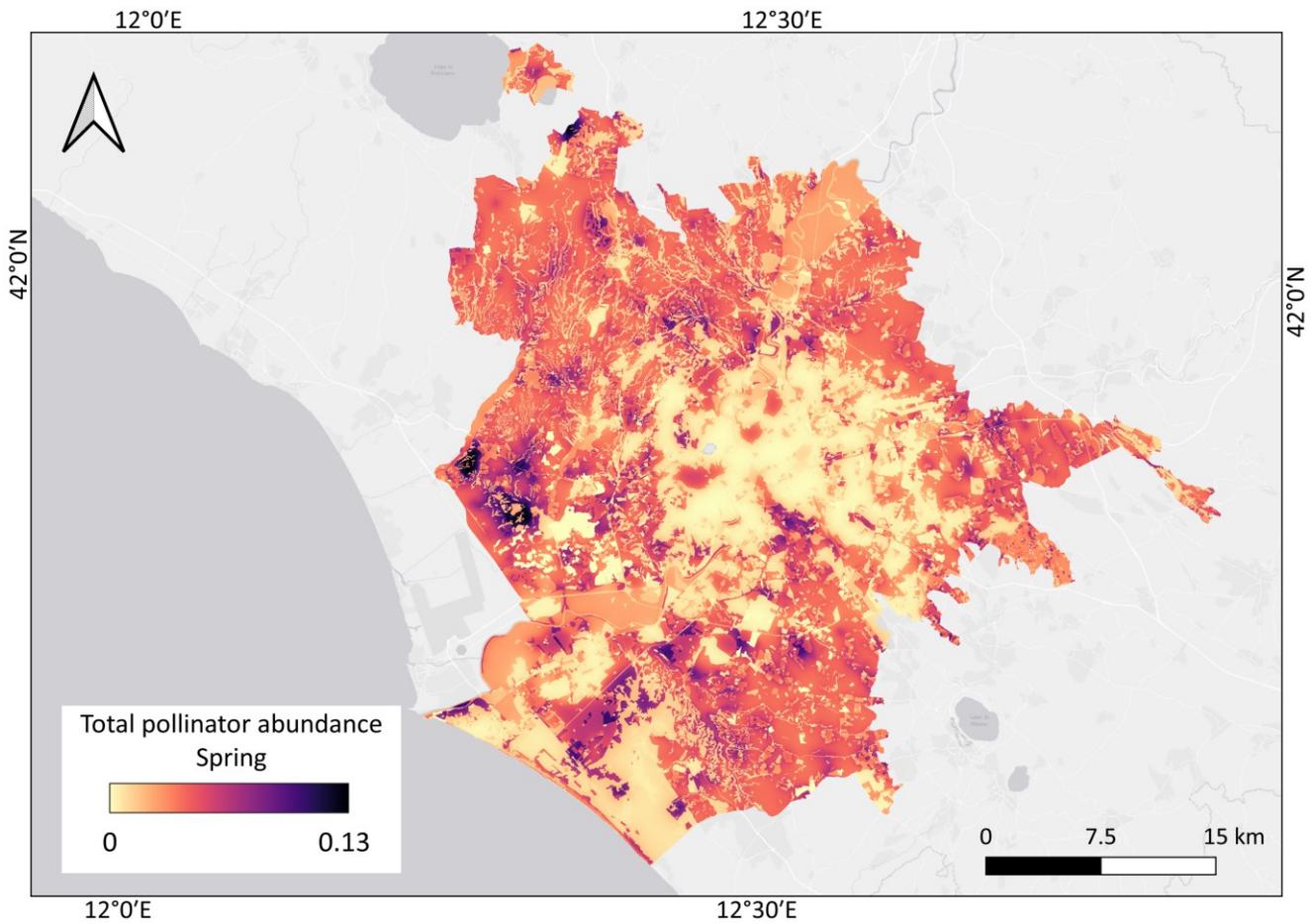


Figura 12 - Risultato del modello di InVEST "Pollination" per l'area del Comune di Roma: abbondanza totale degli impollinatori in primavera



Area target 4 – Agro Pontino (Confagricoltura – Comune di Aprilia)

Esiti del modello HQ

L'Agro pontino risulta avere prevalentemente un grado di qualità molto basso. Questa condizione si presenta soprattutto nelle zone più pianeggianti della zona, che sono principalmente a vocazione agricola. In questa zona, anche coperture che sono potenzialmente adatte ad ospitare gli impollinatori selvatici, come i cespuglieti, le zone a pascolo naturale e i prati stabili, risultano avere un basso livello di qualità, legata alla loro vicinanza con i terreni agricoli. In questa zona sono quindi molto influenti le minacce correlate alla presenza dei terreni agricoli e delle aree urbane dense. L'unico hotspot di alta qualità nella zona è rappresentato dal parco Nazionale del Circeo e dall'annesso promontorio, che per il loro carattere di naturalità, appaiono di una moderata qualità, sebbene non rappresentino habitat particolarmente favorevole per gli impollinatori selvatici. Spostando l'attenzione più verso l'entroterra dell'area, la qualità degli habitat tende ad aumentare, grazie alla loro distanza dai terreni agricoli. Qui, anche classi di uso del suolo citati precedentemente come degradati, assumono valori di qualità più elevata all'aumentare della distanza dalla zona agricola. Un altro elemento di contrasto rispetto all'andamento generale della zona è dato dalla vegetazione ripariale dei principali corsi d'acqua che presentano qualità medio-alta.

Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services

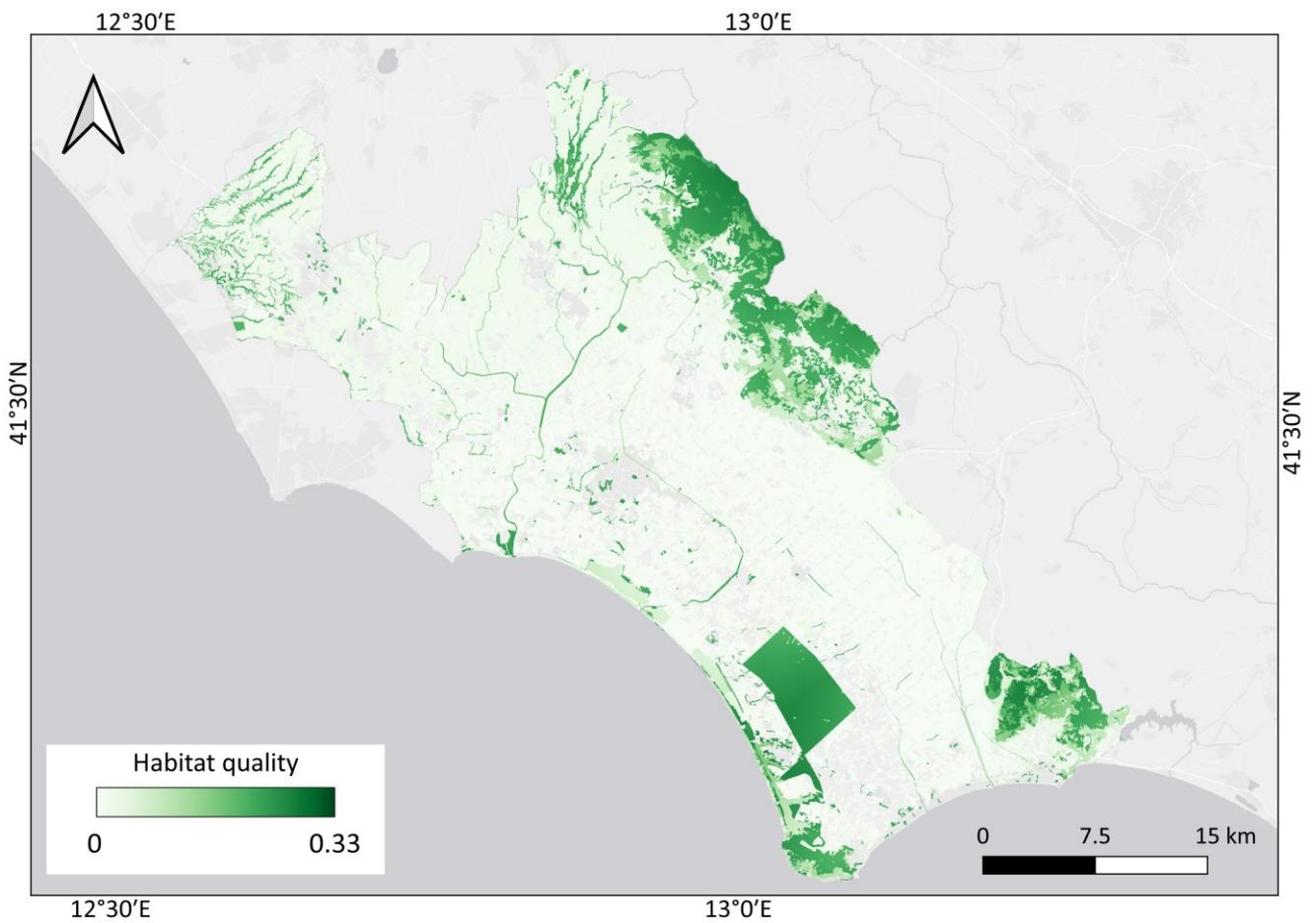


Figura 13 – Risultato del modello di InVEST HQ per l'area dell'Agro-pontino: stima della qualità degli habitat per gli impollinatori

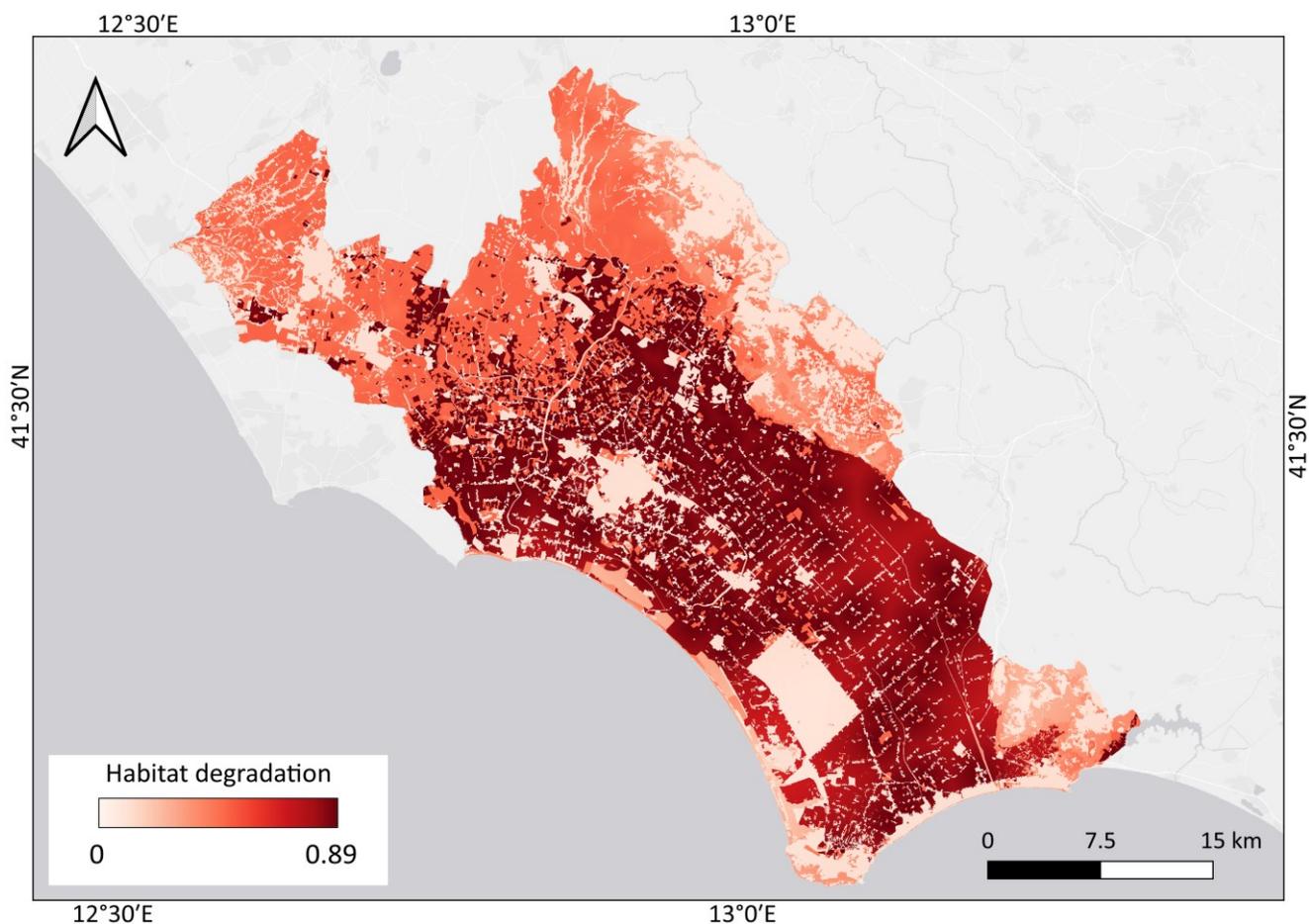


Figura 14 – Risultato del modello di InVEST HQ per l’area dell’Agro-pontino: stima della degradazione degli habitat

Esiti del modello Pollination

Nella zona dell’Agro Pontino sono state rilevate 33 specie di impollinatori selvatici. Secondo la stima dell’abbondanza del modello, le zone più adatte ad ospitare gli impollinatori con buoni livelli di abbondanza risultano essere soprattutto le zone dell’entroterra collinare. Qui la presenza di zone naturali, come le praterie collinari, i cespuglieti e le zone a pascolo naturale, forniscono sia una buona riserva floristica ma anche una buona disponibilità di siti di nidificazione. Questo porta gli impollinatori a concentrarsi maggiormente in queste aree. Nelle aree invece più pianeggianti, prevalentemente occupate da seminativi, i livelli di abbondanza risultano medio-bassi, con un leggero aumento nella zona più a nord della pianura dove un territorio meno omogeneo probabilmente favorisce la presenza di impollinatori. Piccoli hotspot nella zona costiera si notano soprattutto sul promontorio del Circeo dove sono presenti coperture a gariga e macchia mediterranea. I pattern finora illustrati si verificano anche durante il periodo estivo, mantenendo però anche in questo caso una riduzione rispetto al periodo primaverile.

Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services

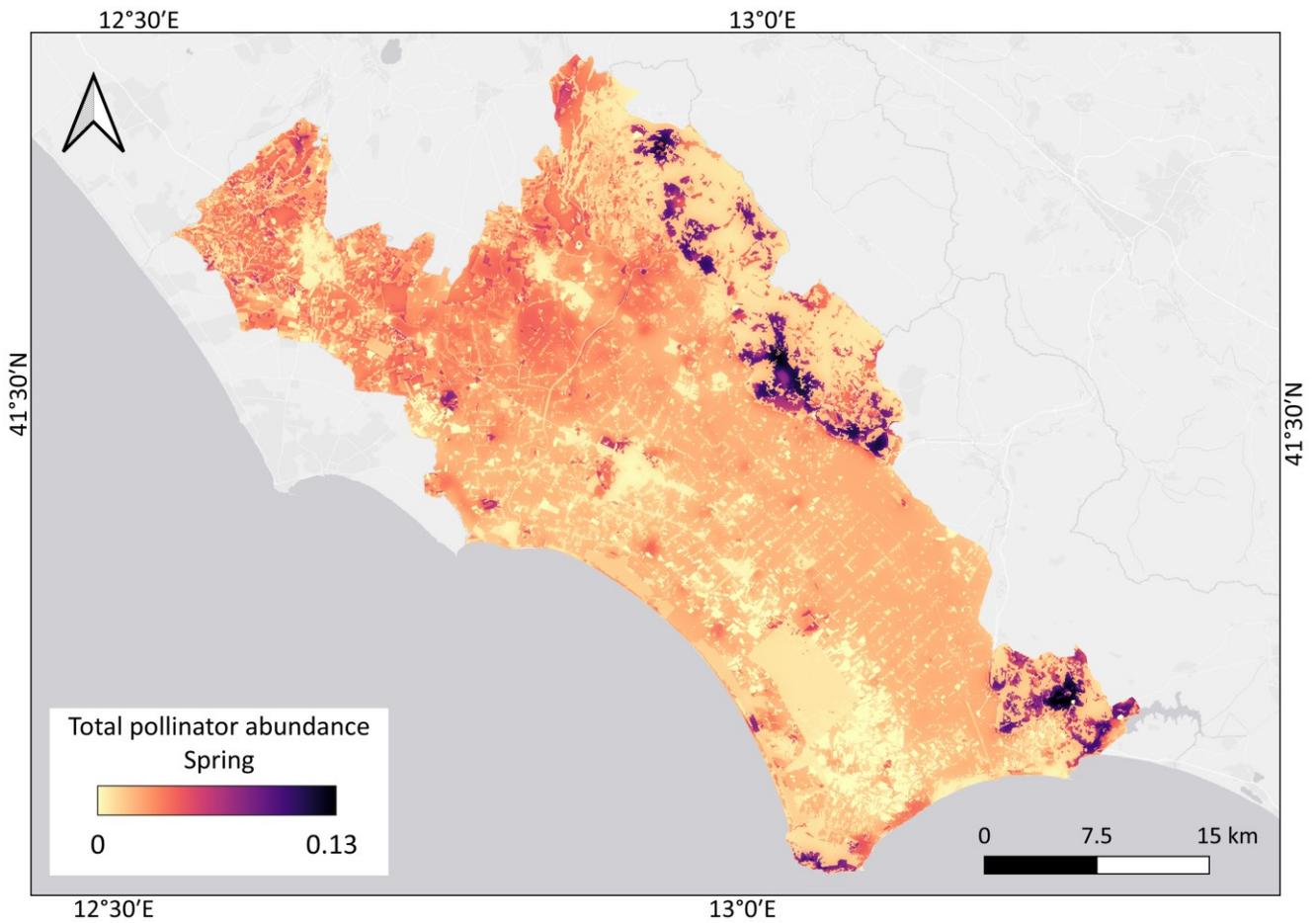


Figura 15 – Risultato del modello di InVEST “Pollination” per l’area dell’Agro-pontino: abbondanza totale degli impollinatori in primavera

Sub-T.3.1.4: Mapping and assessment of pollinators-related ecosystem services

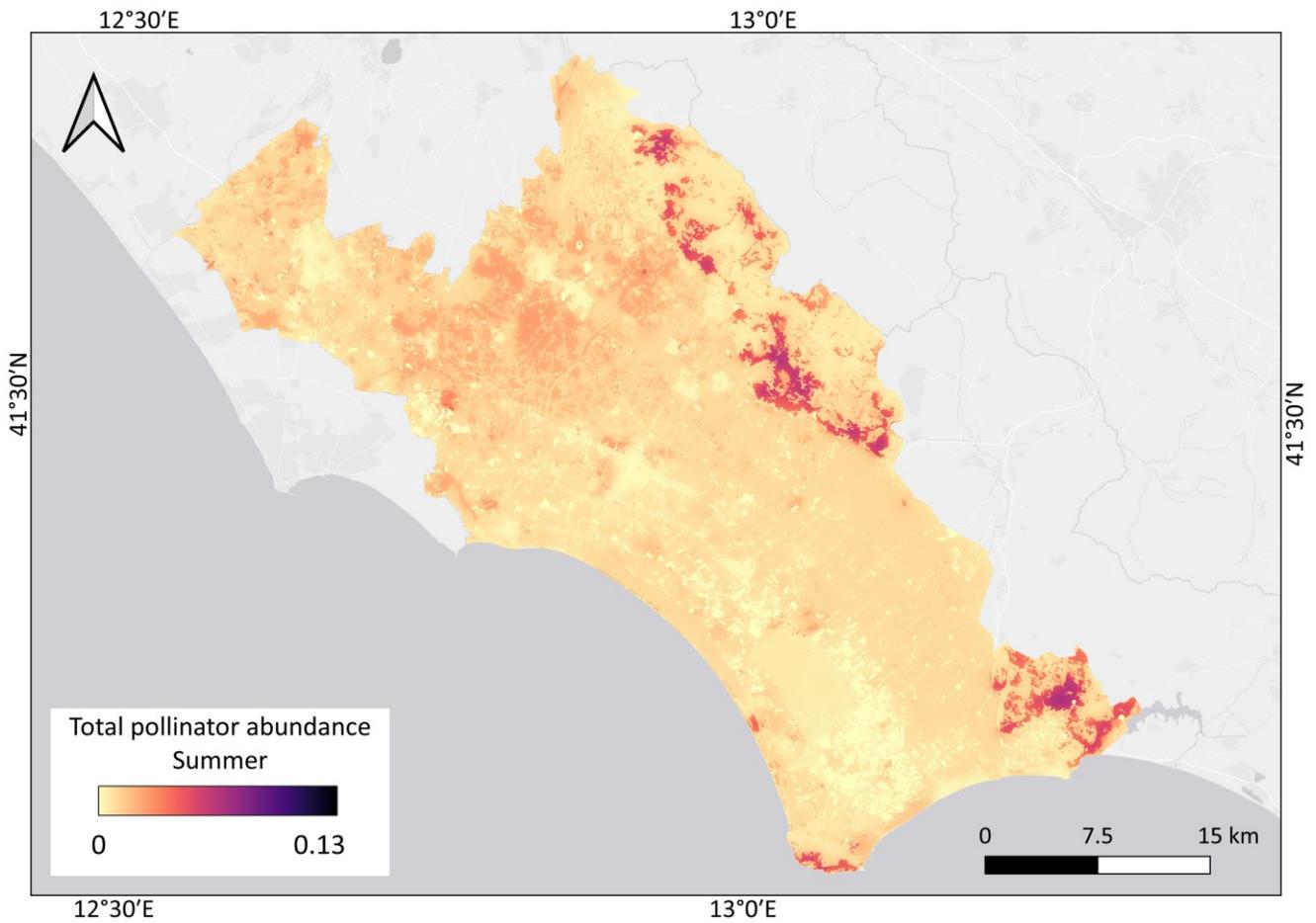


Figura 16 – Risultato del modello di InVEST “Pollination” per l’area dell’Agro-pontino: abbondanza totale degli impollinatori in estate



Allegato 1 - PARTE 4

Funzionamento del modello di InVEST “Habitat quality”

InVEST version 3.8.9 – Habitat Quality model

How it works

The **InVEST Habitat Quality model** combines information on Land Use and Land Cover map (LULC) and threats to biodiversity to produce habitat quality maps. The model runs using raster data, where each cell in the raster is assigned an LULC class. LULC types can be given at any level of classification detail.

The user defines which LULC types can provide habitat for the conservation objective (e.g., if forest breeding birds are the conservation objective then forests are habitat and non-forest covers are not habitat). A relative habitat suitability score can be assigned to an LULC type ranging from 0 to 1 where 1 indicates the highest habitat suitability. A ranking of less than 1 indicates habitat where a species or functional group may have lower survivability.

Besides a map of LULC and data that relates LULC to habitat suitability, the model also requires data on habitat threat density and its effects on habitat quality. In general, we consider threats to be human- modified LULC types that cause habitat fragmentation, edge, and degradation in neighbouring habitat.

Each threat source needs to be mapped on a raster grid. A grid cell value on a threat's map can indicate a 1 if the grid cell contains the threat and 0 otherwise. All mapped threats should be measured in the same scale and metric.

Data needs

- **Threats data (Tab.1):** a CSV (comma-separated value, .csv) table of all threats you want the model to consider. The table contains information on each threat's relative importance or weight and its impact across space.

Each row in the Threats data CSV table is a degradation source, and columns (case-insensitive) must be named as follows:

- **THREAT:** The name of the specific threat.
- **MAX_DIST:** The maximum distance over which each threat affects habitat quality (measured in kilometers). The impact of each degradation source will decline to zero at this maximum distance;
- **WEIGHT;** The impact of each threat on habitat quality, relative to other threats. Weights can range from 1 at the highest impact, to 0 at the lowest.
- **DECAY:** The type of decay over space for the threat. Can have the value of either "linear" or "exponential".

- **Sensitivity of Land Cover Types to Each Threat** (Tab.2): A CSV (comma-separated value, .csv) table of LULC types, whether or not they are considered habitat, and, for LULC types that are habitat, their specific sensitivity to each threat. Each row in the Sensitivity CSV table is an LULC type, and in column the following informations:
 - **LULC**: Numeric integer code for each LULC type.
 - **NAME**: The name of each LULC;
 - **HABITAT**: to each LULC type is assigned a habitat score from 0 to 1, considering the importance of each habitat for a single or more species.
 - **L_THREAT1, L_THREAT2, etc.**: The relative sensitivity of each habitat type to each threat. You will have as many columns named like this as you have threats, and the "_THREAT1", "_THREAT2" etc portions of the column names **must match row names in the "Threat data" table noted above**. Values range from 0 to 1, where 1 represents high sensitivity to a threat and 0 represents no sensitivity.

Table 1 - Example of tables used in GREENCHANGE project

DECADIMENTO		ESPONENZIALE						
PESO MINACCIA		0,8	1	0,7	0,3	0,8	1	1
DISTANZA		200	30	40	30	50	200	50
		MINACCE						
ECOSISTEMI	Peso dell'ecosistema rispetto all'obiettivo della valutazione	Urbano	Serre	Aree Agricole Intensive	Aree Agricole Estensive	Pascolo intensivo	Incendi	Specie invasive
		Agro-ecosistemi arborei a basso input	0,5	0,4	0,6	0,2	0	0
Agro-ecosistemi arborei ad alto input	0,2	0,4	0,6	0	0	0	0,3	0,2
Agro-ecosistemi delle colture annuali	0,3	0,4	0,8	0	0	0	0,5	0,6
Impianti serricoli	0	0	0	0	0	0	0	0
Altri ecosistemi naturali	1	0,6	0,8	0,8	0,3	0,8	1	1
Ecosistemi umidi ripariali	1	0,8	0,8	1	0,8	1	1	1
Ecosistemi umidi lentici	1	0,8	0,8	1	0,8	1	1	1
Ecosistemi forestali naturali	1	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1
Ecosistemi forestali semi-naturali	0,8	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4	1	0,4
Ecosistemi naturali arbustivi	1	0,8	0,8	0,7	0,6	0,8	1	0,8
Ecosistemi naturali erbacei	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,8	1	0,8
Fasce arboree	0,7	0,6	0,5	0,6	0,4	0,7	0,8	0,8
Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0

VALORI DI SENSIBILITÀ DELL'ECOSISTEMA RISPETTO ALLA MINACCIA



Allegato 2 – PARTE 4

Funzionamento del modello di InVEST “Pollination”

Funzionamento del modello di InVEST “Pollination”

Introduzione

Il modello di InVEST si basa sulle stime di disponibilità dei siti di nidificazione e risorse floreali all'interno degli areali di volo degli impollinatori, allo scopo di derivare un indice di abbondanza di nidificazione all'interno di ogni cella di paesaggio. Utilizza quindi le informazioni sulle risorse floreali, sull'attività di foraggiamento, e sul raggio di volo per stimare un indice dell'abbondanza di impollinatori che visitano ogni cella. Opzionalmente il modello può anche calcolare un indice che stimi il contributo degli impollinatori nella produzione agricola basato sull'abbondanza di questi e sulla dipendenza delle colture dall'impollinazione entomofila. I risultati di questo indice possono essere usati per analizzare i cambiamenti del grado di impollinazione delle colture e della resa delle stesse in risposta ai cambiamenti di uso e copertura del suolo (LULC) e delle pratiche agricole.

Il modello

Il modello, adattato da Lonsdorf et al. (2009)¹⁸, riclassifica le classi di LULC in un indice di idoneità (0-1) per gli impollinatori in modo da creare una mappa delle fonti di impollinazione. Un valore più prossimo ad 1 indica una zona con maggiore abbondanza relativa di impollinatori. Per ottenere questo indice, il modello assume che gli impollinatori hanno due risorse limitanti: i substrati per la nidificazione e le risorse floristiche. È necessario quindi fornire come input il land cover associando ad ogni classe la loro capacità di fornire queste risorse.

Inoltre, il modello utilizza l'indice di presenza dei nidi per stimare gli impollinatori che visitano i campi coltivati. Si presume che l'offerta delle parcelle vicine contribuisca maggiormente rispetto a quelle più lontane. Basandosi su Olsson et al. (2015)¹⁹, si considera la visita delle api in base alla qualità floreale dell'appezzamento. In altre parole, i tassi di visita a due parcelle ugualmente distanti da un nido sono proporzionali alle qualità floreali delle parcelle.

Dati necessari

- **Land Cover Biophysical Table: tabella che riporta informazioni relative ad ogni classe di LULC.** Per ogni classe le informazioni da riportare sono:
 - *nesting_[SUBSTRATE]_availability_index*: indice di disponibilità di un dato substrato (*SUBSTRATE*) di nidificazione per ogni classe di LULC. I substrati

¹⁸ Lonsdorf, E., C. Kremen, T. Ricketts, R. Winfree, N. Williams, and SS Greenleaf. 2009. Modelling pollination services across agricultural landscapes. *Annals of Botany* 1: 12. online [<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19324897/>]

¹⁹ Olsson, O. A. Bolin, H. Smith, and E. Lonsdorf. 2015. Modeling pollinating bee visitation rates in heterogeneous landscapes from foraging theory. *Ecological Modelling* 316: 133-143.

considerati devono essere gli stessi della tabella relativa alle associazioni di impollinatori. Questo valore deve rientrare in una scala 0-1;

- *floral_resources_[SEASON]_index*: abbondanza risorsa floristica durante una data stagione (*SEASON*). Considera la proporzione di territorio coperto da fiori moltiplicata per il tempo in percentuale in cui sono presenti i fiori durante la stagione. Ad esempio, a una classe LULC composta al 100% da una coltura a fioritura massiva che fiorisce per l'intera stagione con un'abbondanza di copertura dell'80% verrebbe attribuito un valore di idoneità di 0,80. Al contrario, ad una crop che resta fiorita solo per metà della stagione e che ricopre l'80% della superficie della classe a cui appartiene viene dato il valore di 0.4. Le Stagioni considerate devono essere le stesse inserite nella tabella degli impollinatori. Questo valore deve rientrare in una scala 0-1

Table 2 - Examples of Biophysical table used in GREENCHANGE project

Land cover categories (GREENCHANGE ecosystems)	Nesting ground availability index	Flower resources index (spring)	Flower resources index (summer)
Low-input arboreal agro-ecosystems	0.3	0.5	0.3
Arboreal agro-ecosystems with high chemical input	0.3	0.5	0.3
Agro-ecosystems of annual crops	0	0.2	0.1
Natural forest ecosystems	0	0.1	0.1

- **Guild Table:** tabella contenente le informazioni di ogni specie, o associazione di specie, da considerare nel modello. Ogni riga comprende un'unica specie o associazione di specie, composta da animali con substrati di nidificazione e caratteristiche di foraggiamento simili. Le colonne devono riportare le seguenti informazioni:
 - *species*: nome della specie o dell'associazione;
 - *nesting_suitability_[SUBSTRATE]_index*: una colonna per ogni substrato definito nella biophysical table. I valori devono essere compresi tra 0 a 1 in cui 1 indica un substrato che è del tutto utilizzato come punto di nidificazione e 0 indica un substrato di nidificazione per niente utilizzato;
 - *foraging_activity_[SEASON]_index*: una colonna per ogni stagione definita nella biophysical table. Indica l'attività degli impollinatori in una data stagione. Il valore 1 indica la massima attività della specie mentre 0 indica nessuna attività;
 - *alpha*: distanza media, espressa in metri, che la specie o l'associazione percorre per cercare le risorse floristiche. Il modello utilizza questa distanza stimata per

definire la quantità di risorse disponibili intorno a una determinata cella e per ponderare le somme delle risorse floreali e delle abbondanze di impollinatori nelle aziende agricole.

- *relative_abundance*: abbondanza relativa della specie o dell'associazione.

Table 3 - Examples of Guild table used in GREENCHANGE project

Species	Nesting suitability ground index	Foraging activity index (spring)	Foraging activity index (summer)	Alpha ²⁰	Relative abundance
<i>Pieris rapae</i>	0,5	0,5	0,3	300	0,75
<i>Pieris edusa</i>	0,2	0,5	0,13	600	0,125
<i>Colias crocea</i>	0,1	0,5	0,3	400	0,0625
<i>Polyommatus celina</i>	0,1	0,5	0,3	400	0,0625

- **Farm Vector**: Mappa dei siti aziendali da analizzare, con i dati di impollinazione specifici per ogni azienda. (shapefile) Lo shapefile deve comprendere I seguenti campi:
 - *Crop type*: nome della crop coltivata in ogni poligono, ex. "blueberries", "almonds", etc.;
 - *Half saturation*: (ratio, required): coefficiente di semi-saturazione per la coltura coltivata in quest'area. Si tratta dell'abbondanza di impollinatori selvatici (cioè la percentuale di tutti gli impollinatori selvatici) necessaria per raggiungere la metà della resa totale potenziale dipendente dagli impollinatori. Si tratta di un parametro regolabile che può essere utile regolare dopo un'esecuzione iniziale del modello e un esame dei risultati.
 - *Season*: stagione durante la quale la crop viene impollinata;
 - *Floral resources for [SEASON]*: risorsa floristica disponibile per ogni poligono per una data stagione. Le stagioni devono essere le stesse inserite nella guild table e nella biophysical table;
 - *Nesting [SUBSTRATE]*: disponibilità di substrati di nidificazione per ogni poligono. I substrati devono essere gli stessi inseriti nella guild table e nella biophysical table;
 - *p_dep (ratio, required)*: proporzione delle crop in ogni poligono dipendenti dall'impollinazione.
 - *p_managed (ratio [0.0, 1.0])*: La percentuale di impollinazione richiesta nell'azienda agricola che viene fornita dagli impollinatori gestiti.

²⁰ Distanza percorsa da ogni specie o popolazione per cercare cibo sui fiori. Il modello utilizza questa distanza stimata per definire la vicinanza dei fiori disponibili attorno a una data cella e per ponderare le somme delle risorse floreali e delle abbondanze di impollinatori nelle fattorie.