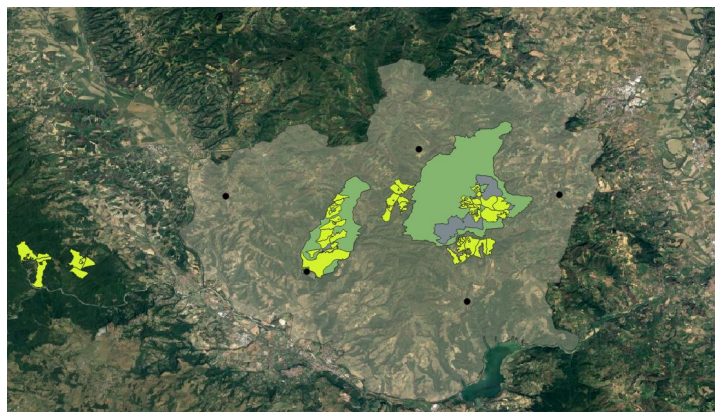


ECONOMIA CIRCOLARE E PROGETTI

Progetto “Sostegno per azioni congiunte per la mitigazione del cambiamento climatico e l’adattamento ad esso e sostegno per approcci comuni ai progetti e alle pratiche ambientali in corso” PSR per l’Umbria 2014-2020 - D.D. n. 6572/2019 –

Avviso pubblico concernente modalità e criteri per la concessione degli aiuti previsti dall’intervento 16.5.1. Domanda numero 94250179952

Piano di monitoraggio ambientale del cambiamento climatico - MAB



Ottobre 2023

INDICE

Paragrafo	Pagina
Introduzione	3
L'area di progetto	4
Individuazione e selezione degli indicatori di piano	5
Il piano di monitoraggio	13
Schede descrittive degli indicatori proposti	16
Stima delle risorse umane e finanziarie	40

1. INTRODUZIONE

Il presente documento sintetizza le attività svolte dall'Agenda Regionale per la Protezione Ambientale dell'Umbria nell'ambito dell'implementazione del progetto in oggetto dall'avvio dello stesso fino alla data di conclusione delle attività progettuali e delinea i punti chiave del Piano di monitoraggio del cambiamento climatico previsto tra gli output del progetto stesso.

Le attività elencate sono state realizzate in base alla convenzione stipulata tra l'Agenda e l'Associazione "Monte Peglia Progetto per UNESCO" capofila del progetto, acquisita in data 1/2/2022 con determina del Direttore Generale di ARPA Umbria n.65 dopo preliminare adesione al progetto con propria nota Protocollo n. 6014 del 31/03/2021

La convenzione sottoscritta riguardava nello specifico l'impegno tecnico-amministrativo a:

- L'implementazione delle attività previste nell'ambito del progetto "Sostegno per azioni congiunte per la mitigazione del cambiamento climatico e l'adattamento ad esso e sostegno per approcci comuni ai progetti e alle pratiche ambientali in corso", ai sensi della Determinazione Dirigenziale n. 11875 del 22 novembre 2021
- La rendicontazione amministrativa periodica delle attività svolte da ARPA Umbria nell'ambito del progetto
- La formulazione e consegna dei deliverable e degli output previsti a carico di ARPA Umbria in base alle modalità e tempistiche progettuali
- Il rimborso da parte del soggetto beneficiario Associazione "Monte Peglia per Unesco", subordinatamente al riconoscimento e pagamento di essi da parte della Regione Umbria, dei costi sostenuti da ARPA Umbria nell'ambito della realizzazione delle attività previste nel progetto

Gli obiettivi che si intendono raggiungere tramite la suddetta Convenzione riguardano nello specifico **la definizione del quadro di monitoraggio ambientale per la mitigazione e adattamento al cambiamento climatico da formulare nell'ambito delle azioni di progetto**; le attività prevedevano nello specifico:

1. L'inserimento delle conoscenze maturate negli altri studi realizzati nel progetto dal settore universitario nel piano di monitoraggio per armonizzare gli output progettuali;
2. L'identificazione e selezione di idonei e coerenti indicatori di monitoraggio relativi alla mitigazione del cambiamento climatico per effetto delle azioni di progetto;
3. La formulazione di un programma specifico di monitoraggio ambientale, contenente il set finale di indicatori, le attività da pianificare e le risorse umane, tecniche e finanziarie necessarie;
4. Il supporto tecnico all'organizzazione di attività di divulgazione e formazione sul tema

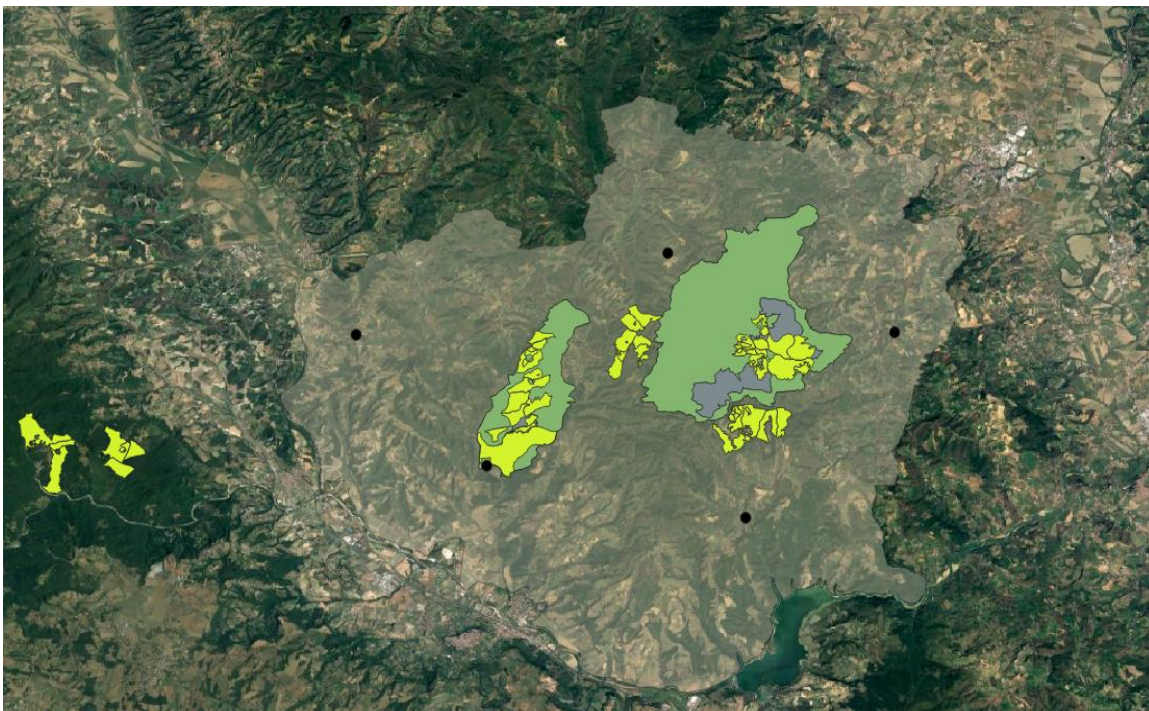
2. L'AREA DI PROGETTO

Nelle prime fasi del progetto, Arpa Umbria su indicazione della Associazione Montepaglia per l'Unesco ha elaborato una serie di strati informativi vettoriali implementati in ambiente GIS volti ad identificare nel dettaglio le aree oggetto di studio tramite gli estremi del Catasto Terreni (Foglio, Particelle e Comune).

In totale l'area direttamente interessata superava i 4.500 ha distribuiti in 5 comuni (Allerona, San Venanzo, Orvieto, Ficulles e Parrano); in larga maggioranza si tratta di particelle classificate come "area boscata" (oltre 270 ha), "bosco ceduo" (950 ha) o "bosco misto" (810 ha) anche se si deve sottolineare che tale suddivisione è parziale in quanto un elenco di particelle riguardanti il comune di Allerona non comprende il dettaglio della tipologia di destinazione d'uso e impiego (circa 2.500 ha).

Le attività informative di ARPA sono disponibili per la loro sovrapposizione con altri strati informativi vettoriali relativi l'area di progetto; l'Agenzia ha utilizzato tra gli altri i dati forniti dalla Rete Ecologica Regionale Umbra (RERU), la carta dell'uso dei suoli e la carta degli habitat al fine di ricostruire un livello unitario di base delle conoscenze territoriali del contesto.

L'immagine che segue riporta uno degli output disponibili a scala 1:100.000 in cui si mostrano l'area di transizione della Riserva (disegnata in trasparenza sulla carta dell'area), la zona definita buffer (in verde), quella individuata come core (in grigio) oltre alle particelle individuate negli elenchi disponibili (in giallo)



Area di Progetto

3. INDIVIDUAZIONE E SELEZIONE DEGLI INDICATORI DI PIANO

Nell'arco della realizzazione del progetto Arpa Umbria ha concentrato la propria attività sulla ricognizione delle informazioni esistenti per la selezione utile allo sviluppo del set di indicatori di monitoraggio.

La prima attività svolta è stata l'individuazione di stazioni meteo-climatiche operative prossime all'area di progetto a partire dalle informazioni contenute nel Sistema Informativo Regionale della Regione dell'Umbria e nel database SCIA gestito da ISPRA con particolare riferimento a quelle relative all'area di transizione della Riserva. Una prima selezione ha interessato le stazioni idrologiche di Prodo, Pornello, Ficulle per le quali sono disponibili serie storiche di dati relativamente complete a cui si aggiungono le stazioni di Ripalvella e Cassa Molino dei Bagni le cui serie e parametri sono disponibili per periodi di tempo minori e non per tutti i parametri necessari.

La tabella seguente mostra in sintesi a titolo di esempio le informazioni base e le serie storiche disponibili, che sono state verificate per le finalità del progetto.

Stazioni SCIA ISPRA

Posizione	Selezionate nell'area			Da valutare	
	Prodo (*)	Pornello	Ficulle	Ripalvella	Cassa Molino dei Bagni
Codice Stazione	104855	104959	104847	10798	104072
Longitudine	12,235	12,201	12,065	12,3	12,122
Latitudine	42,768	42,875	42,842	42,843	42,789
Altezza s.l.m.	431	479	431	453	191
Precipitazioni cumulate giorno	1951-2021	2009-2021	1951-2021	2000-2021	2009-2019
Precipitazioni max giorno/anno	1951-2021	2009-2021	1951-2021		
Precipitazioni Annuali	1951-2021	2009-2021	1951-2021		
Precipitazione max decade	2006-2021	2009-2021	1951-2021		
Precipitazioni cum. Mese	1951-2021	2009-2021	1951-2021		
Temp Max Giorno	2006-2021	2008-2021	2006-2021		
Temp Min Giorno	2006-2021	2008-2021	2006-2021		
Temp max ass dec	2006-2021	2008-2021	2006-2021		
Temp media decade	2006-2021	2008-2021	2006-2021		
Temp media mensile	2006-2021	2008-2021	2006-2021		
Temp media annuale	2008-2021	2008-2021	2007-2020		
Temp Max Decade (med)	2006-2021	2008-2021	2006-2021		
Temp Max Mensile (med)	2006-2021	2008-2021	2006-2021		
Temp Max Anno (med)	2007-2021	2008-2021	2007-2020		
Temp Min Decade (med)	2006-2021	2008-2021	2006-2021		
Temp Min Mensile (med)	2006-2021	2008-2021	2006-2021		
Temp Min Anno (med)	2006-2021	2008-2021	2006-2021		
Bilancio Idrico decade	2009-2021	2009-2021	2009-2021		
Evapotraspirazione media dec	2007-2021	2008-2021	2006-2021		
Gradi giorno 00 dec	2006-2021				
Gradi Giorno 21 dec	2006-2021				
Tipo	Idrografica	Idrografica	Idrografica	Idrografica	Idrografica

Tutte le stazioni ad eccezione di quella di Cassa Molino dei Bagni sono posizionate tra i 430 ed i 480 metri sul livello del mare; inoltre in zona sono presenti le stazioni di Corbara, di Alleronia, di Orvieto e di Orvieto Scalo posizionate ad altezze inferiori e/o prossime ad aree maggiormente urbanizzate potranno essere utilizzate in futuro per la ricostruzione quantitativa del contesto climatico intendendo in senso vasto l'area di intervento.

In questo contesto alcune indicazioni metodologiche a scala regionale sono state basate sulle indicazioni del Piano Nazionale di adattamento al cambiamento climatico; in particolare:

*"(...) considerando la natura strettamente locale dell'adattamento ai mutamenti climatici, il primo passo per lo sviluppo della fase conoscitiva consiste nella **definizione di un buon set di indicatori di stato climatico**, utili anche per il monitoraggio del clima e per la stima dei possibili scenari futuri.*

Nel Piano si raccomanda di utilizzare indicatori:

"• coerenti con il quadro causale per la descrizione delle interazioni tra società e ambiente adottato dall'Agenzia europea dell'ambiente Determinanti, Pressioni, Stato, Impatti, Risposte (Driving Forces, Pressure, State, Impact, Responses - DPSIR, estensione del modello Pressure, State, Response sviluppato dall'Organization for Economic co-operation and Development - OECD);

• affidabili e popolabili nel tempo e perfettamente integrati nella realtà locale della zona in esame;

• selezionati da un gruppo multidisciplinare di esperti che abbia una profonda conoscenza del contesto ambientale e socioeconomico di riferimento, e che mantenga un ruolo determinante nella successiva fase di analisi delle tendenze;

• utilizzabili sia per le valutazioni degli scenari futuri, sia per una prima valutazione di impatto che per la successiva valutazione del rischio. Una trattazione piuttosto esaustiva sui concetti chiave legati agli indicatori di stato dei cambiamenti climatici è presente nel documento: Gli indicatori del CLIMA in Italia nel 2018 redatto dall'ISPRA o nel rapporto Clima di EURAC.

Il controllo di qualità delle osservazioni disponibili è un'operazione di fondamentale importanza per poter determinare correttamente le tendenze climatiche attuali e le stime delle relative incertezze.

L'analisi delle serie storiche e delle tendenze passate ed attuali, insieme alle analisi degli scenari futuri costituiscono la base conoscitiva per le stime di impatto. Una corretta analisi delle serie storiche per un report climatico presuppone la disponibilità di osservazioni che siano rappresentative della zona in esame (scala regionale), e che coprano periodi temporali sufficientemente lunghi (>30 anni).

Per la valutazione delle tendenze climatiche in atto il suggerimento è quello di confrontare le osservazioni disponibili con il periodo di riferimento che va da 1991-2020. Per un'analisi storica, invece, si potrà fare riferimento al periodo 1961-1990. Per loro natura le

osservazioni meteo-climatiche (soprattutto quelle a terra) sono puntuali e non sono distribuite in modo regolare. Al fine di riportare le osservazioni su una griglia regolare quadridimensionale (tre dimensioni spaziali ed una dimensione temporale), è necessario ricorrere ad un processo di interpolazione delle osservazioni sparse, ovvero disponibili solo per alcune località. Il processo di interpolazione viene effettuato attraverso:

- *l'uso di General Circulation Models – GCMs (modelli previsionali di circolazione generale) che, permettono di rappresentare matematicamente su scala globale vari processi fisici alla base del clima.*

- *l'uso di tecniche di downscaling che permettono di aumentare la risoluzione spaziale e temporale dalla scala globale dei GCMs (circa 30 km, ogni 6 ore) a quelle locali di interesse che sono dell'ordine di 0.1-1km e di 15min-3hr.*

In particolare, sarebbe auspicabile disporre di dati ad una risoluzione maggiore dei 4 km, in quanto, la risoluzione originaria EUROCORDEX a 12 km non consente di prevedere in maniera ottimale alcuni fenomeni di fondamentale importanza (venti e precipitazione e indicatori correlati), che risentono molto della variabilità orografica e del land use. L'analisi suddetta, infatti, è spesso utilizzata nel processo di downscaling. Selezionando gli indicatori di stato più adeguati al contesto di riferimento, interpretando i risultati dell'ensemble di modelli utilizzati (in termini sia di valori medi stimati sia delle incertezze ad essi associate) e valutando progressivamente le incertezze, è possibile verificare:

- *quanto lo scenario sia aderente al territorio interessato;*
- *quali approfondimenti settoriali effettuare;*
- *quali eventuali parametrizzazioni del modello debbano essere modificate in relazione a specifici processi di feedback; è ragionevole ipotizzare che non tutti i processi di feedback, che potrebbero generare effetti anche molto rilevanti sull'evoluzione futura del clima, siano contemplati correttamente nei modelli".¹*

Lo stesso documento sottolinea l'importanza del telerilevamento nel descrivere l'analisi dei trend climatici: "(...) *Sebbene sia i modelli di previsione su scala globale (GCM), sia quelli ad area limitata usati nelle procedure di downscaling dinamico utilizzino indirettamente osservazioni satellitari, le osservazioni satellitari permettono oggi di misurare una molteplicità di indicatori climatici fra cui: le temperature atmosferiche a diverse altezze dal suolo; le temperature superficiali; i livelli degli oceani; il tasso di scioglimento dei ghiacci; l'intensità delle precipitazioni; lo stato della vegetazione, etc..*

(...) Le osservazioni satellitari, oltre ad assumere un ruolo di spicco nello studio del clima, vengono sempre più utilizzate in ambito adattivo. (...) Si raccomanda pertanto di avvalersi dei dati e dei prodotti satellitari sia nella definizione del Quadro Climatico sia nella definizione e nel monitoraggio delle strategie adattive"

tra cui si suggerisce ad esempio:

¹ Piano Nazionale di adattamento al cambiamento climatico – Allegato I Metodologie per la definizione di strategie e piani regionali di adattamento ai cambiamenti climatici. Gennaio 2023 pag. 61-67

- Il programma Copernicus (in particolare con il Climate Data Store per quanto concerne la distribuzione e la visualizzazione dei dati,
- La NASA con i programmi Earth Observing System (EOS) e LANDSAT.

In collaborazione con i partner del progetto è stato quindi verificato in sede finale di formulazione del piano il potenziale utilizzo dei dati disponibili in queste stazioni per gli studi ed analisi previsti e per la definizione unitaria del quadro territoriale del contesto climatico di riferimento.

Un primo elenco degli indicatori ed indici potenziali per la definizione del quadro climatico locale fa riferimento allo schema di indicatori selezionato, tra l'altro, anche per il Piano nazionale di adattamento al cambiamento climatico (versione 2022), indicatori per i quali è stata verificata la disponibilità a livello locale (a scala regionale e relativamente all'area di progetto).

L'elenco derivato dalle informazioni del PNACC, riportato di seguito, comprende indicatori che possono definire il quadro del contesto climatico dell'area e fornire una lettura di pressioni specifiche dettate da anomalie del dato di base. Nell'elenco sono evidenziati in blu/grassetto gli indicatori ritenuti prioritari per il progetto in questione (per ogni indicatore si riporta nel capitolo 4 una scheda descrittiva di dettaglio).

Indicatore Chiave	Variabile fondamentale	Unità di misura	Unità di misura variazione	Esempio di fattore di pericolo e impatti
Temperatura Media (TG): Media della temperatura media giornaliera.	T	°C	+ - C	Tutti gli impatti connessi all'aumento o alla diminuzione delle temperature
WD: Giorni caldi - secchi - Numero di giorni con temperatura media giornaliera maggiore del 75° percentile della temperatura media giornaliera e con precipitazione giornaliera minore del 25° percentile della precipitazione giornaliera	T - Prec	giorni	+ - giorni	Impatto domanda di energia per raffrescamento; disagio termico
WW: Giorni caldi - piovosi - Numero di giorni con temperatura media giornaliera maggiore del 75° percentile della temperatura media giornaliera e con precipitazione giornaliera maggiore del 75° percentile della precipitazione giornaliera	T - Prec	giorni	+ - giorni	Impatto domanda di energia per raffrescamento; disagio termico
HDDs: Gradi giorni di riscaldamento - Somma di 18°C meno la temperatura media giornaliera se la temperatura media giornaliera è minore di 15°C.	T	GG	GG o %	Impatto domanda di energia per raffrescamento e riscaldamento
CDDs: Gradi giorni di raffrescamento - somma della temperatura media giornaliera meno 21°C se la temperatura media giornaliera è maggiore di 24°C.	T	GG	GG o %	Impatto domanda di energia per raffrescamento e riscaldamento
PRCPTOT: Precipitazione cumulata nei giorni piovosi (mm) - Cumulata (somma) della precipitazione per i giorni con precipitazione maggiore/uguale a 1 mm.	Prec	mm	%	Dissesto Idrologico

Indicatore Chiave	Variabile fondamentale	Unità di misura	Unità di misura variazione	Esempio di fattore di pericolo e impatti
R20: Giorni di precipitazioni intense - Numero di giorni con precipitazione superiore a 20 mm.	Prec	giorni	+ - giorni	Dissesto Idrologico
RX1DAY: Valore massimo della precipitazione giornaliera	Prec	mm	%	Dissesto Idrologico
SDII: Indice di intensità di precipitazione giornaliera - Precipitazione media giornaliera nei giorni di precipitazione maggiore o uguale a 1mm.	Prec	mm	%	Dissesto Idrologico
PR99prctile: 99° percentile della precipitazione giornaliera per i giorni con precipitazione maggiore/uguale a 1 mm.	Prec	mm	%	Dissesto Idrologico
CDD: Giorni consecutivi secchi - Numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera minore a 1 mm	Prec	giorni	+ - giorni	Siccità
SPI3: Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 3 mesi - Percentuale dell'occorrenza delle classi (severamente asciutto, estremamente asciutto) nell'indice SPI3 calcolato per un periodo di accumulo corto (3 mesi).	Prec		%	Siccità impatti immediati, quali quelli relativi alla riduzione di umidità del suolo, del manto nevoso e della portata nei piccoli torrenti.
SPI6: Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 6 mesi - Percentuale dell'occorrenza delle classi (severamente asciutto, estremamente asciutto) nell'indice SPI6 calcolato per un periodo di accumulo corto (6 mesi).	Prec		%	Siccità riduzione delle portate fluviali e delle capacità negli invasi.
SPI12: Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 12 mesi - Percentuale dell'occorrenza delle classi (severamente asciutto, estremamente asciutto) nell'indice SPI12 calcolato per un periodo di accumulo medio (12 mesi).	Prec		%	Siccità riduzione delle portate fluviali e delle capacità negli invasi.
SPI24: Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 24 mesi - Percentuale dell'occorrenza delle classi (severamente asciutto, estremamente asciutto) nell'indice SPI24 calcolato per un periodo di accumulo lungo (24 mesi).	Prec		%	Siccità ridotta ricarica degli invasi e della disponibilità di acqua nelle falde
PET: Evapotraspirazione Potenziale (con metodo Thornwaite) Fornisce, nell'ambito della stima della risorsa idrica disponibile o potenziale, una valutazione della massima quantità di acqua che passerebbe in atmosfera, attraverso i processi di evaporazione e traspirazione, qualora la quantità di acqua nel terreno non costituisca un fattore limitante	Prec		%	Siccità e desertificazione
CSDI: Indice di durata dei periodi di freddo - Numero totale di giorni in cui la temperatura minima giornaliera è inferiore al 10° percentile* della temperatura minima giornaliera per almeno 6 giorni consecutivi	T	giorni	+ - giorni	Ondate di freddo

Indicatore Chiave	Variabile fondamentale	Unità di misura	Unità di misura variazione	Esempio di fattore di pericolo e impatti
FD: Giorni con gelo - Numero di giorni con temperatura minima giornaliera inferiore a 0°C.	T	giorni	+ - giorni	Ondate di freddo
WSDI: Indice di durata dei periodi di caldo - Numero totale di giorni in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile* della temperatura massima giornaliera per almeno 6 giorni consecutivi	T	giorni	+ - giorni	Ondate di caldo
FWI: Indice di pericolo incendio (basato su velocità massima del vento, umidità relativa, precipitazione cumulata, temperatura). Tale indice prevede il calcolo di 5 sotto indici: tre sotto indici primari (FFMC, DMC, DC) che rappresentano l'umidità del combustibile; due sotto indici intermedi (ISI, BUI) che rappresentano il tasso di dispersione ed il consumo del combustibile disponibile	T Prec- UR-V		%	Incendi
EWS: 98° percentile della velocità massima giornaliera del vento.	V	m/s	%	Tempeste di Vento
SCD: Durata del manto nevoso - Numero di giorni nella stagione nivale (dal primo novembre di un dato anno al 31 marzo dell'anno successivo) con quantità di neve superficiale giornaliera superiore a 300 mm.	Hn	giorni	+ - giorni	Diminuzione/assenza di precipitazione nevosa
Humidex5 (giorni): Indice di disagio termico - Misura del calore percepito che risulta dall'effetto combinato dell'umidità e della temperatura - Categoria 5: numero di giorni per anno nel quale l'indice humidex è maggiore di 45°C	T-UR	giorni	+ - giorni	Disagio termico
SU95p: Giorni estivi - Numeri di giorni con temperatura massima giornaliera maggiore di 29.2°C. Tale indicatore è stato definito per il territorio italiano (PNACC 2018).	T	giorni	+ - giorni	Disagio termico
TR (giorni): Notti tropicali - Numero di giorni con temperatura minima giornaliera superiore a 20°C	T	giorni	+ - giorni	Disagio termico
SST: Temperatura superficiale dell'acqua	T	°C	°C	Impatti sulla biocenosi

Indicatore Chiave	Variabile fondamentale	Unità di misura	Unità di misura variazione	Esempio di fattore di pericolo e impatti
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): indicatore da satellite della presenza di vegetazione sulla superficie terrestre e del suo evolversi nel tempo. E' calcolato partendo da immagini satellitari prodotte da sensori che acquisiscono nel rosso (R: 0.7 µm) e vicino infrarosso (NIR: 0.9 µm). Valuta l'attività fotosintetica, mettendo in relazione lo spettro del rosso, (assorbimento da parte della clorofilla), e del vicino infrarosso in cui le foglie riflettono la luce per evitare il surriscaldamento. Descrive il livello di vigoria della coltura con valori compresi tra -1 e +1. La presenza di vegetazione assume valori maggiori di 0.2. (1)	Indice		Range (-1+1)	Stato vegetativo
Temperatura media (frequenza di rilevamento a 15 minuti (2))	T	°C	+ - C	Tutti gli impatti connessi all'aumento o alla diminuzione delle temperature sulla componente biologica (lepidotteri)
PHI – Percentuale media di grandine (2)	Indice	%	% Giorno	Danni da grandine
Irraggiamento luminoso	Indice	LUX	% Giorno	Misura la luce indicente per unità i superficie
Copertura nuvolosa	Indice	%	% Giorno	Indice di copertura nuvolosa giornaliera
Copertura del suolo 2018-22 (LULC) da immagini ESA Sentinel-SI2A (3)	Cartografia GIS	Celle 10 mt	+/- pixel	Variazione della copertura del Suolo

Fonte: Pnacc 2022 – (1) Indice aggiunto da ARPA Umbria; (2) Indice richiesto dall'Università di Firenze; (3) indice inserito da ARPA Umbria in accordo con Regione Umbria - Rimu

Per poter effettuare valutazioni di lungo periodo relative a variabili meteorologiche al suolo come la temperatura o le precipitazioni, è stata inoltre valutata la possibilità di utilizzare i dati contenuti nell'archivio ERA5-Land prodotto dal Centro Europeo per le Previsioni Meteo a Medio termine (ECMWF) all'interno del programma europeo Copernicus e disponibili liberamente.

Questi dati sono elaborati a partire dal dataset ERA5, ovvero il risultato di rianalisi meteorologiche globali che combinano i dati simulati e misurati in tutto il mondo in un unico dataset consistente e completo a partire dagli anni 1950, aumentando la risoluzione al livello del suolo e per i soli parametri rilevanti.

Sono disponibili in due archivi:

- Dati orari originali:

<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-land>

- Dati orari mediati mensilmente:

<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-land-monthly-means>

In entrambi i casi, si hanno dati a partire dal gennaio 1950 e ad oggi presentano una risoluzione di un decimo di grado, ovvero circa 9 km.

I principali parametri disponibili e di possibile interesse sono:

- Velocità del vento a 10m
- Temperatura a 2m
- Temperatura di rugiada a 2m (dalla quale è possibile derivare l'umidità dell'aria)
- Umidità del suolo a più livelli
- Precipitazioni totali
- Evaporazioni totali
- Radiazione globale a onda corta e lunga (radiazione solare e termica verso il basso)

L'intero elenco dei dati disponibili, e delle unità di misura usate, è consultabile ai due link precedenti.

Il livello di dettaglio delle informazioni può essere comunque compatibile con una lettura del contesto a scala di area vasta, anche se probabilmente non consente un appropriato downscaling a livello di area.

E' inoltre stata effettuata l'analisi di dettaglio dei potenziali effetti/ricadute del cambiamento climatico sul patrimonio boschivo/forestale che caratterizza l'area di progetto in funzione, tra l'altro, della definizione di un sistema di allerta precoce; tale attività è in particolare rivolta alla definizione dei possibili parametri di monitoraggio della componente vegetale e biologica e sulle loro modalità di gestione ed è relativa alla attività svolta dalle due Università partner del progetto .

La tabella seguente offre uno schema esemplificativo e semplificato degli "impatti" di interesse per l'area di progetto e per i settori correlati (tratta da indicazioni contenute nel Piano nazionale di adattamento al Cambiamento climatico)

Il risultato delle attività svolte ha portato ad una selezione ristretta di questi indicatori da includere nel sistema di monitoraggio considerando l'effettiva e pronta disponibilità di informazioni e dati, fonti dati accertate e consolidate in grado di dare continuità nel tempo alla produzione ed aggiornamento dei dati mediante una pianificazione ed organizzazione dei flussi informativi.

Settore	Impatto	Indicatore
Desertificazione, degrado e siccità	Riduzione della qualità del suolo	Carbonio organico nel suolo
Desertificazione, degrado e siccità	Riduzione della qualità del suolo	Umidità del suolo
Ecosistemi Terrestri	Modifica composizione comunità ecologiche	Diffusione di specie vegetali aliene/invasive termofili
Ecosistemi Terrestri	Modifica composizione comunità ecologiche	Diffusione di specie animali aliene/invasive termofili
Ecosistemi Terrestri	Modifica della composizione e distribuzione geografica delle specie	Quota limite della distribuzione arborea ed arbustiva
Ecosistemi Terrestri	Modifica della composizione e distribuzione geografica delle specie	Struttura dinamismo composizione e distribuzione altitudinale di comunità vegetali
Foreste e produttività forestale	Perdita di biodiversità	Composizione specifica arborea delle foreste
Foreste e produttività forestale	Aumento del rischio di incendio	Entità degli incendi boschivi

Inoltre si deve considerare che la definizione del contesto climatico di riferimento non è condizione sufficiente per una stima adeguata degli scenari evolutivi del clima in un dato contesto.

Gli scenari futuri sono al centro di una serie di modellistiche climatiche in grado di fornire proiezioni che si basano su un insieme di modelli globali di emissione. Tra questi a titolo esemplificativo è stata presa visione delle informazioni disponibili nei database del Centro Mediterraneo sul Cambiamento Climatico (CMCC) relative agli scenari COSMO Representative Concentration Pathways, RCP 4,5 (forte mitigazione) e RCP 8,5 (nessuna mitigazione Business as usual) dei valori medi cluster delle anomalie del periodo 2021-2050 in confronto al periodo 1981-2010 per l'area approssimativamente individuata nella cartografia on line come ricadente in quella di intervento.

La scala di dettaglio disponibile dovrà offrire una lettura degli scenari parziale ed è stata avviata la messa a punto di collaborazioni specifiche con il Centro o con realtà di ricerca e studio locali per un adattamento mirato degli scenari all'area di progetto.

4. IL PIANO DI MONITORAGGIO

La struttura del sistema di monitoraggio è dipendente, tra l'altro, dalla valutazione della domanda "infrastrutturale" (strumentazione di base, costi, collaborazioni ecc...) necessaria per soddisfare un livello essenziale di informazioni nel tempo riferite in modo specifico all'area di progetto.

La creazione di una unità specifica di monitoraggio in loco da assegnare in forma esclusiva alla gestione della Riserva è risultata poco sostenibile nella forma e nel tempo se non inserendola in una rete di riferimento più ampia in grado di garantire flussi di dati, analisi del contesto climatico e valutazioni ideate e coordinate a livello regionale

In merito all'organizzazione locale si è necessariamente tenuto conto della programmazione in corso a scala regionale in materia di interventi di contrasto/adattamento al cambiamento climatico, con l'inserimento concordato di un nuovo punto di monitoraggio locali da cui discende la definizione della struttura organizzativa che non dovrà gravare specificatamente su enti e/o realtà locali che non possiedono attualmente abilità e risorse idonee o che potrebbe duplicare inopportunamente attività già in via di programmazione.

In particolare grazie al confronto con altri soggetti istituzionali e tecnici impegnati in particolare a livello regionale nella messa in atto del Progetto RIMU (Rete Integrata Meteorologica Umbra e Sportello Meteo Climatico Umbro), è stato appurato che nell'area sono presenti vari siti potenzialmente interessanti per il posizionamento di punti di monitoraggio idoneamente attrezzati almeno per la raccolta di dati meteo climatici di base (temperatura, precipitazione, umidità dell'aria e del suolo, vento, ecc...), di cui uno nel caso specifico è stato individuato nell'area sommitale del Monte Peglia in prossimità della zona già infrastrutturata con le installazioni presenti.

In tal senso è stata avviata una fase di concertazione per una futura cooperazione con il soggetto gestore della Riserva Mab Unesco al fine di garantire una maggiore efficacia delle azioni e di razionalizzazione delle spese di monitoraggio; si sta, infatti, valutando la programmazione di un punto di rilevamento dati nella rete in via di progettazione del progetto RIMU che entrerà in forma stabile nel piano di monitoraggio dell'area di progetto.

4.1 La struttura organizzativa del Piano di monitoraggio

A seguito delle azioni di progetto nella gestione operativa del Piano di monitoraggio, inteso in un'ottica di sistema locale integrato di area vasta collegato a realtà più ampie e di respiro quanto meno regionale, sono stati identificati una serie di attori che da tempo operano nel settore sia a scala di Regione Umbria che a livello nazionale; in particolare:

- il Servizio Idrogeologico Regionale che come descritto nel paragrafo precedente detiene e gestisce una serie di indicatori meteo climatici a scala territoriale attraverso il sistema locali di stazioni di rilevamento; in particolare con il servizio regionale è stata avviata una collaborazione nell'ambito del progetto RIMU (Rete

Integrata Meteorologica Umbra) e Sportello Meteo Climatico Umbro (fondi PNRR 2021-2026) in fase avanzata di progettazione e prossimo all'avvio operativo;

- Il Centro di Ricerca sul Clima e i Cambiamenti Climatici (CRC) del Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento e sull'Ambiente (CIRIAF) dell'Università di Perugia, partner del progetto regionale RIMU
- L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) per la sezione riguardante gli indicatori ambientali sul cambiamento climatico (SCIA)

Il coordinamento tra la attuazione delle misure di monitoraggio per l'area di riferimento della Riserva con quelle in atto o in via di formulazione nel contesto regionale e sub-regionale sarà garantito da personale (interno e/o esterno) di riferimento della Riserva MAB Unesco del Monte Peglia che dovrà interfacciarsi per il tramite di una struttura informatica ed informativa con le strutture operative individuate nell'ambito del progetto Rimu a livello regionale.

Particolare rilevanza avrà la gestione del set minimo di indici mirati alla tutela degli ecosistemi forestali ed alla messa in pristino di un sistema di allerta precoce in grado di garantire congiuntamente al piano di azione locale ed a quello antincendio, l'ottimizzazione della gestione territoriale dell'area di progetto.

Tale sistema prevede inoltre l'avvio di collaborazioni con il CRC/CIRIAF per la valutazione periodica dei dati e per il coordinamento tra le varie realtà territoriali nonché il supporto periodico di ARPA Umbria per la fornitura di dati ambientali rilevanti per il monitoraggio.

4.2 Fase operativa del monitoraggio e schede indicatori

Il modello di monitoraggio proposto si sviluppa in tre diversi livelli coesistenti:

- 1) il primo riguarda la fase di acquisizione dei dati (grezzi, misure dei fenomeni fisici da monitorare) nell'area di studio, con l'eventuale implementazione di ulteriore strumentazione tecnologica e sensoristica distribuita sul territorio (punto di monitoraggio Monte Peglia in collaborazione con il progetto RIMU);
- 2) il secondo riguarda lo sviluppo delle metodologie di validazione ed elaborazione dei dati raccolti dalla sensoristica. Si sostanzia nella dotazione informatica (hardware e software) necessaria per il trasferimento su un'unità centrale di raccolta ed elaborazione che, dopo la validazione da parte del personale specializzato, produce le variabili fondamentali per il successivo calcolo dell'indicatore climatico;
- 3) il terzo livello calcola gli indicatori climatici a partire dalle variabili fondamentali e ne cura la rappresentazione e il reporting. A tale fine devono essere definiti almeno due elementi fondamentali per dare significatività al modello e coerenza nelle fasi di valutazione:

- baseline: cioè il database di dati su cui effettuare i confronti; una prima ipotesi di lavoro è quella di utilizzare l'intera base dati raccolta ed effettuare le valutazioni su tali dati. Tra i vantaggi c'è la maggiore ricchezza potenziale di dati su cui fare le valutazioni, ma ciò si causa un effetto "diluyente" delle anomalie che si verificano con magnitudo crescenti nel corso del tempo; un approccio alternativo è quello di definire un intervallo temporale fisso su cui effettuare le valutazioni, ovviamente in questo caso è necessaria una completa copertura di dati per tutto l'intervallo;
- calcolo dell'anomalia: l'anomalia dell'indicatore, espressa come variazione in positivo o negativo rispetto al valore di baseline, può essere espresso come variazione assoluta, come scostamento percentuale rispetto al valore baseline, o con indici più elaborati che tengano conto della varianza dei dati raccolti. Nelle schede che seguono l'approccio scelto è indicato alla voce "misura della variazione dell'indicatore".

Di seguito vengono descritti in forma sintetica e tabellare i singoli indicatori individuati con gli elementi fondamentali per il loro calcolo e il loro significato nel modello di monitoraggio.

Schede sintetiche degli indicatori climatici

Nome e definizione dell'indicatore climatico	Temperatura Media (TG): Media della temperatura media giornaliera.
Variabili fondamentali	Temperatura
Unità di misura dell'indicatore	Gradi centigradi (°C)
Misura della variazione dell'indicatore	Variazioni in positivo o negativo rispetto alla baseline (+ - °C)
Scala temporale	Mensile (stagionale) / annuale
Reference	SNPA (2021). Rapporto sugli indicatori di impatto dei cambiamenti climatici – Edizione 2021. Report SNPA 21/2021 – ISBN: 978-88-448-1058-0. https://www.wcrp-climate.org/ (ECAD-EU)
Aspetto valutato	Aumento delle temperature
Settore	
Note descrittive	L'indicatore fornisce un'informazione immediata dell'evoluzione del clima con specifico riferimento alla temperatura. E' particolarmente importante perché associa la sinteticità, la semplicità di elaborazione con la facile comprensibilità, anche ai non addetti ai lavori [+++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	WD: <i>Giorni caldi - secchi</i> - Numero di giorni con temperatura media giornaliera maggiore del 75° percentile della temperatura media giornaliera e con precipitazione giornaliera minore del 25° percentile della precipitazione giornaliera.
Variabili fondamentali	Temperatura, Precipitazioni
Unità di misura dell'indicatore	giorni
Misura della variazione dell'indicatore	Variazione positiva o negativa espressa in giorni rispetto alla baseline (+ - giorni)
Scala temporale	annuale
Reference	Beniston, M. (2009), Trends in joint quantiles of temperature and precipitation in Europe since 1901 and projected for 2100, <i>Geophys. Res. Lett.</i> , 36, L07707, doi:10.1029/2008GL037119. European Climate Assessment & Dataset project (ECAD-EU) https://www.ecad.eu/
Aspetto valutato	Esempi di impatti attesi dei quali l'indicatore può rappresentare un proxy
Settore	Salute, agricoltura
Note descrittive	L'indicatore fornisce informazioni sintetiche su eventi estremi in termini di pioggia e temperatura, con focus specifico verso giorni caratterizzati da scarse piogge associati a temperature elevate. [++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	WW: Giorni caldi - piovosi - Numero di giorni con temperatura media giornaliera maggiore del 75° percentile della temperatura media giornaliera e con precipitazione giornaliera maggiore del 75° percentile della precipitazione giornaliera.
Variabili fondamentali	Temperatura, Precipitazioni
Unità di misura dell'indicatore	giorni
Misura della variazione dell'indicatore	Variazione positiva o negativa espressa in giorni rispetto alla baseline (+ - giorni)
Scala temporale	annuale
Reference	Beniston, M. (2009), Trends in joint quantiles of temperature and precipitation in Europe since 1901 and projected for 2100, <i>Geophys. Res. Lett.</i> , 36, L07707, doi:10.1029/2008GL037119. European Climate Assessment & Dataset project (ECAD-EU) https://www.ecad.eu/
Aspetto valutato	Esempi di impatti attesi dei quali l'indicatore può rappresentare un proxy
Settore	Salute, agricoltura
Note descrittive	L'indicatore fornisce informazioni sintetiche su eventi estremi in termini di pioggia e temperatura, con focus specifico verso giorni caratterizzati da presenza di piogge associate a temperature elevate. [++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	HDDs: <i>Gradi giorni di riscaldamento</i> - la sommatoria, estesa a tutti i giorni dell'anno che abbiano una temperatura media inferiore o uguale ad una soglia pari a 15 °C, delle differenze tra la temperatura interna dell'ambiente da riscaldare, per la quale si assume un valore di riferimento pari a 18°C, e la temperatura media
Variabili fondamentali	Temperatura
Unità di misura dell'indicatore	Giorni
Misura della variazione dell'indicatore	Giorni o %
Scala temporale	annuale
Reference	EUROSTAT (disponibile al link http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg_esdgr_e_sms.htm) Mercogliano P., Barbato G. "Anomalia climatica mensile per indicatori HDD e CDD" – CMCC ottobre 2016 allegato al Rapporto ISPRA 277/2017 (R 277 17 Allegati Relazionidel sottogruppoHDD_CDD.pdf (isprambiente.gov.it))
Aspetto valutato	Impatti sulla domanda di energia per riscaldamento
Settore	Energia
Note descrittive	L'indicatore consente di valutare le possibili variazioni della domanda di riscaldamento, sia istantaneo, di tendenza e/o di scenario. [++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	CDDs: <i>Gradi giorni di raffrescamento</i> - la sommatoria, estesa a tutti i giorni dell'anno che abbiano una temperatura media superiore o uguale ad una soglia pari a 24 °C , delle differenze tra la temperatura media e quella interna dell'ambiente da raffrescare, per la quale si assume un valore di riferimento pari a 21°C
Variabili fondamentali	Temperatura
Unità di misura dell'indicatore	Giorni
Misura della variazione dell'indicatore	Giorni o %
Scala temporale	annuale
Reference	EUROSTAT (disponibile al link http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg_esdgr_esms.htm) Mercogliano P., Barbato G. "Anomalia climatica mensile per indicatori HDD e CDD" – CMCC ottobre 2016 allegato al Rapporto ISPRA 277/2017 (R 277 17 Allegati Relazionidel sottogruppoHDD_CDD.pdf (isprambiente.gov.it))
Aspetto valutato	Impatti sulla domanda di energia per raffrescamento
Settore	Energia
Note descrittive	L'indicatore consente di valutare le possibili variazioni della domanda di raffrescamento sia istantaneo, di tendenza e/o di scenario. [++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	PRCPTOT: Precipitazione cumulata nei giorni piovosi (mm) - Cumulata (somma) della precipitazione per i giorni con precipitazione maggiore/uguale a 1 mm.
Variabili fondamentali	Precipitazioni
Unità di misura dell'indicatore	mm
Misura della variazione dell'indicatore	%
Scala temporale	Mensile/stagionale/annuale
Reference	Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) - www.wcrp-climate.org
Aspetto valutato	Dissesto geo-idrologico
Settore	Coerentemente con il documento "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici", ver. dic. 2022, si è ritenuto opportuno non assegnare al dissesto geo- idrologico un settore a se stante in quanto ritenuto trasversale e di interesse generale.
Note	L'indicatore si presta a fornire una misura diretta del quantitativo di piogge che, anche se non sufficiente, rappresenta una informazione necessaria per valutazioni di tendenza rispetto ai dati storici. [+++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	R20: <i>Giorni di precipitazioni intense</i> - Numero di giorni con precipitazione superiore a 20 mm.
Variabili fondamentali	Precipitazioni
Unità di misura dell'indicatore	mm
Misura della variazione dell'indicatore	Variazione +/-; %
Scala temporale	annuale
Reference	Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) - www.wcrp-climate.org
Aspetto valutato	Dissesto geo-idrologico
Settore	Coerentemente con il documento "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici", ver. dic. 2022, si è ritenuto opportuno non assegnare al dissesto geo- idrologico un settore a se stante in quanto ritenuto trasversale e di interesse generale.
Note	L'indicatore fornisce una misura nella variazione di frequenza di eventi piovosi intensi, come noto una delle manifestazioni dei cambiamenti climatici. [+++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	RX1DAY: Valore massimo della precipitazione giornaliera
Variabili fondamentali	Precipitazioni
Unità di misura dell'indicatore	mm
Misura della variazione dell'indicatore	Variazione +/-; %
Scala temporale	annuale
Reference	Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) - www.wcrp-climate.org
Aspetto valutato	Dissesto geo-idrologico
Settore	Coerentemente con il documento "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici", ver. dic. 2022, si è ritenuto opportuno non assegnare al dissesto geo- idrologico un settore a se stante in quanto ritenuto trasversale e di interesse generale.
Note	L'indicatore fornisce una misura nella variazione di frequenza di eventi meteorologici intensi, come noto una delle manifestazioni dei cambiamenti climatici. [+++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	SDII: Indice di intensità di precipitazione giornaliera - Precipitazione media giornaliera nei giorni di precipitazione maggiore o uguale a 1mm.
Variabili fondamentali	Precipitazioni
Unità di misura dell'indicatore	mm
Misura della variazione dell'indicatore	Variazione +/-; %
Scala temporale	annuale
Reference	Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) - www.wcrp-climate.org
Aspetto valutato	Dissesto geo-idrologico
Settore	Coerentemente con il documento "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici", ver. dic. 2022, si è ritenuto opportuno non assegnare al dissesto geo- idrologico un settore a se stante in quanto ritenuto trasversale e di interesse generale.
Note	L'indicatore fornisce una misura nella variazione di frequenza di eventi meteorologici intensi, come noto una delle manifestazioni dei cambiamenti climatici. [+++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	PR99prctile: 99° percentile della precipitazione giornaliera per i giorni con precipitazione maggiore/uguale a 1 mm.
Variabili fondamentali	Precipitazioni
Unità di misura dell'indicatore	mm
Misura della variazione dell'indicatore	Variazione+/-;%
Scala temporale	annuale
Reference	Kumar S., Chanda, K., Srinivas P., (2020), Spatiotemporal analysis of extreme indices derived from daily precipitation and temperature for climate change detection over India, Theoretical and Applied Climatology, Springer, In press, DOI: 10.1007/s00704-020-03088-5.
Aspetto valutato	Dissesto geo-idrologico
Settore	Coerentemente con il documento "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici", ver. dic. 2022, si è ritenuto opportuno non assegnare al dissesto geo- idrologico un settore a se stante in quanto ritenuto trasversale e di interesse generale.
	L'indicatore fornisce una misura nella variazione di frequenza di eventi meteorologici intensi, come noto una delle manifestazioni dei cambiamenti climatici. [+++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	SPI3: Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 3 mesi - Percentuale dell'occorrenza delle classi (severamente asciutto, estremamente asciutto) nell'indice SPI3 calcolato per un periodo di accumulo corto (3 mesi).										
Variabili fondamentali	Precipitazione										
Unità di misura dell'indicatore	Valore adimensionale, ma con questi significati: <table border="1" data-bbox="711 501 1265 768"> <thead> <tr> <th>SPI Values</th> <th>Drought Category</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 to -0.99</td> <td>mild drought</td> </tr> <tr> <td>-1.00 to -1.49</td> <td>moderate drought</td> </tr> <tr> <td>1.50 to -1.99</td> <td>severe drought</td> </tr> <tr> <td>≤ -2.00</td> <td>extreme drought</td> </tr> </tbody> </table>	SPI Values	Drought Category	0 to -0.99	mild drought	-1.00 to -1.49	moderate drought	1.50 to -1.99	severe drought	≤ -2.00	extreme drought
SPI Values	Drought Category										
0 to -0.99	mild drought										
-1.00 to -1.49	moderate drought										
1.50 to -1.99	severe drought										
≤ -2.00	extreme drought										
Misura della variazione dell'indicatore	Variazione +/- dell'indice										
Scala temporale	annuale										
Reference	McKee, Thomas B., Nolan J. Doesken, and John Kleist. "The relationship of drought frequency and duration to time scales." Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. Vol. 17. No. 22. 1993										
Aspetto valutato	Siccità Tale indice fornisce indicazioni sugli impatti immediati, quali quelli relativi alla riduzione di umidità del suolo, del manto nevoso e della portata nei piccoli torrenti.										
Settore	Produzioni agricole, Risorse idriche ed Ecosistemi terrestri										
Note	The Standardized Precipitation Index (SPI) is calculated in the following sequence. A monthly precipitation data set is prepared for a period of m months, ideally a continuous period of at least 30 years. A set of averaging periods are selected to determine a set of time scales of period j months where j is 3, 6, 12, 24, or 48 months. These represent arbitrary but typical time scales for precipitation deficits to affect the five types of usable water sources. The data set is moving in the sense that each month a new value is determined from the previous i months. Each of the data sets are fitted to the Gamma function to define the relationship of probability to precipitation. Once the relationship of probability to precipitation is established from the historic records, the probability of any observed precipitation data point is calculated and used along with an estimate of the inverse normal to calculate the precipitation deviation for a normally distributed probability density with a mean of zero and standard deviation of unity. This value is the SPI for the particular precipitation data point. [++]										

Nome e definizione dell'indicatore climatico	SPI12: Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 12 mesi - Percentuale dell'occorrenza delle classi (severamente asciutto, estremamente asciutto) nell'indice SPI12 calcolato per un periodo di accumulo medio (12 mesi).										
Variabili fondamentali	Precipitazione										
Unità di misura dell'indicatore	Valore adimensionale, ma con questi significati: <table border="1" data-bbox="711 461 1265 730"> <thead> <tr> <th>SPI Values</th> <th>Drought Category</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 to -0.99</td> <td>mild drought</td> </tr> <tr> <td>-1.00 to -1.49</td> <td>moderate drought</td> </tr> <tr> <td>1.50 to -1.99</td> <td>severe drought</td> </tr> <tr> <td>≤ -2.00</td> <td>extreme drought</td> </tr> </tbody> </table>	SPI Values	Drought Category	0 to -0.99	mild drought	-1.00 to -1.49	moderate drought	1.50 to -1.99	severe drought	≤ -2.00	extreme drought
SPI Values	Drought Category										
0 to -0.99	mild drought										
-1.00 to -1.49	moderate drought										
1.50 to -1.99	severe drought										
≤ -2.00	extreme drought										
Misura della variazione dell'indicatore	Variazione +/- dell'indice										
Scala temporale	annuale										
Reference	McKee, Thomas B., Nolan J. Doesken, and John Kleist. "The relationship of drought frequency and duration to time scales." Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. Vol. 17. No. 22. 1993										
Aspetto valutato	Siccità Tale indice fornisce indicazioni sulla riduzione delle portate fluviali e delle capacità negli invasi.										
Settore	Produzioni agricole, Risorse idriche ed Ecosistemi terrestri										
Note	The Standardized Precipitation Index (SPI) is calculated in the following sequence. A monthly precipitation data set is prepared for a period of m months, ideally a continuous period of at least 30 years. A set of averaging periods are selected to determine a set of time scales of period j months where j is 3, 6, 12, 24, or 48 months. These represent arbitrary but typical time scales for precipitation deficits to affect the five types of usable water sources. The data set is moving in the sense that each month a new value is determined from the previous i months. Each of the data sets are fitted to the Gamma function to define the relationship of probability to precipitation. Once the relationship of probability to precipitation is established from the historic records, the probability of any observed precipitation data point is calculated and used along with an estimate of the inverse normal to calculate the precipitation deviation for a normally distributed probability density with a mean of zero and standard deviation of unity. This value is the SPI for the particular precipitation data point. [++]										

Nome e definizione dell'indicatore climatico	PET: Evapotraspirazione Potenziale (con metodo Thornwaite)
Variabili fondamentali	Tmin, Tmax, Tmean
Unità di misura dell'indicatore	mm
Misura della variazione dell'indicatore	%
Scala temporale	annuale
Reference	C. W. Thornthwaite, An approach toward a rational classification of climate (PDF), in Geographical Review, vol. 38, n. 1, 1948, pp. 55–94, DOI:10.2307/210739.
Aspetto valutato	Siccità e desertificazione.
Settore	Produzioni agricole, Risorse idriche ed Ecosistemi terrestri
Note	<p>Fornisce, nell'ambito della stima della risorsa idrica disponibile o potenziale, una valutazione della massima quantità di acqua che passerebbe in atmosfera, attraverso i processi di evaporazione e traspirazione, qualora la quantità di acqua nel terreno non costituisca un fattore limitante.</p> <p>L'evapotraspirazione potenziale è utilizzata per il calcolo di indici climatici come, ad esempio, l' "indice di aridità" (UNEP, United Nations Environment Programme) adottato come indice ufficiale nell'ambito della Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla siccità e alla desertificazione, che sintetizza qualitativamente le caratteristiche climatiche del territorio.</p> <p>L'indice di aridità è definito come il rapporto tra la precipitazione annua e l'evapotraspirazione potenziale: $Ia = P / Etp$</p> <p>L'evapotraspirazione potenziale è alla base dei modelli per la stima dell'evapotraspirazione reale.</p> <p>[+]</p>

Nome e definizione dell'indicatore climatico	CSDI: <i>Indice di durata dei periodi di freddo</i> - Numero totale di giorni in cui la temperatura minima giornaliera è inferiore al 10° percentile della temperatura minima giornaliera per almeno 6 giorni consecutivi.
Variabili fondamentali	Temperatura
Unità di misura dell'indicatore	giorni
Misura della variazione dell'indicatore	Variazione +/- in giorni
Scala temporale	annuale
Reference	Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) - www.wcrp-climate.org
Aspetto valutato	Ondate di freddo
Settore	Salute, Energia
Note	L'indicatore fornisce una valutazione sull'evoluzione della frequenza di eventi caratterizzati da temperature particolarmente basse e prolungate. [++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	FD: Giorni con gelo - Numero di giorni con temperatura minima giornaliera inferiore a 0°C.
Variabili fondamentali	Temperatura
Unità di misura dell'indicatore	giorni
Misura della variazione dell'indicatore	Variazione +/- in giorni
Scala temporale	annuale
Reference	Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) - www.wcrp-climate.org
Aspetto valutato	Ondate di freddo
Settore	Salute, Energia, Produzioni agricole
Note	L'indicatore fornisce una valutazione sull'evoluzione della frequenza di eventi caratterizzati da temperature particolarmente basse e prolungate. [+]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	WSDI: <i>Indice di durata dei periodi di caldo</i> - Numero totale di giorni in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile* della temperatura massima giornaliera per almeno 6 giorni consecutivi.
Variabili fondamentali	Temperatura
Unità di misura dell'indicatore	giorni
Misura della variazione dell'indicatore	Variazioni +/- in giorni
Scala temporale	annuale
Reference	Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) - www.wcrp-climate.org
Aspetto valutato	Ondate di caldo
Settore	Salute, Energia
Note	L'indicatore fornisce una valutazione sull'evoluzione della frequenza di eventi caratterizzati da temperature particolarmente alte e prolungate. [++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	FWI: Indice di pericolo incendio (basato su velocità massima del vento, umidità relativa, precipitazione cumulata, temperatura). Tale indice prevede il calcolo di 5 sotto-indici: tre sotto-indici primari (FFMC, DMC, DC) che rappresentano l'umidità del combustibile; due sotto-indici intermedi (ISI, BUI) che rappresentano il tasso di dispersione ed il consumo del combustibile disponibile.
Variabili fondamentali	Temperatura - Precipitazioni – Umidità Relativa – Vento (direzione, velocità)
Unità di misura dell'indicatore	-
Misura della variazione dell'indicatore	%
Scala temporale	annuale
Reference	"Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System". 1987. Van Wagner, C.E. Canadian Forestry Service, Headquarters, Ottawa. Forestry Technical Report 35.
Aspetto valutato	Incendi
Settore	Foreste, Ecosistemi terrestri, Insediamenti
Note	La tematica degli incendi è di notevole interesse e importanza nella tutela degli ecosistemi forestali e nella protezione civile anche in relazione ai cambiamenti climatici; tuttavia si segnala che le modalità di calcolo e di valutazione sono richieste competenze specialistiche e l'indicatore potrebbe essere sostituito da valutazioni modellistiche più avanzate e affidabili a scala temporale, anche in relazione alla circostanza che sul pericolo di accadimenti di incendio possono influire una pluralità di altri fattori, naturali o antropici, che possono alterare il significato di monitoraggio attribuito all'indicatore in oggetto. [++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	EWS: 98° percentile della velocità massima giornaliera del vento.
Variabili fondamentali	Vento (intensità)
Unità di misura dell'indicatore	m/s
Misura della variazione dell'indicatore	Variazione %
Scala temporale	annuale/ stagionale/mensile
Reference	European Environment Agency (EEA) (2016). Climate change impacts and vulnerability in Europe 2016: An indicator-based report. Luxemburg. doi: 10.2800/534806.
Aspetto valutato	Tempeste di vento
Settore	Insedimenti, Foreste
Note	[++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	TR (giorni): <i>Notti tropicali</i> - Numero di giorni con temperatura minima giornaliera superiore a 20°C.
Variabili fondamentali	Temperatura
Unità di misura dell'indicatore	giorni
Misura della variazione dell'indicatore	Variazioni +/- in giorni
Scala temporale	annuale
Reference	Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) - www.wcrp-climate.org
Aspetto valutato	Disagio termico
Settore	Salute
	[+]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	Temperatura (T): Media della temperatura
Variabili fondamentali	Temperatura
Unità di misura dell'indicatore	Gradi centigradi (°C)
Misura della variazione dell'indicatore	Variazioni in positivo o negativo rispetto alla baseline (+ - °C)
Scala temporale	Ogni 15 minuti per tutto l'anno
Reference	
Aspetto valutato	Aumento delle temperature
Settore	
Note descrittive	L'indicatore fornisce un'informazione immediata dell'evoluzione del clima con specifico riferimento alla temperatura. E' particolarmente importante perché associa la sinteticità, la semplicità di elaborazione con la facile comprensibilità, anche ai non addetti ai lavori [+++]

Nome e definizione dell'indicatore climatico	PHI: percentuale media di grandine
Variabili fondamentali	Indice potenziale di grandine
Unità di misura dell'indicatore	
Misura della variazione dell'indicatore	%
Scala temporale	Giornaliera nell'anno
Reference	European Environment Agency (EEA) (2016). Climate change impacts and vulnerability in Europe 2016: An indicator-based report. Luxembourg. doi: 10.2800/534806
Aspetto valutato	Danni da grandine
Settore	
Note	

Nome e definizione dell'indicatore climatico	Irraggiamento luminoso
Variabili fondamentali	Illuminanza
Unità di misura dell'indicatore	Lux (lx)
Misura della variazione dell'indicatore	%
Scala temporale	Giornaliera nell'anno
Reference	
Aspetto valutato	Misura della quantità di luce incidente su una superficie
Settore	
Note	

Nome e definizione dell'indicatore climatico	Copertura nuvolosa
Variabili fondamentali	Indice di copertura nuvolosa
Unità di misura dell'indicatore	%
Misura della variazione dell'indicatore	%
Scala temporale	Giornaliera nell'anno
Reference	
Aspetto valutato	
Settore	
Note	

Nome e definizione dell'indicatore climatico	Copertura del suolo 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 (LULC); derivata dalle immagini ESA Sentinel-2/2A		
Variabili fondamentali	Valore	Nome	Descrizione
	1	Acqua	Aree in cui l'acqua era prevalentemente presente durante tutto l'anno; non può coprire aree con acqua sporadica o effimera; contiene poca o nessuna vegetazione sparsa, nessun affioramento roccioso né elementi edificati come banchine; esempi: fiumi, stagni, laghi, oceani, pianure salate allagate.
	2	Alberi	Qualsiasi raggruppamento significativo di vegetazione densa alta (~ 4,5 metri o più), tipicamente con una chioma chiusa o densa; esempi: vegetazione boscosa, piantagioni,
	4	Paludi	Paludi (vegetazione densa/alta con acqua effimera o chioma troppo spessa per rilevare l'acqua sottostante).
	5	Raccolti	Cereali, erbe e colture piantati/tracciati dall'uomo ;esempi: mais, grano, soia, appezzamenti incolti di terreni strutturati.
	7	Area edificata	Strutture create dall'uomo; le principali reti stradali e ferroviarie; grandi superfici impermeabili omogenee tra cui parcheggi, edifici per uffici e abitazioni residenziali; esempi: case, villaggi/paesi/città densi, strade asfaltate, asfalto.
	8	Suolo nudo	Aree rocciose o di suolo con vegetazione molto rada o assente per tutto l'anno; esempi: roccia o terreno esposto, cave, miniere.
	11	Pascolo	Aree aperte ricoperte di erba omogenea con poca o nessuna vegetazione più alta; cereali ed erbe selvatiche senza evidente tracciamento umano (cioè, non un campo tracciato); esempi: prati e campi naturali con copertura arborea scarsa o assente, parchi/campi da golf/prati, pascoli. Mix di piccoli gruppi di piante o singole piante disperse su un paesaggio che presenta terreno o roccia esposta; radure; esempi: copertura da moderata a rada di cespugli, arbusti e ciuffi d'erba, alberi o altre piante.
Unità di misura dell'indicatore	Dimensioni cella: 10 metri		
Misura della variazione dell'indicatore	Variazioni in positivo o negativo rispetto alla baseline (+ - pixel)		
Scala temporale	annuale		
Reference	SNPA (2021). Rapporto sugli indicatori di impatto dei cambiamenti climatici – Edizione 2021. Report SNPA 21/2021 – ISBN: 978-88-448-1058-0. https://livingatlas.arcgis.com/landcoverexplorer		
Aspetto valutato	Variazione della copertura del suolo		
Settore	ambientale e climatico		
Note descrittive	L'analisi delle trasformazioni della copertura del suolo può avvenire a più livelli, dipendenti dalle informazioni a disposizione (diversa risoluzione spaziale, multitemporalità dell'acquisizione). I due principali approcci sono quello spazialmente esplicito (basato su mappe) e quello statistico (basato su informazioni puntuali). Il vantaggio del primo approccio è la possibilità di utilizzare i dati in ambiente GIS (Geographic Information System) dove tali dati possono essere confrontati con altre informazioni spaziali (mappe pedologiche, climatiche).		

5. Stima delle risorse umane e finanziarie

Allo stato attuale della definizione del sistema di monitoraggio una stima dei costi da sostenere è puramente indicativa e dipende dal coinvolgimento dei diversi attori che ne prenderanno parte.

In sintesi le **risorse strumentali** necessarie potrebbero essere assicurate nell'ambito del progetto RIMU nell'ambito dell'implementazione dello stesso, che avrebbe inoltre l'onere di garantire il flusso dei dati previsti sempre nell'ambito del progetto in programma a favore degli altri soggetti partecipanti (Riserva Monte Peglia, Ciriاف, ARPA Umbria e ad es. CMCC).

Per questi ultimi soggetti il costo minimo stimato annuo è quello di una **risorsa part time** (tra i 20.000 ed i 25.000 euro ad Ente) in possesso delle dovute capacità professionali in grado di svolgere le analisi prioritarie sui dati ricevuti, fornire delle sintesi periodiche oltre che l'aggiornamento eventuale delle valutazioni e degli scenari.

Parte delle attività possono inoltre essere coperte da **apposite convenzioni**/forniture di servizi da assicurare per determinate azioni (ad esempio analisi periodiche di scenari con frequenza annuale o superiore da assegnare a terzi come nel caso del CMCC)

Ogni livello di partecipazione dovrà essere ratificato e dettagliato attraverso apposite convenzioni da stipularsi nell'ambito di uno specifico **progetto operativo** per un periodo minimo di collaborazione di **5 anni**.

La strutturazione in progetto consentirebbe, inoltre, la ricerca di idonee fonti di finanziamento e l'allocazione di opportune risorse da assegnare alle varie fasi attuative ed ai soggetti coinvolti, programmando tra l'altro un sistema di informazione minima sia per la comunicazione periodica ed ordinaria che quella relativa a specifiche situazioni di allerta.