

LINEE GUIDA METODOLOGICHE E OPERATIVE all'utilizzo dell'applicativo ARTACLIM_CLIMEAPP 1.0

VALUTAZIONE DEI RISCHI DERIVANTI DAGLI IMPATTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO PRESSO LE ZONE OMOGENEE DELLA CITTA' METROPOLITANA DI TORINO



Interreg
ALCOTRA

Fondi europei di sviluppo regionale
Fondo europeo di sviluppo regionale



LEADER E SOSTEGNO
REGIONALE



STRUTTURA DELLE LINEE GUIDA

| | |
|---|----|
| 1. Finalità delle Linee Guida | 3 |
| 2. Descrizione della metodologia adottata per la valutazione del rischio | 4 |
| 3. Guida alla raccolta dei dati presenti in piattaforma | 5 |
| 4. Descrizione dello strumento interattivo per la valutazione del rischio | 6 |
| 4.1 Introduzione dello strumento interattivo | 6 |
| 4.2 Scelta dell'area tematica | 7 |
| 4.3 Scelta del periodo da analizzare (2021-2050, 2071-2100)..... | 8 |
| 4.4 Scelta dello scenario climatico di riferimento (RCP4.5, RCP8.5)..... | 8 |
| 4.5 Scelta dell'area oggetto di studio | 9 |
| 4.6 Scelta degli indicatori climatici | 10 |
| 4.7 Scelta degli indicatori di esposizione | 13 |
| 4.8 Scelta degli indicatori di vulnerabilità (sensitività e capacità adattiva) | 15 |
| 4.9 Normalizzazione degli indicatori | 18 |
| 4.10 Aggregazione degli indicatori e calcolo dell'indice globale per fattore di analisi | 18 |
| 4.11 Criteri di classificazione | 19 |
| 4.12 Dati di output | 19 |
| 5. Materiale Aggiuntivo di Supporto | 21 |
| Bibliografia | 22 |

1. FINALITÀ DELLE LINEE GUIDA

Il documento *Linee Guida Operative e Metodologiche* è stato sviluppato al fine di supportare l'utente all'utilizzo dell'applicativo *ARTACLIM_CLIMEAPP 1.0*, che è uno strumento interattivo per la valutazione del rischio sviluppato da CMCC s.r.l. nell'ambito del progetto Interreg ALCOTRA-Artaclim (<http://www.artaclim.eu/index.php/it/>).

Lo scopo delle Linee Guida è quello di facilitare e supportare l'utente durante l'utilizzo della piattaforma *CLIME-APP*. Quest'ultima permette una valutazione della variazione della pericolosità climatica attesa in maniera interattiva, al fine di mettere le basi per un'eventuale valutazione della variazione dei livelli di rischio attesi all'interno delle diverse Zone Omogenee della Città Metropolitana di Torino (Torino Metropoli, 2020):

- Torino città: 1 Comune, 872.367 abitanti
- Zona 2 Area Metropolitana Torino Ovest: 14 Comuni, 234.878 abitanti
- Zona 3 Area Metropolitana Torino Sud: 18 Comuni, 264.419 abitanti
- Zona 4 Area Metropolitana Torino Nord: 8 Comuni, 133.855 abitanti
- Zona 5 Pinerolese (caso studio completo): 45 Comuni, 132.561 abitanti
- Zona 6 Valli di Susa e Sangone: 40 Comuni, 104.976 abitanti
- Zona 7 Ciriacese-Valli di Lanzo: 40 Comuni, 100.848 abitanti
- Zona 8 Canavese occidentale: 46 Comuni, 84.308 abitanti
- Zona 9 Eporediese: 58 Comuni, 90.651 abitanti
- Zona 10 Chivassese: 24 Comuni, 98.700 abitanti
- Zona 11 Chierese-Carmagnolese: 22 Comuni, 130.217 abitanti.

Sulla base di ciò che emerge dalla letteratura odierna, per determinare il livello di rischio di un certo territorio, è necessario partire da un'analisi del pericolo climatico, per poi procedere con l'analisi del campione esposto e con le sue relative vulnerabilità, suddivise qui a loro volta in due principali fattori: sensitività e capacità adattiva (Oppenheimer et al. 2014). Laddove è stato possibile, le analisi hanno tenuto conto della più alta risoluzione, con l'obiettivo di produrre dei valori di rischio più specifici possibili all'interno dei territori oggetto di studio per il periodo 2021-2050 e 2071-2100.

2. DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA ADOTTATA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Le attività di ricerca finalizzate alla valutazione dei rischi derivanti dagli impatti del cambiamento climatico presso le Zone Omogenee della Città Metropolitana di Torino hanno origine dall'urgenza di capire quali effetti causati dal cambiamento climatico stanno progressivamente aumentando i pericoli legati ad alluvioni, frane/valanghe, incendi, e siccità all'interno dei sistemi insediativi, dei sistemi infrastrutturali, dei sistemi agricoli, delle foreste, della biodiversità e del turismo. Sulla base del più recenti linee guida ad oggi esistenti (Emanuelsson et al. 2014; Oppenheimer et al. 2014), all'interno del Progetto ALCOTRA Artaclim, è stata adottata una metodologia riproducibile, in grado di definire un livello di rischio per ogni comune entro i confini della Zona Omogenea del Pinerolese (ZOP 5), caso studio italiano del progetto. Il rischio è stato qui descritto in funzione del pericolo, dell'esposizione e della vulnerabilità, che è a sua volta suddivisa in sensibilità e capacità adattiva:

$$R = H \times E \times V \quad (\text{Eq.1})$$

Sono stati quindi individuati ed elaborati indicatori specifici come funzione dei seguenti fattori:

- Pericolo (H), definito come il potenziale verificarsi di eventi fisici associati al clima o a trend o ai loro impatti fisici, che potrebbe causare perdita di vite umane, feriti, o altri impatti sulla salute, così come danni o perdite di proprietà, infrastrutture, mezzi di sussistenza, fornitura di servizi, ecosistemi, e risorse ambientali;
- Esposizione (E), definita come la presenza di persone, mezzi di sussistenza, servizi e risorse ambientali, infrastrutture, beni economici, sociali, culturali, in luoghi che potrebbero essere negativamente colpiti;
- Vulnerabilità (V), qui suddivisa in:
 - Sensitività (S), definita come grado in cui un sistema è affetto negativamente o positivamente da stimoli di natura climatica;
 - Capacità adattiva (CA), abilità di un sistema di adeguarsi al cambiamento climatico, limitando i danni potenziali e facendo fronte alle conseguenze.

La prima fase del progetto ha quindi riguardato l'individuazione degli impatti attuali del cambiamento climatico e di quelli individuabili nel medio-lungo termine sul territorio della ZOP (Ellena et al., 2020). Nello specifico si è fatto riferimento a sei aree tematiche di interesse: sistema insediativo, sistema infrastrutturale, sistema agricolo, foreste, biodiversità e turismo (ARTACLIM, 2018).

Per le altre Zone Omogenee della Città Metropolitana, si è provveduto ad identificare quelli che sono i pericoli attuali collegati alle caratteristiche di eventi meteo-climatici che è il primo passo per mettere in luce le principali criticità del territorio che potrebbero essere esacerbate per via del cambiamento climatico. Per lo studio della variabilità dei pericoli attesi si sono presi in esame gli indicatori climatici, i quali descrivono in letteratura l'intensità e la frequenza degli eventi estremi; in particolare in questo studio sono presi in considerazione quelli che descrivono l'andamento della precipitazione e della temperatura. Il calcolo delle anomalie di tali indicatori sul periodo futuro rispetto al valore sul periodo climatico di riferimento ci permette di comprendere se questo pattern atmosferico può o meno comportare una variazione del periodo. Ovviamente la descrizione in dettaglio della variazione del pericolo richiederebbe una valutazione tramite modelli specifici; tuttavia considerare questi indicatori per una valutazione dell'evoluzione della pericolosità all'interno di analisi del rischio è una prassi largamente utilizzata in letteratura per studi analoghi. In particolare, per il calcolo delle anomalie sono stati presi in esame due scenari emissivi IPCC (RCP4.5 e RCP8.5) per il periodo 2021-2050 e 2071-2100, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010.

Grazie a questa fase di valutazione, si è potuto così comprendere non solo come un determinato pericolo climatico possa variare nel tempo per effetto del cambiamento climatico, ma si è anche potuto determinare a quali aree dare maggiori priorità di azione per aumentare la resilienza del territorio ai pericoli climatici attesi. L'integrazione delle informazioni qualitative alle informazioni quantitative (qui presenti) rappresenta dunque un passaggio importante per la stesura di strategie e misure di adattamento sulla scala locale.

3. GUIDA ALLA RACCOLTA DEI DATI PRESENTI IN PIATTAFORMA

Le spiegazioni qui presenti fanno riferimento ai dati inseriti all'interno della Piattaforma *CLIME-APP*. I dati relativi alle anomalie climatiche coprono tutte le Zone Omogenee della Città Metropolitana di Torino per due periodi di riferimento in base allo scenario selezionato. Per quanto concerne la valutazione del rischio finale, questa è stata possibile unicamente per la Zona Omogenea del Pinerolese (ZOP 5), caso studio italiano all'interno del progetto precedentemente menzionato.

La quantificazione del pericolo climatico è avvenuta attraverso l'identificazione e l'analisi di indicatori scelti come *proxy*, termine utilizzato per indicare misurazioni ambientali di quantità che sono più o meno direttamente collegate alla situazione climatica locale. Ciascun indicatore di pericolosità è stato identificato sulla base della letteratura aggiornata inerente al pericolo analizzato, qui suddiviso in: alluvioni, frane e valanghe, incendi, diminuzione delle precipitazioni nevose, ondate di calore e siccità (ARTACLIM, 2018). In un primo momento si è quindi giunti all'identificazione del pericolo osservato (1981-2010) che è servito da "baseline" per determinare la variazione delle anomalie attese per i due periodi futuri: 2021-2050 e 2071-2100.

In un secondo momento, dove possibile, sono poi stati presi in esame gli indicatori di esposizione e vulnerabilità (suddivisa in sensitività e capacità adattiva), al fine di determinare i livelli di rischio per la ZOP 5, caso studio del Progetto Artaclim. Per ogni rischio che si è deciso di analizzare, sono quindi stati identificati tutti gli elementi che potenzialmente avrebbero potuto subire degli effetti negativi (o positivi) dovuti alla variazione del pericolo climatico considerato. Per ulteriori indicazioni sulla metodologia applicata si rimanda ai *deliverables* sviluppati all'interno del Progetto-Artaclim (<http://www.artaclim.eu/index.php/it/documenti>) e all'articolo di *peer review* ad oggi disponibile (Ellena et al., 2020).

Per ciascun fattore in analisi (H, E, V), è stato necessario selezionare un numero consistente di indicatori così da rappresentare nel modo più efficiente possibile il campione oggetto di studio. Per fare questo, una prima fase ha riguardato la ricerca e il reperimento di informazioni utili per permettere la quantificazione del dato. A seconda del pericolo climatico e del campione esposto, i dati possono essere di diversa tipologia: puntuali, geo referenziati, aggregati su scala comunale, provinciale, nazionale, etc. (GIZ 2017). È quindi necessario uniformare ogni indicatore selezionato alla scala di riferimento, affinché si risponda in maniera adeguata alle esigenze dello studio.

Alcune caratteristiche chiave da considerare sono:

- l'accessibilità del dato (open data, dati a pagamento, dati coperti da privacy, etc.);
- la presenza di continuità (analisi dei dati mancanti nel database);
- il grado di aggiornamento dell'informazione reperita (controllare l'obsolescenza del dato);
- un'adeguata risoluzione spaziale e temporale;
- l'affidabilità delle informazioni (fonti autorevoli).

Inoltre, i dati possono provenire da diverse fonti. Si citano qui le principali:

- documentazioni nazionali, regionali, provinciali e locali;
- studi specifici di settore;
- Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT);
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA);

- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA);
- portali web e/o geo-database disponibili;
- dati da analisi di telerilevamento (remote sensing data).

4. DESCRIZIONE DELLO STRUMENTO INTERATTIVO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

4.1 Introduzione dello strumento interattivo

L'applicativo *ARTACLIM_CLIMEAPP 1.0* è uno strumento interattivo per la valutazione del rischio sviluppato da CMCC s.r.l. nell'ambito del progetto ARTACLIM. Quest'ultimo permette all'utente di valutare la variazione della pericolosità climatica attesa in maniera interattiva nel periodo 2021-2050 e 2071-2100, secondo due scenari IPCC (RCP4.5 e RCP8.5) in tutte le Zone Omogenee della Città Metropolitana di Torino. In aggiunta, come accennato precedentemente, permette la valutazione del rischio all'interno della ZOP 5 per le seguenti aree tematiche oggetto di studio del Progetto: sistema insediativo, sistema infrastrutturale, sistema agricolo, foreste, biodiversità e turismo (ARTACLIM, 2018).

Lo strumento si basa sulla selezione di 7 parametri di riferimento (vedi *Fig. 1*), principalmente ricollegabili a:

- Area Tematica oggetto di Studio;
- Periodo Futuro che si vuole analizzare;
- Scenario IPCC che si vuole considerare;
- Zona Omogenea che si vuole esaminare;
- Indicatori di Pericolo Climatico;
- Indicatori di Esposizione;
- Indicatori di Sensitività (parte integrante del fattore Vulnerabilità);
- Indicatori di Capacità Adattiva (parte integrante del fattore Vulnerabilità).

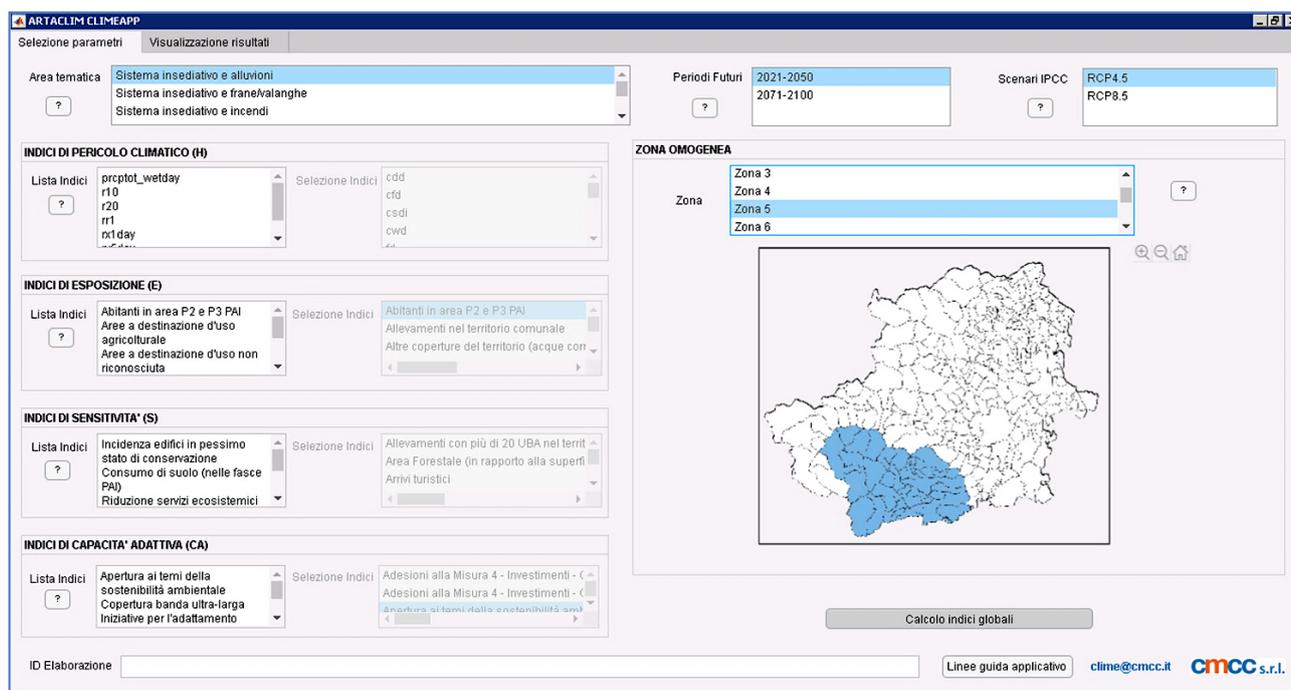


Fig 1. Interfaccia grafica della stand-alone application: *ARTACLIM_CLIMEAPP*

Per permettere all'utente una più veloce comprensione e identificazione di quello che si intende includere nelle analisi che si vogliono svolgere, ogni sezione è contrassegnata da  il quale fornisce una chiara descrizione qualitativa di ogni indicatore incluso all'interno della piattaforma.

4.2 Scelta dell'area tematica

La scelta della qui definita “area tematica”¹, intesa come settore di interesse su cui fornire misure specifiche di adattamento al cambiamento climatico, è stata guidata dai settori presi in considerazione all'interno del Progetto-Artacim (ARTACLIM, 2018). In una fase iniziale, tramite un'approfondita analisi della letteratura esistente, ad ogni macro-settore sono stati ricollegati uno o più pericoli climatici e questo ha reso possibile un'attenta valutazione della variazione della pericolosità climatica attesa nel periodo futuro in base al settore di interesse.

Le aree tematiche presenti in *ARTACLIM_CLIMEAPP 1.0* sono le seguenti:

- ✓ Sistema insediativo e Alluvioni
- ✓ Sistema insediativo e Frane/Valanghe
- ✓ Sistema insediativo e Incendi
- ✓ Infrastrutture e Alluvioni
- ✓ Infrastrutture e Frane/Valanghe
- ✓ Infrastrutture e Incendi
- ✓ Turismo Invernale (ricollegabile alla diminuzione delle precipitazioni nevose)
- ✓ Turismo Estivo (ricollegabile all'aumento delle temperature in aree urbane)
- ✓ Agricoltura e Alluvioni
- ✓ Agricoltura e Siccità
- ✓ Foreste e Siccità
- ✓ Foreste, Biodiversità e Incendi
- ✓ Biodiversità e Alluvioni
- ✓ Biodiversità e Siccità

Inoltre, dalla scelta dell'area tematica dipende la selezione di determinati indicatori di Pericolo, di Esposizione e di Vulnerabilità (qui suddivisa in Sensitività e Capacità Adattiva) al fine di guidare l'utente nell'utilizzo degli indicatori più appropriati, scelti nelle fasi precedentemente sviluppate all'interno del Progetto. In aggiunta, al fine di permettere una certa flessibilità di azione sugli indicatori elaborati, è stata volontariamente aggiunta la possibilità di creare “un'area tematica a scelta” (vedi *Fig.2*), così da permettere la valutazione della variazione della pericolosità climatica attesa per un ulteriore settore di interesse affine a quelli scelti dal Progetto.

¹ L'Area tematica corrisponde al nome del Framework (numerati da 1 a 14 all'interno dell'applicativo)

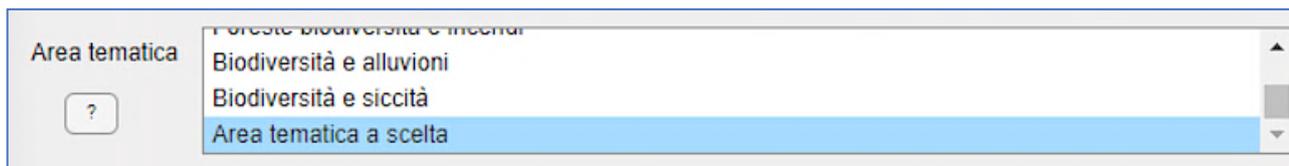


Fig 2. ARTACLIM_CLIMEAPP: opzione “area tematica a scelta”

4.3 Scelta del periodo da analizzare (2021-2050, 2071-2100)

La seconda scelta dell’applicativo ARTACLIM_CLIMEAPP 1.0 riguarda il periodo da analizzare, che può fare riferimento a due intervalli temporali (vedi Fig.3):

- I. **2021-2050** rispetto al periodo di riferimento 1981-2010
- II. **2071-2100** rispetto al periodo di riferimento 1981-2010

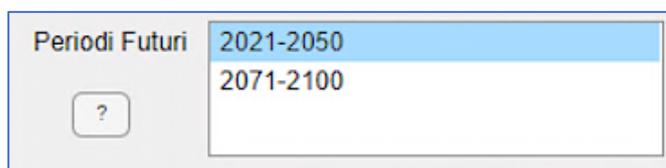


Fig 3. ARTACLIM_CLIMEAPP: scelta del periodo

Le anomalie climatiche sono state qui ottenute come la differenza tra i valori medi degli indicatori nel periodo futuro 2021-2051 e quello di riferimento 1981-2010 nel primo caso e come differenza tra i valori medi degli indicatori nel periodo futuro 2071-2100 e quello di riferimento 1981-2010 nel secondo caso (PNACC, 2019). Tali anomalie climatiche sono state espresse in parte in valori assoluti (e.g. temperatura media annuale, giorni di precipitazione intensa, frost days, etc.) e in parte in valori relativi (cumulata delle precipitazioni invernali, cumulata delle precipitazioni estive, etc.), motivo per cui è stato necessario procedere alla loro normalizzazione (vedi sezione *Normalizzazione degli indicatori*) prima di rendere possibile una loro aggregazione (GIZ, 2017).

4.4 Scelta dello scenario emissivo di riferimento (RCP4.5, RCP8.5)

La terza selezione dei parametri dell’applicativo ARTACLIM_CLIMEAPP 1.0 riguarda lo scenario emissivo IPCC che si vuole considerare (IPCC, 2013). Le opzioni possibili sono riconducibili a due scenari (vedi Fig.4):

- I. **RCP4.5**, definito anche **scenario di “Forte stabilizzazione”** (riduzioni consistenti) il quale assume che si intraprendano iniziative mirate per controllare il livello di emissioni presenti. È considerato scenario di stabilizzazione. Entro il 2070 le emissioni di CO₂ si presume scendano al di sotto dei livelli attuali (400 ppm) e si presume inoltre che la concentrazione atmosferica si stabilizzerà entro la fine del secolo a circa il doppio dei livelli preindustriali.
- II. **RCP8.5**, definito anche **scenario ad “alte emissioni”** (scenario “Business as Usual”) il quale assume che la crescita delle emissioni rimanga ai ritmi attuali. Entro il 2100 le emissioni di CO₂ si presume che saranno triplicate o quadruplicate (840-1120 ppm) rispetto ai livelli preindustriali (280 ppm).

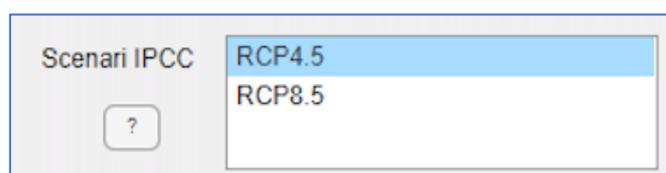


Fig 4. ARTACLIM_CLIMEAPP: scelta dello scenario emissivo

4.5 Scelta dell'area oggetto di studio

In questa sezione si fa riferimento all'area che si vuole prendere in analisi fra le diverse Zone Omogenee della Città Metropolitana di Torino. Per dare una visione d'insieme della variazione della pericolosità climatica attesa in maniera interattiva, si è deciso di considerare sia le aree direttamente imputabili al Progetto-Artacлим (Zona 5 Area del Pinerolese, Zona 6 Vallidi Susa e Sangone, Zona 7 Ciriacese-Valli di Lanzo, Zona 8 Canavese occidentale, Zona 9 Eporediese) sia le restanti Zone non inizialmente selezionate (Torino città, Zona 2 Area Metropolitana Torino Ovest, Zona 3 Area Metropolitana Torino Sud, Zona 4 Area Metropolitana Torino Nord, Zona 10 Chivassese, Zona 11 Chierese Carmagnolese). A nostro avviso questo permette di fornire uno strumento più completo ai tecnici e ai policy maker finali, permettendo così una valutazione più uniforme all'interno del territorio oggetto di studio (Torino Metropoli, 2020).

La scelta della Zona Omogenea da considerare non vincola la scelta dell'area tematica, ed è quindi possibile considerare uno fra i framework precedentemente citati per ogni area selezionata. La differenza però si risconterà nel confronto fra tutte le zone inserite con la ZOP 5, poiché quest'ultima (in quanto caso studio italiano del Progetto) a differenza delle altre aree comprende anche i fattori di Esposizione e di Vulnerabilità (suddivisa in Sensività e Capacità Adattiva).

In base all'area selezionata, lo strumento interattivo evidenzierà nel riquadro in basso a destra l'area sul quale si sta scegliendo di agire per la valutazione della pericolosità climatica o del rischio. La selezione permette di scegliere una zona alla volta, indi per cui se si vuole agire su più aree sarà necessario selezionare più aree con gli stessi parametri di analisi in fasi differenti. La Fig.5 fornisce un'idea di come può variare la visualizzazione in base alla Zona selezionata:

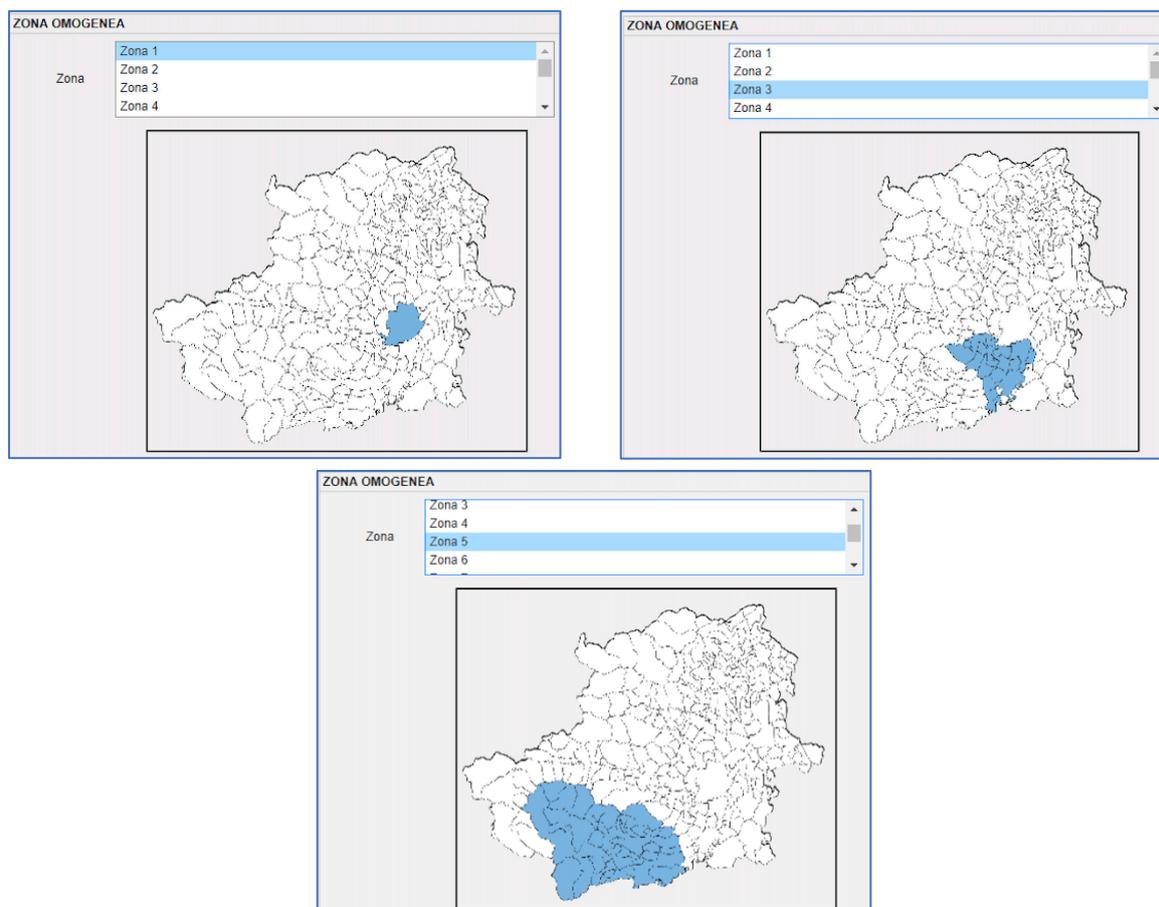


Fig 5. ARTACLIM_CLIMEAPP: scelta della Zona

4.6 Scelta degli indicatori climatici

Nell'ambito dello studio sul cambiamento climatico, sulla base di ciò che emerge dalla letteratura odierna, per determinare il livello di rischio di un certo territorio e la sua variazione attesa è necessario prima di tutto valutare il pericolo attuale e atteso tramite degli indicatori climatici *ad hoc*. Per questo motivo, nella sezione *Indici di Pericolo Climatico (H)* all'interno dell'interfaccia, ad ogni pericolo climatico considerato sono stati attribuiti un certo numero di indicatori (come mostrato nella *Tab.1*), i quali afferiscono a loro volta a delle aree tematiche ben precise (vedi *Tab.2*).

Tabella 1. Indicatori Climatici in base al Pericolo climatico considerato

| Pericolo (H) | indicatore | Unità di misura | nome | descrizione |
|--|---------------|-----------------|--|---|
| Aumento dell'intensità delle precipitazioni | PRCPTOTwetday | mm (%) | Precipitazioni annuali totali nei giorni di pioggia | Cumulata (somma) della precipitazione annuale per i giorni con precipitazione maggiore/uguale a 1 mm |
| | RX1DAY | mm (%) | Massima precipitazione in 1 giorno | Massimo di precipitazione giornaliera |
| | RX5DAY | mm (%) | massimo di precipitazione su 5 giorni consecutivi | Massimo di precipitazione su 5 giorni consecutivi su scala annuale |
| | SDII | mm/wet day (%) | Intensità della precipitazione giornaliera | Precipitazione media giornaliera nei giorni di precipitazione maggiore o uguale a 1mm |
| Aumento della siccità | CDD | giorni/anno | numero di giorni consecutivi secchi | Numero massimo di giorni consecutivi all'anno con precipitazione minore di 1 mm |
| Aumento della temperatura | FD | giorni/anno | Numero di giorni di gelo | Numero di giorni all'anno con temperatura minima giornaliera inferiore agli 0°C |
| | ID | giorni/anno | Numero di giorni di ghiaccio | Numero di giorni all'anno con temperatura massima minore di 0°C |
| | SU | giorni/anno | Numero di giorni estivi | Numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 25°C |
| | TG | °C | Temperatura media giornaliera | Temperatura media giornaliera il giorno <i>i</i> nell'anno <i>j</i> |
| | TN | °C | Temperatura minima giornaliera | Temperatura minima giornaliera |
| | TNN | °C | Valore minimo della temperatura minima giornaliera | - |
| | TNX | °C | Valore massimo della temperatura minima giornaliera | - |
| | TR | giorni/anno | Notti tropicali | Numero di giorni all'anno con temperatura minima maggiore di 20°C |
| | TX | °C | Temperatura massima giornaliera | - |
| | TXN | °C | Valore minimo della temperatura massima giornaliera | - |
| | TXX | °C | Valore massimo della temperatura massima giornaliera | - |
| Aumento delle ondate di calore (in alta quota) | HUMIDEX | giorni/anno | - | Numero di giorni di disagio termico dovuto alle alte temperature (si basa sulla temperatura massima giornaliera e all'umidità relativa) |
| | HW | giorni/anno | Ondate di calore | Numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 35°C |
| | R10 | giorni/anno | - | Numero di giorni all'anno con precipitazione maggiore di 10 mm |

| | | | | |
|--|-----|-------------|---|---|
| Aumento nella frequenza delle precipitazioni | R20 | giorni/anno | - | Numero di giorni all'anno con precipitazione maggiore di 20 mm |
| | RR1 | giorni/anno | - | Numero di giorni all'anno con pioggia maggiore o uguale ad 1 mm |

Tabella 2. Pericolo climatico in relazione all'area tematica considerata

| Fmk_id | Area Tematica in analisi | Pericolo (H) | Indicatori considerati |
|-------------|---|--|--|
| 1, 4 e 13 | Sistema Insediativo e Alluvioni Infrastrutture e Alluvioni Biodiversità e Alluvioni | Aumento dell'intensità delle precipitazioni | PRCPTOT wetday, SDII, RX1day, RX5day |
| | | Aumento nella frequenza delle precipitazioni | R10, R20, RR1 |
| 2 e 5 | Sistema Insediativo e Frane/Valanghe Infrastrutture e Frane/Valanghe | Aumento della temperatura | TN, TX, FD, SU, ID, TR, HW, TXN, TNN, TXX, TNX |
| | | Aumento delle ondate di calore (in alta quota) | TR, HW, HUMIDEX |
| | | Aumento dell'intensità delle precipitazioni | RX1day, RX5day |
| | | Aumento nella frequenza delle precipitazioni | R20 |
| 3 e 6 | Sistema Insediativo e Incendi Infrastrutture e Incendi | Aumento della siccità | CDD |
| | | Aumento della temperatura | TN, TX, FD, SU, ID, TR, HW, TXN, TNN, TXX, TNX |
| | | Aumento delle ondate di calore (in alta quota) | TR, HW, HUMIDEX |
| 7 | Turismo Invernale | Aumento della temperatura | TG |
| | | Aumento delle precipitazioni | PRCPTOT wetday |
| 8 | Turismo Estivo | Aumento delle ondate di calore (in alta quota) | TR, HW, HUMIDEX |
| 9 | Agricoltura e Alluvioni | Aumento dell'intensità delle precipitazioni | PRCPTOT wetday, SDII, RX1day, RX5day |
| | | Aumento nella frequenza delle precipitazioni | R10, R20, RR1 |
| 10, 11 e 14 | Agricoltura e Siccità Foreste e Siccità Biodiversità e Siccità | Aumento della siccità | CDD |
| | | Aumento della temperatura | SU, TR, HW, TXX |
| 12 | Foreste, Biodiversità e Incendi | Aumento della siccità | CDD |
| | | Aumento della temperatura | TN, TX, FD, SU, ID, TR, HW, TXN, TNN, TXX, TNX |

Tabella 3. Indicatori di pericolosità climatica aggiuntivi

| Pericolo (H) | indicatore | Unità | nome | descrizione |
|-------------------------------------|--------------|-------------|--|---|
| Aumento delle temperature | TX10P | giorni/anno | Giorni freschi | Numero di giorni con temperatura massima inferiore al 10° percentile della temperatura massima giornaliera |
| | TX90P | giorni/anno | Giorni caldi | Numero di giorni con temperatura massima superiore a 90° percentile della temperatura massima giornaliera |
| | WSDI | giorni/anno | Indice di durata dei periodi di caldo | Numero totale di giorni per periodo (annuale o stagionale) in cui la temperatura massima è superiore al 90° percentile della temperatura massima in intervalli di almeno 6 giorni consecutivi |
| | TX10PRCTILE | °C | - | 10° percentile della temperatura massima |
| | TX95PRCTILE | °C | - | 95° percentile della temperatura massima |
| | TX99PRCTILE | °C | - | 99° percentile della temperatura massima |
| | CFD | giorni/anno | Giorni di gelo consecutivi | Numero massimo di giorni consecutivi con temperatura minima inferiore a 0°C |
| | TN10P | giorni/anno | Giorni freschi | Numero di giorni con temperatura minima inferiore al 10° percentile della temperatura minima giornaliera |
| | TN90P | giorni/anno | Giorni caldi | Numero di giorni con temperatura minima superiore a 90° percentile della temperatura minima giornaliera |
| | CSDI | giorni/anno | Indice di durata dei periodi di freddo | Numero totale di giorni per periodo (annuale o stagionale) in cui la temperatura minima è inferiore al 10° percentile della temperatura minima in intervalli di almeno 6 giorni consecutivi |
| | TN10PRCTILE | °C | - | 10° percentile di temperatura minima |
| | TN95PRCTILE | °C | - | 95° percentile di temperatura minima |
| | TN99PRCTILE | °C | - | 99° percentile di temperatura minima |
| | HD17 | °C | Heating Degree Days | Somma di 17°C meno la temperatura media |
| | GD4 | °C | Growing Degree Days | Somma della temperatura media superiore a 4°C |
| | TG10P | giorni/anno | Giorni freschi | Giorni con temperatura media inferiore al 10° percentile della temperatura media giornaliera |
| | TG90P | giorni/anno | Giorni caldi | Giorni con temperatura media superiore a 90° percentile della temperatura media giornaliera |
| | TG10PRCTILE | °C | - | 10° percentile della temperatura media |
| | TG95PRCTILE | °C | - | 95° percentile della temperatura media |
| TG99PRCTILE | °C | - | 99° percentile della temperatura media | |
| Variazione nel regime precipitativo | RX2DAY | % | - | massimo di precipitazione su 2 giorni consecutivi |
| | PRCPTOT | % | - | cumulata (somma) della precipitazione annuale |
| | RX3DAY | % | - | massimo di precipitazione su 3 giorni consecutivi |
| | PR90PRCTILE | % | - | 90° percentile di precipitazione (mm) |
| | PR95PRCTILE | % | - | 95° percentile di precipitazione (mm) |
| | PRC99PRCTILE | % | - | 99° percentile di precipitazione (mm) |

Questa selezione di indicatori è quindi vincolata alla scelta dell'area tematica selezionata, al fine di supportare l'utente durante la fase di valutazione. Inoltre, per permettere ulteriori elaborazioni legate all'opzione "area tematica a scelta", sono stati inseriti 26 indicatori di pericolosità climatica (non presenti nella fase di valutazione nell'ambito del Progetto-Artacim), elencati all'interno della tabella seguente (Tab.3).

4.7 Scelta degli indicatori di esposizione

Come accennato nei capitoli precedenti, la piattaforma *CLIME-APP* permette una valutazione della variazione della pericolosità climatica attesa in maniera interattiva per tutte le diverse Zone Omogenee della Città Metropolitana di Torino (Torino Metropoli, 2020), fornendo comunque, attraverso eventuali futuri sviluppi della piattaforma, l'opportunità all'utente di definire un livello di rischio in base all'area tematica identificata per ogni comune entro i confini della Città Metropolitana di Torino (come per la ZOP 5, caso studio italiano).

Nella sezione *Indici di Esposizione (E)*, sono stati quindi inseriti gli indicatori di esposizione già afferenti alla ZOP 5 (come mostrato in *Figura 6*), anch'essi vincolati alla scelta dell'area tematica identificata nelle sezioni precedentemente trattate. Infatti, anche qui l'obiettivo è quello di supportare l'utente finale nella valutazione del rischio in base all'area tematica considerata.



Fig 6. ARTACLIM_CLIMEAPP: scelta del campione esposto

Pertanto, in base all'area tematica selezionata, l'utente si troverà di fronte ai seguenti campioni esposti, presenti in *Tabella 4*:

Tabella 4. Indicatori di esposizione in base all'area tematica oggetto di studio

| Fmk_id | Area Tematica in analisi | Indicatori di Esposizione (E)* |
|----------|---|--|
| 1, 2 | Sistema Insediativo e Alluvioni Sistema Insediativo e Frane/Valanghe | Aree a destinazione d'uso residenziale (ha) Aree a destinazione d'uso industriale e commerciale (ha) Aree a destinazione d'uso servizi di carattere gerarchico sovracomunale (ha) Aree a destinazione d'uso beni storici ambientali (ha) Aree a destinazione d'uso agricolturale (ha) Aree a destinazione d'uso non riconosciuta (ha) Abitanti in area P2 e P3 PAI (numero) |
| 3 | Sistema Insediativo e Incendi | Aree a destinazione d'uso residenziale (ha) Aree a destinazione d'uso industriale e commerciale (ha) Aree a destinazione d'uso servizi di carattere gerarchico sovracomunale (ha) Aree a destinazione d'uso non riconosciuta (ha) Rapporto tra la popolazione residente e la superficie territoriale espressa in kmq |
| 4, 5 e 6 | Infrastrutture e Alluvioni Infrastrutture e Frane/Valanghe Infrastrutture e Incendi | Strade in luoghi e ambienti che potrebbero essere influenzati negativamente dal verificarsi di inondazioni e piene (in km) Ferrovie in luoghi e ambienti che potrebbero essere influenzati negativamente dal verificarsi di inondazioni e piene (in km) Piste ciclabili in luoghi e ambienti che potrebbero essere influenzati negativamente dal verificarsi di inondazioni e piene (in km) Infrastrutture di produzione energetica in luoghi e ambienti che potrebbero essere influenzati negativamente dal verificarsi di inondazioni e piene (numero) Infrastrutture in distribuzione energetica in luoghi e ambienti che potrebbero essere influenzati negativamente dal verificarsi di inondazioni e piene (numero) |
| 7 | Turismo invernale | Strutture ricettive per attività turistica (numero) Strutture e o impianti alpiniche presentano elevata valenza paesaggistica (numero) Uffici di informazione e accoglienza turistica (numero) Centri di attività sportive invernali (numero) |
| 8 | Turismo Estivo | Strutture ricettive per attività turistica (numero) Strutture e o impianti alpiniche presentano elevata valenza paesaggistica (numero) Uffici di informazione e accoglienza turistica (numero) |

| | | |
|----|---------------------------------|---|
| | | Percorsi principali e secondari, classificati come ciclabili o escursionistici (numero) Infrastrutture ciclabili (piste e percorsi nelle aree verdi) esistenti – aggiornamento all'anno 2018 (numero) |
| 9 | Agricoltura e Alluvioni | Superficie agricola utilizzata e superficie ad arboricoltura ricadenti nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni(ha) Allevamenti ricadenti nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (numero) |
| 10 | Agricoltura e Siccità | Superficie agricola utilizzata nel territorio comunale da Sistema Piemonte - Anagrafe Agricola Unica (2018) (ha) Superficie a prevalente valenza pastorale (cespuglieti, cespuglieti pascolabili, praterie, praterie non utilizzate, praterie rupicole, prato-pascoli) ricadente nel territorio comunale (ha) Allevamenti nel territorio comunale da Sistema Piemonte – Anagrafe Agricola Unica (2018), (numero) Aziende agricole nel territorio comunale da Sistema Piemonte -Anagrafe Agricola Unica (2018), (numero) Occupati nei settori dell'agricoltura e della selvicoltura nel territorio comunale da ISTAT 2011 (numero) |
| 11 | Foreste e Siccità | Operatori forestali presenti nel territorio comunale (numero) Superficie forestale con destinazione produttiva e produttiva-protettiva ricadente nel territorio comunale (ha) |
| 12 | Foreste, Biodiversità e Incendi | Superficie forestale ricadente nel territorio comunale (ha) Superficie a prevalente valenza pastorale (cespuglieti, cespuglieti pascolabili, praterie, praterie non utilizzate, praterie rupicole, prato-pascoli) ricadente nel territorio comunale, da carta "integrata" dell'uso suolo (ha) |
| 13 | Biodiversità e Alluvione | Altre coperture del territorio (greti, invasi, bacini, aree estrattive) ricadenti nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (ha) Superficie a prevalente valenza pastorale (cespuglieti, cespuglieti pascolabili, praterie, praterie non utilizzate, praterie rupicole, prato-pascoli) ricadente nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (ha) Superficie agricola utilizzata (SAU) ricadente nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (ha) Superficie forestale ricadente nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (ha) |
| 14 | Biodiversità e Siccità | Superficie agricola utilizzata presente nel territorio comunale da carta “integrata” dell’uso del suolo (ha) Superficie a prevalente valenza pastorale (cespuglieti, cespuglieti pascolabili, praterie, praterie non utilizzate, praterie rupicole, prato-pascoli) ricadente nel territorio comunale, da carta "integrata" dell'uso suolo (ha) Superficie forestale ricadente nel territorio comunale (ha) Altre coperture territorio (acque correnti, greti, invasi, bacini, aree estrattive) ricadenti nel territorio comunale (ha) |

* Per ulteriori dettagli si rimanda all'*Allegato A – Schede tecniche*, che comprende tutte le informazioni relative ad ogni indicatore

Inoltre, al fine di permettere un'adeguata selezione degli indicatori di esposizione per l'opzione “area tematica a scelta”, ogni indicatore presente in questa sezione è stato nominato secondo il seguente formato: “nome_indicatore.di.esposizione” + pericolo climatico di riferimento (vedi *Allegato A* per ulteriore dettagli). Questo procedimento è stato fatto per tenere in considerazione il corretto campione esposto in base al pericolo climatico in oggetto. Infatti, tale valore cambia in base al pericolo analizzato.

4.8 Scelta degli indicatori di vulnerabilità (sensività e capacità adattiva)

Per lo sviluppo di un indice aggregato di vulnerabilità secondo l'area tematica scelta, è stato necessario provvedere allo studio e alla raccolta dei dati per ciò che riguarda il fattore di sensitività e il fattore di capacità adattiva. Nella sezione *Indici di Sensività (S)* e *Indici di Capacità Adattiva (CA)*, sarà quindi visibile all'utente quali indicatori afferiscono in base ai parametri precedentemente scelti (vedi *Figura 7*):

Fig 7. ARTACLIM_CLIMEAPP: scelta degli indicatori di sensitività e di capacità adattiva

La scelta, come per gli indicatori di esposizione, sarà quindi guidata in base all'area tematica selezionata inizialmente. Inoltre, l'utente, tramite la creazione di un'“area tematica a scelta”, potrà costruire un framework non precedentemente incluso, tramite la scelta degli indicatori disponibili per i 3 fattori di riferimento (H, E e V). Questo con il fine di permettere, ad utenti opportunamente formati, di valutare più specificatamente quali variazioni del rischio potrebbero presentarsi all'interno delle diverse Zone Omogenee e, quindi, permettere di identificare nuove efficienti misure di adattamento.

La *Tab.5* e *Tab.6* forniscono una chiara descrizione degli indicatori di sensitività e di capacità adattiva che afferiscono a ogni area tematica di riferimento:

Tabella 5. Indicatori di sensitività (componente della vulnerabilità) in base all'area tematica oggetto di studio

| Fmk_id | Area Tematica in analisi | Indicatori di Sensività (S)* |
|----------|---|--|
| 1 e 2 | Sistema Insediativo e Alluvioni Sistema Insediativo e Frane/Valanghe | Incidenza edifici in pessimo stato di conservazione |
| | | Sommatoria superficie consumata in area P2 e P3/ sulla superficie totale delle aree P2 e P3 |
| | | Riduzione servizi ecosistemici dei boschi |
| | | Popolazione >=75 anni |
| | | Popolazione inferiore ai 6 anni |
| 3 | Sistema Insediativo e Incendi | Reddito imponibile medio per contribuente |
| | | Rapporto percentuale fra la superficie a foreste e la superficie comunale |
| | | Sommatoria superficie consumata in area P2 e P3/ sulla superficie totale delle aree P2 e P3 |
| | | Rapporto percentuale fra la popolazione residente nei nuclei abitati o case sparse e il totale della popolazione residente |
| | | Popolazione >=75 anni |
| 4, 5 e 6 | Infrastrutture e Alluvioni Infrastrutture e Frane/Valanghe* Infrastrutture e Incendi^ | Popolazione inferiore ai 6 anni |
| | | Reddito imponibile medio per contribuente |
| | | Presenza di ponti e viadotti in aree P2 e P3 |
| | | Calcolo del flusso veicolare presente su una infrastruttura stradale osservabile mediamente nell'arco delle 24 ore*^ |
| | | Rapporto percentuale tra la popolazione residente che si sposta giornalmente per motivi di lavoro o di studio utilizzando un mezzo privato a motore (autoveicolo o motoveicolo) e la popolazione residente che si sposta giornalmente per motivi di lavoro o di studio*^ |
| | | Rapporto percentuale tra la popolazione residente che si sposta giornalmente per motivi di lavoro o di studio utilizzando mezzi di trasporto collettivi (treno, autobus, metropolitana) e la popolazione residente che si sposta giornalmente per motivi di lavoro o di studio*^ |

| | | |
|-------|-------------------------------------|--|
| | | Rapporto percentuale tra la popolazione residente che si sposta giornalmente per motivi di lavoro o di studio andando a piedi/in bicicletta e la popolazione residente che si sposta giornalmente per motivi di lavoro o di studio* [^] |
| 7 e 8 | Turismo invernale Turismo estivo | Arrivi: numero di clienti ospitati negli esercizi ricettivi Presenze: numero delle notti trascorse dai clienti negli esercizi ricettivi Rapporto tra gli arrivi e le notti di permanenza Numero massimo di persone che la struttura ricettiva può ospitare in un giorno o in tutto il periodo di apertura Rapporto tra numero di arrivi e residenti Variazione delle presenze turistiche dal 2016 al 2017 |
| 9 | Agricoltura e Alluvioni | Superficie agricola utilizzata afferente a suoli di capacità ad uso I e II ricadenti nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (ha) Superficie destinata a frutteti e vigneti ricadente nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (ha) Aziende agricole con conduttore di età maggiore dei 65 anni da Sistema Piemonte – Anagrafe Agricola Unica (2018), (numero) |
| 10 | Agricoltura e Siccità | Superficie destinata alla coltivazione di mais nel territorio comunale da Sistema Piemonte - Anagrafe Agricola Unica (2018) (ha) Superficie destinata a prati permanenti nel territorio comunale da Sistema Piemonte - Anagrafe Agricola Unica (2018) (ha) Superficie destinata a frutteti nel territorio comunale da Sistema Piemonte - Anagrafe Agricola Unica (2018) (ha) Superficie destinata a pascoli utilizzati (praterie, prato-pascoli) nel territorio comunale da carta "integrata" dell'uso suolo (ha) Superficie irrigata dai Consorzi irrigui nel territorio comunale da Regione Piemonte - Sistema Informativo Bonifica e Irrigazione (SIBI) (ha) Sorgenti e fontanili con captazioni ad uso irriguo nel territorio comunale da Città Metropolitana Torino - Ambiente -Risorse idriche – Catasto (numero) Allevamenti con più di 20 UBA nel territorio comunale da Sistema Piemonte - Anagrafe Agricola Unica (2018) (numero) Aziende agricole con conduttore di età maggiore dei 65 anni da Sistema Piemonte - Anagrafe Agricola Unica (2018) (numero) |
| 11 | Foreste e Siccità | Superficie a castagneto con destinazione produttiva o produttiva-protettiva ricadente nel territorio comunale (ha) Superficie a faggeta con destinazione produttiva o produttiva-protettiva ricadente nel territorio comunale (ha) Superficie a pecceta e a rimboschimento di abete rosso con destinazione produttiva o produttiva-protettiva ricadente nel territorio comunale (ha) |
| 12 | Foreste, Biodiversità e Incendi | Superficie a castagneto ricadente nel territorio comunale (ha) Superficie a faggeta ricadente nel territorio comunale (ha) Superficie ad abetina e pecceta ricadente nel territorio comunale (ha) Superficie a pineta di pino silvestre ricadente nel territorio comunale (ha) Superficie a rimboschimento di conifere ricadente nel territorio comunale (ha) Superficie a boscaglia pioniera e d'invasione ricadente nel territorio comunale (ha) Superficie ad arbusteti subalpini ricadente nel territorio comunale (ha) Superficie a cespuglieti ricadente nel territorio comunale (ha) Numero di giorni con classe di intensità di pericolo incendi pari a "molto elevato" (gg/10 anni) |
| 13 | Biodiversità e Alluvione | Superficie di greto ricadente nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (ha) Bacini ed invasi ricadenti nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (ha) Superficie a prato (praterie, prato-pascoli, prati stabili di pianura) ricadente nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (ha) |
| 14 | Biodiversità e Siccità | Superficie occupata da formazioni forestali sensibili a destinazione naturalistica (faggete, acero-tiglio-frassineti, alneti planiziali e montani, formazioni legnose riparie, quercio-carpineti) ricadente nel territorio comunale (ha) Zone umide (sorgenti e fontanili, torbiere, stagni e paludi, acquitrini e pozze) ricadenti nel territorio comunale (numero) Zone umide (bacini d'acqua, invasi artificiali) ricadenti nel territorio comunale (ha) Superficie occupata da acque correnti e greti ricadente nel territorio comunale (ha) |

* Per ulteriori dettagli si rimanda all'*Allegato A – Schede tecniche*, che comprende tutte le informazioni relative ad ogni indicatore

Tabella 6. Indicatori di capacità adattiva (componente della vulnerabilità) in base all'area tematica oggetto di studio

| Fmk_id | Area Tematica in analisi | Indicatori di Capacità Adattiva (CA)* |
|------------|--|---|
| 1, 2, 4, 5 | Sistema Insediativo e Alluvioni Sistema Insediativo e Frane/Valanghe Infrastrutture e Alluvioni* Infrastrutture e Frane/Valanghe^ | Presenza opere idrauliche (numero)*^ Iniziative per l'adattamento cambiamenti climatici*^ Copertura banda ultra-larga (%) Istituzioni con volontari*^ Apertura ai temi della sostenibilità ambientale*^ |
| 3, 6 | Sistema Insediativo e Incendi Infrastrutture e Incendi* | Numero di interventi di ripristino del territorio danneggiato dagli boschivi che hanno interessato il Piemonte tra ottobre e novembre del 2017* Presenza di strumenti di programmazione e gestione degli interventi silvicolturelle delle proprietà forestali e delle opere connesse* Iniziative per l'adattamento cambiamenti climatici* Copertura banda ultra-larga (%)* Istituzioni con volontari |
| 7 | Turismo invernale | Adesione da parte di amministrazioni locali al patto dei sindaci (MayorsAdapt) e/o presenza di strumenti d'azione per l'energia e per il clima (PAES, PAESC) Attività turistiche nella ZOP non ricadenti nell'attività sciistica Adesione delle aziende agricole locali alla rete Campagna Amica Presenza di ecomusei nei comuni della ZOP Attività destinate a soddisfare diversi interessi culturali, di intrattenimento e divertimento per il pubblico, inclusi spettacoli dal vivo, gestione di musei, giochi e scommesse, attività sportive e ricreative Presenza di volontariato a livello comunale Apertura ai temi della sostenibilità attraverso: amministrazioni comunale; comunità montana o unione di comuni; azienda o ente del servizio sanitario nazionale; università pubblica; ente pubblico non-economico; altra forma giuridica. |
| 8 | Turismo estivo | Adesione da parte di amministrazioni locali al patto dei sindaci (MayorsAdapt) e/o presenza di strumenti d'azione per l'Energia e per il Clima (PAES, PAESC) Presenza di piani o di strategie provinciali per far fronte al problema della carenza idrica nella stagione Adesione delle aziende agricole locali alla rete Campagna Amica Presenza di ecomusei nei comuni della ZOP Presenza di sistemi di fortificazione nei comuni della ZOP Presenza di volontariato a livello comunale Apertura ai temi della sostenibilità attraverso: amministrazioni comunale; comunità montana o unione di comuni; azienda o ente del servizio sanitario nazionale; università pubblica; ente pubblico non-economico; altra forma giuridica. |
| 9 | Agricoltura e Alluvioni | Comuni che hanno approvato varianti al PRGC con adeguamento alle norme del PAI (numero) Comuni dotati di Piano di Protezione Civile approvato successivamente all'emanazione della Legge 100/2012 (numero) Aziende agricole che hanno in corso polizze che prevedono garanzie in caso di eventi estremi ricadente nel territorio comunale (numero) |
| 10 | Agricoltura e Siccità | Aziende agricole che hanno in corso polizze che prevedono garanzie in caso di eventi estremi ricadente nel territorio comunale (numero) Superficie ammessa a contributo ai sensi dell'Azione 125.2 del PSR 2007-2014 "Gestione delle risorse Irrigue" ricadente nel territorio comunale da Regione Piemonte - Sistema Informativo Bonifica e Irrigazione (SIBI) (ha) Superficie ammessa a contributo ai sensi dell'Azione 10.1.4.2 del PSR 2014-2020 "Diversificazione culturale in aziende maicicole" ricadente nel territorio comunale (ha) Superficie ammessa a contributo per efficientamento dei servizi irrigui ai sensi del Programma di sviluppo rurale nazionale (PSRN) 2014-2020 ricadente nel territorio comunale (ha) |
| 11 | Foreste e Siccità | Superficie pianificata da Piani Forestali Aziendali con indicazioni gestionali per l'adattamento (ha) |
| 12 | Foreste, Biodiversità e Incendi | Superficie pianificata da Piani Forestali Aziendali con indicazioni gestionali per l'adattamento agli incendi boschivi (ha) Sviluppo lineare di viabilità forestale per ettaro di superficie all'interno del territorio comunale (m/ha) Numero di punti di approvvigionamento idrico per l'estinzione degli incendi presente nel territorio comunale (numero) Copertura del territorio da parte del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (distaccamenti cittadini, provinciali e volontari) e/o del Corpo Volontari Antincendi Boschivi (presenza/assenza) |
| 13 | Biodiversità e Alluvione | Superficie a saliceti e pioppeti ripari ricadente nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (ha) Superficie ad alneti planiziali e montani ricadente nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (ha) Superficie occupata da coltivazioni di pioppo ricadente nelle fasce P2 e P3 del Piano di gestione del rischio di alluvioni (ha) |

| | | |
|----|------------------------|---|
| | | Superficie dotata di Piani di gestione e/o Misure di conservazione per Siti Rete Natura 2000 e/o Piani d'area con indicazioni utili per la capacità adattiva ricadente nel territorio comunale (ha) |
| | | Superficie dotata di Piani di gestione e/o Misure di conservazione per Siti Rete Natura 2000 e/o Piani d'area con indicazioni utili per la capacità adattiva ricadente nel territorio comunale (ha) |
| | | Superficie coinvolta dalla Misura 10 - Agroambiente - Operazione 10.1.4.1. del PSR 2014-2020 "Conversione di seminativi in foraggiere permanenti" ricadente nel territorio comunale (ha) |
| 14 | Biodiversità e Siccità | Adesioni alla Misura 4 - Investimenti - Operazione 4.4.1 del PSR 2014-2020 "Elementi naturaliformi dell'agroecosistema" ricadente nel territorio comunale (numero) |
| | | Adesioni alla Misura 4 - Investimenti - Operazione 4.4.3 del PSR 2014-2020 "Salvaguardia, ripristino e miglioramento della biodiversità" ricadente nel territorio comunale (numero) |
| | | Superficie ammessa a contributo ai sensi della Sottomisura 8.1 del PSR 2014-2020 "Forestazione e imboscamento" ricadente nel territorio comunale (ha) |

* Per ulteriori dettagli si rimanda all'*Allegato A – Schede tecniche*, che comprende tutte le informazioni relative ad ogni indicatore

Inoltre, al fine di permettere un'adeguata selezione degli indicatori di sensitività e di capacità adattiva per l'opzione "area tematica a scelta", ogni indicatore presente in queste sezioni è stato nominato secondo il seguente formato: "nome_indicatore.di.sensitività" o "nome_indicatore.di.capacità adattiva" + pericolo climatico di riferimento (vedi *Allegato A* per ulteriore dettagli). Questo procedimento è stato fatto per tenere in considerazione il corretto campione da considerare in base al pericolo climatico in oggetto. Infatti, tale valore cambia (spesso) in base al pericolo analizzato.

4.9 Normalizzazione degli indicatori

In seguito alla strutturazione di ogni area tematica oggetto di studio, si è proceduto con il calcolo di ciascun indicatore utilizzato come *proxy* per l'identificazione del pericolo climatico (H), dell'esposizione (E), e della vulnerabilità (V), composta da sensitività (S) e capacità adattiva (CA). Per il processo di normalizzazione, si è partiti dall'acquisizione dei valori relativi a ciascun indicatore, in base alla risoluzione più alta a disposizione. Per i soli indicatori di capacità adattiva è stata applicata l'inversione di segno. Il criterio adottato per la normalizzazione di ciascun indicatore è stato il metodo del "min-max" (GIZ, 2017), tramite l'utilizzo della seguente formula:

$$X_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (\text{Eq.2})$$

dove x_i rappresenta il singolo dato da trasformare, x_{max} corrisponde al valore più alto dell'indicatore analizzato e x_{min} corrisponde al valore più basso dell'indicatore selezionato. I valori emersi dalla normalizzazione tendenti allo 0 rappresentano condizioni positive (cioè: minor pericolo, minor esposizione, minor sensitività) mentre i valori tendenti a 1 raffigurano condizioni negative (cioè: maggior pericolo, maggiore esposizione, maggior sensitività). Inoltre, nel caso della capacità adattiva, i valori più bassi devono indicare condizioni positive mentre i valori più alti devono indicare condizioni negative, motivo per cui per questo fattore è necessaria un'adeguata e monitorata inversione di segno. I valori emersi a seguito della normalizzazione di ciascun indicatore devono poi essere "allineati" tra di loro in modo che "la direzione" dell'intervallo sia la stessa per tutti gli indicatori della stessa categoria e per tutti i fattori di rischio: pericolo, esposizione, sensitività e capacità adattiva.

Inoltre, per permettere un utilizzo "user-friendly" all'utente finale, i processi di normalizzazione sono stati automaticamente inseriti all'interno dell'applicativo *ARTACLIM_CLIMEAPP 1.0* per ogni selezione di indicatori che si andrà a scegliere (quindi la sezione qui presente è stata inserita a titolo informativo).

4.10 Aggregazione degli indicatori e calcolo dell'indice per fattore

A questo punto, si è infine proceduto al calcolo dell'indice aggregato di pericolosità climatica (H), all'indice aggregato di esposizione (E) e all'indice aggregato di vulnerabilità (V) (costituito da sensitività e capacità adattiva) attraverso un metodo di aggregazione che ha tenuto conto del peso uguale di ogni indicatore ($w = 1$), utilizzando l'approccio dell'aggregazione lineare per ciascun fattore su scala comunale. I valori normalizzati degli indicatori sono stati moltiplicati per 1, per poi successivamente essere sommati fra loro. Per definire un indice globale di vulnerabilità, composto dall'aggregazione di sensitività e capacità adattiva, è stato utilizzato il metodo di aggregazione aritmetica ponderata. I valori di sensitività e capacità adattiva sono stati quindi sommati fra loro su base comunale e sono stati divisi per 2 (in virtù del fatto che il peso utilizzato nel presente studio è pari a 1). Il valore di vulnerabilità che emerge alla fine di questo processo non è stato ulteriormente normalizzato, ma è stato utilizzato direttamente nel calcolo del rischio finale.

Per definire il livello di propensione al rischio è stata applicata l'Eq. 1 per ogni scenario applicato e per ciascun periodo di tempo considerato. Al risultato finale non è stata applicata una ulteriore normalizzazione, ma bensì è stata applicata la classificazione considerando i valori finali raggiunti.

Tale approccio di aggregazione potrebbe essere migliorato includendo il coinvolgimento degli esperti (e.g. policy maker), che non sono stati considerati in questo studio a causa delle risorse e delle tempistiche a disposizione.

4.11 Criteri di classificazione

In virtù della necessità di confrontare le variazioni del pericolo climatico e del livello di propensione al rischio rispetto al clima osservato fra i diversi comuni della ZOP, è stata utilizzata come metodologia di classificazione il metodo del quantile, che consente di avere in ciascuna classe un numero uguale di valori e una rappresentazione più caratteristica del fenomeno analizzato. Infatti, il metodo di classificazione del quantile si adatta bene ai dati distribuiti linearmente.

Questo tipo di approccio consente di indagare il livello di propensione al rischio atteso a livello comunale, utile per valutare le trasformazioni territoriali in una prospettiva di adattamento agli effetti del cambiamento climatico.

4.12 Dati di output

A questo punto, tramite un semplice clic su  verrà effettuata la normalizzazione e l'aggregazione dei fattori scelti così da fornire i seguenti risultati tramite interfaccia GIS (vedi *Figura 8*):

- indice aggregato di Pericolosità;
- indice aggregato di Esposizione;
- indice aggregato di Vulnerabilità (comprensivo di Sensitività e Capacità Adattiva);
- Rischio finale.

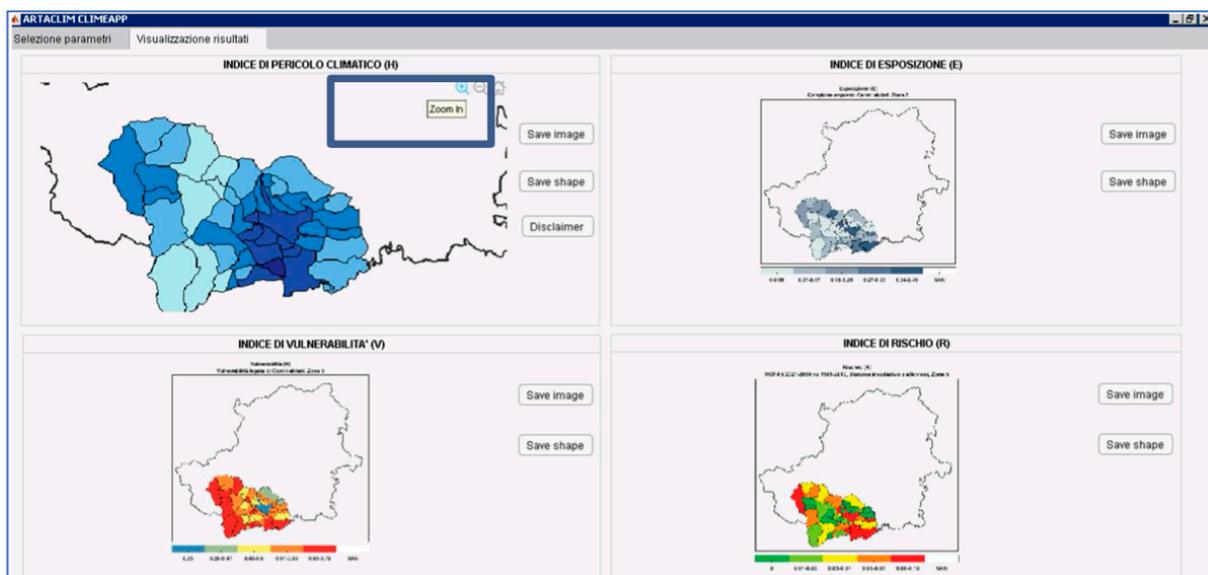
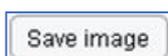


Fig 8. ARTACLIM_CLIMEAPP, mappe: indicatori aggregati e rischio finale (e.g. da framework 1)

L'utente avrà la possibilità di visualizzare i risultati con navigazione immagine e zoom interattivo, come mostrato nella figura di cui sopra, provvedendo al *download* dell'output nel *workspace* dedicato all'interfaccia ("C:\ARTACLIM\RISULTATI"). Il risultato ottenuto potrà essere scaricato in due formati:



che permette di scaricare e salvare il file in formato immagine;



che permette di scaricare e salvare il file in formato shapefile, favorendo così un diretto utilizzo dell'output su piattaforma GIS.

Per quanto riguarda gli output in formato shapefile, la tabella degli attributi contiene quattro colonne con le seguenti informazioni:

- shape: tipo di geometria dello shapefile
- istat: codice istat del comune
- comune: nome del comune
- indice: valore dell'indice aggregato (i valori non disponibili sono rappresentati come -9999).

Inoltre, attraverso il pulsante *scegli path* all'interno della pagina *Visualizzazione Risultati* (vedi Figura 9), l'utente avrà la possibilità di cambiare la cartella di lavoro in cui vengono salvati in automatico i file di interesse in base alle proprie esigenze.



Fig 9. ARTACLIM_CLIMEAPP: scelta della cartella di lavoro

I risultati saranno salvati in una cartella dedicata alla specifica elaborazione il cui nome identificativo viene riportato nella pagina *Selezione parametri* nell'area di testo *ID Elaborazione* (vedi Figura 10).



Fig 10. ARTACLIM_CLIMEAPP: nome automatico della cartella di lavoro

Infine, all'interno della cartella dedicata alla specifica elaborazione, sarà presente un file denominato *metadata.txt* che conterrà i diversi parametri selezionati per la specifica analisi sviluppata, così da poter efficacemente identificare gli indicatori selezionati.

5. Materiale di supporto aggiuntivo



- + ELABORAZIONE DI UNO STUDIO DI VULNERABILITÀ DEL TERRITORIO DELLA ZOP AL CAMBIAMENTO CLIMATICO (*Versione 1.1, aggiornata*)**
che comprende le informazioni dettagliate relative al profilo climatico della ZOP e il dettaglio relativo ad ogni fattore calcolato (e.g. indicatori) per ogni framework in analisi.

- + Allegato A – Schede Tecniche dei Framework inseriti nell' Applicativo Artaclim ClimeApp**
che fornisce una chiara descrizione suddivisa per framework, con le specifiche fonti utilizzate

- + Guida utilizzo ARTACLIM_CLIMEAPP**
che illustra all'utente le principali funzionalità dell'applicativo in forma grafica.

- + Informazioni descrittive Applicativo Artaclim ClimeApp**
che comprende le istruzioni per installare l'applicativo e le credenziali di accesso per avviare l'installazione dell'applicativo.

- + Indicatori di pericolosità climatica, dati aggiuntivi**
che comprende gli indicatori elaborati dal modello della Fondazione CMCC ad 8 km sull'Italia (consultare Bucchignani et al. 2016 e Zollo et al. 2016 per ulteriori informazioni).

- + FAQ (domande frequenti)**

Contatti e riferimenti

Per qualsiasi domanda relativa all'utilizzo dell'applicativo *ARTACLIM_CLIMEAPP 1.0* è possibile contattarci tramite l'indirizzo mail clime@cmcc.it. Inoltre, all'interno della cartella di installazione, sarà presente un FAQ file da consultare al fine di permettere all'utente di risolvere in modo rapido i principali quesiti (già riportati da altri utenti).

Bibliografia

Adattamento e Resilienza dei Territori Alpini di fronte ai Cambiamenti Climatici (ARTACLIM) (2018) Stato dell'arte sugli impatti del cambiamento climatico, l'adattamento e la pianificazione territoriale. http://www.interreg-alcotra.eu/sites/default/files/artaclim_booklet_1_ita_0.pdf. [agosto 2019]

Bucchignani, E., Montesarchio, M., Zollo, A. L., & Mercogliano, P. (2016). High-resolution climate simulations with COSMO-CLM over Italy: performance evaluation and climate projections for the 21st century. *International Journal of Climatology*, 36(2), 735-756.

Ellena, M., Ricciardi, G., Barbato, G., Buffa, A., Villani, V., & Mercogliano, P. (2020). Past and future hydrogeological risk assessment under climate change conditions over urban settlements and infrastructure systems: the case of a sub-regional area of Piedmont, Italy. *Natural Hazards*, 1-31. DOI: [10.1007/s11069-020-03925-w](https://doi.org/10.1007/s11069-020-03925-w)

Emanuelsson MAE, McIntyre N, Hunt CF, Mawle R, Kitson J, Voulvoulis N (2014) Flood risk assessment for infrastructure networks. *J Flood Risk Manag* 7(1):31–41. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12028>

GIZ (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

IPCC (2013) Climate change 2013: the physical science basis. contribution of working Group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In: Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (eds) Cambridge University Press, Cambridge

Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATM) (2017) Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Prima stesura per la Consultazione Pubblica. https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf. [agosto 2019]

Oppenheimer M, Campos M, Warren R, Birkmann J, Luber G, O'Neill B, Takahashi K (2014) Emergent risks and key vulnerabilities. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken S, Mastrandrea PR, White LL (eds) *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 1039–1099

Torino Metropoli. (2020). Zone Omogenee della Città Metropolitana di Torino, disponibile a: http://www.cittametropolitana.torino.it/istituzionale/zone_omogenee.shtml [gennaio 2020]

Zollo, A. L., Rillo, V., Bucchignani, E., Montesarchio, M., & Mercogliano, P. (2016). Extreme temperature and precipitation events over Italy: assessment of high-resolution simulations with COSMO-CLM and future scenarios. *International Journal of Climatology*, 36(2), 987-1004.