



L'impatto climatico su fiumi e laghi e sulla navigabilità

Prof. dr. Alessandro Pezzoli

Professore Aggregato di Gestione e Hedging del Rischio Meteo-Climatico

LM Economia dell'Ambiente, della Cultura e del Territorio

Università di Torino e Politecnico di Torino



BIBLIOGRAFIA



The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings

M.K. Koetse & P. Rietveld

Transportation Research Part D

14, 205-221 (2009)

Questo articolo presenta una rassegna della letteratura empirica sugli effetti del cambiamento climatico e delle condizioni meteorologiche nel settore dei trasporti. **Su scala globale i cambiamenti nel turismo e nella produzione agricola a causa dell'aumento delle temperature possono portare a spostamenti nel trasporto di passeggeri e merci.** L'innalzamento previsto del livello del mare e l'associato aumento in frequenza ed intensità delle mareggiate e dell'incidenza delle inondazioni possono essere alcune delle conseguenze più preoccupanti dei cambiamenti climatici, in particolare per le zone costiere. I cambiamenti climatici correlati alle variazioni degli scenari meteorologici possono portare a danneggiamenti delle infrastrutture.

È evidente che le precipitazioni influiscono sulla sicurezza stradale con un aumentata frequenza degli incidenti, ma con una diminuzione della gravità. Le precipitazioni aumentano anche il traffico, soprattutto nelle ore di punta. Inoltre, **una maggiore frequenza di bassi livelli dell'acqua possono aumentare considerevolmente i costi del trasporto per le vie navigabili interne.** Gli Autori affermano che **l'impatto netto del cambiamento climatico sui costi generalizzati delle varie modalità di trasporto è, ancora, incerto e ambiguo, con una possibile eccezione per il trasporto nelle vie navigabili interne.**



Modal-split effects of climate change: The effect of low water levels on the competitive position of inland waterway transport in the river Rhine area

Jonkeren O., Jourquin B.,
Rietveld P.

Transportation Research Part A
45, 1007-1019 (2011)

Si prevede che il futuro cambiamento climatico influenzerà il trasporto per vie navigabili interne nella maggior parte dei corsi d'acqua naturali in Europa. Per il fiume Reno si prevede che, in estate, si verificheranno periodi più lunghi con bassi livelli dell'acqua. **In periodi di basso livello dell'acqua, le navi fluviali devono ridurre i loro fattori di carico e, di conseguenza, aumenteranno i prezzi di trasporto per tonnellata.** Una possibile conseguenza di questi **prezzi di trasporto più elevati è un deterioramento della posizione competitiva del trasporto per vie navigabili interne rispetto a quello ferroviario e al trasporto su strada, e quindi un cambiamento nella ripartizione modale.** Gli Autori hanno analizzato questo problema utilizzando un modello basato sul GIS denominato NODUS che fornisce uno strumento per l'analisi dettagliata del trasporto merci su estese reti multimodali. Di conseguenza **hanno valutato l'effetto dei bassi livelli dell'acqua sui costi delle operazioni di trasporto per vie navigabili interne nell'Europa nord-occidentale in diversi scenari climatici.** Infine, hanno verificato che **l'effetto sulla divisione modale è limitato.** Nello scenario climatico più estremo, il trasporto per vie navigabili interne perderebbe circa il 5,4% della quantità che attualmente viene trasportata annualmente attraverso le vie navigabili interne nella parte del considerato mercato europeo. Gli stessi Autori citano che l'anno molto secco del 2003 può essere visto come un analogo per questo scenario.



Climate change and economic consequences for inland waterway transport in Europe

Jonkeren O, Rietveld P., van Ommeren J., te Linde A.

Reg. Environ Change

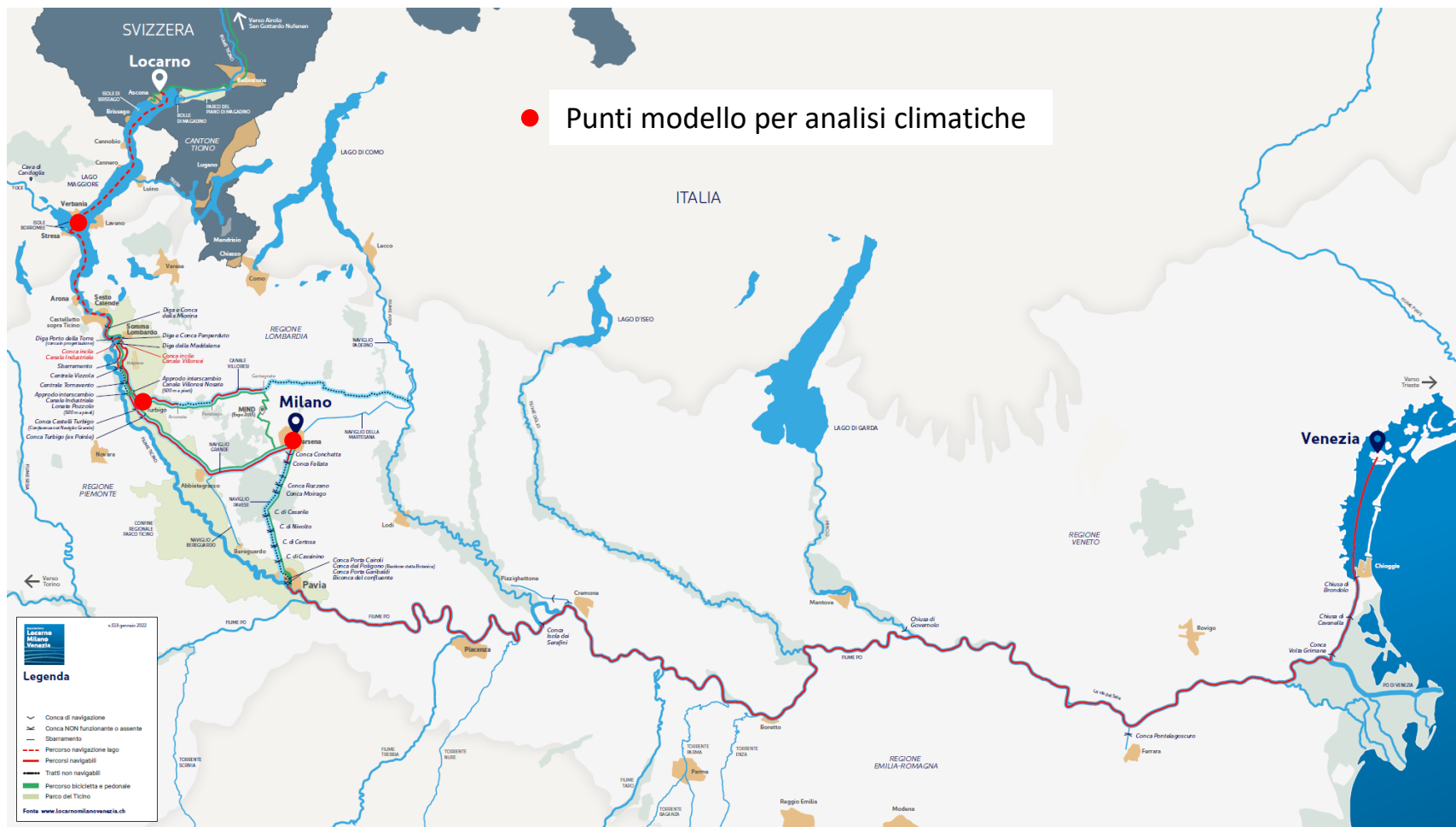
14, 953-965 (2014)

In questa ricerca gli Autori si sono centrati sulla valutazione della **perdita economica generata dalle variazioni del livello idrico** nel trasporto per vie d'acqua interne. **Alcuni studi recensiti nella ricerca indicano che il prezzo per tonnellata per il trasporto attraverso il Reno raddoppierà nel caso di livelli idrici estremamente bassi.** Questi aumentati prezzi di trasporto provocano perdite di benessere. Per l'estate secca nel 2003 si sono stimate perdite per l'Europa nord-occidentale per un totale di circa 480 milioni di euro nel caso dei trasporti per vie d'acqua interne. Ovviamente, **l'aumento dei prezzi di trasporto deve innescare il processo di adattamento.** I vettori possono utilizzare navi più piccole sfruttando l'opportunità di passare dal trasporto per vie navigabili interne a modalità di trasporto alternative nei periodi di bassi livelli idrici. Gli Autori stimano un trasferimento modale piuttosto modesto su strada e ferrovia ed inferiore al 10%.



L'idrovia Locarno-Milano

SLOWMOVE





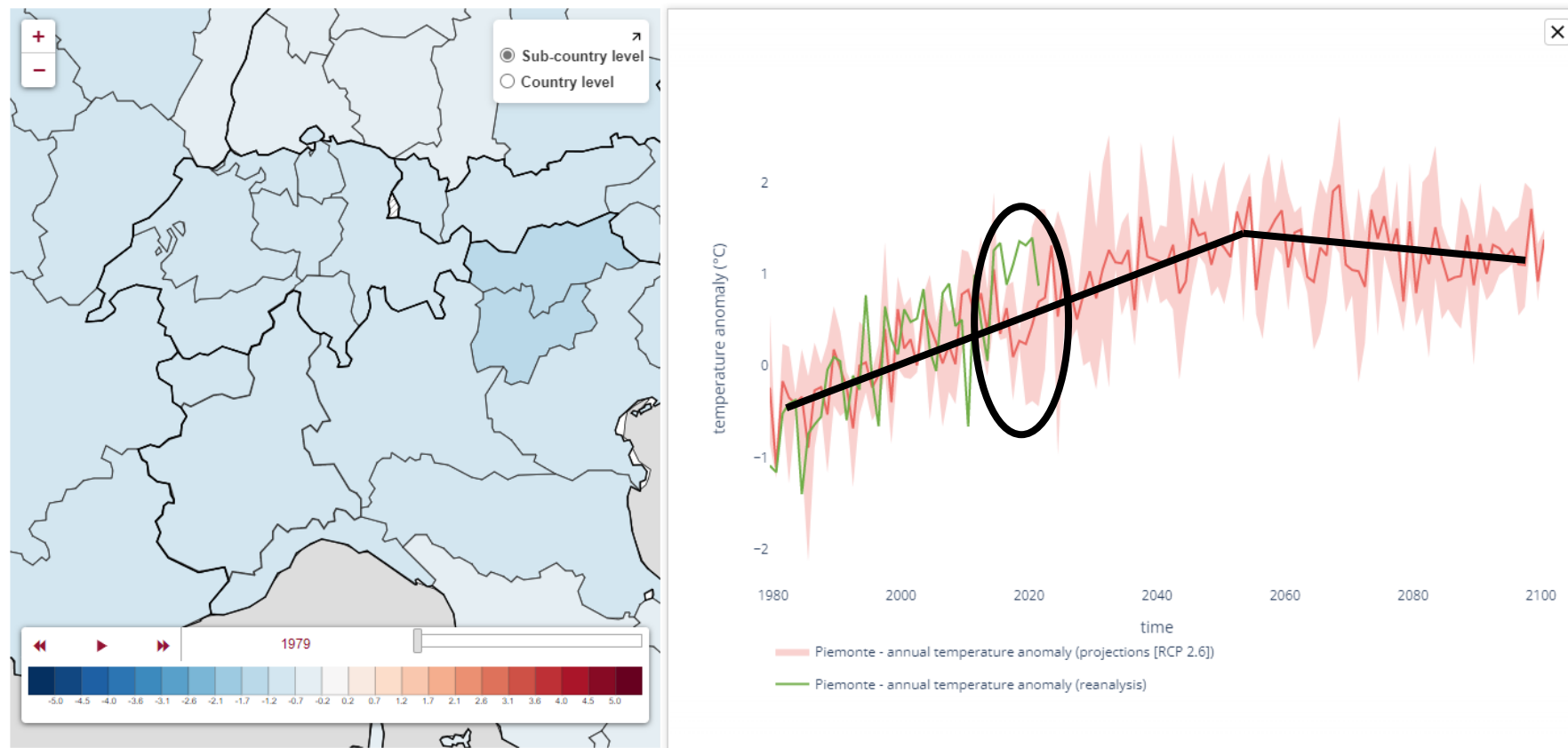
Analisi e proiezioni climatiche lungo l'idrovia Locarno-Milano



- I dati sono estratti dalla piattaforma «Climate Change Service» di COPERNICUS
- I dati di temperatura e precipitazione sono basati sull'analisi storica dal 1979 ad oggi usando il modello di re-analisi ERA5, mentre i dati di proiezione sono fondati sul modello climatico regionale Europeo nell'ambito del progetto Euro-CORDEX dal 1979 al 2100. Le suddette analisi sono svolte a scala **regionale, considerando il Piemonte, la Lombardia ed il Ticino** nella loro globalità
- I dati idrologici di deflusso idrico sono valutati basandosi sulle simulazioni «ensemble» del modello climatico regionale estratte dal «European Coordinated Regional Climate Downscaling» (Euro-CORDEX) e dal modello idrologico E-HYPE. Le analisi sono effettuate a «**scala di bacino**» su **tre punti modello (Lago Maggiore nei pressi di Verbania, approdo di interscambio Lonate Pozzolo e Milano)**
- Tutte le simulazioni sono effettuate su due diversi scenari climatici: RCP 2.6 che prevede un'attività di mitigazione ampia ed approfondita (**scenario migliore**) e RCP 8.5 in cui sono pressoché assenti le attività di mitigazione (**scenario peggiore**)



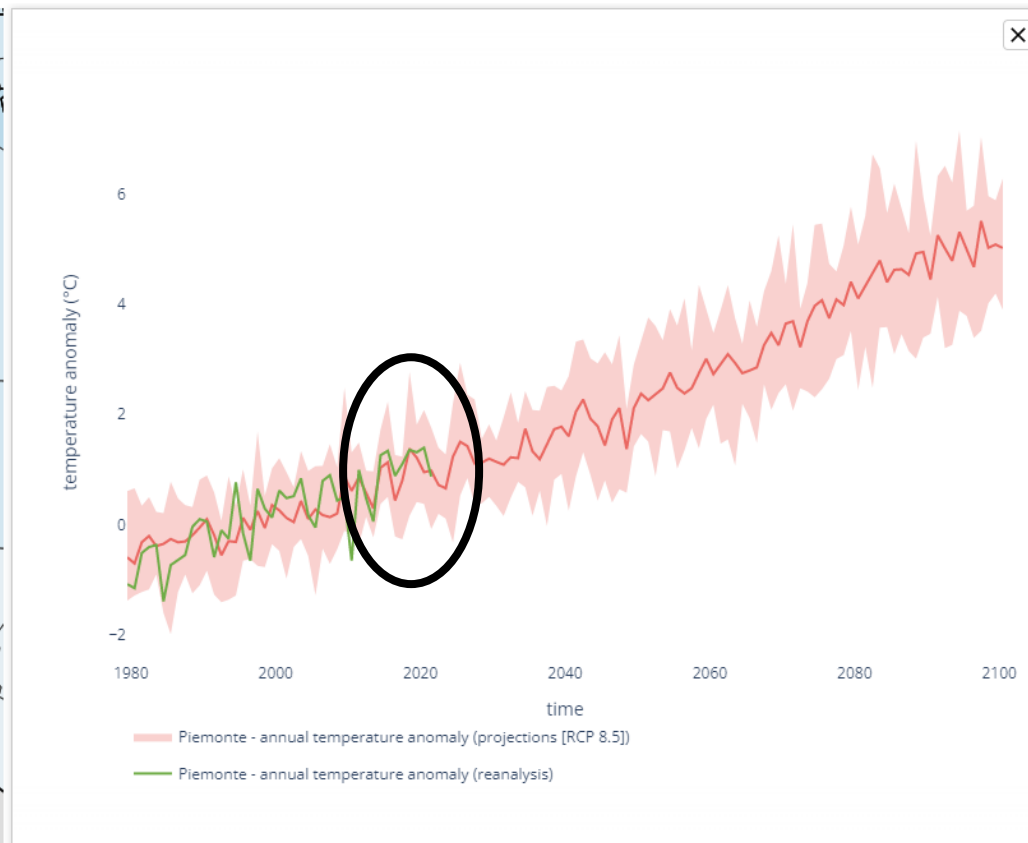
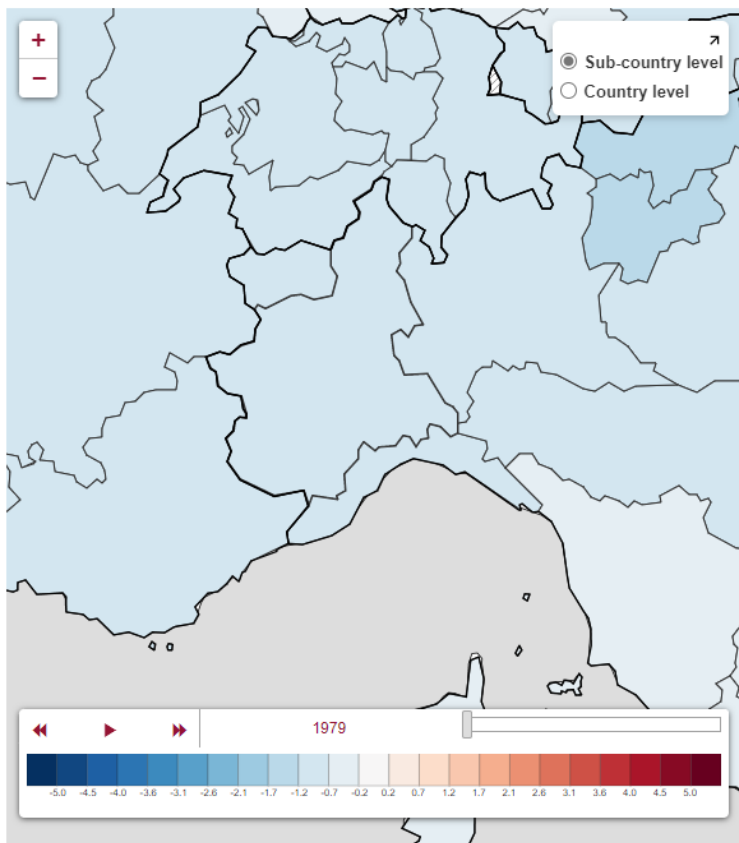
SLOWMOVE



Piemonte: simulazione dell'anomalia di temperatura [°C] in re-analisi (linea verde) ed in simulazione futura (linea rossa) nello scenario RCP 2.6



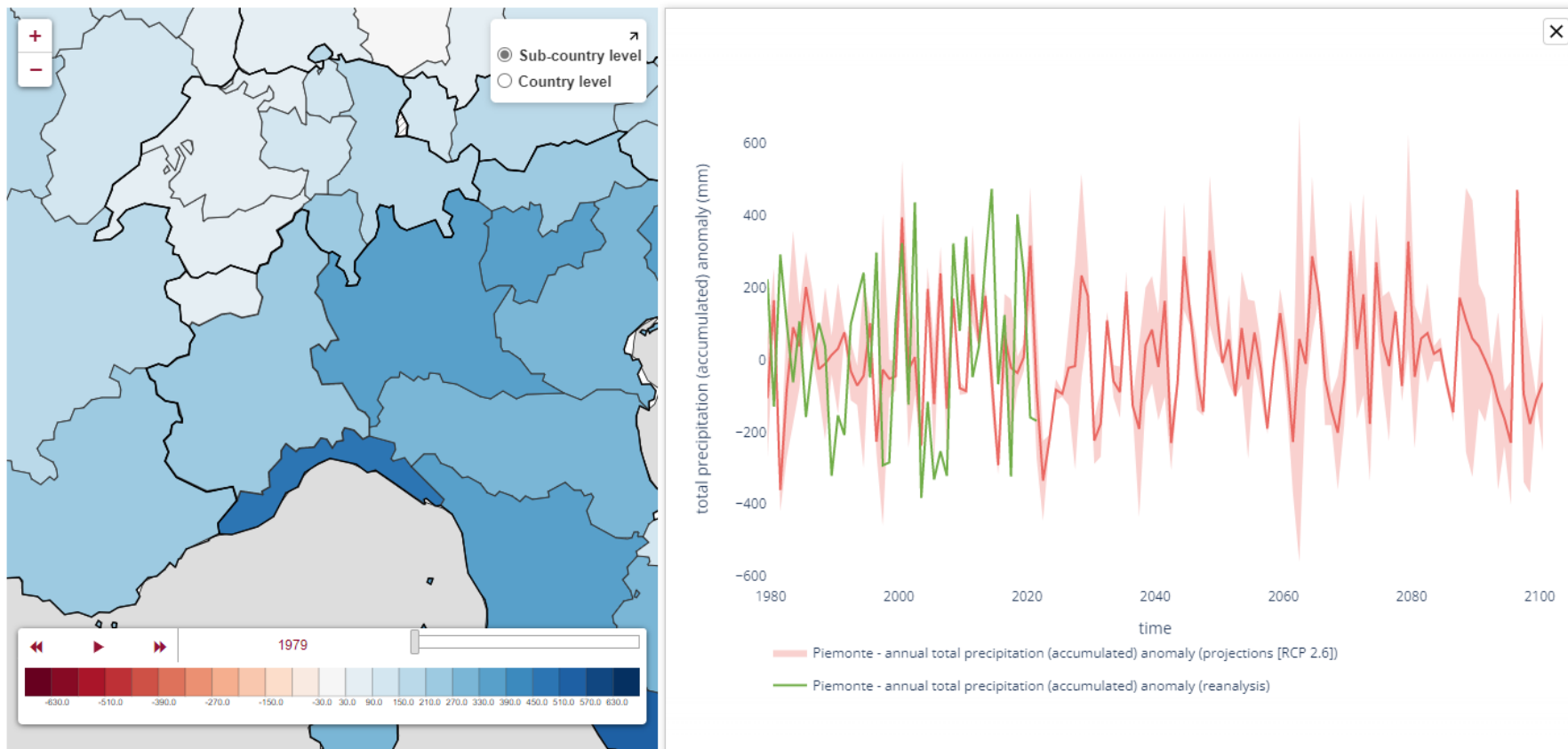
SLOWMOVE



Piemonte: simulazione dell'anomalia di temperatura [°C] in re-analisi (linea verde) ed in simulazione futura (linea rossa) nello scenario RCP 8.5



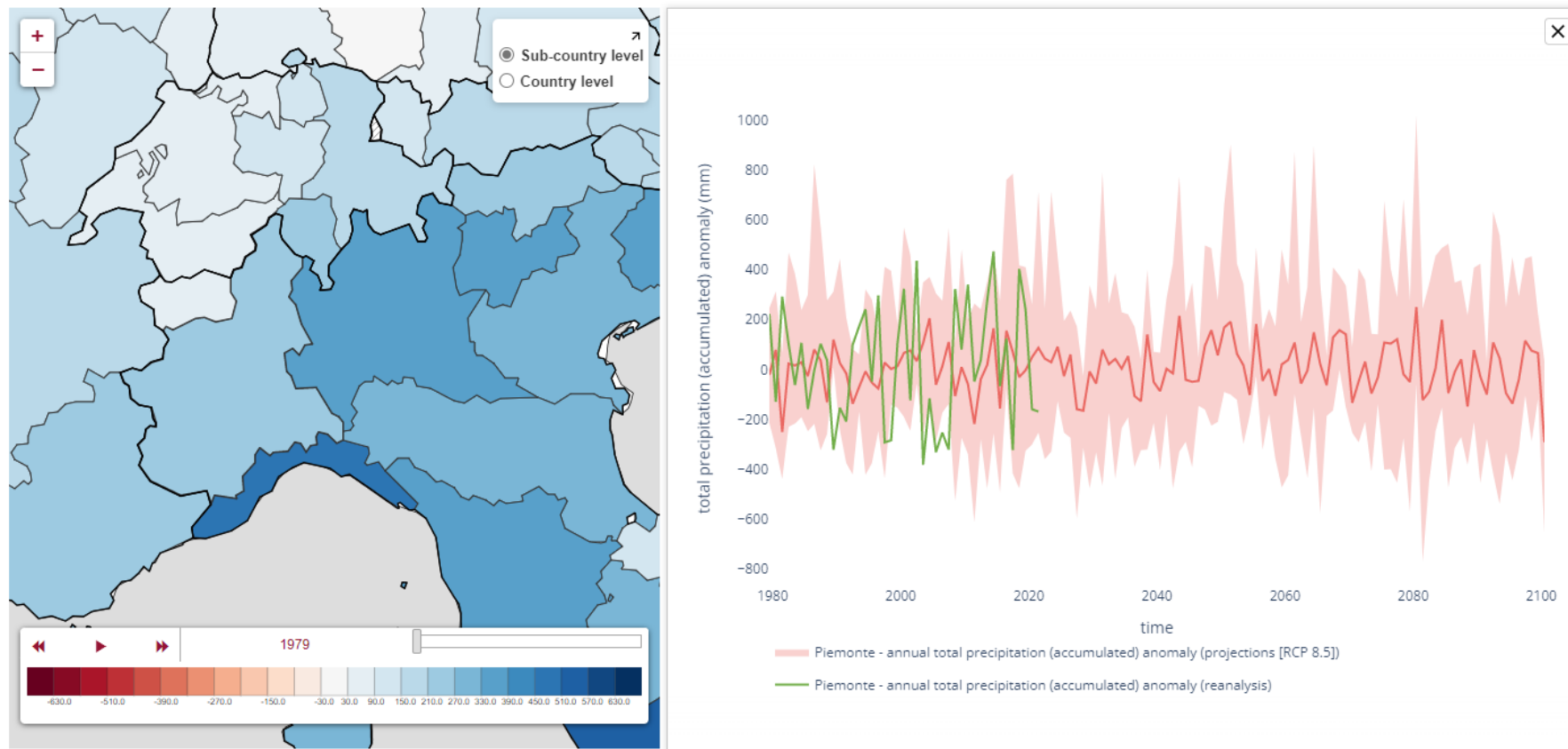
SLOWMOVE



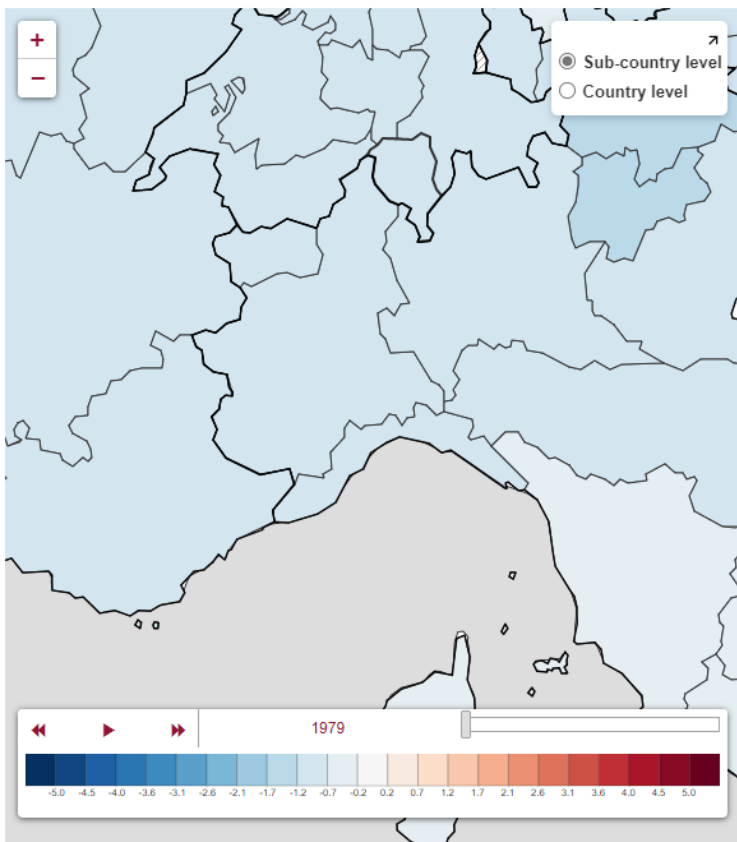
Piemonte: simulazione dell'anomalia di precipitazione [mm] in re-analisi (linea verde) ed in simulazione futura (linea rossa) nello scenario RCP 2.6



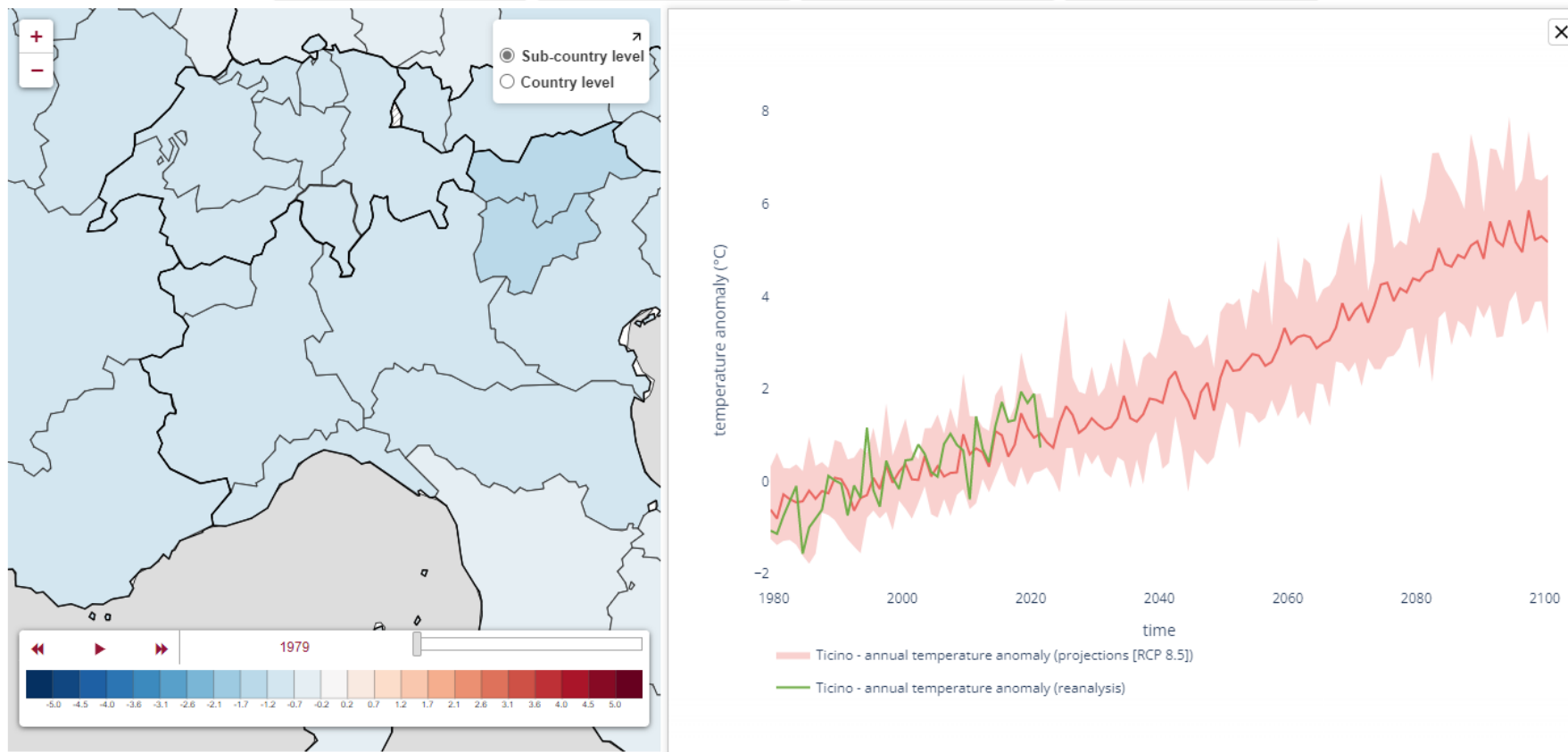
SLOWMOVE



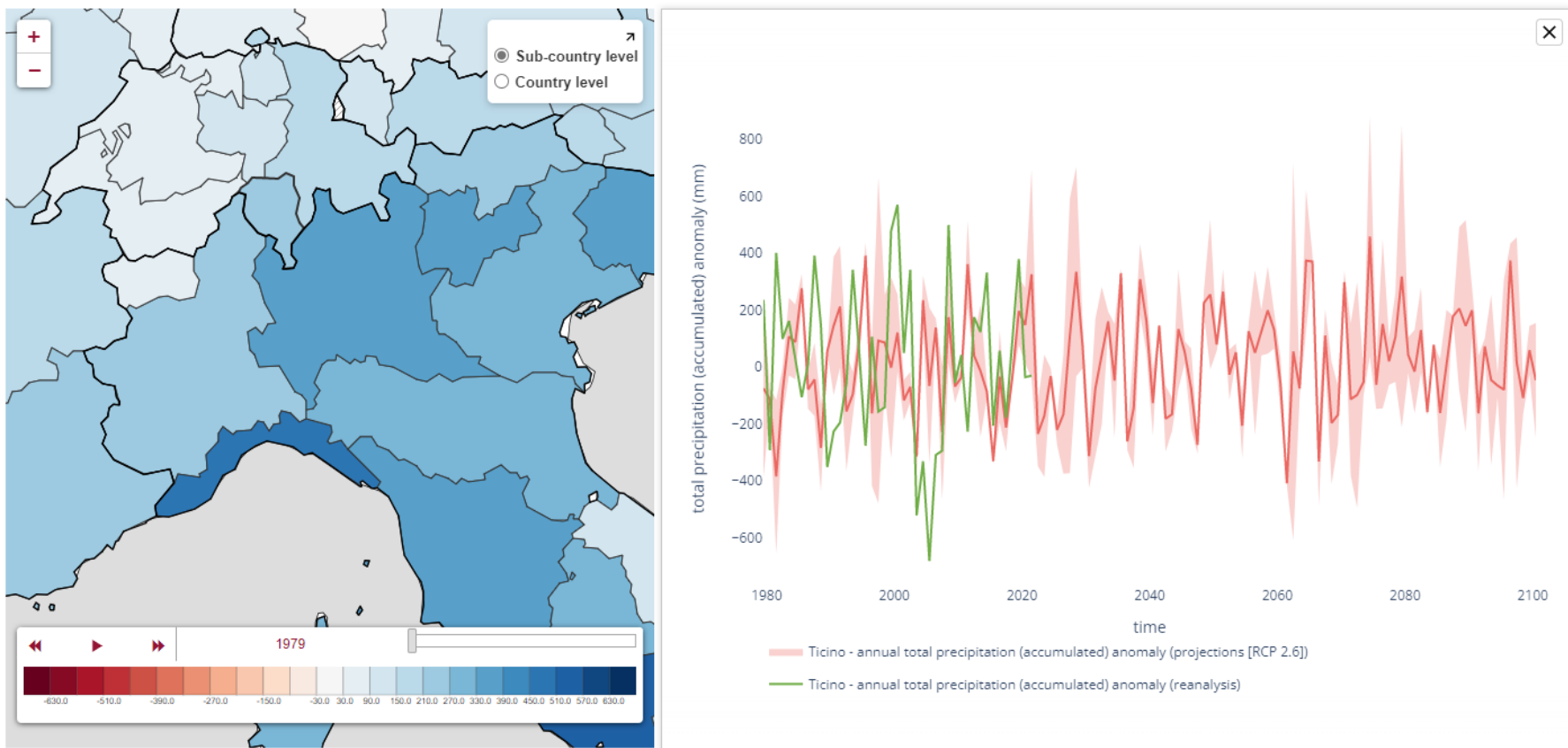
Piemonte: simulazione dell'anomalia di precipitazione [mm] in re-analisi (linea verde) ed in simulazione futura (linea rossa) nello scenario RCP 8.5



Ticino: simulazione dell'anomalia di temperatura [°C] in re-analisi (linea verde) ed in simulazione futura (linea rossa) nello scenario RCP 2.6



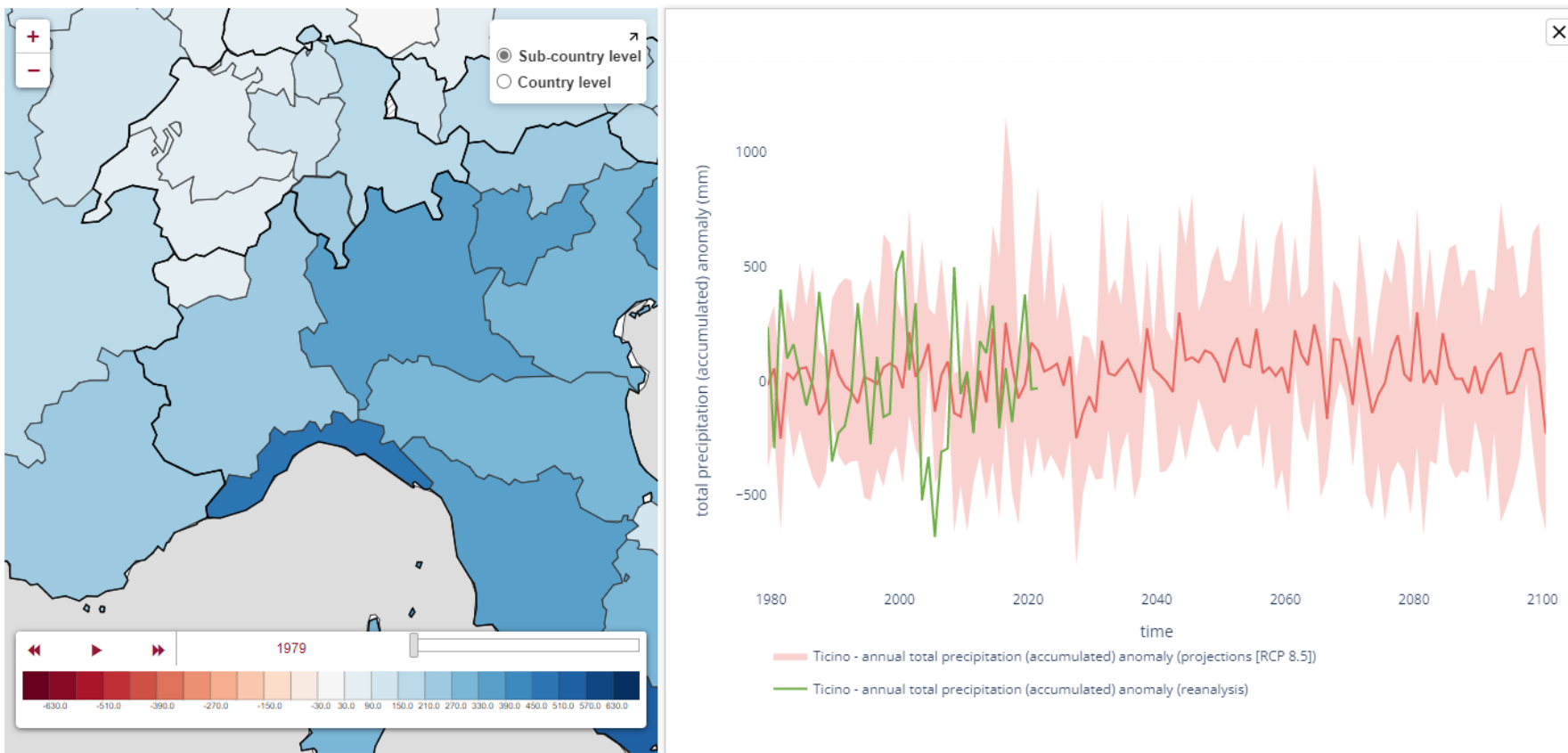
Ticino: simulazione dell'anomalia di temperatura [°C] in re-analisi (linea verde) ed in simulazione futura (linea rossa) nello scenario RCP 8.5



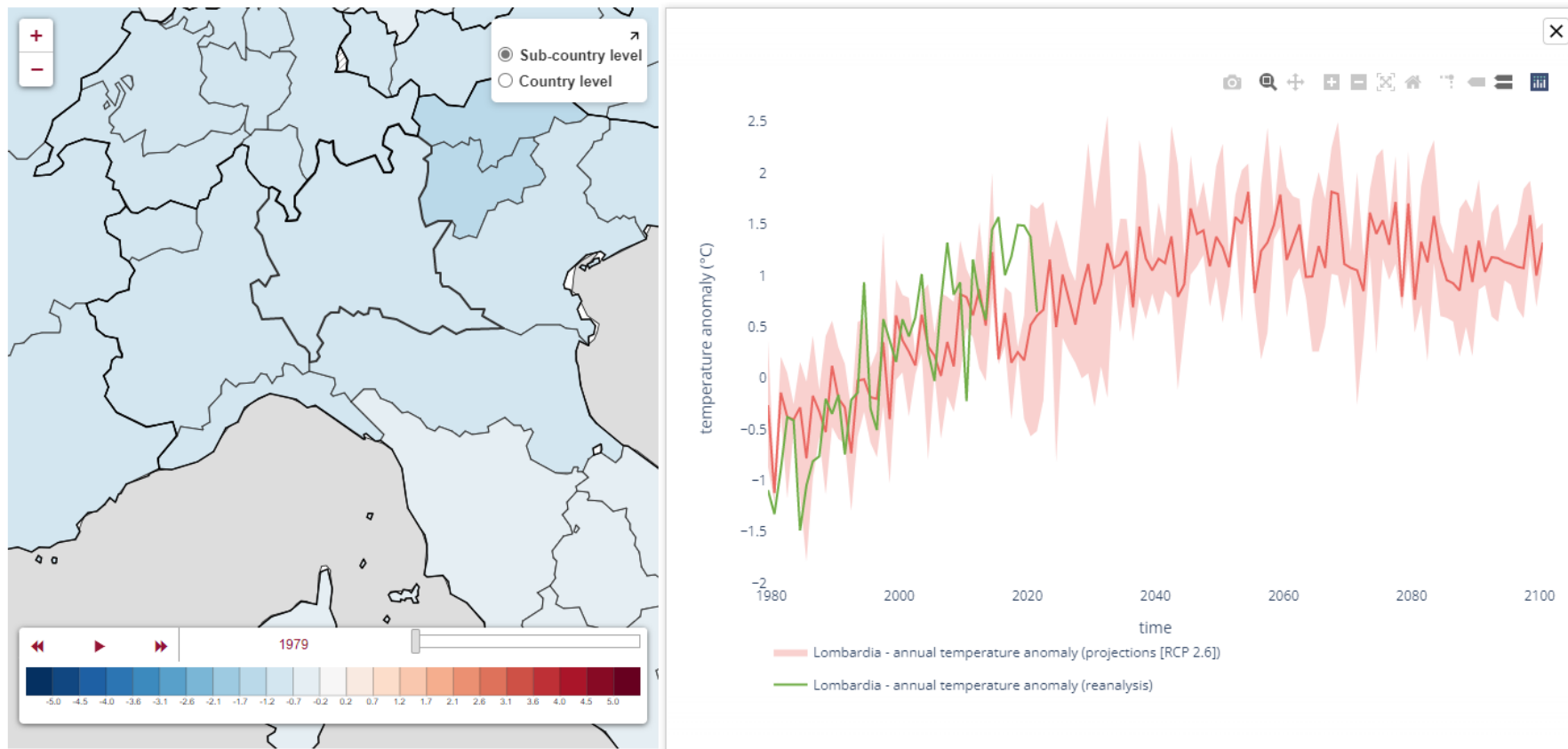
Ticino: simulazione dell'anomalia di precipitazione [mm] in re-analisi (linea verde) ed in simulazione futura (linea rossa) nello scenario RCP 2.6



SLOWMOVE



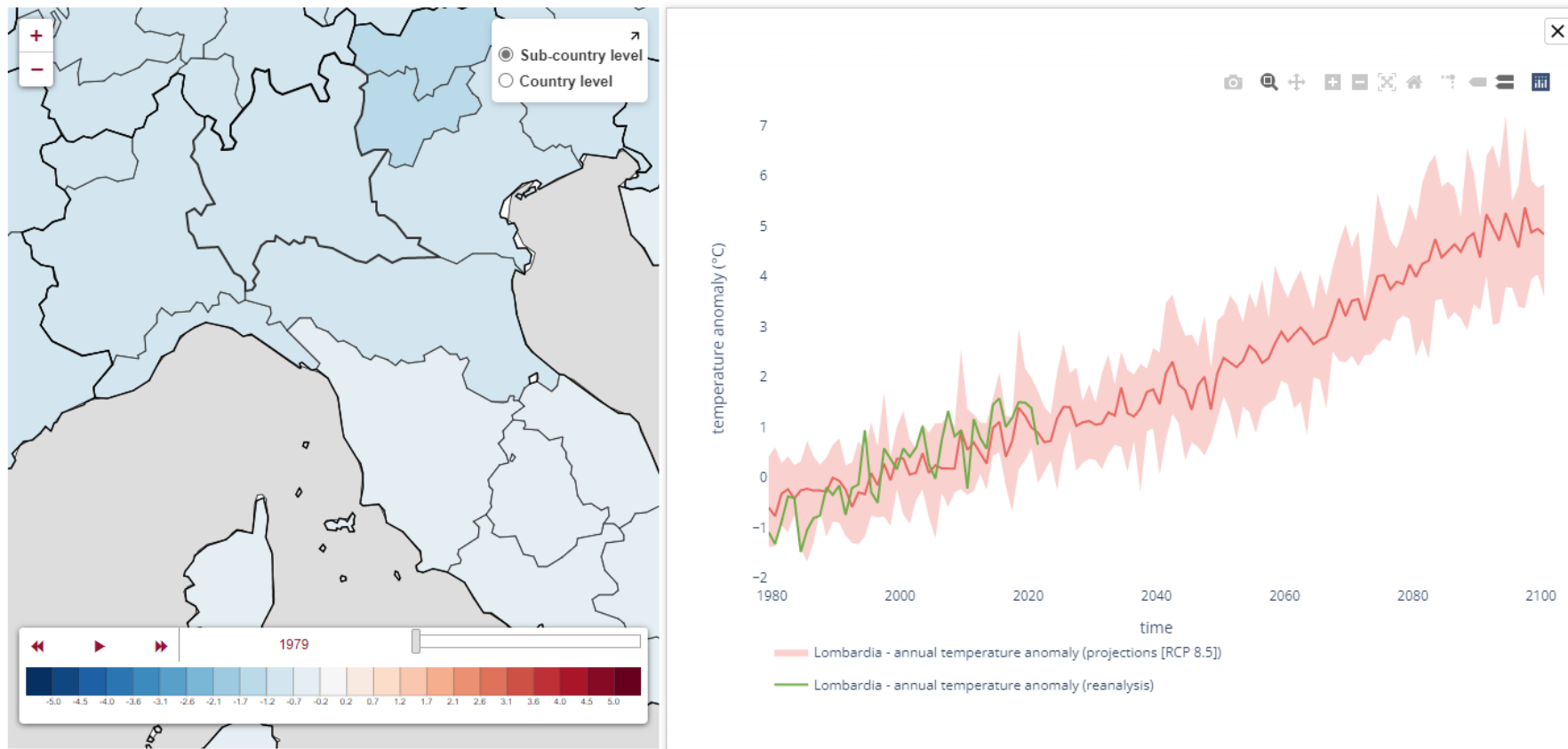
Ticino: simulazione dell'anomalia di precipitazione [mm] in re-analisi (linea verde) ed in simulazione futura (linea rossa) nello scenario RCP 8.5



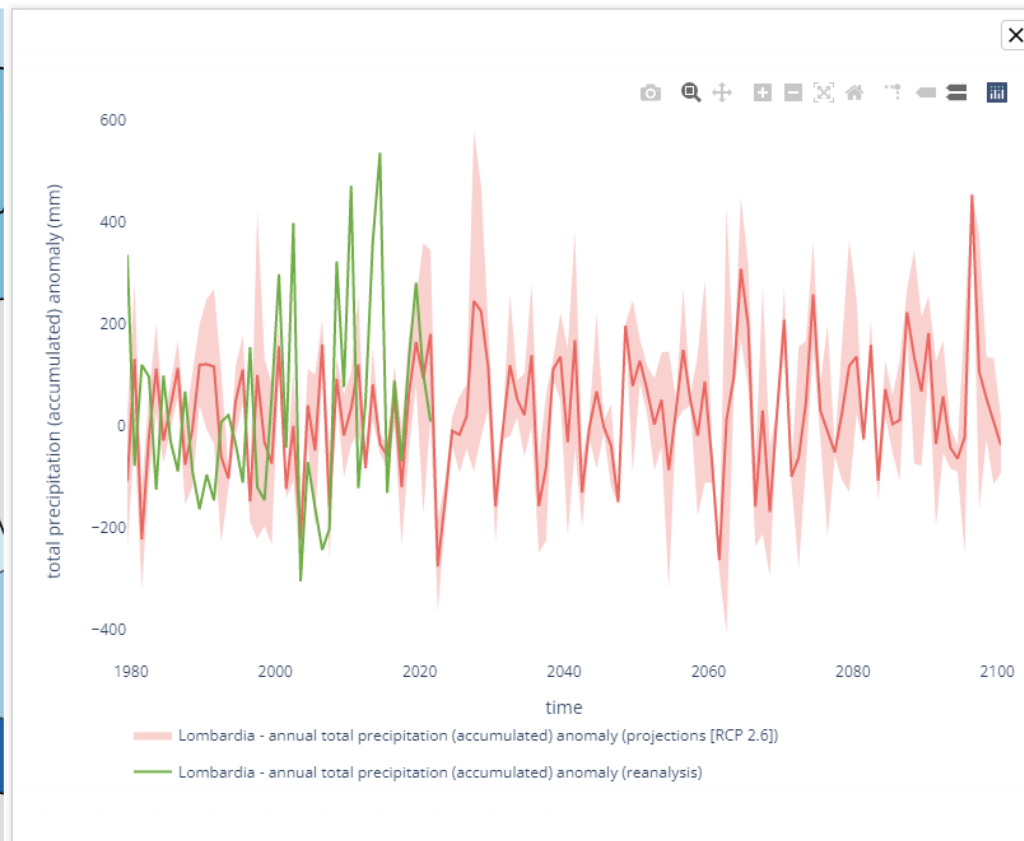
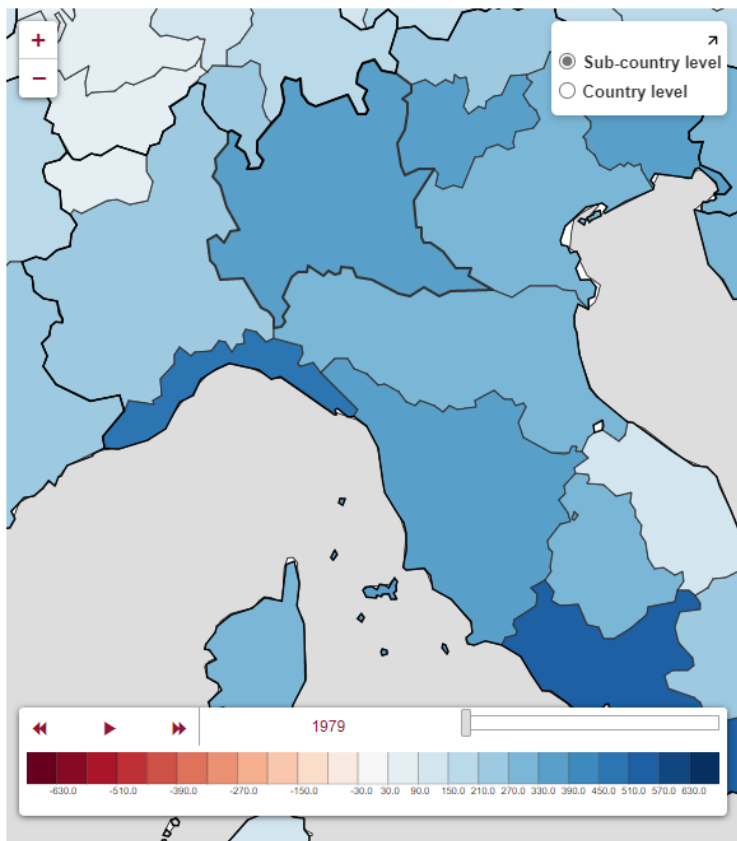
Lombardia: simulazione dell'anomalia di temperatura [°C] in re-analisi (linea verde) ed in simulazione futura (linea rossa) nello scenario RCP 2.6



SLOWMOVE



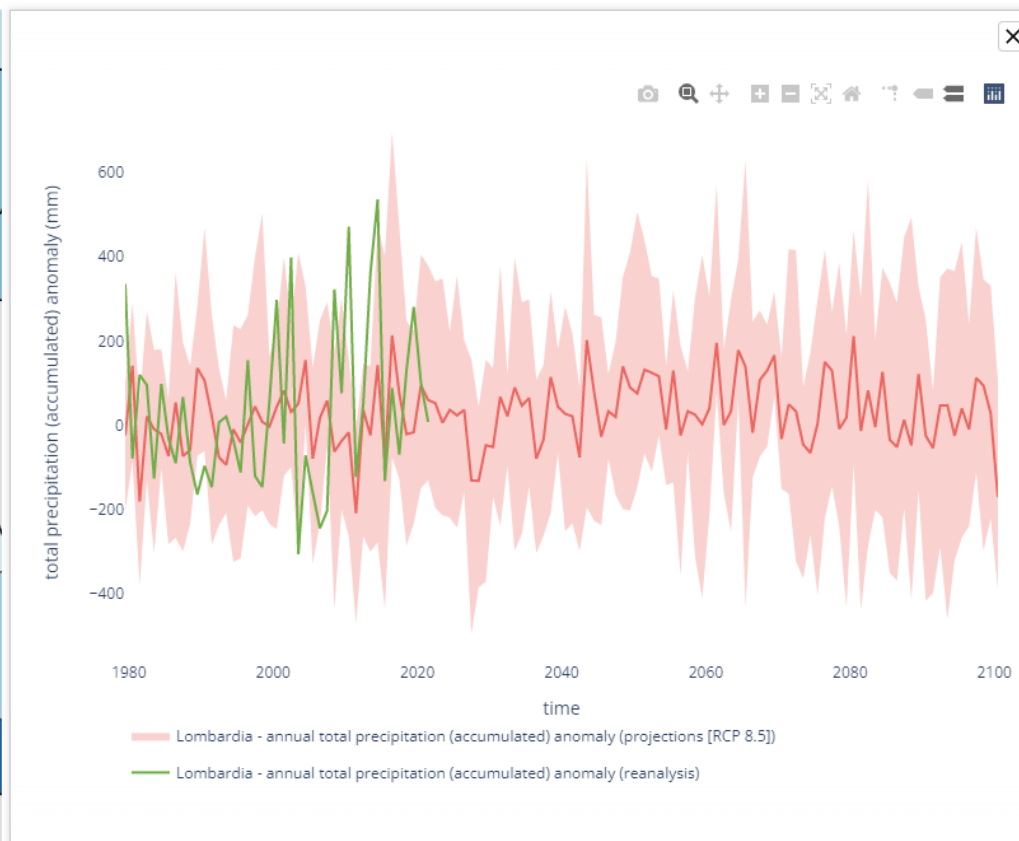
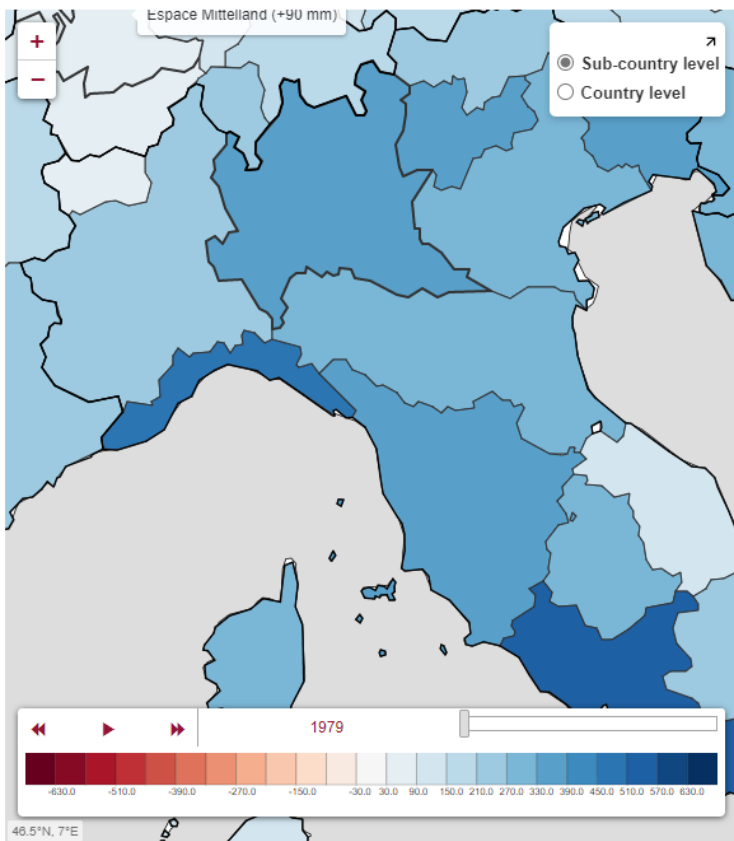
Lombardia: simulazione dell'anomalia di temperatura [°C] in re-analisi (linea verde) ed in simulazione futura (linea rossa) nello scenario RCP 8.5



Lombardia: simulazione dell'anomalia di precipitazione [mm] in re-analisi (linea verde) ed in simulazione futura (linea rossa) nello scenario RCP 2.6



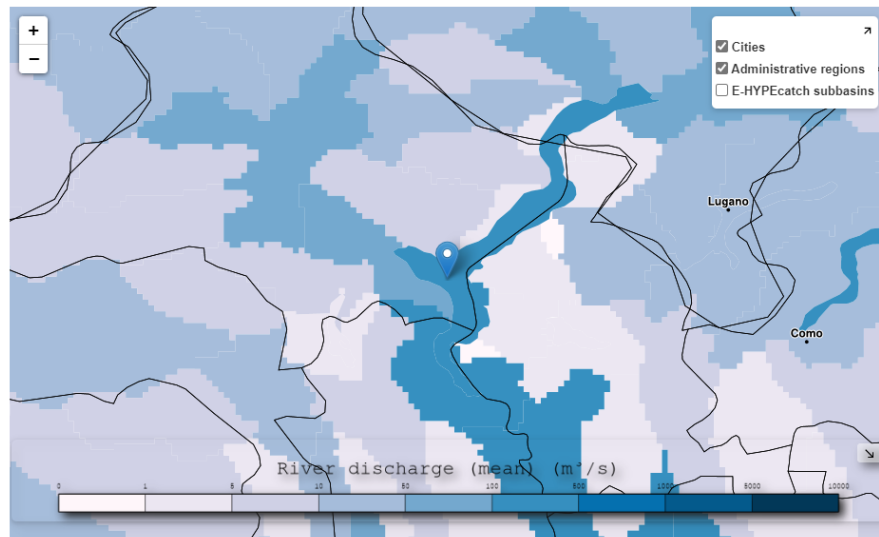
SLOWMOVE



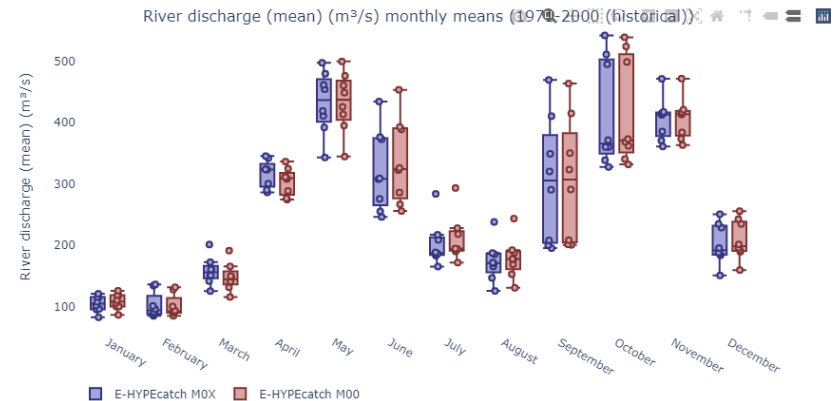
Lombardia: simulazione dell'anomalia di precipitazione [mm] in re-analisi (linea verde) ed in simulazione futura (linea rossa) nello scenario RCP 8.5



SLOWMOVE



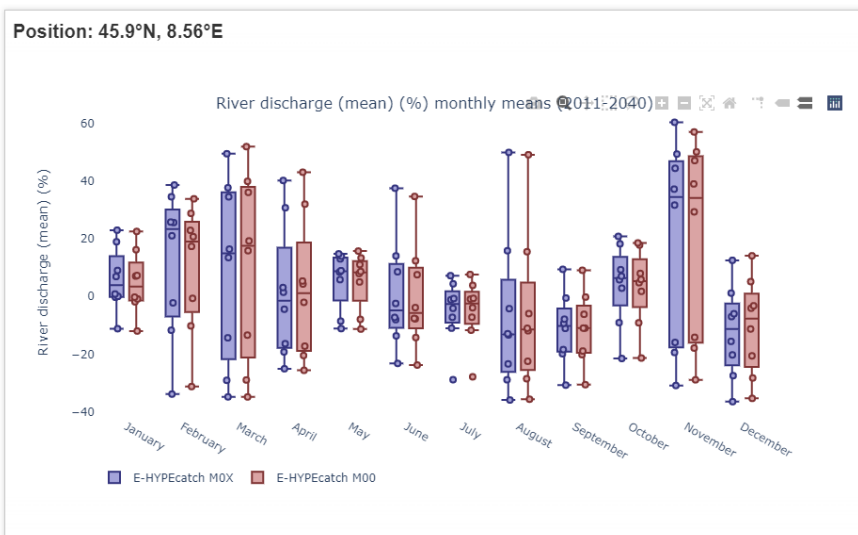
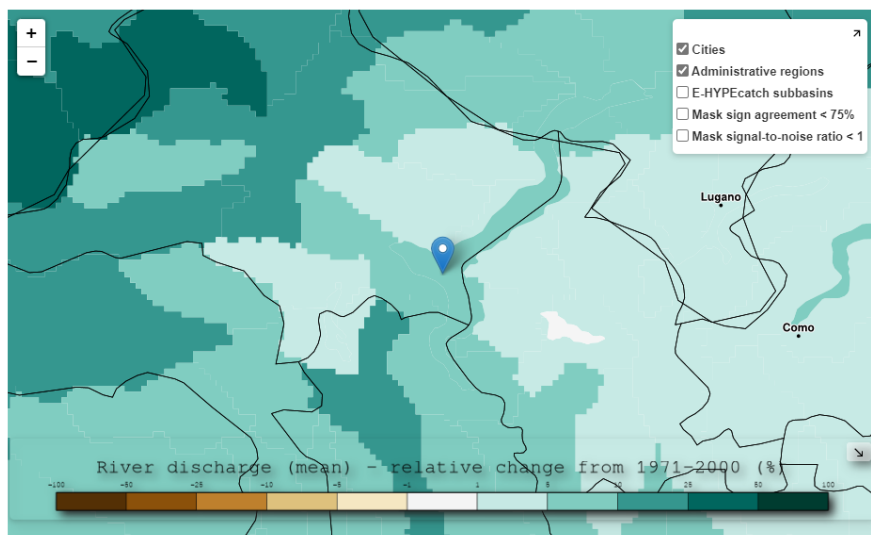
Position: 45.9°N, 8.56°E



Simulazione della portata fluviale media nel bacino idrografico principale del Lago Maggiore alla coordinata 45.90°N-8.56°E (nei pressi di Verbania) e per il periodo 1971-2000



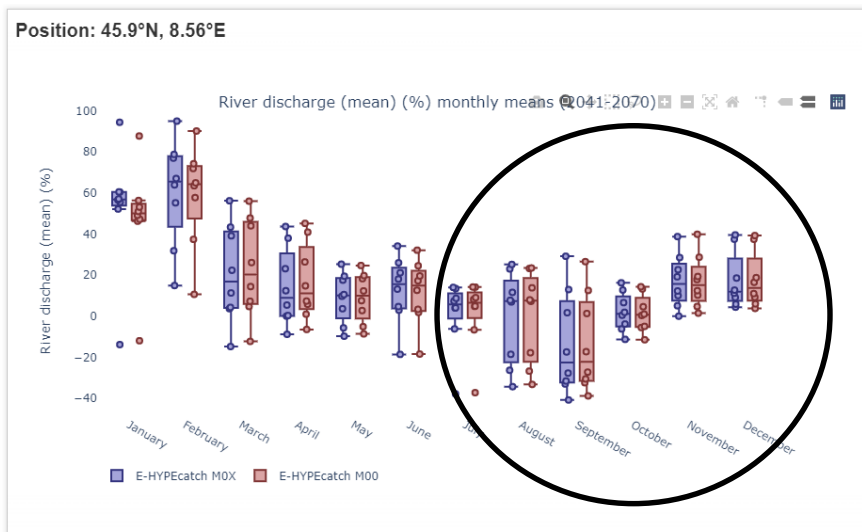
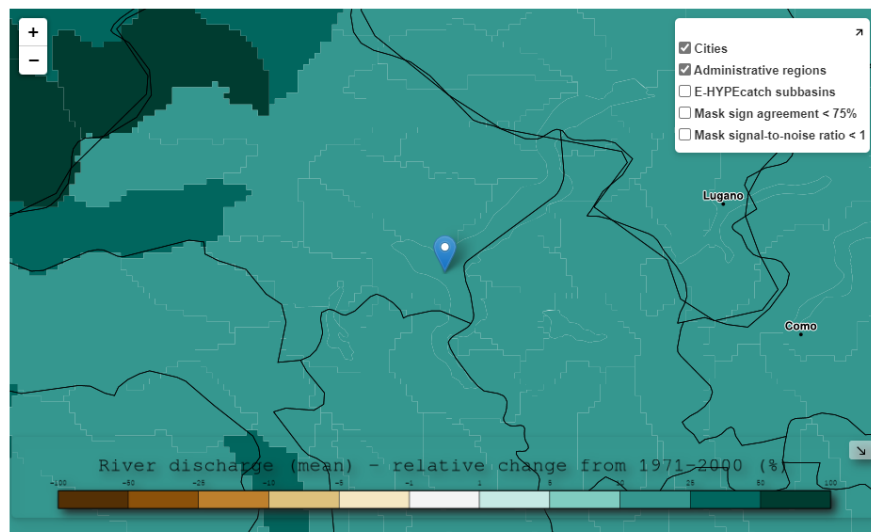
SLOWMOVE



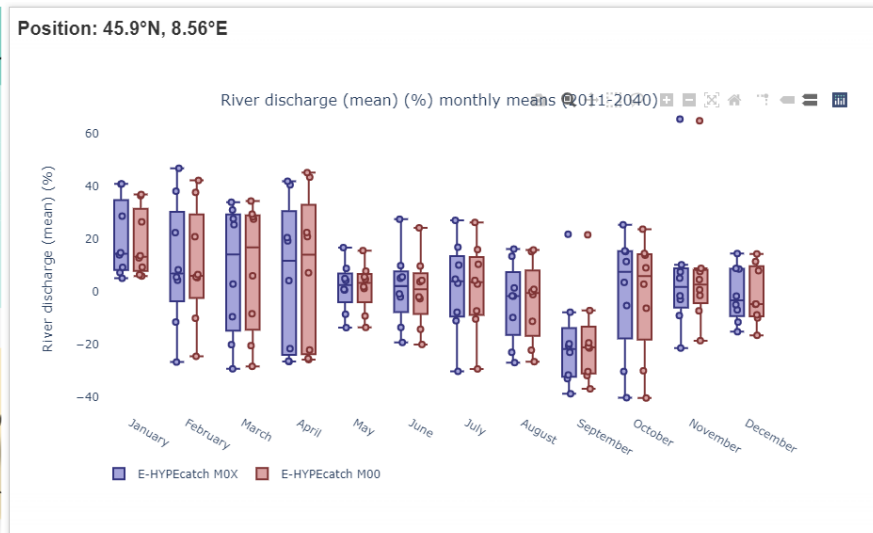
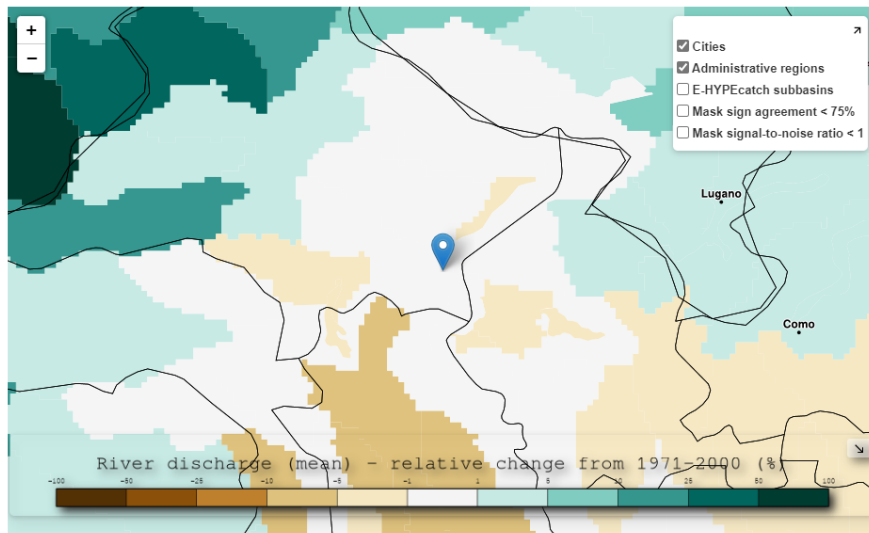
Simulazione delle variazioni in % della portata fluviale media nel bacino idrografico principale del Lago Maggiore alla coordinata 45.90°N-8.56°E (nei pressi di Verbania) e per il periodo 2011-2040 considerando lo scenario climatico ottimistico RCP 2.6



SLOWMOVE



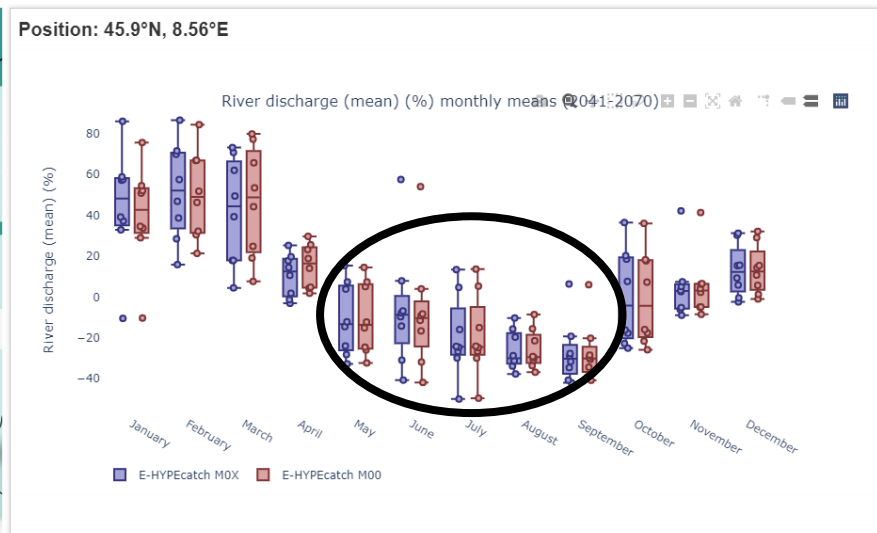
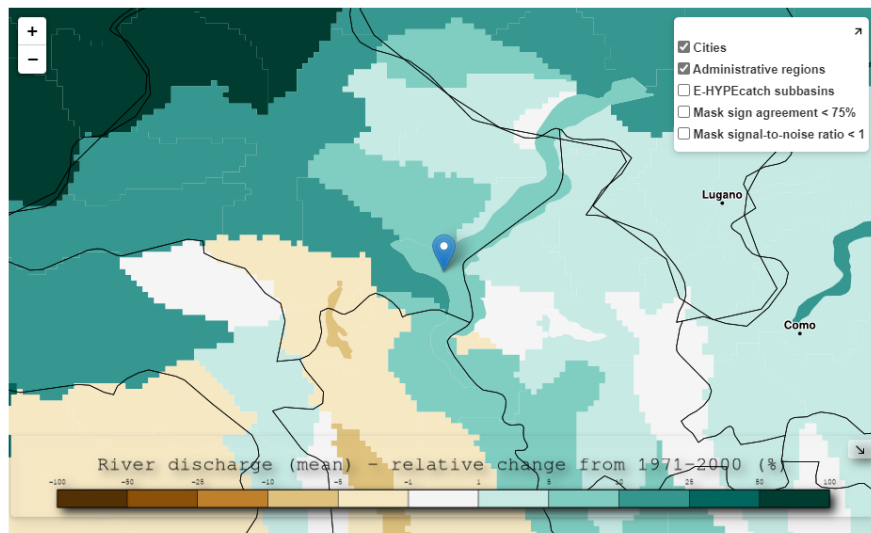
Simulazione delle variazioni in % della portata fluviale media nel bacino idrografico principale del Lago Maggiore alla coordinata 45.90°N-8.56°E (nei pressi di Verbania) e per il periodo 2041-2070 considerando lo scenario climatico ottimistico RCP 2.6



Simulazione delle variazioni in % della portata fluviale media nel bacino idrografico principale del Lago Maggiore alla coordinata 45.90°N-8.56°E (nei pressi di Verbania) e per il periodo 2011-2040 considerando lo scenario climatico pessimistico RCP 8.5



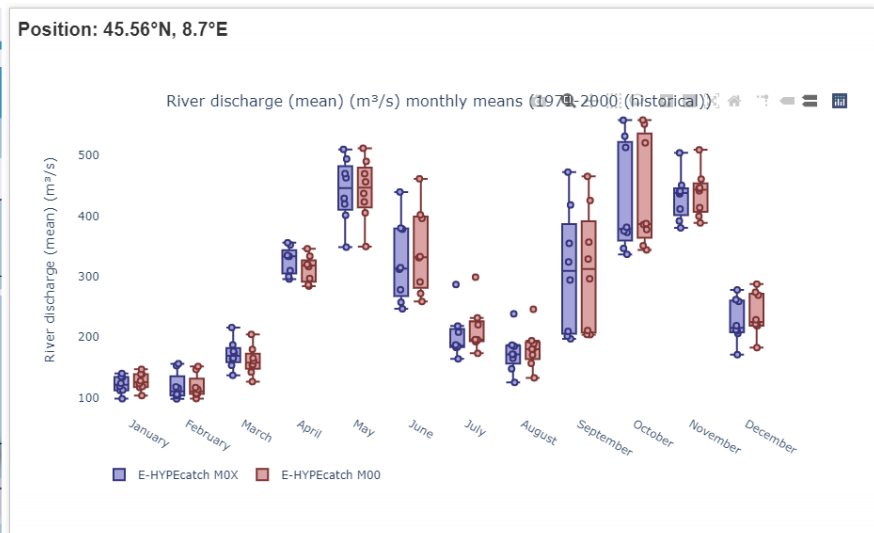
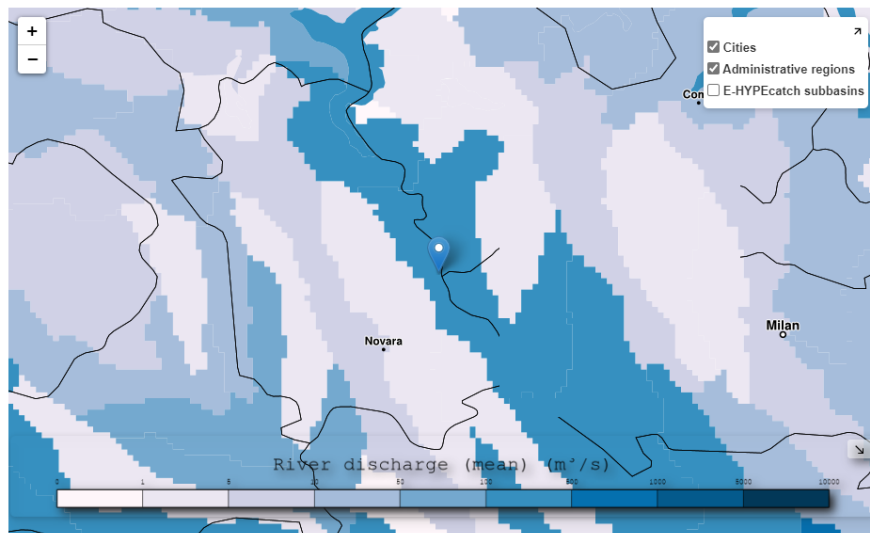
SLOWMOVE



Simulazione delle variazioni in % della portata fluviale media nel bacino idrografico principale del Lago Maggiore alla coordinata 45.90°N-8.56°E (nei pressi di Verbania) e per il periodo 2041-2070 considerando lo scenario climatico pessimistico RCP 8.5



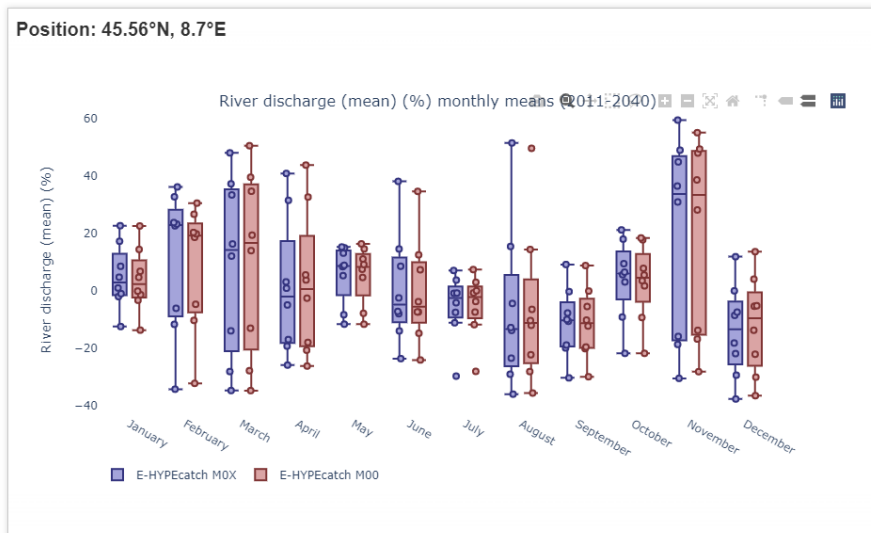
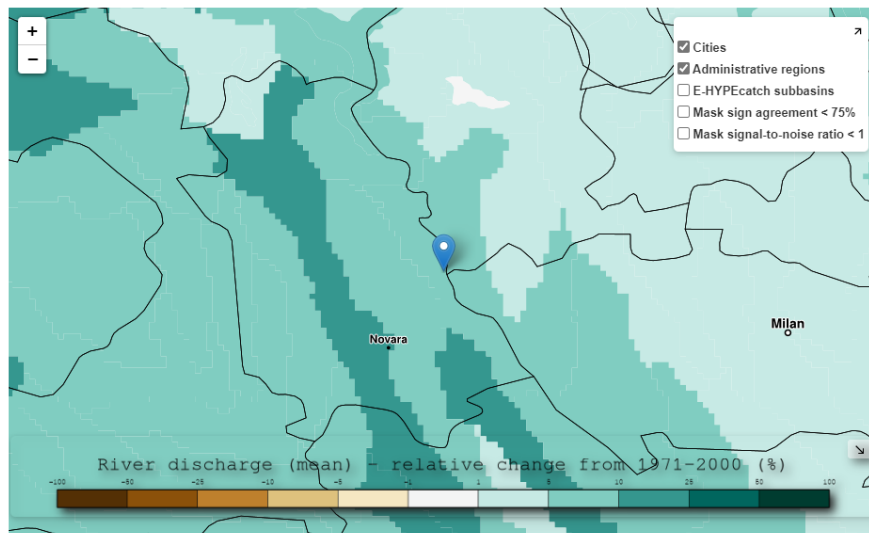
SLOWMOVE



Simulazione della portata fluviale media nel bacino idrografico principale del Fiume Ticino alla coordinata 45.56°N-8.7°E (nei pressi dell'approdo di interscambio di Lonate Pozzolo) e per il periodo 1971-2000



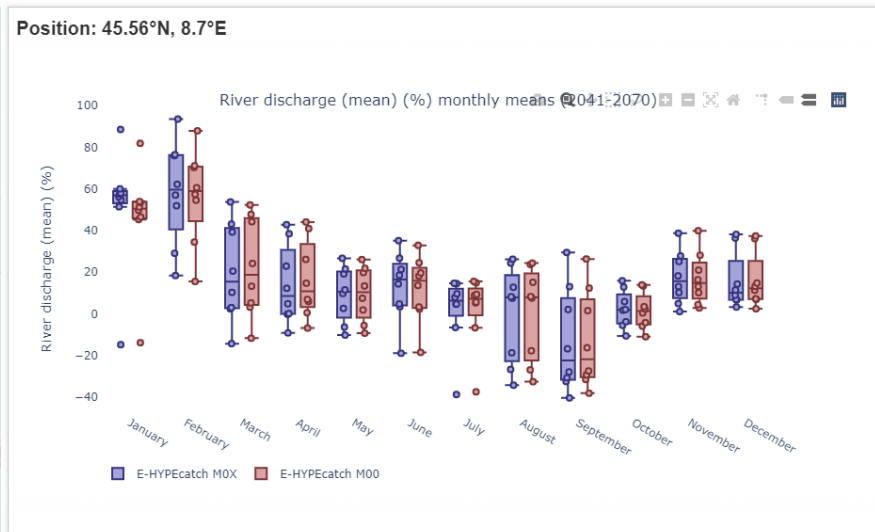
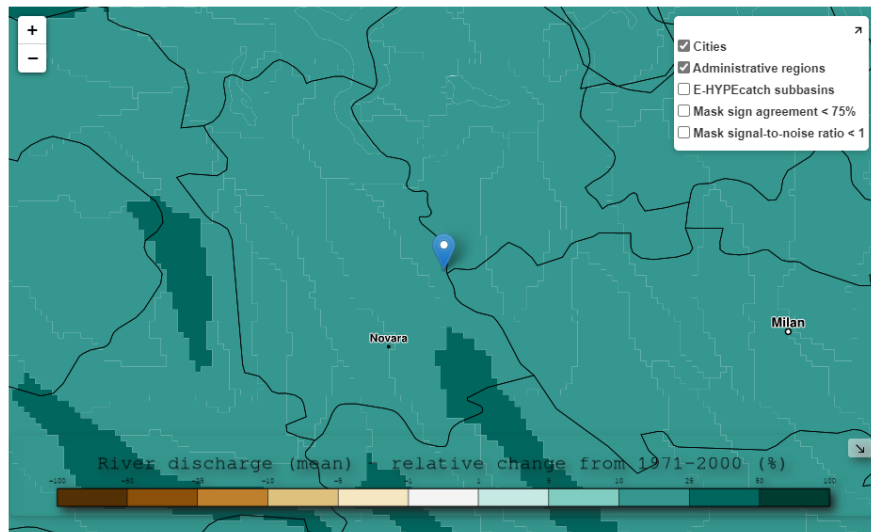
SLOWMOVE



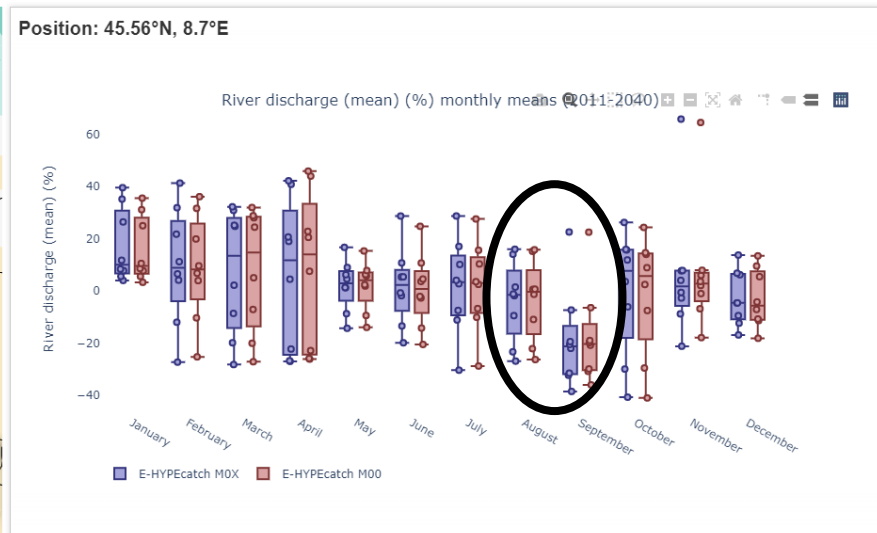
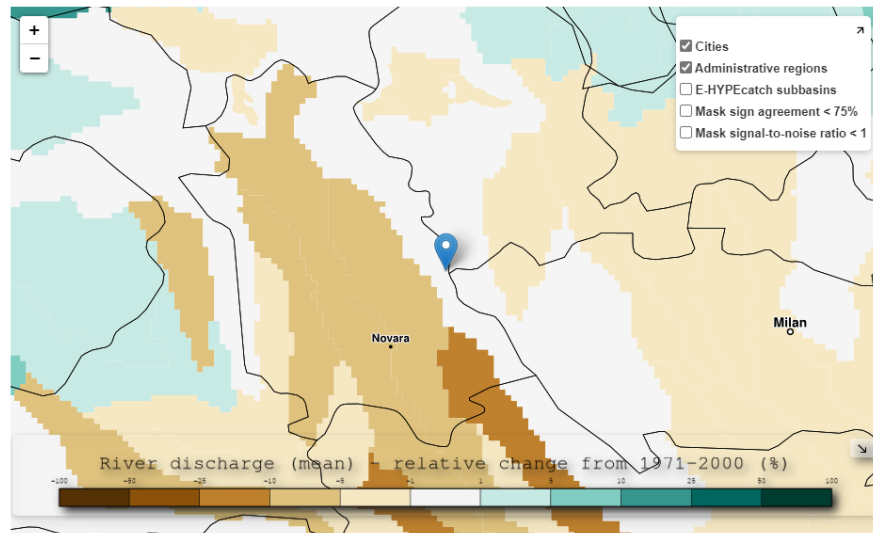
Simulazione delle variazioni in % della portata fluviale media nel bacino idrografico principale del Fiume Ticino alla coordinata 45.56°N-8.7°E (nei pressi dell'approdo di interscambio di Lonate Pozzolo) e per il periodo 2011-2040 considerando lo scenario climatico ottimistico RCP 2.6



SLOWMOVE



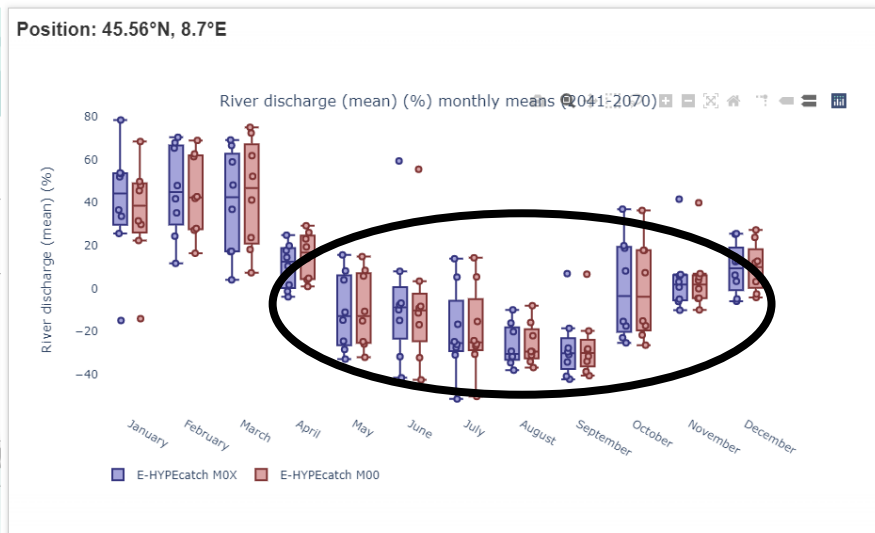
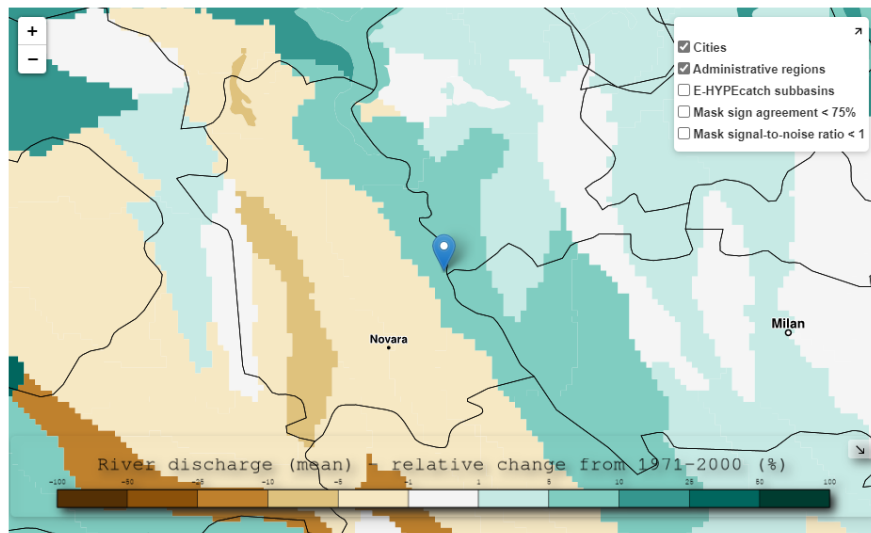
Simulazione delle variazioni in % della portata fluviale media nel bacino idrografico principale del Fiume Ticino alla coordinata 45.56°N-8.7°E (nei pressi dell'approdo di interscambio di Lonate Pozzolo) e per il periodo 2041-2070 considerando lo scenario climatico ottimistico RCP 2.6



Simulazione delle variazioni in % della portata fluviale media nel bacino idrografico principale del Fiume Ticino alla coordinata 45.56°N-8.7°E (nei pressi dell'approdo di interscambio di Lonate Pozzolo) e per il periodo 2011-2040 considerando lo scenario climatico pessimistico RCP 8.5



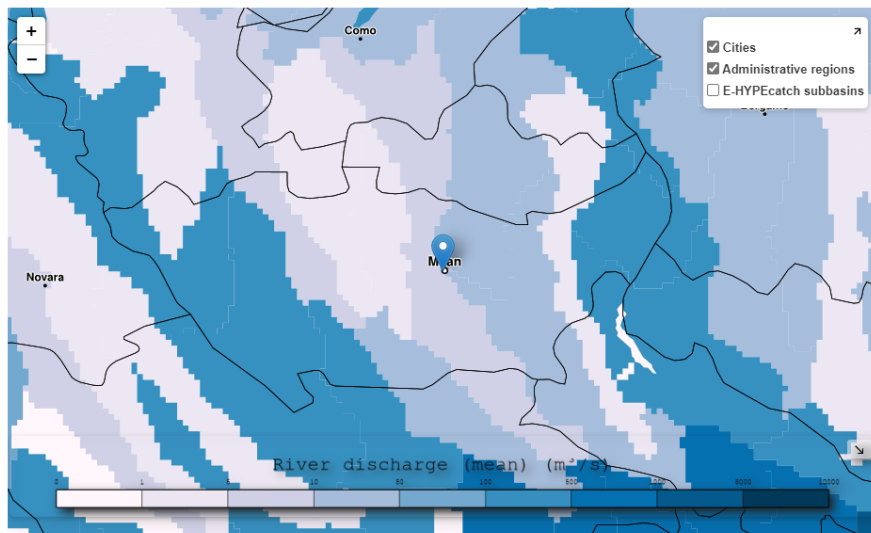
SLOWMOVE



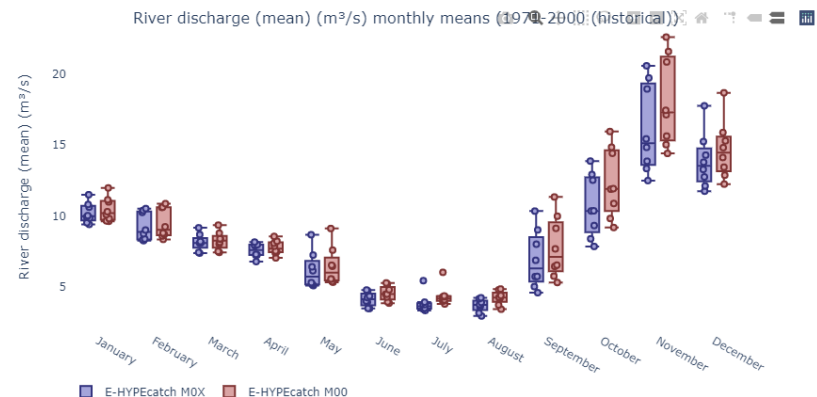
Simulazione delle variazioni in % della portata fluviale media nel bacino idrografico principale del Fiume Ticino alla coordinata 45.56°N-8.7°E (nei pressi dell'approdo di interscambio di Lonate Pozzolo) e per il periodo 2041-2070 considerando lo scenario climatico pessimistico RCP 8.5



SLOWMOVE



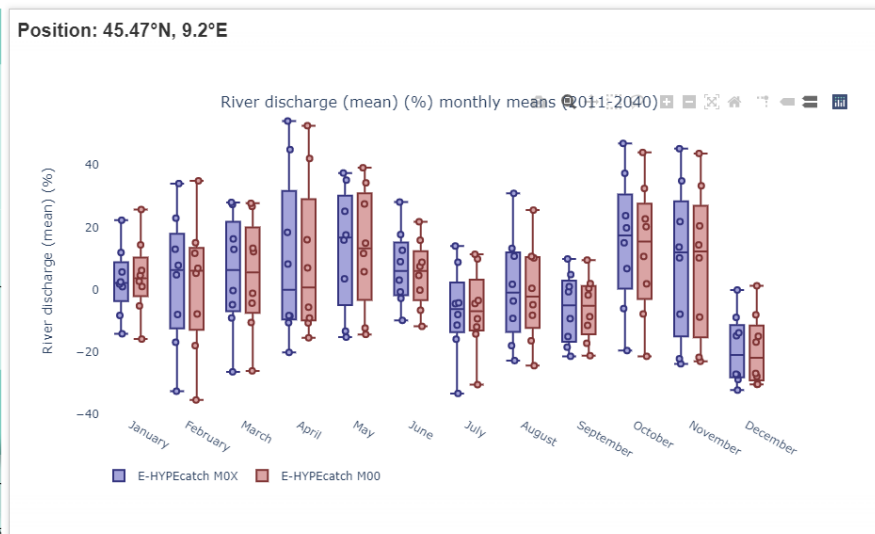
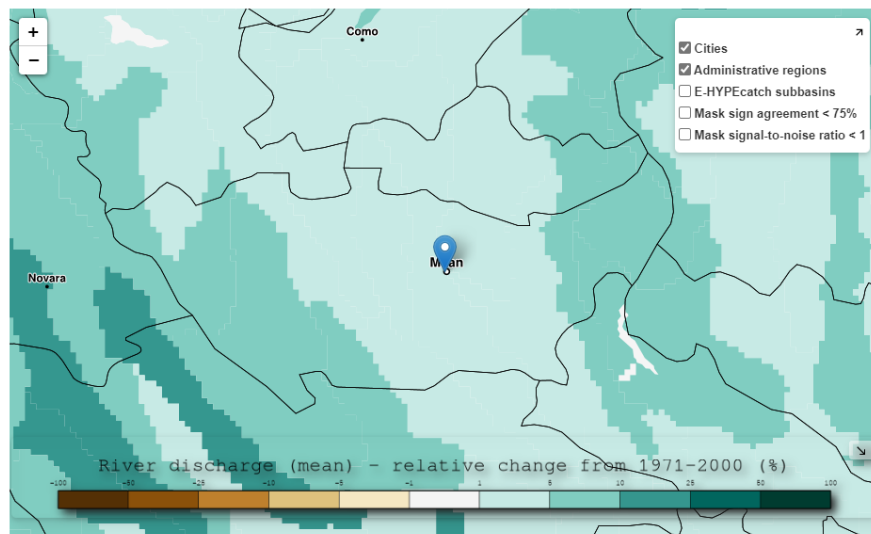
Position: 45.47°N, 9.2°E



Simulazione della portata fluviale media nel bacino idrografico principale in cui ricade il centro abitato di Milano alla coordinata 45.47°N-9.2°E e per il periodo 1971-2000



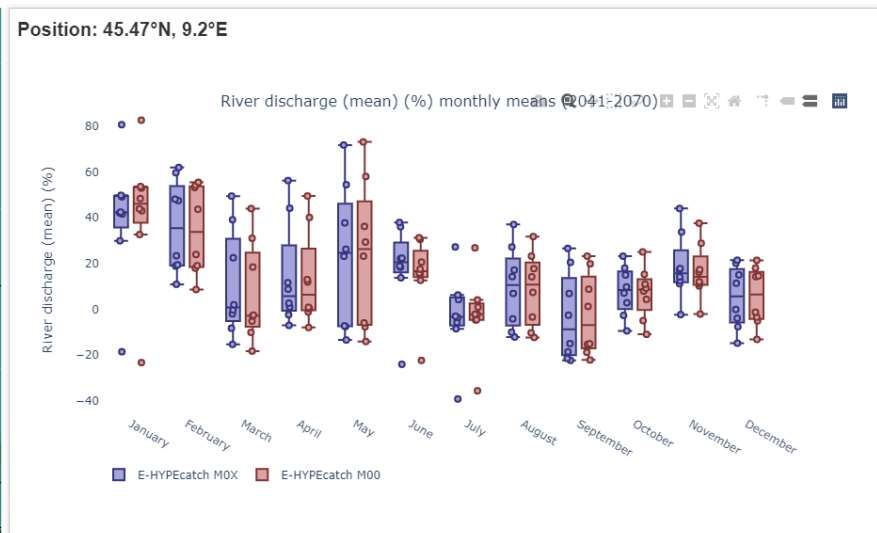
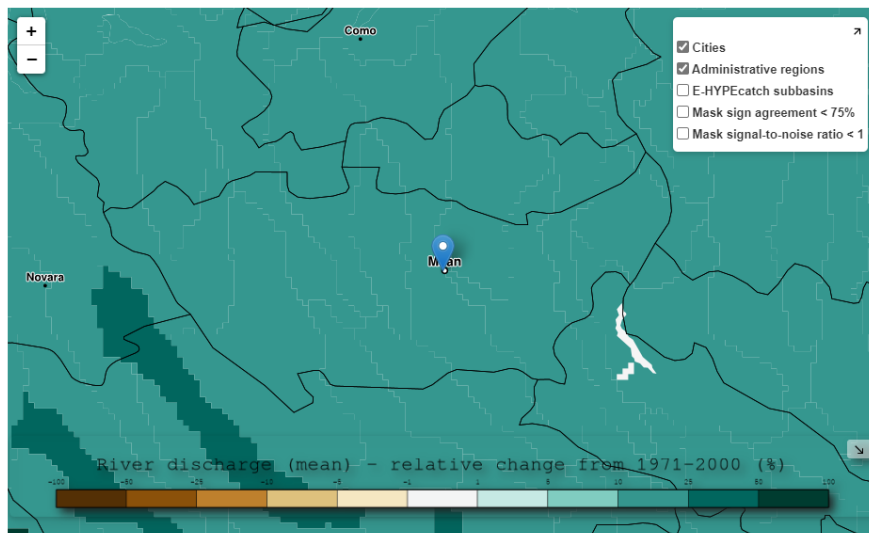
SLOWMOVE



Simulazione delle variazioni in % della portata fluviale media nel bacino idrografico principale in cui ricade il centro abitato di Milano alla coordinata 45.47°N-9.2°E e per il periodo 2011-2040 considerando lo scenario climatico ottimistico RCP 2.6



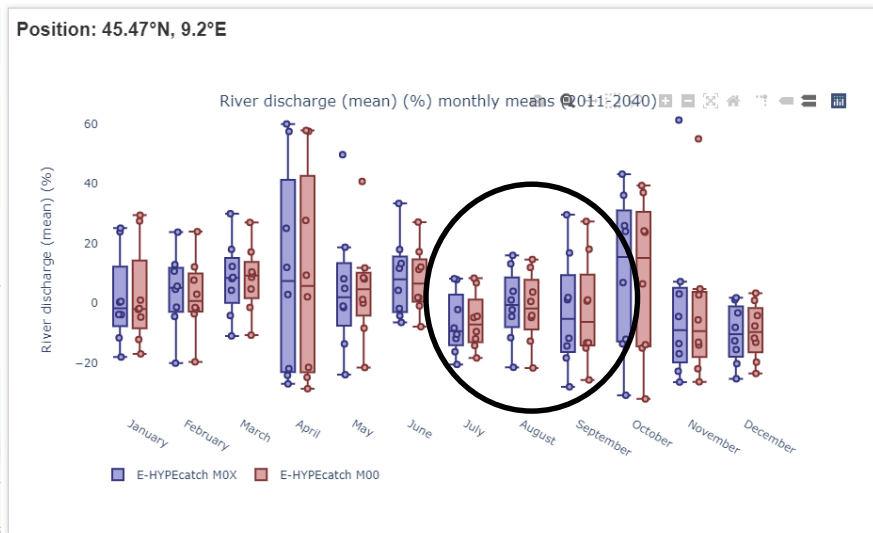
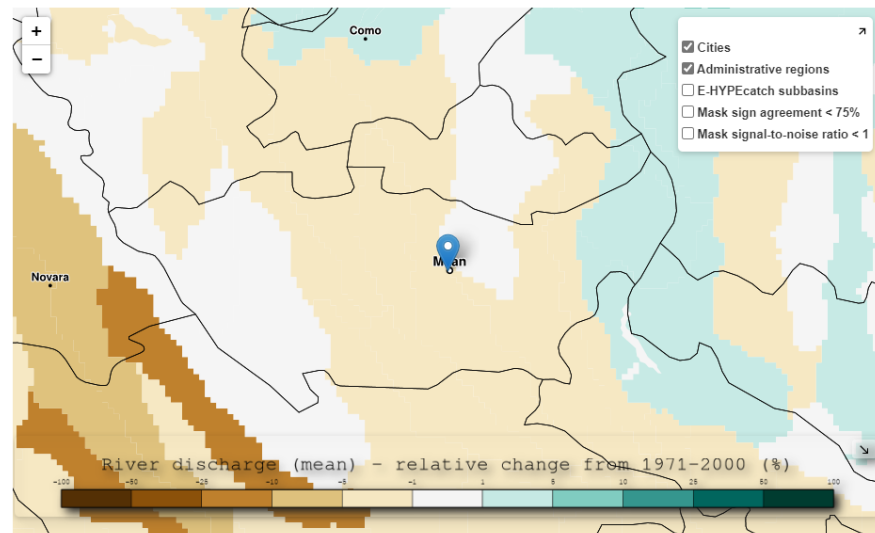
SLOWMOVE



Simulazione delle variazioni in % della portata fluviale media nel bacino idrografico principale in cui ricade il centro abitato di Milano alla coordinata 45.47°N-9.2°E e per il periodo 2041-2070 considerando lo scenario climatico ottimistico RCP 2.6



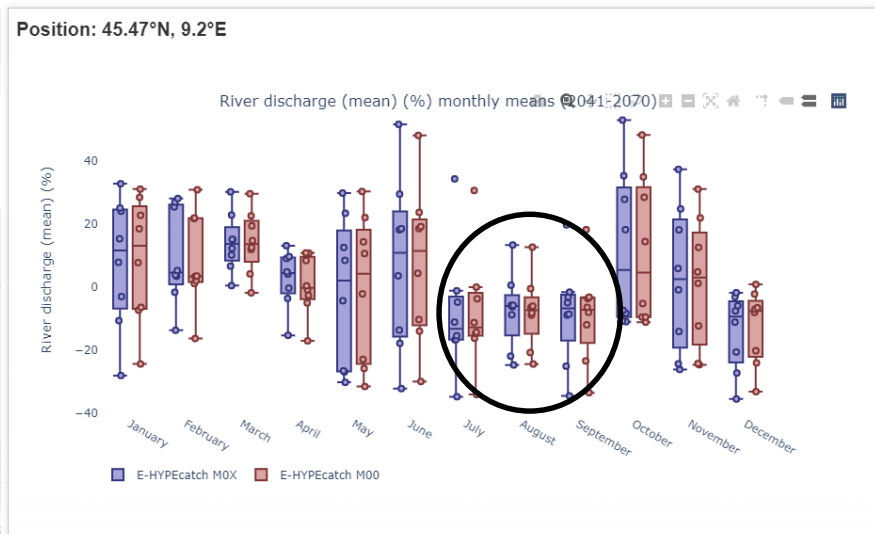
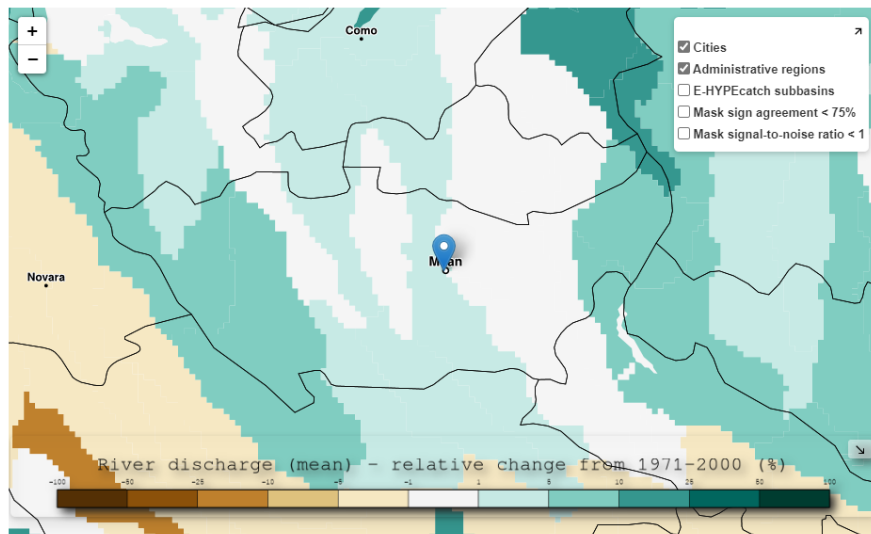
SLOWMOVE



Simulazione delle variazioni in % della portata fluviale media nel bacino idrografico principale in cui ricade il centro abitato di Milano alla coordinata 45.47°N-9.2°E e per il periodo 2011-2040 considerando lo scenario climatico pessimistico RCP 8.5



SLOWMOVE



Simulazione delle variazioni in % della portata fluviale media nel bacino idrografico principale in cui ricade il centro abitato di Milano alla coordinata 45.47°N-9.2°E e per il periodo 2041-2070 considerando lo scenario climatico pessimistico RCP 8.5



Conclusioni





- Le **temperature dell'aria** sono in drastico aumento in tutte le regioni di interesse dell'idrovia Locarno-Milano. Nel caso di uno scenario di adattamento ottimistico, si prevede una diminuzione dell'aumento delle temperature intorno all'anno 2060
- Per quanto riguarda le **temperature dell'aria**, il confronto tra la re-analisi e le proiezioni mostra come in questi ultimi anni la situazione climatica sia coerente con lo **scenario di adattamento più pessimistico**
- Per quanto riguarda le **precipitazioni atmosferiche**, non si rileva alcun trend particolare, ma si nota un'estremizzazione degli eventi con periodi di siccità più importanti che si alterneranno a periodi di precipitazione più intensi



- Dal punto di vista delle simulazioni delle **portate fluviali**, si nota che le variazioni medie ed in % della portata fluviale media lungo l'asse dell'idrovia Locarno-Milano saranno sempre **positive** sia nel caso dello scenario più ottimistico (RCP 2.6) che nel caso dello scenario più pessimistico (RCP 8.5) considerando il lungo termine (2011-2040) e la lunghissima scadenza (2041-2070)
- Nonostante questa valutazione positiva, si nota un **cambiamento del regime idrologico** con un aumento delle portate idriche nei periodi invernali ed una diminuzione nei periodi estivi e di inizio autunno
- Queste indicazioni possono far riflettere sull'**utilizzo della navigazione fluviale in ambito turistico** con lo spostamento di turisti nel periodo invernale dalla montagna verso i laghi oppure le città di arte e cultura (a causa del sempre peggior trend delle temperature dell'aria e dell'innalzamento di quota della linea di neve sciabile)
- D'altro canto, per l'**utilizzo commerciale della navigazione fluviale**, sarà essenziale pensare a future strategie di adattamento a causa di possibili diminuzioni dei livelli idrici soprattutto nei periodi estivi (per esempio: natanti più piccoli, interscambio e intermodalità, etc...)



L'impatto climatico e laghi e sulla comunità

GRAZIE DELL'ATTENZIONE!!!

Prof. **Alessandro Pezzoli**
Gestione e Hedging del Rischio Meteo-Climatico
Ambiente, dell'Ambiente, della Cultura e del Territorio
Università di Torino e Politecnico di Torino