

# il CAMBIAMENTO CLIMATICO in MONTAGNA GLI EFFETTI SULL'INNEVAMENTO

**Renata Pelosini, Mariaelena Nicoella,  
Nicola Loglisci, Simona Barbarino**

ARPA Piemonte  
Dipartimento Rischi Naturali ed Ambientali  
Meteorologia, clima e qualità dell'aria

## **CLIMATE CHANGE IN THE MOUNTAINS Effects on snow cover**

*In this article we focus on how the climate is changing in the Western Alps from the point of view of the snow.*

*Moreover, we investigate how snow will change during the 21st century according to locally adapted scenarios.*

*We face up, when it is possible in a quantitative way, the effects on snow, from seasonality to its characteristics up to its production and the factors connected to climate change that could influence its evolution on the ground.*

Il riscaldamento globale mostra alle quote alte i suoi lati più severi, determinando impatti negativi sul comparto naturale, socioeconomico e produttivo che influenzano aree molto più ampie. L'articolo offre un focus su come sta cambiando il clima sulle Alpi Occidentali dal punto di vista della neve, su come cambierà nel corso del XXI secolo secondo scenari adattati a livello locale e affronta, quando possibile in modo quantitativo, gli effetti sulla neve, dalla stagionalità alle sue caratteristiche fino alla sua produzione nonché i fattori connessi al cambiamento climatico che potranno influenzarne l'evoluzione al suolo.



## COME STA CAMBIANDO IL CLIMA IN MONTAGNA

I dati misurati ci dicono che il clima sta cambiando in modo significativo anche in montagna, con una tendenza al riscaldamento che è circa il doppio di quella globale [1]. Nelle ultime decadi il tasso di aumento della temperatura media annuale è stato intorno a  $+0.3^{\circ}\text{C}$  ( $0.2 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ) ogni 10 anni nelle regioni montane del Nord America, Asia e nelle Alpi [2]. In queste ultime, le serie delle

stazioni storiche disponibili, ci mostrano come l'incremento di temperatura sia stato localmente anche superiore, fino a  $+0.4^{\circ}\text{C}/+0.5^{\circ}\text{C}$  ogni 10 anni.

Se scendiamo a una scala ancora più piccola, e consideriamo le Alpi Occidentali, le analisi mostrano un incremento della temperatura massima annuale, al di sopra dei 700 m di quota, che negli ultimi sessant'anni ha superato i  $2.5^{\circ}\text{C}$  con valori importanti nella stagione invernale e primaverile. I tassi di aumento hanno raggiunto i  $0.68^{\circ}\text{C}$  ogni 10 anni negli ultimi trent'anni e  $0.46^{\circ}\text{C}$  se con-

sideriamo l'intera serie temporale (Fig.1). Anche la temperatura minima ha subito un aumento, sebbene più contenuto, intorno a  $1.4^{\circ}\text{C}$ , con un tasso di crescita di  $0.35^{\circ}\text{C}$  ogni 10 anni dal 1958 e inferiore se consideriamo solo gli ultimi trent'anni.

Limitandoci alle quote ancora più elevate, al di sopra dei 1500 m, e considerando la temperatura massima, la primavera e l'estate vedono un incremento tra  $0.8^{\circ}\text{C}$  e quasi  $1^{\circ}\text{C}$  ogni 10 anni dal 1981 a oggi (Fig.2).

Primavera ed estate sono le due stagioni in cui l'aumento di temperatura è maggiore alle quote più alte, mentre l'inverno domina, dopo la primavera, nell'incremento delle temperature massime alle quote intermedie.

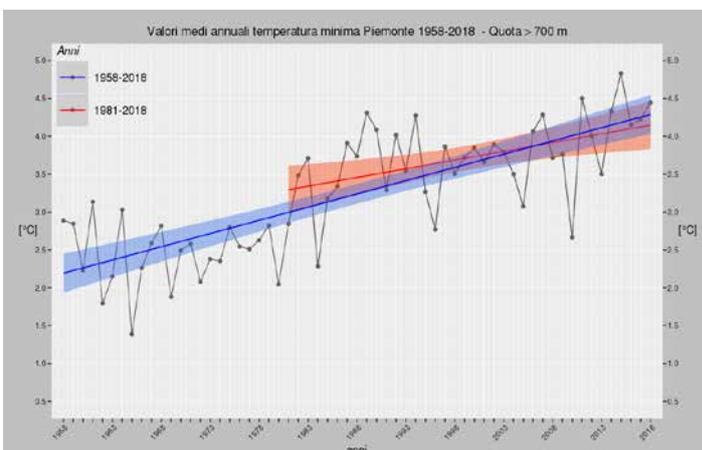
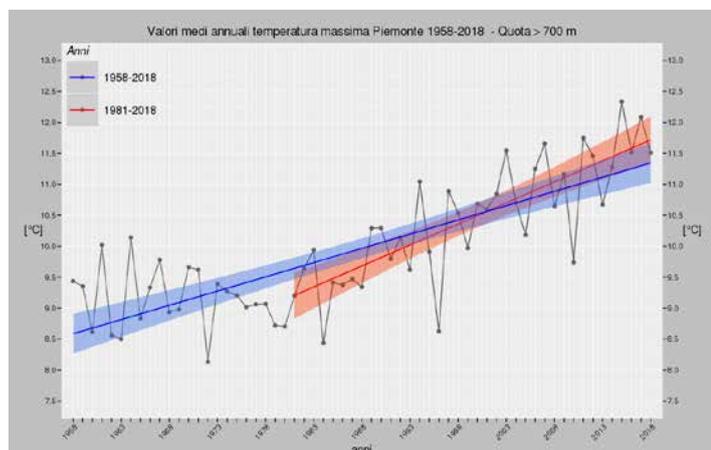
Anche l'andamento dello zero termico testimonia questo riscaldamento delle quote più alte, con un incremento del numero di giorni in cui i valori risultano superiori ai 4000 m (passato dal 30% al 60% dei giorni estivi negli ultimi vent'anni) e superiori ai 4500 m, che, da valore eccezionale fino a un decennio fa, oggi ricorre in media il 20% dei giorni estivi (Fig. 3).

Questa evidente e importante tendenza al riscaldamento nelle zone di montagna rispecchia quanto viene rilevato a livello globale e le analisi della stagionalità e dell'entità del riscaldamento sono fondamentali per la valutazione degli impatti conseguenti.

Le motivazioni fisiche del riscaldamento più rapido delle quote alte sono oggi oggetto di ricerche che concentrano



Fig. 1 - Andamento della temperatura massima e minima media annuale sulle Alpi piemontesi considerando il territorio al di sopra dei 700m di quota. A sinistra la temperatura massima e a destra la minima. In blu il trend dal 1958 al 2018, in rosso dal 1981 al 2018. La linea nera rappresenta i dati osservati. Le barre colorate rappresentano l'incertezza statistica.



l'attenzione su quattro aspetti fondamentali:

- maggior efficacia del forcing radiativo in un'atmosfera mediamente più secca e fredda come quella delle quote alte;
- meccanismo di feedback positivo dovuto all'albedo della copertura nevosa: quando questa è in diminuzione fa aumentare l'assorbimento della radiazione solare, che porta a un aumento della temperatura dell'aria in prossimità del suolo, e questo favorisce a sua volta il processo di fusione della neve;
- effetto di cooling degli aerosol alle quote alte meno efficace a causa delle minori concentrazioni di particelle;
- incremento del calore latente al di sopra del livello di condensazione delle nubi favorito da un'atmosfera mediamente più calda e con un maggiore contenuto di umidità.

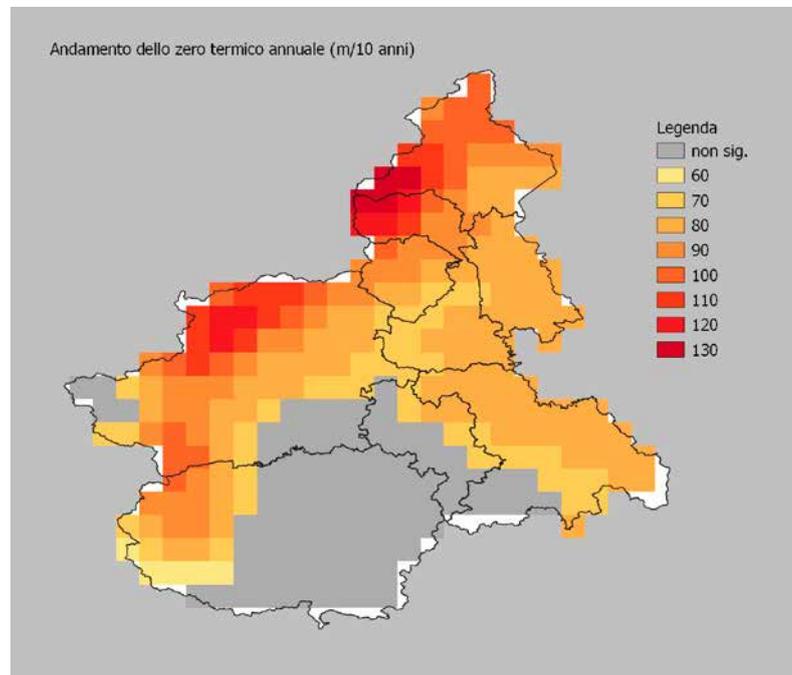
Poiché esiste più incertezza e minore significatività statistica per le tendenze sulla precipitazione, è interessante analizzare il rapporto fra neve e precipitazione totale. Tale rapporto si sta riducendo, in particolare lungo la fascia prealpina a quote fino ai 1600-1700 m, dove la precipitazione nevosa sta diminuendo in modo evidente sia in quantità, sia nella lunghezza della stagione nevosa, riducendo il periodo in cui il suolo è coperto dalla neve.

Soffermandoci sull'indice di anomalia della neve fresca complessiva sulle Alpi piemontesi (Fig. 4), si evidenzia come si registri una diminuzione complessiva della neve fresca negli ultimi 30 anni, dopo un periodo tra il 1970 e 1980 pre-

valentemente nevoso, pur ritrovando un inverno come il 2008-2009, che è stato l'anno con anomalia nevosa positiva maggiore dopo il 1971 e il 1950.

L'entità della diminuzione di neve fresca annua dipende non solo dalla quota, ma anche dalla latitudine, dall'orientamento e dalla conformazione della valle, con

	Anno	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
1981-2018	0.74°C	0.57°C	0.99°C	0.80°C	0.59°C
	0.64°C	0.68°C	0.80°C	0.55°C	0.52°C



A sinistra, dall'alto: Fig. 2 - Tendenza della temperatura massima ogni 10 anni nel periodo 1981-2018 per le zone al di sopra dei 1500 m di quota (riga in alto) e tra 700 m e 1500 m (riga in basso).

Fig. 3 Tendenza dello zero termico ogni 10 anni dal 1999 al 2018 in metri. In grigio i valori non significativi dal punto di vista statistico.

Fig. 4 - Indice SAI di anomalia standardizzata della neve fresca annuale dal 1950 ad oggi rispetto alla media 1981-2010. L'indice rappresenta l'anomalia in termini di numero di deviazioni standard di scostamento dalla media: in blu gli anni più nevosi della media, in rosso gli anni meno nevosi. Le righe orizzontali rappresentano rispettivamente, dal basso verso l'alto, il 10°, 25°, 75° e 90° percentile della distribuzione.

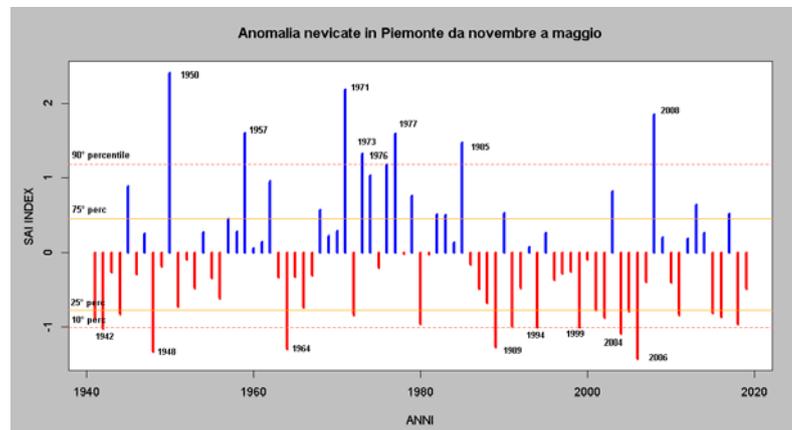
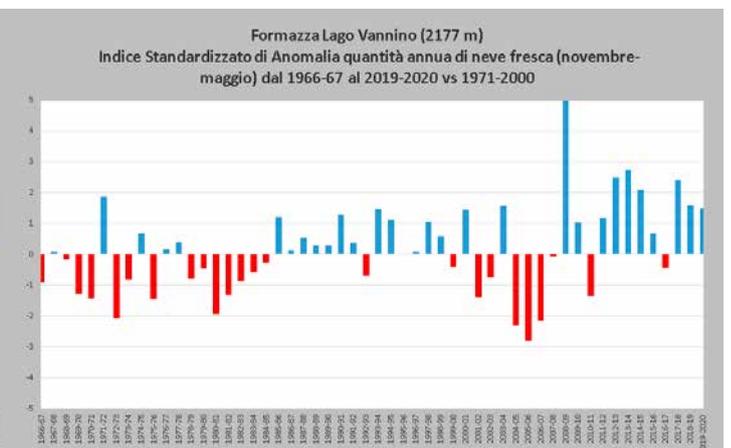
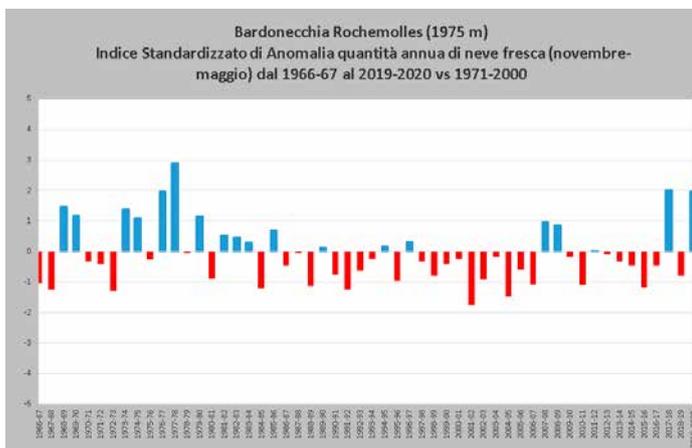


Fig. 5 - Andamento dell'indice SAI per le stazioni di Rochemolles (TO) (a sinistra), a 1975m di quota e per la stazione di Formazza Lago Vannino (VB) (a destra), a 2177m di quota, dalla stagione 1966-1967 alla stagione 2019-2020.



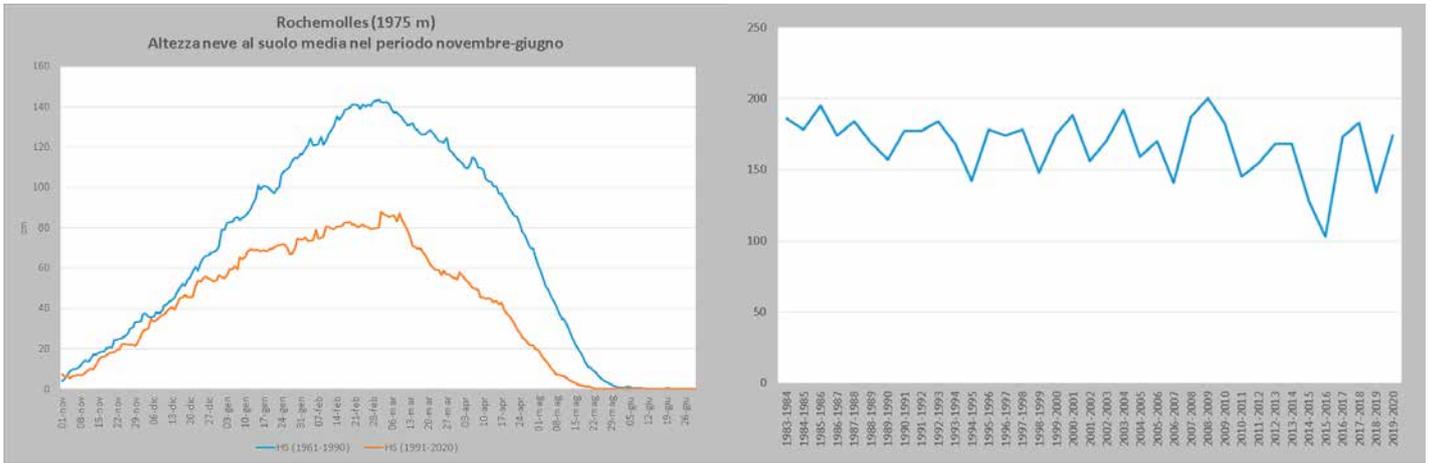


Fig. 6 - Andamento dell'altezza della neve al suolo giornaliera media del periodo 1961-1990 (linea azzurra) e 1991-2020 (linea arancione) per la stazione di Rochemolles (TO) (a sinistra) e numero di giorni in cui il suolo è coperto dalla neve dalla stagione 1983-1984 alla stagione 2019-2020 (a destra).

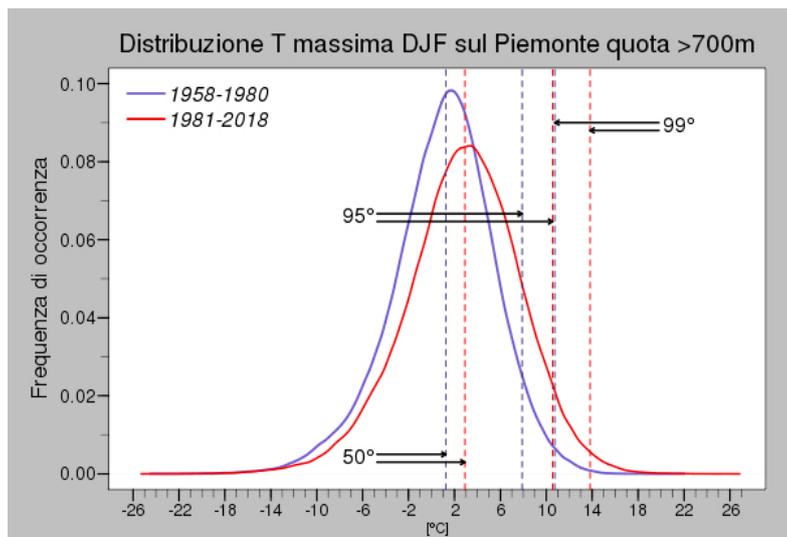


Fig. 7 - Frequenza di occorrenza dei valori di temperatura massima nel corso dell'inverno per le aree del territorio piemontese al di sopra dei 700m di quota nel periodo 1958-1980 (in blu) e 1981-2018 (in rosso). Le linee tratteggiate verticali rappresentano i percentili della distribuzione.



una riduzione più marcata nelle valli con esposizione ovest-est, dall'esposizione del versante e dalla distanza dalla pianura: tutti fattori che negli ultimi anni hanno assunto un'influenza determinante nel caratterizzare le nevicate e l'evoluzione del manto nevoso al suolo, anche durante la stagione invernale.

Si osservi ad esempio la differenza nell'indice di anomalia standardizzata di Fig. 5 per la stazione di Rochemolles (TO), a 1975 m di quota, posta in una valle orientata ovest-est presso il confine francese e per la stazione di Formazza Lago Vannino (VB) a 2177 m di quota, rappresentativa della zona di confine con la Svizzera, a maggiori latitudini e alla chiusura di una valle orientata sud-nord. Nel primo caso si evidenzia una ricorrenza di stagioni con un deficit nevoso, moderato ma persistente. Nel secondo caso invece prevalgono, nell'ultimo periodo, inverni con un surplus di precipitazione nevosa, connessi probabilmente anche all'incremento degli episodi di foehn che contribuiscono con apporti nevosi lungo le creste di confine.

In molte stazioni, comunque, l'altezza media della neve al suolo negli ultimi 30 anni è diminuita in modo impressionante, così come la lunghezza del periodo in cui il suolo è ricoperto dalla neve. La Fig. 6 riporta l'evoluzione dell'innescamento nella stazione di Rochemolles (TO) evidenziando le differenze del periodo 1961-1990 e 1991-2019, in particolare nella quantità di neve fresca e nell'anticipo della fusione primaverile, che determina una diminuzione del numero di giorni in cui il

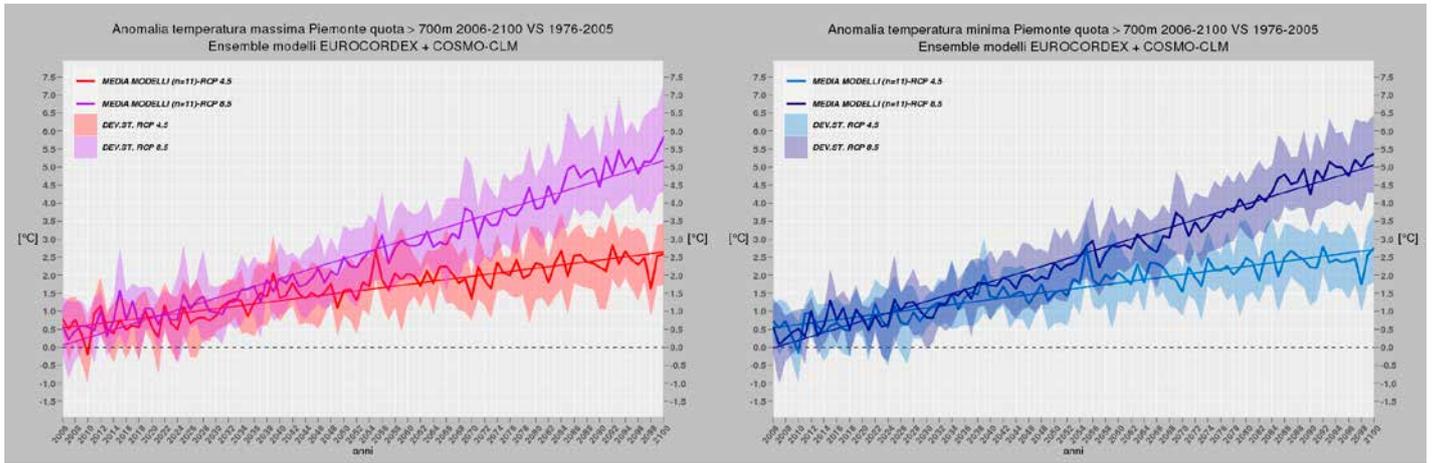


Fig. 8 - Andamento dell'anomalia di temperatura nel corso del secolo rispetto al valore di riferimento 1976-2005 per la temperatura massima (a sinistra) e minima (a destra) nello scenario tendenziale RCP8.5 (linea viola e blu) e RCP4.5 (linea rossa e azzurra). La linea rappresenta i dati annuali, la retta il trend lineare e le bande colorate la variabilità dell'ensemble considerato.

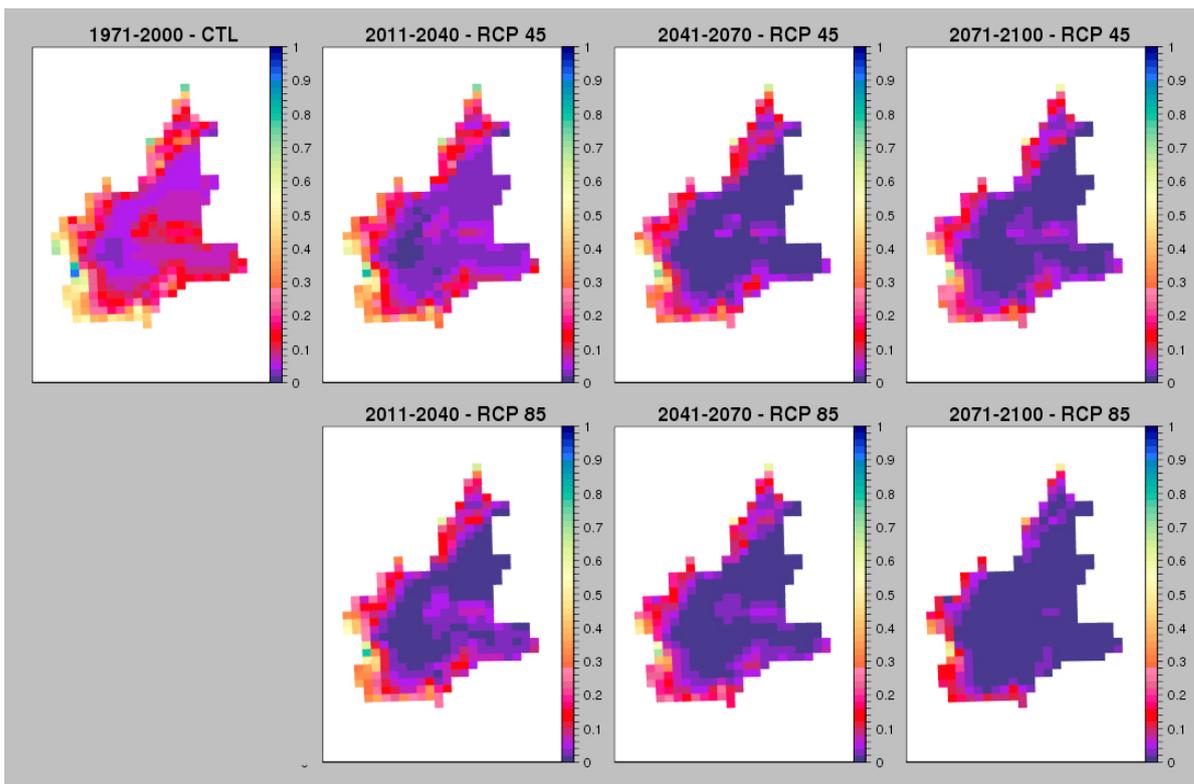


Fig. 9 - Frazione neve/precipitazione totale nei tre trentenni 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100 per i due scenari RCP4.5 (riga sopra) e RCP8.5 (riga sotto). In alto a sinistra il periodo di riferimento 1971-2000.

suolo è coperto dalla neve quantificabile in circa 7 giorni ogni 10 anni.

Anche nelle stazioni dove la diminuzione della quantità di neve non è così netta, si osserva comunque una contrazione del periodo in cui il suolo è innevato, soprattutto per l'anticipo della fusione primaverile.

Ma non sono solo le tendenze dei valori medi a dare conto della vera e propria emergenza climatica che le montagne stanno vivendo. Osservando, infatti, la frequenza di occorrenza dei valori di temperatura, si evince un incremento dei valori estremi e della loro frequenza e, più in generale, un aumento della variabilità meteorologica, da un giorno

a un altro, da una stagione all'altra, da un anno all'altro.

Ad esempio sulle Alpi Piemontesi, nel corso dell'inverno, la distribuzione della temperatura massima (Fig. 7) ha subito un deciso spostamento verso destra, con un incremento del valore mediano (valore rappresentativo della temperatura nel 50% dei giorni nel periodo 1958-2018, in diminuzione fino al 35% dei giorni nel periodo più recente) e dei valori estremi positivi (il valore di temperatura più elevato, che si presentava soltanto il 5% dei giorni, negli ultimi 30 anni si presenta il 10% dei giorni).

Questo aumento della variabilità caratterizza la meteorologia degli ultimi 20-

30 anni, alterando le caratteristiche stagionali, proponendoci molti eventi "fuori stagione", periodi di freddo anomalo alternati a periodi caldi, lunghi periodi secchi tardo autunnali e invernali in alcuni anni e nevicate anticipate in altri, senza alcuna regolarità. Intensità di precipitazioni eccezionali si registrano sempre più frequentemente, sia nel corso degli eventi convettivi favoriti dall'orografia montana, quando 80 mm di pioggia in un'ora non sono più una rarità, sia nel corso di eventi più duraturi, con valori di pioggia cumulati che raggiungono in poco tempo i record registrati nelle grandi alluvioni storiche, quando non li superano. Si registra un anticipo della

Fig. 10 - Numero medio di giorni con altezza della neve al suolo superiore a 10, 40 e 70 cm per diverse fasce altimetriche del territorio regionale (dati mediati dagli anni '80 ad oggi).

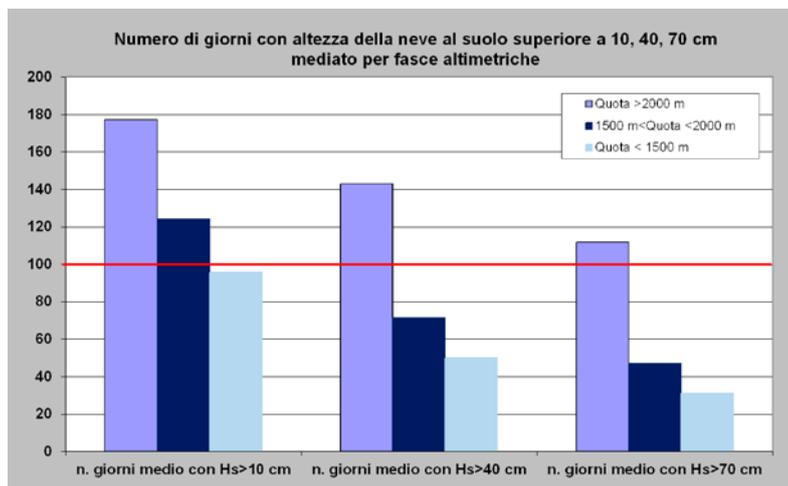
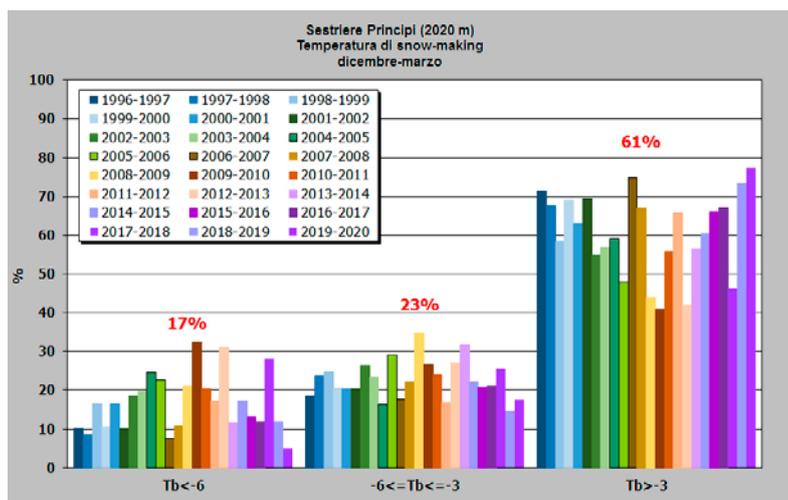


Fig. 11 - Frequenza di distribuzione delle ore del periodo dicembre-marzo in cui le condizioni sono idonee, poco idonee e assolutamente non idonee alla produzione della neve (sulla base della temperatura di bulbo umido  $T_b$ ) per la stazione di Sestriere dal 1996-97 al 2019-2020. In rosso sono riportate le percentuali medie di tutte le stagioni considerate.



fusione primaverile del manto nevoso, che sta diventando molto rapida e quasi indipendente dalla quantità di neve presente al suolo. A testimonianza di questo, anche inverni molto nevosi vedono, a primavera inoltrata, una quantità di neve al suolo davvero residuale. A questa variabilità meteorologica si associa anche un aumento degli episodi ventosi in montagna, sia forzati da caratteristiche meteorologiche a grande scala, come gli eventi di foehn (con un incremento sul Piemonte di circa 10 giorni di foehn ogni 10 anni, considerando gli ultimi 20 anni), sia da situazioni legate alla convezione o alla instabilità atmosferica a livello locale.

## GLI SCENARI FUTURI

Anche considerando le più efficaci e immediate azioni per ridurre le emissioni dei gas climalteranti, le Alpi continuano a rappresentare un "hot spot" del cambiamento climatico, ossia una zona dove

il riscaldamento globale si manifesta in modo più accentuato [1], e l'incremento di temperatura atteso a fine secolo per le Alpi Occidentali è di circa 2.5°C per le temperature massime e 2.1°C per le temperature minime (Fig. 8).

Se le azioni di mitigazione non venissero intraprese, e lo scenario emissivo si mantenesse in linea con quello attuale, gli incrementi attesi raggiungerebbero i 5°C. In montagna, la primavera è la stagione in cui gli aumenti attesi sono più rilevanti, con un incremento stimato di 0.88°C ogni 10 anni per la temperatura massima e 0.39°C ogni 10 anni per la temperatura minima; anche l'inverno continua a mostrare un incremento importante della temperatura massima che arriva a 0.64°C ogni 10 anni.

Se a livello globale è stimata una diminuzione dello spessore della copertura nevosa fino al 40% al 2050 [2] gli scenari locali (Fig. 9) mostrano come la frazione neve/pioggia diminuisca rapi-

damente lungo tutta la fascia prealpina e si mantenga su valori intorno a 0.2-0.3 a metà secolo solo alle quote più elevate dei rilievi prossimi al confine, per portarsi successivamente a valori compresi tra 0 e 0.1, rimanendo 0.3 solo in qualche vallata più interna. Secondo scenari emissivi peggiori, come quello tendenziale, a fine secolo le nevicate sulle Alpi occidentali potrebbero costituire eventi eccezionali.

## COSA CAMBIA NELLE CONDIZIONI DELLA NEVE

Le nuove condizioni climatiche stanno modificando la forma e addirittura la struttura delle montagne. Questo è molto evidente nella stagione estiva, a causa dell'importante processo di fusione che hanno subito i ghiacciai alpini e della degradazione dello strato attivo del permafrost, che causa frequenti fenomeni di frane e crolli in roccia. Tuttavia, anche il terreno innevato e le condizioni ambientali che determinano la sua trasformazione al suolo si sono modificate. Vediamo quali sono gli aspetti più rilevanti che, anche se ancora connotati da margini di incertezza, consentono di fare delle valutazioni e predisporre in anticipo le azioni per limitare le conseguenze negative e adattarsi alle nuove condizioni.

### - Ritardi e variabilità nell'inizio della stagione nevosa

Si evidenziano periodi asciutti a inizio inverno per la presenza di situazioni anticicloniche persistenti, caratterizzati da forte irraggiamento notturno con basse temperature che favoriscono la formazione di ghiaccio su versanti in ombra non coperti dalla neve, alternati ad anni con nevicate precoci su terreno ancora relativamente caldo. In alcuni casi, alle nevicate di fine ottobre o inizio novembre, spesso associate a eventi a carattere alluvionale nelle zone più a valle, seguono lunghi periodi asciutti e freddi, con la formazione di dure e spesse croste superficiali, su cui poco si legano le nevicate successive. In altri casi le nevicate precoci sono seguite da un periodo caldo, o ancora caldo e

piovoso, con la formazione di valanghe di neve umida e di fondo anche a inizio inverno.

**- Diminuzione dell'altezza della neve al suolo**

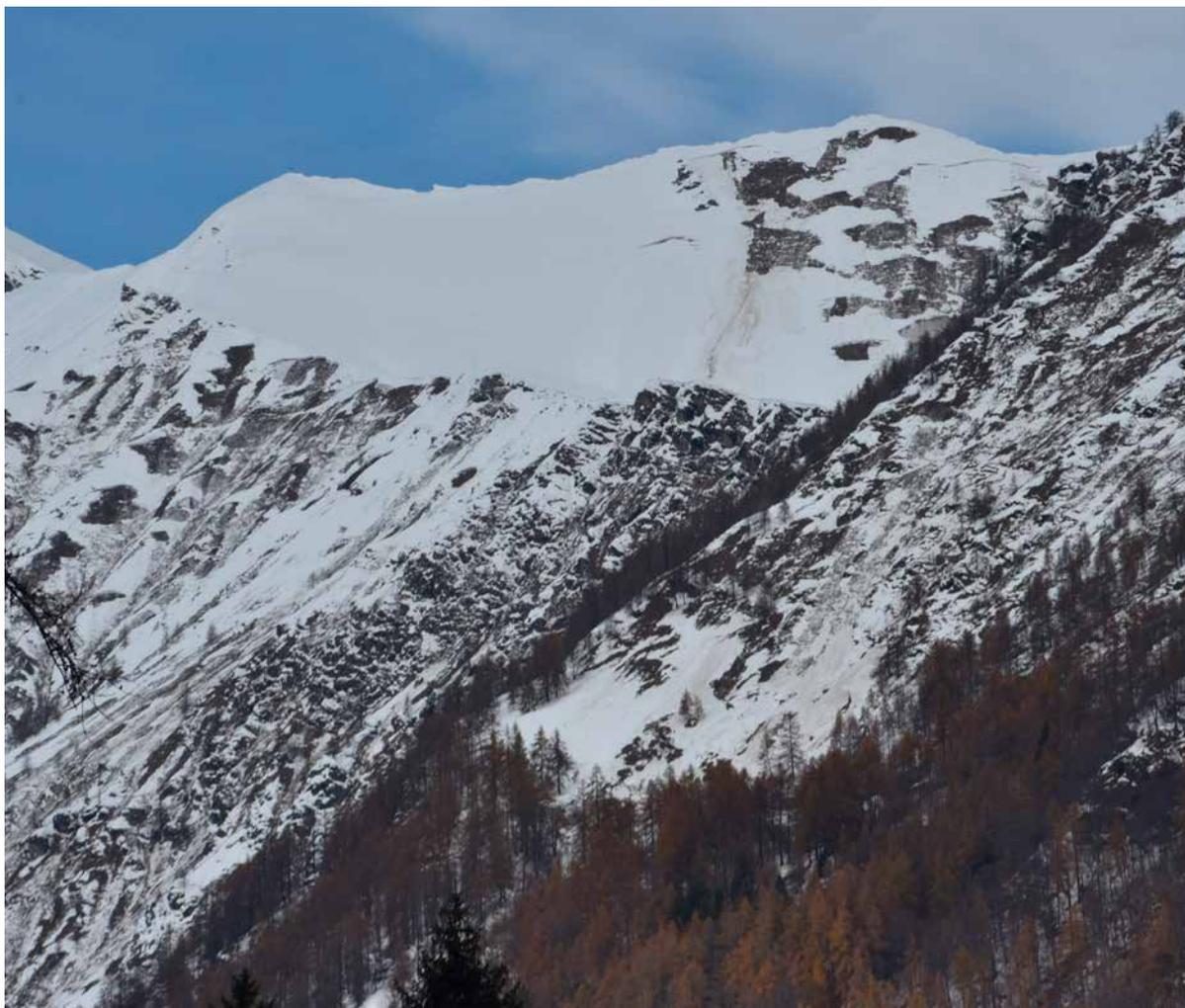
Un altro aspetto di cui abbiamo già parlato è la diminuzione complessiva della quantità di neve, importante a quote più basse, nelle valli esposte ovest-est, sui pendii più soleggiati e in quelli aperti verso le pianure. Se il

numero di giorni con un'altezza della neve al suolo superiore ai 10 cm, dovuta solo alle precipitazioni naturali, supera i 100 giorni per le stazioni al di sopra dei 1500 m, per altezze della neve al suolo superiori (40 cm e 70 cm, soglie per la pratica dello sci nordico e dello sci alpino) bisogna andare oltre i 2000 metri per avere, mediamente, 100 giorni garantiti dall'innevamento naturale (Fig. 10). Questo dipende non

solo dalla diminuzione degli apporti nevosi ma anche dalla fusione della neve al suolo, che frequentemente, a causa di giornate straordinariamente calde di gennaio e febbraio, connesse quasi sempre a episodi di foehn, diventa importante.

Nel corso di inverni poco nevosi le condizioni del manto nevoso al suolo dipendono da altri fattori, che risultano meno rilevanti nel corso di inverni





nevosi. Ad esempio, l'esposizione, che rende le condizioni del manto molto differenti, a parità di quota, anche in pieno inverno oppure la conformazione della valle, da cui dipende la capacità delle masse d'aria di penetrare dalle pianure all'interno delle valli e influenzare le caratteristiche del manto nevoso.

#### - **Aumento del trasposto eolico della neve**

Si osserva un incremento delle situazioni di trasporto eolico della neve sia durante la nevicata, per la maggiore ventilazione che l'accompagna, sia per la grande variabilità atmosferica che sempre più frequentemente fa susseguire, alle neviccate sulle Alpi occidentali, una rapida rotazione del flusso dai quadranti settentrionali, innescando forti venti di caduta. Il trasporto eolico della neve determina accumuli sui versanti sottovento, che con la concomitanza dei due effetti, si

formano su entrambi i versanti: nord, nordovest e nordest durante la nevicata e in prevalenza sudest e sud con i venti catabatici.

#### - **Aumento delle valanghe di neve umida**

Il riscaldamento dell'atmosfera in montagna può determinare un incremento delle valanghe di neve umida, anche spontanee, non solo nella stagione primaverile e nelle forme incanalate, ma anche su pendii aperti in pieno inverno, per esempio a causa del sovraccarico della pioggia sul manto nevoso al suolo in situazioni di forte variabilità meteorologica, o in caso di un brusco aumento delle temperature, favorito da un ridotto spessore del manto nevoso e dall'esposizione ai quadranti al sole.

#### - **Maggior frequenza del trasporto di sabbia sahariana**

Episodi di neviccate con trasporto di sabbia sahariana sono più frequenti e non solo in primavera, a causa dell'e-

stensione della variabilità latitudinale del getto alle medie latitudini. In alcuni casi si verificano anche trasporti di polveri e sabbia in asciutto, quando forti venti di scirocco non determinano precipitazioni, e sappiamo che la sabbia inglobata nel manto nevoso rappresenta un potenziale strato di scorrimento per le valanghe a lastroni e, quando esposta sulla superficie, ne altera rapidamente le caratteristiche [3].

#### - **Diminuzione delle ore con condizioni favorevoli alla produzione di neve**

La produzione di neve programmata dipende da fattori climatici vincolanti, e precisamente la temperatura e l'umidità, che determinano la resa e i costi di produzione. Non bisogna inoltre trascurare il vento, sia per l'efficace meccanismo di trasporto della neve (con una capacità di trasporto proporzionale al cubo della velocità) che agisce durante e successivamente al periodo

di produzione, sia per gli effetti termodinamici che può avere nel momento della produzione stessa. Il potenziale di innevamento viene considerato oggi in molteplici studi relativi agli impatti del cambiamento climatico sul turismo, perché rappresenta un fattore chiave [4]. Analizzando i dati sulle Alpi piemontesi, si evidenzia come, anche con le tecnologie di produzione ad alta pressione la percentuale di ore in cui le condizioni sono favorevoli alla produzione di neve variano dal 12% al 25% in funzione della località considerata, intorno al 6-8% le ore in cui è possibile la produzione ma con costi di esercizio importanti e intorno al 65-85% la percentuale di ore in cui non è possibile produrre neve (Fig. 11). Inoltre, dai dati si osserva come vi sia, dagli anni 2000 per stazioni a quote più basse e dal 2010 in quelle a quota più elevata, una riduzione della frequenza delle condizioni favorevoli.

#### - Alterazioni per rapida variabilità meteorologica

L'aumentata variabilità meteorologica determina importanti escursioni termiche in breve tempo, variazioni significative degli apporti nevosi nella stessa stagione o nello stesso mese, fenomeni di fusione e rigelo posticipati o anticipati, rovesci e temporali di neve in inverno, accompagnati da neve pallottolare più frequente e vere e proprie "tempeste" di vento, periodi di siccità prolungata, con la formazione di strati superficiali duri e gelati, poco propensi al legarsi delle neviccate successive. La neve al suolo risulta in qualche modo più sensibile alla meteorologia della giornata, che può determinarne importanti modifiche da un giorno a un altro, all'interno della medesima giornata, sia dello strato superficiale ma anche degli strati più profondi.

#### LE CONSEGUENZE

Gli impatti del cambiamento climatico in montagna, e in particolare delle condizioni di innevamento, si avvertiranno in molti settori socioeconomici che ri-

guardano non solo l'economia delle terre alte ma anche, indirettamente, territori più ampi a causa dei servizi ecosistemici connessi alla presenza della neve.

- Alterazioni della disponibilità della risorsa idrica nelle stagioni estive con portate fluviali ridotte e qualità delle acque spesso peggiore, quando l'esigenza di irrigazione diventerà più importante e più frequente; alterazioni del regime idrologico, con un aumento delle piene primaverili a causa della fusione anticipata della neve e una modifica della produzione idroelettrica.
- Incremento dei rischi naturali a causa della degradazione del permafrost, con effetti già evidenti sulle infrastrutture di alta quota, e degli incendi boschivi, più frequenti in particolare nel periodo tardo autunnale a causa dello scarso innevamento delle quote medio-basse, a periodi di prolungata siccità e all'incremento delle condizioni di foehn.
- Effetti negativi sul turismo invernale causati da una parte dalla variabilità delle condizioni di innevamento delle località turistiche, che disincentivano la frequentazione programmata per periodi prolungati a favore di una frequentazione "usa e getta" che vede molte più persone in periodi più ristretti con effetti insostenibili ad esempio sulla mobilità, e dall'altra, dalla generale diminuzione dell'attrattività della montagna invernale senza neve.

- Alterazione dei cicli stagionali e mancato periodo di freddo e di terreno innevato avranno impatti sul patrimonio forestale, arboreo e di pascolo della montagna, che ne risentirà in termini di produttività, variazioni delle popolazioni locali, degradazione di habitat, invasione di specie e alterazioni del paesaggio. Ma l'aspetto naturale coinvolgerà anche le popolazioni animali, che risentiranno a loro volta della modifica o perdita di habitat, delle desincronizzazioni e disaccoppiamenti con le specie vegetali con cui interagiscono, di nuove competizioni, di aumento dei pericoli come incendi boschivi, frane e valanghe di neve umida.
- Minori opportunità per i territori montani con aggravamento della tendenza allo spopolamento, isolamento delle comunità e perdita delle attività produttive legate al territorio, che contribuiscono alla sua salvaguardia.

Lo scenario è severo e rischia di ridurre in modo drammatico i servizi ecosistemici che derivano dalla montagna. I prossimi dieci anni saranno fondamentali per applicare azioni decisive di riduzione dei gas serra, con l'obiettivo di contenere l'aumento di temperatura globale entro i 2°C a fine secolo [5], e politiche che riconoscano e valorizzino il patrimonio naturale, culturale e sociale del territorio alpino, riconoscendone i diritti a prescindere dalla presenza dell'uomo.

### Bibliografia

- [1] Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.), IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- [2] H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer; IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate
- [3] Mauro Valt, Maria Cristina Prola, La Neve Rossa, Neve e Valanghe n.88 agosto 2016
- [4] Robert Steiger, Daniel Scott, Bruno Abegg, Marc Pons & Carlo Aall C, A critical review of climate change risk for ski tourism Curr Issue Tour 22 (11):1343-1379. <https://doi.org/10.1080/13683500.2017.1410110>, (2019).
- [5] Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, 2018