



**PIEMONTE**  
verso un *presente* sostenibile

13

CAMBIO  
CLIMATIC

25%

## Analisi del clima regionale del periodo 1981-2010 e tendenze negli ultimi 60 anni

**Sintesi**  
Giugno 2020

**Arpa**  
PIEMONTE  
Agenzia Regionale  
per la Protezione Ambientale

**Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente**

**REGIONE  
PIEMONTE**



## Sommario

Temperature .....	2
Precipitazioni .....	4
Vento .....	6
Gradi giorno di riscaldamento e raffreddamento .....	6
Zero termico .....	7
Indicatori per l'agricoltura .....	8
Ondate di caldo su capoluoghi .....	8
Neve .....	9
Portate .....	10





## Temperature

Le temperature sulla regione mostrano una tendenza all'aumento negli ultimi 60 anni (1958-2018), maggiore rispetto alla temperatura media globale. In questo periodo le temperature massime sono aumentate con un tasso di  $0,38\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{anni}$ . Se consideriamo solo gli ultimi 30 anni (1981-2018) il tasso di aumento è circa il doppio ( $0,58\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{anni}$ ), confermando la tendenza all'accelerazione del riscaldamento. Per la temperatura minima i trend nei due periodi sono analoghi ( $0,24\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{anni}$ ). Si può affermare che la temperatura massima media annuale è aumentata di circa  $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  e la minima di  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

La temperatura massima è aumentata soprattutto in inverno e, negli ultimi trent'anni, anche in primavera. La temperatura minima presenta un trend positivo in tutte le stagioni, più rilevante per la primavera nell'ultimo trentennio.

I trend di temperatura sono superiori considerando le sole zone di montagna, in particolare per la temperatura massima, che è aumentata di circa  $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  negli ultimi 60 anni. La minima in montagna è aumentata di circa  $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Anche in montagna, la stagione che presenta un incremento rilevante negli ultimi trent'anni è la primavera.

Sono aumentati anche i valori estremi: sia la temperatura massima sia la minima mostrano un aumento di tutti i percentili più elevati, più importante nella stagione invernale e, in generale, per la massima.

È aumentata l'ampiezza della distribuzione della temperatura e quindi la variabilità climatica.

Gli incrementi di temperatura si distribuiscono in modo non omogeneo sul territorio.





Per quanto riguarda la distribuzione delle tendenze sul territorio regionale, la temperatura massima mostra valori maggiori (superiori a 0,6 °C in 10 anni) soprattutto sulle zone prealpine e su quelle alpine settentrionali e occidentali, nonché nel basso Alessandrino. Nelle zone di confine settentrionali e in una fascia di quota intermedia invece sono stati osservati valori di temperatura massima più bassi.

Trend ancora superiori si riscontrano considerando solo l'inverno e la primavera.

Le variazioni della temperatura minima annuale non sono significative sull'intero territorio regionale ma presentano valori molto elevati sulla fascia prealpina nordoccidentale e occidentale superando anche 1 °C in 10 anni.

Le notti tropicali mostrano una lieve tendenza all'aumento (fino a 1 giorno ogni 20 anni) nelle zone di pianura. Anche i giorni tropicali sono in aumento, in particolare su Torinese, alto Cuneese, basso Alessandrino e Vercellese e lungo la fascia pedemontana (poco più di 1 giorno ogni 20 anni).

Il numero dei giorni di gelo mostra una tendenza negativa quasi ovunque, con valori più elevati sulle zone montane intermedie, dove supera 1 giorno ogni 10 anni.







## Precipitazioni

Complessivamente a livello regionale, le tendenze delle precipitazioni cumulate annuali non mostrano variazioni significative, né sull'intero territorio, né considerando le sole aree di pianura o montagna, mentre la variabilità inter-annuale è molto elevata.

I valori medi sull'intero territorio sono lievemente diminuiti negli ultimi 30 anni rispetto all'intera serie storica di dati, in particolare in pianura, anche se in percentuale davvero minima (circa 4%). Maggiori differenze si riscontrano analizzando le tendenze delle precipitazioni stagionali negli ultimi 30 anni con un incremento delle precipitazioni autunnali e una diminuzione di quelle primaverili.

Considerando l'intera serie temporale disponibile dal 1958, si osserva una diminuzione delle precipitazioni invernali (intorno al 13-14%) sia in pianura sia in montagna e un lieve aumento di quelle primaverili in montagna, mentre le precipitazioni estive e autunnali in pianura risultano lieve diminuzione. Nell'ultimo periodo la stagione più piovosa tende ad essere la primavera rispetto all'autunno, diversamente da come si riscontrava nell'intera serie storica.

I massimi delle precipitazioni cumulate giornaliere tendono ad aumentare negli anni con un trend di circa 1,28 mm/anno per la pianura e 1,38 mm/anno per la montagna. Il contributo principale è dato dall'autunno, seguito dalla primavera, sia in pianura sia in montagna.

Si osserva, nel periodo 1981-2018, una modifica del regime pluviometrico, con un aumento della precipitazione primaverile a scapito di quella autunnale, che non risulta più la stagione più piovosa. Il mese più piovoso dell'anno da ottobre, nel periodo 1958-1980, diventa maggio nel periodo 1981-2018. Il mese con le precipitazioni più scarse è luglio per l'intera serie storica.





La distribuzione della precipitazione annuale del periodo 1981-2010 conferma la localizzazione delle zone a maggior piovosità della regione, evidenziando la zona del Lago Maggiore e la Valle Ossola, in particolare la parte più rivolta verso la pianura, come quella a maggior piovosità annuale. Altri massimi si evidenziano nelle Alpi nordoccidentali (Cannave e valli di Lanzo), sull'alto Tanaro e sul basso Alessandrino al confine con la Liguria. La zona della Val di Susa e delle altre valli esposte da ovest a est del Cuneese sono, tra le aree montane, quelle a minor piovosità.

Durante la primavera la precipitazione si distribuisce in accordo con l'orografia, mentre in autunno diventano più rilevanti le precipitazioni sugli Appennini, probabilmente a causa delle precipitazioni a maggior carattere convettivo, che risentono della vicinanza al mare.

La tendenza del numero di giorni piovosi è alla diminuzione secondo un gradiente nord-ovest-sudest, in particolare nella zona del basso Lago Maggiore, alto Novarese e Vercellese, le pianure orientali e la zona del basso Cuneese al confine con la Liguria. La stagione dove la diminuzione è maggiore è quella estiva. Questa diminuzione durante l'estate è connessa all'aumento dei fenomeni intensi. Qualitativamente si osserva una diminuzione del numero di giorni piovosi con precipitazione fino a 10 mm e un aumento dei giorni con precipitazione superiore ai 50 mm.

Si evidenzia una tendenza all'aumento della lunghezza dei periodi secchi (numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia) negli anni, in particolare per le quote più basse, con una grande variabilità inter-annuale (anni molto piovosi in un clima più secco o dove la precipitazione è più concentrata). Gli anni più siccitosi nel nuovo millennio coinvolgono anche le zone montuose, mentre nel secolo scorso si evidenziava la siccità in particolare in pianura.

La tendenza nel tempo della frazione neve/precipitazione totale è pressoché negativa su tutta la regione, con valori superiori sulle zone montuose occidentali e sudoccidentali, dove arriva al 7% ogni 10 anni.





## Vento

Il numero di giorni in cui si innescano venti di Foehn è piuttosto elevato (circa 65 all'anno), con una tendenza all'aumento, soprattutto nella stagione invernale (circa 7-8 giorni in 10 anni).

In montagna si evidenzia un aumento di circa 1,7 giorni/anno dei giorni con raffica superiore al 90° percentile della distribuzione (14,6 m/s).



## Gradi giorno di riscaldamento e raffrescamento

La tendenza dei gradi giorno di riscaldamento (HDD *Heating Degree Days*) è ovunque in diminuzione con un valore che arriva a circa 200 °C ogni 10 anni, soprattutto nelle zone prealpine delle Alpi occidentali e nordoccidentali.

I gradi giorno di raffrescamento estivo (CDD *Cooling Degree Days*) evidenziano come la necessità di raffrescamento sia limitata alla pianura.

Le tendenze dei CDD sono ovunque all'aumento con valori che superano il 14-15% ogni 10 anni in corrispondenza delle zone di pianura dove la necessità di condizionamento è più elevata, come l'Alessandrino. Anche il Torinese vede un incremento rilevante dell'indice.





## Zero termico

L'andamento dello zero termico del radiosondaggio di Cuneo-Levaldigi medio annuale mostra una lieve tendenza, non statisticamente significativa a causa della brevità della serie, all'aumento dei valori massimi (circa 16 m all'anno) e dei valori medi (circa 12 m).

Le stagioni che concorrono all'aumento sono principalmente quella invernale (con un incremento di 17 m all'anno) seguita da quella autunnale (15 m) ed estiva (13 m).

In particolare, tra i mesi invernali, dicembre è quello che mostra un aumento maggiore (circa 40 m all'anno di aumento nei valori medi e 24 m nei massimi).

Per l'estate è il mese di luglio quello più soggetto al riscaldamento, con un aumento di 19 m all'anno.

Anche considerando i dati di analisi sull'intera regione, lo zero termico risulta in aumento, soprattutto in montagna e sui settori di confine, dove raggiunge anche i 120-130 m in 10 anni.

Nel periodo estivo (giugno-settembre) la frequenza dei giorni in cui lo zero termico supera i 4000 m è in aumento lungo la fascia prealpina settentrionale e nordoccidentale di circa 10-11 giorni ogni 10 anni.

Un'area decisamente più vasta vede un aumento del numero di giorni "estremi", in cui lo zero termico è superiore ai 4500 m, dell'ordine di circa 7-8 giorni ogni 10 anni, con un gradiente latitudinale.





## Indicatori per l'agricoltura

Gli indicatori considerati per l'agricoltura evidenziano un incremento delle condizioni favorevoli dal punto di vista termico per alcune colture già diffuse in Piemonte, una tendenza all'aumento della vocazionalità della fascia prealpina, delle aree collinari del Torinese e della zona appenninica di Cuneese e Astigiano grazie all'incremento della durata della stagione vegetativa (che arriva a 10-12 giorni in 10 anni). Anche in pianura si evidenzia un anticipo della stagione vegetativa (circa 6-7 giorni ogni 10 anni). Per quanto riguarda la viticoltura, si osservano importanti variazioni della concentrazione zuccherina e un anticipo del giorno ottimale di raccolta, seppure con una forte variabilità inter-annuale.



## Ondate di caldo su capoluoghi

Per valutare gli effetti del caldo sulla salute e sulle attività umane sono stati considerati alcuni indici biometeorologici nelle principali aree urbane. Quelle di Torino, Alessandria e Vercelli risultano risentire maggiormente delle condizioni di afa estiva, anche se con un disagio prevalentemente diurno. Asti, Biella e Cuneo sono le aree urbane dove il disagio è minore e Novara e Verbania mostrano una situazione di disagio intermedio. In generale, si evidenzia un aumento delle condizioni di disagio per caldo a partire dagli anni 2000 per ogni capoluogo, ad eccezione di Verbania. La città di Torino mostra le tendenze più significative, con un incremento di 1,5 giorni/anno con valori degli indici elevati (temperatura apparente, humidex e giorni tropicali). Un aumento marcato si ha anche a Novara, con un incremento di circa 2,5 giorni/anno di disagio.







## Neve

L'indice di anomalia standardizzata (SAI *Standardized Anomaly Index*) mostra qualitativamente una diminuzione dei quantitativi di neve fresca negli ultimi 20 anni rispetto ai venti anni precedenti, dove gli inverni con un surplus anche importante di neve prevalevano. Si registra comunque una discreta variabilità inter-annuale, anche se gli estremi positivi sono più rari e contenuti. La diminuzione è più rilevante per le stazioni al di sotto dei 1500 m.

Per quanto riguarda la permanenza della neve al suolo, le stazioni a quote più elevate e più interne nelle valli settentrionali e nordoccidentali non mostrano tendenze evidenti all'aumento o diminuzione, si evidenziano comunque anni dove la durata del periodo in cui il suolo è coperto dalla neve è maggiore o minore soprattutto ad inizio stagione.

Per stazioni a quote intermedie sulle Alpi occidentali e sudoccidentali si osserva invece un accorciamento del periodo, con una forte variabilità inter-annuale.

Per le stazioni a quote più basse, intorno o al di sotto dei 1500 m e affacciate alle pianure, si evince altresì una tendenza alla diminuzione del numero di giorni in cui il suolo è coperto dalla neve, sovrapposta, anche in questo caso, ad una grande variabilità.

Le curve stagionali di spessore dell'altezza della neve al suolo mostrano come negli ultimi 30 anni vi sia stata una riduzione ovunque dell'altezza della neve al suolo rispetto ai trent'anni precedenti.

Per le stazioni delle Alpi settentrionali e a quote superiori a 2000 m, tale diminuzione è limitata in quantità, e si evidenzia soprattutto nel periodo di fusione del manto nevoso, che risulta anticipato.

Nelle altre stazioni delle alpi nordoccidentali e occidentali la diminuzione della neve al





suolo è decisamente più marcata, con un deficit già presente a inizio stagione.

L'SWE (*Snow Water Equivalent*) sull'intero bacino del Po chiuso alla confluenza col Ticino a Ponte Becca (PV), che rappresenta la disponibilità idrica in forma nivale complessiva, mostra una grande variabilità inter-annuale nel periodo analizzato, soprattutto per la risorsa disponibile durante l'inverno e inizio primavera, mentre la variabilità diminuisce nel periodo di fusione, che risulta molto rapido negli ultimi anni e porta a una sostanziale perdita, nel mese di maggio, della riserva accumulata..



## Portate

I bacini piemontesi sono caratterizzati da portate minori in estate-inverno e maggiori in autunno-primavera. In particolare, per i bacini alpini settentrionali e occidentali si evidenzia una magra più spinta in inverno, mentre per quelli appenninici e meridionali in estate. Nelle sezioni del Po a Torino e a Isola S. Antonio, che rappresenta la chiusura dell'intero bacino del Po piemontese, le differenze tra magra invernale ed estiva non sono così marcate, tuttavia i valori più bassi delle portate si raggiungono sempre nei mesi di luglio e agosto, mentre i maggiori in primavera, nel mese di maggio.

Nella sezione del Po a Isola S. Antonio non si evidenzia un trend preciso nelle portate medie annuali, a causa di una grande variabilità interannuale. Nella sezione del Po a Torino sembra esserci un trend, anche se minimo, di crescita delle portate medie annuali. Anche per il Tanaro (sezione di chiusura a Montecastello AL), l'andamento delle portate medie annue presenta un lieve incremento.





**PIEMONTE**  
verso un *presente* sostenibile

13

CAMBIO  
CLIMATIC

25%

1000

50%

100%

2018

1000

700

500

300

100

0

100

200

300

400

500

600

800

900

1000

0%

70%

80%

60%

100%

Analisi degli scenari  
di clima regionale  
del periodo  
2011- 2100

Sintesi  
Giugno 2020

Arpa  
Agenzia Regionale  
per la Protezione Ambientale

Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

REGIONE  
PIEMONTE



## Sommario

Introduzione .....	2
Temperature .....	4
Precipitazioni .....	6
Gradi giorno di riscaldamento e raffreddamento .....	8
Siccità .....	9
Evapotraspirazione .....	10
Incendio boschivo .....	11





## Introduzione

L'utilizzo dei modelli regionali di ultima generazione disponibili a livello europeo, opportunamente trattati per adeguarli al clima del territorio regionale, consentono di tracciare un quadro di quella che sarà l'evoluzione climatica del Piemonte fino a fine secolo e quantificare le incertezze, a supporto dello sviluppo delle politiche regionali sul clima e sulla sostenibilità.

Sia con scenari emissivi di mitigazione, in linea con l'accordo di Parigi per quanto riguarda l'incremento della temperatura media globale (RCP4.5), sia nello scenario tendenziale a elevate emissioni (RCP8.5), i cambiamenti attesi sono importanti e determineranno, in modo diretto o indiretto, impatti su tutti i comparti naturali e antropici, che questa sintesi vuole evidenziare.

Anche in presenza di incertezze - connesse alla difficoltà di effettuare stime di variabili atmosferiche che dipendono da processi estremamente complessi e tra loro interagenti - gli effetti del cambiamento climatico potranno essere drammatici, generare situazioni irreversibili e impedire lo sviluppo sostenibile.

Considerando i benefit ambientali e sociali delle politiche di riduzione delle emissioni e di contrasto e adattamento al cambiamento climatico, l'incertezza dello scenario diventa sempre meno rilevante ai fini dell'azione.  
I cambiamenti sempre più rapidi confermano l'urgenza di agire.







## Temperature

A livello regionale sia le temperature massime sia le minime mostrano un trend positivo significativo dal punto di vista statistico al 2100, per entrambi gli scenari emissivi. Il tasso di aumento risulta di circa 0,2 °C ogni 10 anni nello scenario di mitigazione RCP4.5, mentre per lo scenario tendenziale RCP8.5 supera i 0,5 °C ogni 10 anni. Questo porta a un incremento complessivo di circa 2 °C a fine secolo nello scenario di mitigazione e 4 °C per lo scenario tendenziale.

Nello scenario RCP4.5, vi è un incremento importante della temperatura a metà secolo, mentre successivamente l'incremento è più modesto, in coerenza con la stabilizzazione del livello di CO<sub>2</sub> in atmosfera previsto dallo scenario emissivo. Nello scenario RCP8.5, la temperatura aumenta fino alla fine del secolo, con un incremento maggiore nell'ultimo trentennio.

Non si rileva una differenza sostanziale nell'aumento delle massime rispetto alle minime, mentre in montagna (al di sopra dei 700 m di quota) il riscaldamento è leggermente più importante (0,3 °C). Alle quote più elevate (superiori ai 1500 m) gli incrementi sono ancora superiori (fino a 0,7-0,8 °C nell'ultimo trentennio del secolo).

Nello scenario RCP4.5, per tutte le stagioni le temperature sembrano aumentare in modo graduale, con un incremento ridotto nell'ultimo periodo (2071-2100), ad eccezione della temperatura invernale, in particolare nel settore alpino occidentale e settentrionale. Per quanto riguarda le temperature minime, si osserva un incremento anche nell'ultimo periodo durante l'inverno, meno accentuato nelle altre stagioni.





Nello scenario RCP8.5, la temperatura mostra un incremento maggiore nell'ultimo trentennio, soprattutto in estate e in inverno. Durante l'estate la temperatura massima media in pianura arriva ad essere ovunque al di sopra dei 30 °C. Nel corso dell'inverno la media della temperatura minima in pianura sarà intorno ai 10 °C, in primavera in montagna non vi saranno aree con temperatura minima inferiore agli 0 °C, il riscaldamento estivo raggiungerà anche le quote più elevate e in autunno la temperatura minima media della zona prealpina risulterà uguale alla temperatura minima media estiva attuale.

Al livello regionale e stagionale, le variazioni di temperatura sui diversi trentenni 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100 nello scenario RCP4.5 sono distribuite in modo abbastanza uniforme fino al 2040, successivamente si accentua l'incremento invernale, soprattutto in montagna, ed estivo.

Anche nell'ultimo trentennio del XXI secolo estate e inverno vedono aumenti superiori, mentre anche in montagna in primavera e autunno gli aumenti sono superiori a quelli della pianura. Nello scenario RCP8.5, già nel trentennio intermedio, molte zone della regione vedono un aumento superiore ai 3 °C, in particolare in montagna, più elevato in inverno e in estate. Nell'ultimo trentennio le variazioni superano 4 °C su gran parte della regione. Anche in questo scenario, in inverno in montagna e durante l'estate gli aumenti sono maggiori. Anche l'autunno, soprattutto in montagna, mostra valori molto elevati.

Il numero di notti tropicali (notti con temperatura minima dell'aria maggiore di 20°C) mostra un deciso aumento in entrambi gli scenari, con valori che superano i 30 giorni a fine secolo per lo scenario RCP4.5 e i 60 giorni per lo scenario RCP8.5. Naturalmente questa variazione è superiore per le zone di pianura anche se alcune zone di fondovalle iniziano ad essere interessate a partire dalla metà del secolo.





Anche il numero di giorni tropicali (giorni con temperatura massima dell'aria maggiore di 30°C) mostra un deciso aumento, con valori che arrivano fino a 30 giorni a fine secolo nello scenario RCP4.5 e superano i 60 giorni per lo scenario RCP8.5. Poiché si ipotizza che questo incremento sia legato principalmente alla stagione estiva, si può affermare che più della metà del periodo estivo a metà secolo sarà caratterizzato da giorni tropicali e quasi l'intera estate a fine secolo, in particolare nello scenario tendenziale. Anche in questo caso la variazione è superiore per le zone di pianura anche se alcune zone di fondovalle iniziano ad essere interessate a partire dalla metà del secolo.

Il numero di giorni di gelo tende a diminuire in entrambi gli scenari, in modo abbastanza graduale per lo scenario RCP4.5 raggiungendo anche valori di -40gg sulle zone prealpine a fine secolo. Per lo scenario RCP8.5 la variazione è via via più importante e raggiunge, a fine secolo, valori di -60gg. La diminuzione, in questo scenario, interessa dapprima le zone prealpine ma, a metà secolo, tutte le aree anche alle quote più elevate.





## Precipitazioni

A livello regionale complessivo le precipitazioni cumulate annuali mostrano tendenze negative per entrambi gli scenari, non significative tuttavia dal punto di vista statistico. La variabilità inter-annuale rimane molto elevata e non si riscontrano, anche qualitativamente, delle periodicità.

Analizzando il ciclo annuale della precipitazione, si osserva una modifica del regime pluviometrico, con una diminuzione della precipitazione primaverile, che, nel corso del secolo tende a non essere più la stagione a maggiore piovosità. Il mese di luglio, risulta il secondo mese più asciutto dopo il minimo invernale di dicembre. Il mese di gennaio, e quello di febbraio nel solo scenario RCP4.5, sono i mesi in cui si ha un lieve incremento di precipitazione. Nello scenario RCP8.5 la diminuzione della precipitazione primaverile è più graduale rispetto a quella dello scenario RCP4.5.

Nello scenario RCP4.5 la variazione percentuale della precipitazione cumulata stagionale nei trentenni 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100 mostra un aumento nel periodo invernale, tra il 10 e il 15%, che nel periodo intermedio arriva fino al 20% sulle zone montane. L'estate vede una diminuzione, in particolare sulle pianure meridionali e sul Verbano. Nel primo trentennio risulta una lieve variazione positiva sul Cuneese. Nello scenario RCP8.5 si osserva un aumento della precipitazione invernale, anche consistente, solo nell'ultimo trentennio. L'estate vede una diminuzione graduale, già all'inizio sulla zona del Cuneese e successivamente su tutta la regione, con un deficit che arriva fino al 30% a fine secolo. Anche la primavera vede una diminuzione della precipitazione a partire da circa metà secolo.

Un aspetto importante delle piogge è la loro distribuzione nel tempo. Negli scenari futuri il numero di giorni piovosi tende a diminuire, in modo uniforme nello scenario con mitiga-





zione e limitato mediamente a 5-8 giorni; in modo più importante a fine secolo nello scenario tendenziale, dove arriva fino a 15 giorni su gran parte della regione. Se consideriamo una quantità di pioggia giornaliera più elevata (ad esempio 30 mm) si evince invece un aumento del numero di giorni piovosi, intorno al 10-20% nello scenario RCP4.5 e del 10-15% nello scenario RCP8.5. Questo fornisce un'indicazione di incremento delle precipitazioni più intense e, nello stesso tempo, ci dice che i meccanismi di formazione degli eventi estremi non dipendono linearmente dagli scenari emissivi, ma giocano un ruolo importante i meccanismi di retroazione, che rendono difficile la loro previsione, anche climatica.

Per quanto riguarda lo scenario RCP4.5, si evince una generale tendenza all'aumento della durata dei periodi secchi (numero massimo di giorni consecutivi con assenza di precipitazione), anche se permane una discreta variabilità fino a fine secolo, che alterna periodi più piovosi a periodi secchi pluriannuali. L'incremento si ha soprattutto dopo la metà del secolo, dove interessa anche le quote più elevate, che sembrano soffrire di una diminuzione dei periodi piovosi più accentuata. Per quanto riguarda lo scenario RCP8.5 questa tendenza è ancora più evidente a partire dalla seconda metà del secolo con valori che, a partire dal 2070 diventano più importanti, così come la frequenza degli anni siccitosi e l'interessamento delle quote più alte. Dal 2080 la possibilità di avere anni mediamente più piovosi tenderà a ridursi significativamente.

### La neve

La variazione del rapporto tra la componente nevosa della precipitazione e la precipitazione totale mostra una tendenza alla diminuzione in entrambi gli scenari, più marcata nello scenario RCP8.5. Le zone a quote più elevate nelle zone di confine vedono ridotto questo rapporto da 0,5-0,7 a 0,2-0,3 già a metà secolo anche con lo scenario RCP4.5, con qualche punto isolato sulle zone più sudoccidentali, dove rimane a 0,4. A fine secolo, le aree dove il rapporto rimane tra 0,2 e 0,3 sono molto limitati. Nello scenario RCP8.5 tutta la fascia prealpina vede azzerare questo rapporto dalla seconda metà del secolo.







## Gradi giorno di riscaldamento e raffrescamento

I gradi giorno di riscaldamento mostrano una diminuzione del valore percentuale in entrambi gli scenari, più marcato per lo scenario RCP8.5 a fine secolo. Nello scenario RCP4.5 la variazione, nell'ultimo trentennio del secolo, raggiunge al massimo il 15-20%. Questo comporterà una variazione della fascia climatica limitata ad alcune zone di pianura dalla E alla D e alcune aree fino alla fascia prealpina dalla fascia climatica F alla E. Nessun cambiamento di fascia climatica è atteso invece per le zone di montagna, dove, tra l'altro, la variazione percentuale è inferiore. Nello scenario RCP8.5, la variazione percentuale del 15-20% si raggiunge intorno alla metà del secolo, mentre nell'ultimo trentennio la variazione raggiunge il 25-30%. Questo comporterà una variazione di classe per la maggior parte del territorio regionale, ad eccezione delle zone montane dove attualmente i gradi giorno sono superiori a 4000. Le variazioni attese sono dalla classe F alla E, e dalla E alla D. Nessun punto del territorio raggiungerà una classe climatica inferiore alla D.

Nello scenario RCP4.5, gli aumenti dei gradi giorno di raffrescamento vanno dal 75% nel primo trentennio, al 150% nel secondo, fino al 200-300% nell'ultimo trentennio, dove i valori più elevati riguardano la fascia prealpina. Nello scenario tendenziale RCP8.5 i valori sono superiori, arrivando al 100% nel primo trentennio, tra il 150% e il 200% nel secondo trentennio, con valori superiori al 200% sulla fascia prealpina e, nell'ultimo trentennio i valori sono intorno al 400% in pianura e sulle zone montane di confine, superando il 600-700% nella fascia prealpina. Questo significa che la necessità di raffrescamento per adattarsi alle nuove temperature estive aumenteranno fino a triplicare rispetto alle attuali nello scenario con iniziative di mitigazione, e fino a 8-9 volte rispetto alle attuali nello scenario tendenziale.





## Siccità

L'indicatore più diffuso a livello internazionale per monitorare la siccità a diverse scale temporali è l'Indice di Precipitazione Standard (SPI), che fornisce un'indicazione di quanto si discosta una serie temporale di precipitazione rispetto a una media climatologica (in termini di numero di deviazioni standard), aggregando i dati su diverse scale temporali. Per ottenere anomalie di precipitazione annuali ed inter-annuali sono state scelte le scale di 12 e 24 mesi.

Nello scenario RCP4.5 non si evince un trend riconoscibile nel corso del secolo, si alternano in modo pressoché uniforme periodi siccitosi e periodi piovosi che sembrano però raggiungere estremi più importanti. Negli anni estremamente siccitosi, tale condizione è uniforme sul territorio regionale, mentre negli anni piovosi, parte del territorio può trovarsi in condizioni di siccità anche estrema.

Nello scenario RCP8.5 si osserva una variabilità inter-annuale piuttosto uniforme soltanto fino a metà secolo, seguita dalla tendenza all'aumento delle condizioni di siccità che interessano gran parte del territorio regionale, a scapito di una diminuzione degli anni più piovosi della norma.

La percentuale del territorio che si trova in una situazione di siccità estrema è visto aumentare in modo netto nell'ultimo trentennio. Valori estremi di siccità si riscontrano comunque già a metà del secolo, quando prevale ancora un'alternanza di periodi secchi e periodi piovosi.

Le condizioni di siccità severe saranno ricorrenti sul settore meridionale e sulla zona prealpina occidentale.





## Evapotraspirazione

L'evapotraspirazione potenziale rappresenta la quantità di acqua che viene trasferita dal sistema suolo/vegetazione all'atmosfera, attraverso i processi di evaporazione e traspirazione in condizioni "ottimali", ovvero quando il contenuto idrico del suolo non costituisce un fattore limitante. Si tratta di un buon indicatore per quanto riguarda l'impatto del cambiamento climatico sull'agricoltura ed è fortemente dipendente dalla temperatura che regola sia i processi evaporativi che traspirativi.

Nello scenario di mitigazione, l'evapotraspirazione potenziale aumenta, con un trend di +13,3 mm ogni 10 anni e nello scenario tendenziale di +34,6 mm ogni 10 anni.

L'incremento complessivo nel corso del secolo è, in media, di circa l'8% nello scenario RCP4.5 e del 15% nello scenario RCP8.5. Se consideriamo l'ultimo trentennio del secolo (2071-2100) queste percentuali salgono rispettivamente al 15% e tra il 30% ed il 35%.

Trattandosi di un valore potenziale, l'indicatore non tiene conto della reale disponibilità idrica del terreno, quindi tali aumenti potrebbero essere compensati da incrementi della precipitazione, che però dalle analisi non si evincono, facendo ipotizzare un aumento delle condizioni di siccità per la componente agricola.





## Incendio boschivo

Per capire come le condizioni climatiche influiscono sul potenziale di incendio boschivo, l'indice FWI (Fire Weather Index) fornisce una indicazione sulle difficoltà operative di spegnimento, basata sulle condizioni meteorologiche che influenzano lo stato dei combustibili e lo sviluppo e propagazione dell'incendio.

Negli scenari climatici futuri si nota un aumento marcato dei valori estremi della distribuzione di FWI, soprattutto durante la stagione vegetativa (da aprile ad ottobre).

I valori corrispondenti al 90° percentile, che rappresentano le condizioni più favorevoli all'incendio, aumentano fino al 20-25% nella stagione non vegetativa in entrambi gli scenari emissivi e fino al 30% o 45% nella stagione vegetativa, rispettivamente per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

Per il 99° percentile, che rappresenta i valori estremi, la variazione è in linea con un intervallo tra 0-12% nella stagione non vegetativa e del 1-25% nella stagione vegetativa.

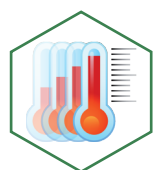
Questa variazione, soprattutto nel periodo vegetativo, si traduce in un incremento molto marcato del numero di giorni in cui si verificano condizioni favorevoli all'innesco dell'incendio, spostando l'attenzione verso una stagione che non è quella tipica degli incendi boschivi in Piemonte.

Complessivamente ci si attende un aumento marcato non soltanto nel numero di giorni con condizioni predisponenti l'innesco, ma anche incendi ad alta velocità di propagazione, persistenti e caratterizzati da difficoltà di spegnimento.



## Come cambia il Clima

### TEMPERATURA



#### Massima



+2,1 °C dal 1958  
sulla regione



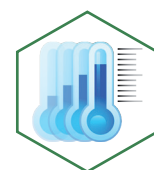
+2,5 °C dal 1958  
in montagna

#### tasso di aumento

ultimi 60 anni  
**+0,38 °C/10anni**  
aumento maggiore  
in inverno



ultimi 30 anni  
**+0,58 °C/10anni**  
aumento maggiore  
in primavera ed estate



#### Minima



+1,5 °C dal 1958  
sulla regione



+1,8 °C dal 1958  
in montagna

#### tasso di aumento

ultimi 60 anni  
**+0,24 °C/10anni**  
in tutte  
le stagioni



ultimi 30 anni  
**+0,24 °C/10anni**  
aumento maggiore  
in primavera



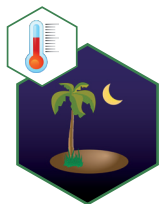
- ↑ Le temperature sulla regione mostrano una tendenza all'**aumento** negli ultimi 60 anni (1958-2018), maggiore rispetto alla temperatura media globale
- ↑ Si conferma la tendenza all'**accelerazione del riscaldamento**
- ↑ Sono **aumentati** i valori estremi





## Come cambia il Clima

### TEMPERATURA

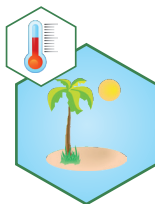


#### Notti tropicali

temperatura minima > 20°C

+1 gg/20anni

in pianura

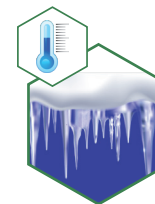


#### Giorni tropicali

temperatura massima > 30°C

+1 gg/20anni

in pianura



#### Giorni di gelo

temperatura minima < 0°C

+1 gg/10anni

in montagna



- ↑ Le notti e i giorni tropicali mostrano una lieve tendenza all'**aumento** (circa 1 giorno ogni 20 anni) nelle zone di pianura
- ↓ Il numero dei giorni di gelo mostra una **tendenza negativa** quasi ovunque, con valori più elevati sulle zone montane intermedie, dove supera un giorno ogni 10 anni



## Come cambia il Clima

### VENTO

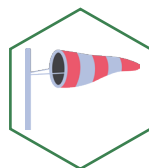


#### Giorni con venti di Foehn

+7/8 gg/10anni  
in inverno e primavera



stazionario  
nelle altre stagioni

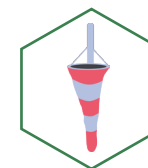


#### Giorni con forti raffiche di vento

+1,6 gg/10anni  
in montagna in inverno



in lieve diminuzione in pianura



#### Giorni di calma di vento

+2,8 gg/10anni  
in pianura



possibile incremento  
delle condizioni  
di ristagno degli  
inquinanti

- ↑ **Aumento** dei già numerosi giorni in cui si innescano venti di Foehn
- ↑ **Aumento** giorni con forti raffiche di vento specialmente in montagna in inverno
- ↑ **Aumento** giorni di calma di vento in pianura

# Come cambia il Clima

## PRECIPITAZIONI



### Precipitazioni

elevata variabilità inter-annuale

-4% precipitazione annuale ultimi 30 anni

- 13/14 %

precipitazioni invernali ultimi 60 anni



nessuna tendenza significativa



### Stagione e mese più piovosi

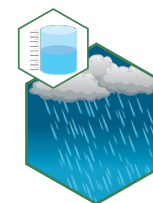
ultimi 60 anni  
autunno - ottobre



ultimi 30 anni  
primavera - maggio



modifica del regime  
pluviometrico



### Precipitazioni MAX cumulate giornaliere

+1,28 mm/anno  
per la pianura



+1,38 mm/anno  
per la montagna



aumento maggiore  
in autunno



- ↓ I valori medi sull'intero territorio sono **diminuiti** negli ultimi 30 anni di circa il 4% in particolare in pianura e di circa il 13/14% negli ultimi 60 anni, sia in pianura sia in montagna
- ↑ I massimi delle precipitazioni cumulate giornaliere tendono ad **aumentare** negli anni con un trend di circa 1,28 mm/anno per la pianura e 1,38 mm/anno per la montagna



## Come cambia il Clima

### PRECIPITAZIONI

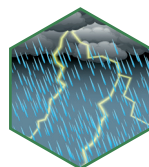


Numero giorni piovosi

**diminuzione**

fino a -6/-8 gg/10anni

secondo un gradiente  
nordovest-sudest  
in particolare in estate



Piogge intense

**aumento**

dei fenomeni intensi estivi



**diminuzione**

giorni con precipitazione > 10mm

**aumento**

giorni con precipitazione > 50mm



Lunghezza massima dei periodi secchi

**aumento**

in particolare in pianura



dal 2000 la siccità  
coinvolge anche la montagna



grande variabilità interannuale

- ↓ La tendenza del numero di giorni piovosi è alla **diminuzione** soprattutto in pianura, in estate
- ↑ **Aumento** delle piogge intense estive
- ↑ **Aumento** della lunghezza dei periodi secchi in particolare in pianura con grande variabilità interannuale



## Come cambia il Clima

### ZERO TERMICO



#### Dal radiosondaggio di Cuneo

+16 m/anno zero termico massimo

+12 m/anno zero termico medio

aumento maggiore in inverno

(+17 m/anno)

in particolare dicembre

(+40 m/anno)



diminuzione nevicate

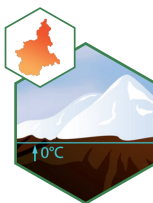
luglio mese estivo

con più aumento

(+19 m/anno)



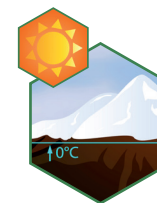
fusione ghiacciai e permafrost



#### Sulla regione

+120/130 m/10anni

aumento maggiore  
in montagna



#### In estate

valori sopra i 4000m

+10/11 gg/10anni

zona prealpina



valori sopra i 4500m

+5/6 gg/10anni

sulla regione  
e settore appenninico



↑ **Aumento** del valore massimo e medio annuale dello zero termico

↑ **Aumento** maggiore in montagna

↑ Nel periodo estivo lo zero termico **supera** sempre più spesso i 4000/4500m



## Come cambia il Clima

### NEVE



Neve  
al suolo

**diminuzione**  
della permanenza  
della neve al suolo  
(sotto i 1500m di quota)

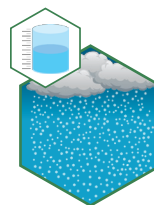
**diminuzione**  
dell'altezza della neve al suolo  
sulla regione negli ultimi 30 anni  
fino al 30-40% nelle stazioni  
a quote più basse



Neve  
fresca

**diminuzione**  
negli ultimi 20 anni  
più marcata sotto i 1500m

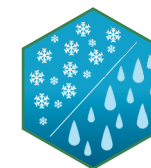
grande variabilità  
interannuale



Disponibilità  
idrica in  
forma nivale

**diminuzione**  
rapida fusione della neve negli  
ultimi anni

**maggio** mese con maggiore  
perdita della riserva accumulata



Frazione  
neve/precipitazione  
totale

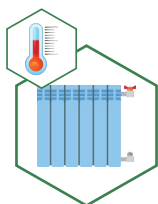
**in diminuzione**  
fino a -7% in 10 anni  
in montagna



- ↓ Negli ultimi 30 anni l'altezza della neve al suolo ha subito ovunque una **riduzione**
- ↓ **Diminuzione** quantitativi di neve fresca negli ultimi 20 anni rispetto ai 20 anni precedenti
- ↓ Periodo di fusione primaverile rapido con sostanziale **perdita** della disponibilità idrica in forma nivale
- ↓ Tendenza nel tempo della frazione neve/precipitazione totale **negativa** su tutta la regione

## Come cambia il Clima

### RISCALDAMENTO - RAFFRESCAMENTO



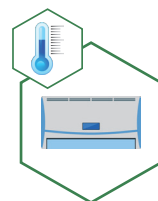
#### Gradi giorno di riscaldamento

diminuzione

fino a -6% in 10 anni  
zona prealpina



necessità di scaldare di meno  
in inverno



#### Gradi giorno di raffrescamento

aumento

fino a +14/15% in 10 anni  
in pianura



necessità di rinfrescare di più  
in estate



L'aumento delle temperature porta a una **diminuzione** ↓ delle esigenze di riscaldamento ma soprattutto a un **aumento** ↑ della necessità di raffrescamento estivo





## Come cambia il Clima

### AGRICOLTURA e VITICOLTURA



#### Lunghezza growing season

vegetazione decidua  
attiva, senza gelate

#### in aumento

fino a 10/12 gg/10anni

sulla zona prealpina,  
colline del torinese  
cuneese e astigiano



#### Inizio growing season

inizio risveglio vegetativo

#### in anticipo

di 6/7 gg/10anni

sulla regione

fino a 8/9 gg/10anni  
zona prealpina



#### Gradi giorno di sviluppo della coltura

fabbisogno termico delle  
colture di riso e mais

#### incremento

del 10% ogni 10 anni  
sulla regione

superiore sulla  
zona prealpina



#### Viticoltura

variazioni della  
concentrazione  
zuccherina

anticipo del  
giorno ottimale di  
raccolta

↑ **Incremento** delle condizioni termiche favorevoli allo sviluppo e maturazione delle colture

↻ **Modifica** della vocazionalità territoriale

↻ **Modifica** della qualità dei prodotti (viticoltura)