

# 12. Clima



Aumentano le temperature e la velocità di scioglimento dei ghiacciai, alla strada della mitigazione del cambiamento climatico si affianca quella dell'adattamento”

a cura di:  
Nicola Curzel - Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

con la collaborazione di:  
Roberto Barbiero, Walter Beozzo, Elvio Panettieri, Alberto Trenti e Matteo Zumiani - Dipartimento Protezione Civile PAT  
Serenella Saibanti - Agenzia Provinciale per le risorse idriche e l'energia PAT

impaginazione e grafica:  
Isabella Barozzi - Direzione APPA

## Contenuti

### 12. Clima

12.1 L'Accordo sul Clima di Parigi .....	5
12.2 Le dinamiche del cambiamento climatico in Trentino .....	6
12.2.1 L'andamento della temperatura .....	6
12.2.2 L'andamento delle precipitazioni .....	8
12.3 Gli effetti ambientali del cambiamento climatico in Trentino .....	14
12.4 L'impegno contro il cambiamento climatico in Trentino .....	16



## CLIMA - AGGIORNAMENTO 2016

La sfida dei cambiamenti climatici ha segnato senza dubbio un punto di svolta a livello mondiale con l'Accordo sul Clima di Parigi approvato a fine dicembre 2015 nell'ambito della Conferenza delle Parti (COP21). Con questo accordo infatti la comunità internazionale prende consapevolezza dell'urgenza di agire davanti sia all'evidenza scientifica del riscaldamento globale in atto con impatti già evidenti su salute, economia, ambiente e società, sia all'evidenza dell'inedita responsabilità delle attività umane nel generare il riscaldamento attraverso le emissioni dei gas serra provenienti essenzialmente dall'utilizzo dei combustibili fossili, dalla deforestazione, dall'uso del suolo, dall'agricoltura e dall'allevamento per la produzione di cibo.

Anche in Trentino il problema dei cambiamenti climatici è divenuto di prioritaria importanza e la Provincia autonoma di Trento ha adottato una serie di azioni e misure per fronteggiare le conseguenze dei cambiamenti climatici.



Nel presente capitolo si prenderanno in considerazione gli elementi fondamentali dell'Accordo sul Clima di Parigi, saranno descritte le dinamiche dei cambiamenti climatici in Trentino, gli effetti già in atto e previsti, ed infine l'impegno e la strategia adottata dalla Provincia di Trento.

### 12.1 L'ACCORDO SUL CLIMA DI PARIGI

Il testo dell'Accordo è stato adottato nell'ambito della Conferenza delle Parti di Parigi (COP21) sotto l'egida della Convenzione Quadro ONU per i Cambiamenti Climatici (UNFCCC) ed entrerà in vigore dal 2020 se sarà ratificato da almeno 55 Parti che devono rappresentare almeno il 55% del totale delle emissioni dei gas serra a livello globale.

Nell'Accordo è racchiuso un delicato equilibrio tra gli interessi e le proposte delle 195 nazioni Parti della convenzione. Il documento è suddiviso sostanzialmente in due parti: la prima che riguarda le cosiddette adozioni o decisioni della COP, che indica cioè i passi che devono essere intrapresi prima dell'entrata in vigore dell'Accordo e definisce i principi base e comunque i temi non ritenuti adeguati nell'Accordo; la seconda parte, definita Paris Agreement, rappresenta invece l'Accordo vero e proprio, pluriennale e vincolante.

Gli obiettivi cardine dell'Accordo riguardano essenzialmente la riduzione delle emissioni dei gas serra per contenere l'aumento delle temperature al di sotto del limite di +2°C rispetto al periodo pre-industriale (che significa poco più di 1°C rispetto ad oggi) suggerito dalla comunità scientifica (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) poichè rappresenta il livello in cui i principali impatti entrerebbero in una fase di rischio elevato, per estensione e intensità, e alcuni cambiamenti nella circolazione oceanica e atmosferica rischierebbero di divenire irreversibili.

L'Accordo propone di limitare l'aumento della temperatura "bene al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli pre-industriali" e di fare "sforzi per limitare l'aumento a 1,5 C°" riconoscendo quindi che ciò ridurrebbe significativamente i rischi e gli impatti previsti. Si tratta di un compromesso rispetto alla richiesta dei Paesi più vulnerabili e dei rappresentanti

della società civile di inserire subito il limite di 1,5°C ma va riconosciuto che il limite più restrittivo viene comunque incluso nell'Accordo seppur solo come obiettivo verso cui indirizzare gli sforzi.

Il punto chiave dell'Accordo è tuttavia come si intende contenere il riscaldamento globale e quindi come si intende agire sulle politiche di mitigazione. Nell'Accordo si dice che "al fine di raggiungere l'obiettivo di mantenere l'aumento della temperatura entro il limite stabilito, le Parti mirano a raggiungere un picco globale delle emissioni di gas serra nel più breve tempo possibile, riconoscendo tuttavia che ci vorrà più tempo per i Paesi in via di sviluppo, per poi intraprendere un percorso rapido di riduzione in modo da raggiungere un equilibrio tra le emissioni di origine antropica e la capacità di assorbimento nella seconda metà di questo secolo". Non ci sono quindi precisi riferimenti né rispetto alle percentuali di riduzione né rispetto ai tempi entro cui devono essere realizzati gli impegni se non rimandando ad un generico obiettivo a "metà secolo" entro cui arrivare di fatto ad una stabilizzazione.

Il punto di partenza degli impegni di mitigazione, che rappresenta una delle novità essenziali dell'Accordo, sono i contributi nazionali, Intended Nationally Determined Contributions (INDCs), già espressi dalle Parti e che sono elemento fondante dell'Accordo anche per il futuro poiché dovranno essere comunicati degli aggiornamenti

entro il 2020 e successivamente ogni 5 anni.

Tuttavia questi contributi nazionali fino ad oggi dichiarati consentirebbero, secondo stime già disponibili, un aumento delle temperature di circa 2,7-3,5°C entro il 2100 rispetto all'era pre-industriale. Sono quindi insufficienti a raggiungere l'obiettivo di riduzione dell'aumento di temperature e l'Accordo su questo richiama all'impegno e alla responsabilità volontaria delle Parti di esprimere proposte di contributo nazionale più ambiziose.

L'Unione Europea in particolare ha indicato quale obiettivo per i propri Paesi membri quello di raggiungere una riduzione nazionale di almeno il 40% delle emissioni di gas serra entro il 2030 rispetto al 1990.

L'accordo si è rivelato senza dubbio un buon risultato diplomatico e un punto di partenza per giungere ad una decarbonizzazione dell'economia a lungo termine, ma non basta ancora a mettere il Pianeta al riparo dalle conseguenze più gravi dei cambiamenti climatici. Molti sono poi gli aspetti da chiarire specie per quanto riguarda il reperimento delle risorse finanziarie ed economiche che in particolare le Parti di Paesi Sviluppati sono impegnate a fornire per assistere i Paesi in Via di sviluppo sia nelle politiche di mitigazione che di adattamento e saranno pertanto i prossimi anni a consentire una valutazione dell'efficacia dell'Accordo nella misura in cui le Parti si assumeranno impegni sempre più ambiziosi nella riduzione concreta delle emissioni dei gas serra.

## 12.2 LE DINAMICHE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO IN TRENTINO

In Trentino sono disponibili una gran quantità di dati climatici e ambientali che hanno permesso di riconoscere evidenti segnali di cambiamento in particolare associati al riscaldamento in atto. Di particolare importanza sono i dati relativi alle serie storiche meteorologiche, nivologiche e glaciologiche della rete di monitoraggio gestita dal Dipartimento Protezione Civile.

### 12.2.1 L'andamento della temperatura

Le temperature in Trentino sono aumentate nell'ultimo secolo con un segnale che si è accentuato negli ultimi 30 anni circa. Gli aumenti maggiori sono riscontrabili in primavera ed in estate e si è osservato inoltre un aumento più marcato per i valori diurni di temperatura rispetto a quelli notturni e la tendenza all'aumento della durata delle ondate di calore<sup>1</sup>.

Mentre a livello globale il 2015 segna per la prima volta il superamento della soglia di +1°C di aumento delle temperature rispetto alla media del 19° secolo (1880-1899)<sup>2</sup>, anche i dati per la nostra regione confermano l'eccezionalità del 2015, che è risultato il più caldo in molte località dall'inizio degli anni '20 e che ha fatto seguito ad un 2014 anch'esso decisamente più caldo della media con un'anomalia positiva di circa 1-2°C rispetto alla media del periodo 1961-1990.

Vengono riportati, nella tabella 12.1, gli andamenti di temperatura media di tre stazioni di riferimento: Trento Laste (312 m), Cavalese (960 m) e Cles (665 m). Questi punti di monitoraggio sono rappresentativi sia della distribuzione geografica che della distribuzione in altitudine ed hanno una storia di rilevamento di dati costante ed affidabile.

Sono messe a confronto le temperature medie dei tre periodi di riferimento climatico (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010) che permettono di evidenziare un

<sup>1</sup> Analisi di serie di temperatura e precipitazione in Trentino nel periodo 1958-2010 (Provincia autonoma di Trento, Fondazione E.Mach, 2012)



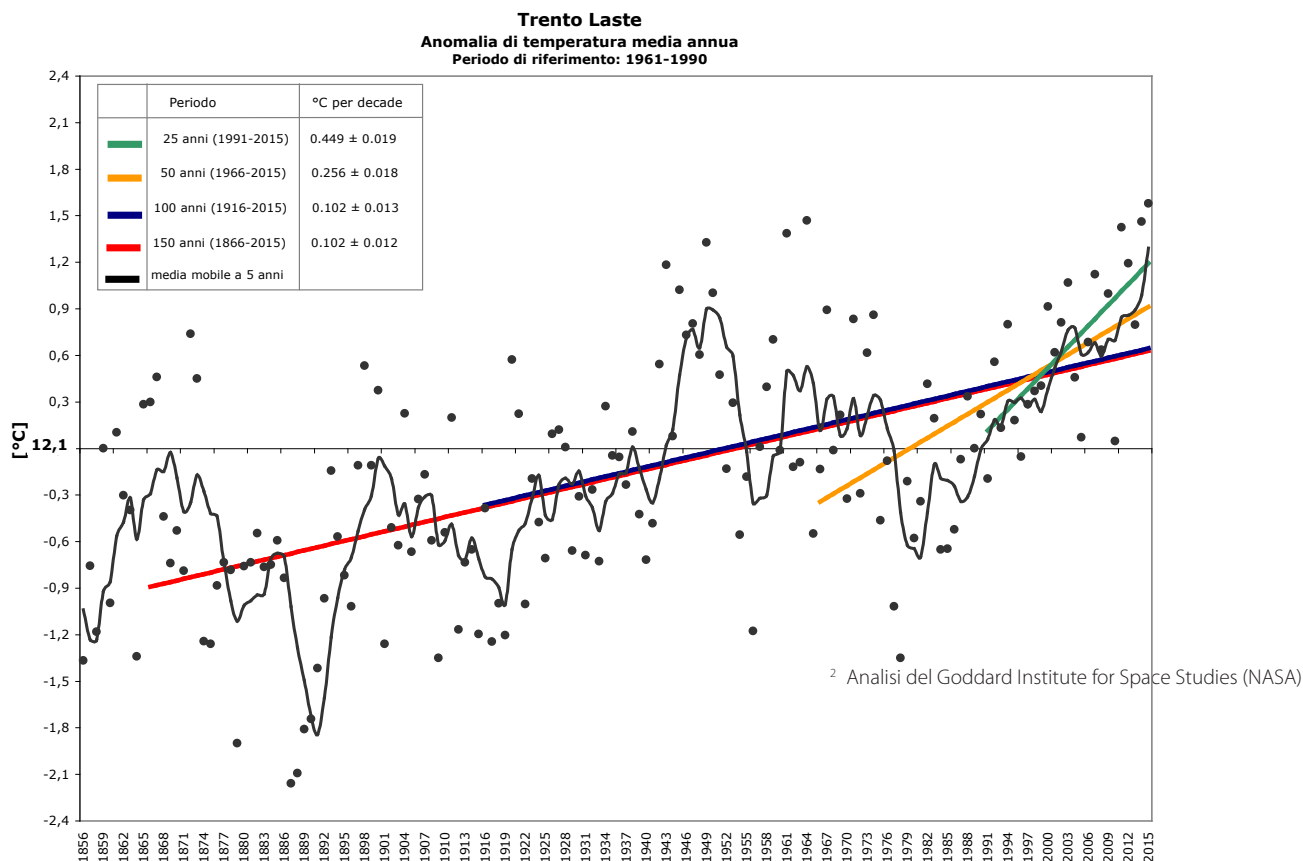
significativo trend crescente della temperatura media annua<sup>2</sup>. Dal trentennio 1961-1990 a quello 1981-2010 infatti le temperature sono aumentate di circa 0,5°C a Trento Laste, di circa 0,6°C a Cavalese e di 0,8°C a Cles. Nella tabella sono inoltre riportati i valori medi annui dal 2010 al 2015 dai quali spicca l'anomalia del 2015. A titolo di esempio, il grafico 12.1 riporta per la stazione di rilevamento di Trento Laste l'andamento storico della temperatura dal 1856 al 2015 espressa in anomalie rispetto al valor medio di riferimento di 12,1°C calcolato per il periodo 1961-1990; le linee rette colorate indicano il trend di temperatura riscontrato considerando periodi diversi e cioè 25, 50, 100 e 150 anni. Come si può constatare dalla legenda, se si considera un periodo di tempo più lungo, la variazione di temperatura risulta meno marcata. Questi diversi tassi di variazione della temperatura per decennio mostrano come il riscaldamento osservato nell'ultimo secolo sia stato più intenso negli ultimi 25 anni, che conferma un comportamento più in generale riscontrato a livello planetario.

Tabella 12.1: andamento delle temperature a Trento (Laste), Cavalese e Cles

Anno	Trento (Laste) (°C)	Cavalese T med (°C)	Cles T med (°C)
1961-1990	12,1	8,1	9,8
1971-2000	12,3	8,4	10,2
1981-2010	12,6	8,7	10,6
2010	12,3	7,7	9,9
2011	13,7	9,3	11,4
2012	13,5	9,0	11,3
2013	13,1	8,7	11,0
2014	13,7	9,3	11,5
2015	13,8	9,7	11,8

Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

Grafico 12.1: andamento della temperatura dedotta dalla serie storica omogeneizzata di Trento (Laste) nel periodo 1856-2015



INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
12.1 Temperature	Clima	P	D	☹️	⬇️	P	1856-2015

## 12.2.2 L'andamento delle precipitazioni

Per quanto riguarda i valori di precipitazione annua e stagionale nel periodo di confronto tra i trentenni di riferimento per la climatologia (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010), trend significativi sono osservabili solo in poche stazioni. In generale, i valori annui medi del trentennio 1981-2010 sono aumentati, seppur in modo marginale (2-3%), ma con riduzioni consistenti in inverno (-9% rispetto al 1961-1990, -6% rispetto al 1971-2000) e aumenti in autunno (rispettivamente +7% e +15%).

Si osservano tuttavia fasi di ciclicità che alternano periodi più o meno piovosi, e anche una distribuzione della piovosità nell'arco dell'anno non costante nel tempo.

Nella tabella 12.2 vengono riportati i dati di precipitazione di tre stazioni di riferimento: Trento Laste (312 m), Cavalese (960 m) e Malè (735 m).

Sono messe a confronto le precipitazioni medie dei tre periodi di riferimento climatico (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010) che permettono di evidenziare come non vi sia un segnale uniforme di tendenza nelle cumulate medie annue. Dal trentennio 1961-1990 a quello 1981-2010 infatti le precipitazioni sono lievemente calate a Cavalese e Malè, e rimaste sostanzialmente stazionarie a Trento Laste.

Nella stessa tabella sono inoltre riportati i valori totali annui dal 2010 al 2015 dai quali si evince la forte variabilità degli ultimi anni con ad esempio gli estremi nel 2014, risultata tra le annate più piovose dal 1920 circa, e del 2015, con apporti inferiori alla media mediamente del 20-30% ma localmente anche superiori.

Tabella 12.2: andamento piovosità a Trento (Laste), Cavalese e Malè

Anno	Trento (Laste) (mm)	Cavalese precip (mm)	Cles precip (mm)
1961-1990	931	821	906
1971-2000	919	806	896
1981-2010	937	790	885
2010	1339	973	1229
2011	735	797	808
2012	1233	1019	1077
2013	1224	1021	1160
2014	1628	1275	1303
2015	698	641	720

Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

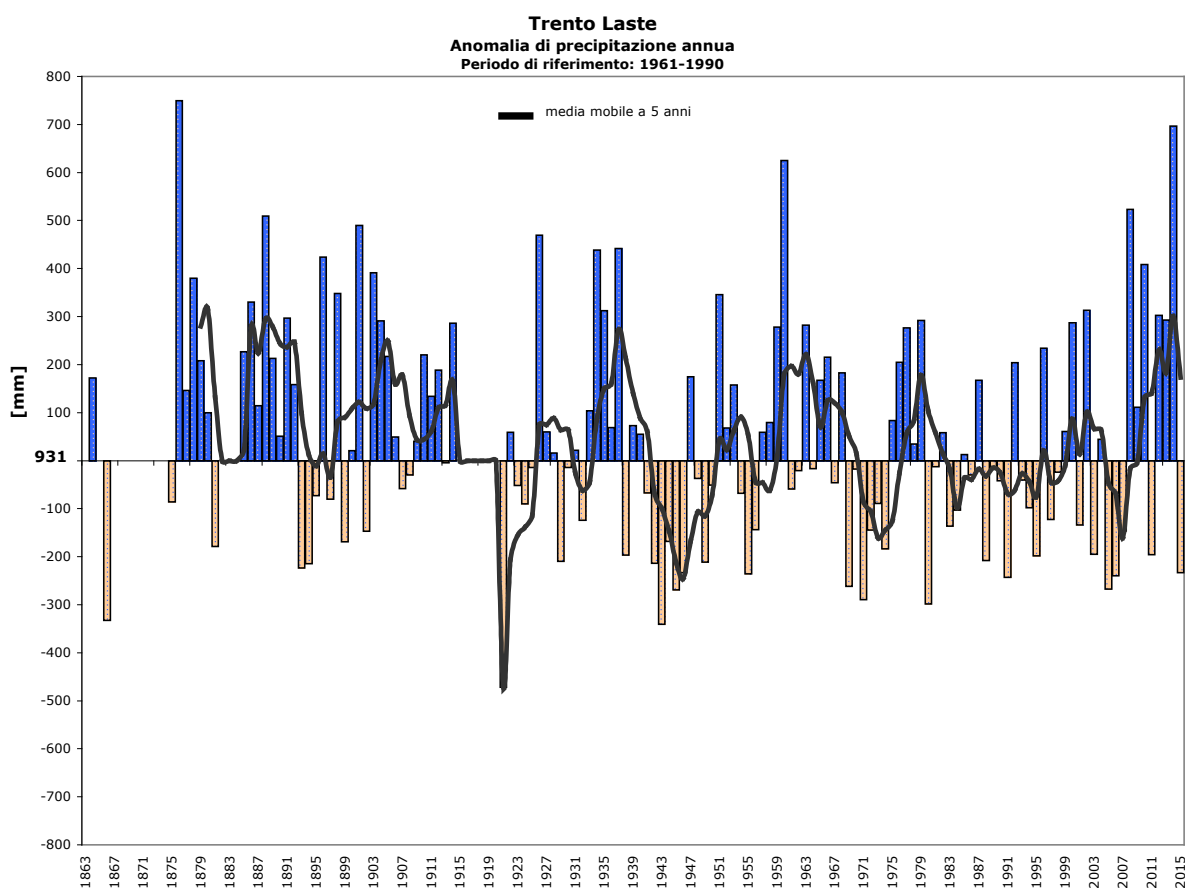
Nel grafico 12.2, che mostra le anomalie di precipitazione totale annua a Trento Laste rispetto alla media di riferimento pari a 931 mm calcolata nel periodo 1961-1990, si nota l'assenza di un segnale di trend e il prevalere di una situazione di variabilità.

Spicca il valore del 2014 risultato il secondo anno più piovoso della lunga serie che risale al 1863.





Grafico 12.2: andamento delle anomalie di precipitazione annuale a Trento (Laste) nel periodo 1863-2015 rispetto al periodo 1961-1990



Per misurare l'andamento della neve caduta per ciascuna stagione, che può variare da ottobre a maggio, si utilizzano i rilievi manuali e automatici della rete nivometeorologica di stazioni distribuite uniformemente su tutto il territorio trentino e gestita dall'Ufficio Previsioni e Pianificazione. Le stazioni di rilevamento sono posizionate preferibilmente ove è possibile accedere in maniera agevole per consentire i rilievi e privilegiando zone di interesse quali: siti valanghivi, località turistiche o stazioni sciistiche. Nonostante questi accorgimenti per avere continuità e precisione nella serie di osservazioni giornaliere non mancano periodi, soprattutto nel passato, con assenza di dati per l'impossibilità di raggiungere il sito di osservazione a causa della chiusura degli impianti di risalita o delle strade di accesso per condizioni meteorologiche avverse. Problematicità questa che rende le serie difficili da analizzare e confrontare tra loro.

Il compromesso tra accessibilità del sito di osservazione e sua rappresentatività ha permesso comunque di raccogliere serie trentennali da cui però non emerge un segnale evidente di trend in coerenza con quanto osservato più genericamente per le precipitazioni. Si nota tuttavia un andamento irregolare con forte variabilità interannuale dell'apporto delle nevicate nell'ultimo decennio che fa intravedere una ripresa dopo i minimi rilevati negli anni '90. Bisogna comunque considerare la complessità insita nel monitorare il fenomeno fisico

della nevicata che dipende dalla temperatura, dal vento, dall'intensità di precipitazione e dall'orografia della località in cui viene eseguita l'osservazione. L'orografia in particolare gioca un ruolo fondamentale sui millimetri di precipitazione che cadono al suolo come centimetri di neve fresca. Valli strette avranno nevicate intense che raggiungeranno quote inferiori rispetto a quelle larghe, quelle orientate verso i flussi umidi meridionali che caratterizzano le perturbazioni più abbondanti che investono il nostro territorio avranno mediamente quantitativi maggiori di neve fresca.

Osservando ad esempio l'andamento della neve fresca nella sola stagione invernale (dicembre-febbraio) rilevata presso la stazione di Passo Tonale dal 1985-'86 al 2015-'16 (grafico 12.3) e a Pampeago dal 1981-'82 al 2015-'16 (grafico 12.4), si può notare come, a sostanziale parità di quota, gli apporti nevosi di Passo Tonale nel Trentino occidentale siano decisamente superiori a quelli di Pampeago che è collocato nel gruppo dolomitico del Latemar nel Trentino orientale, schermato ai flussi umidi meridionali dalla catena del Lagorai. La località di Passo Tonale raccoglie infatti sia gli apporti nevosi dei flussi umidi meridionali che si innalzano sopra l'imponente gruppo dell'Adamello e Presanella sia quelli occidentali e settentrionali che investono le Alpi dall'Atlantico. Questo esempio evidenzia quanto sia complesso trovare delle serie di altezza neve che siano rappresentative dei

cambiamenti climatici in atto e come, pur non essendoci un segnale di trend, si possa mettere in evidenza alcune peculiarità come la maggiore variabilità degli ultimi 10 anni circa e i due evidenti estremi osservati nella stagione 2013-'14 e 2008-'09 risultate le stagioni invernali più nevose degli ultimi 35 anni circa.

Grafico 12.3: andamento della neve fresca nella stagione invernale (dicembre-febbraio) osservata presso Passo Tonale dal 1985-1986 al 2015-2016

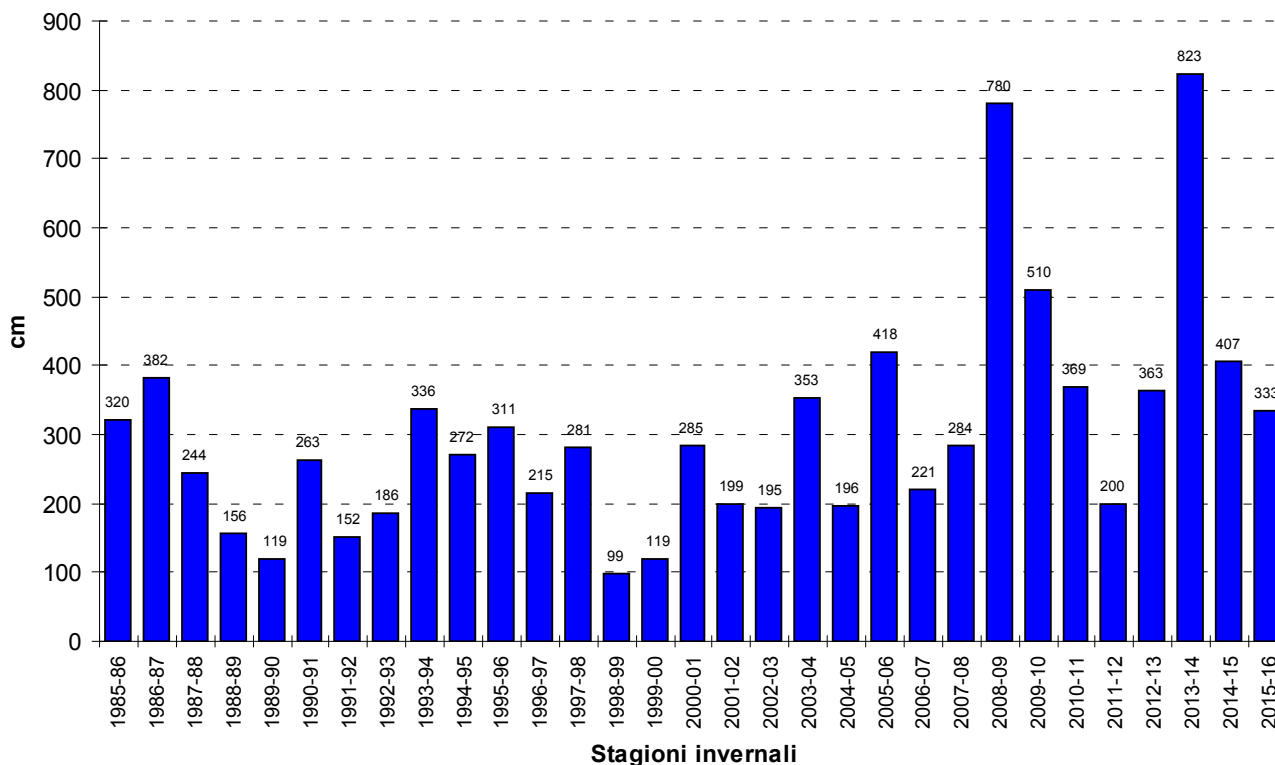
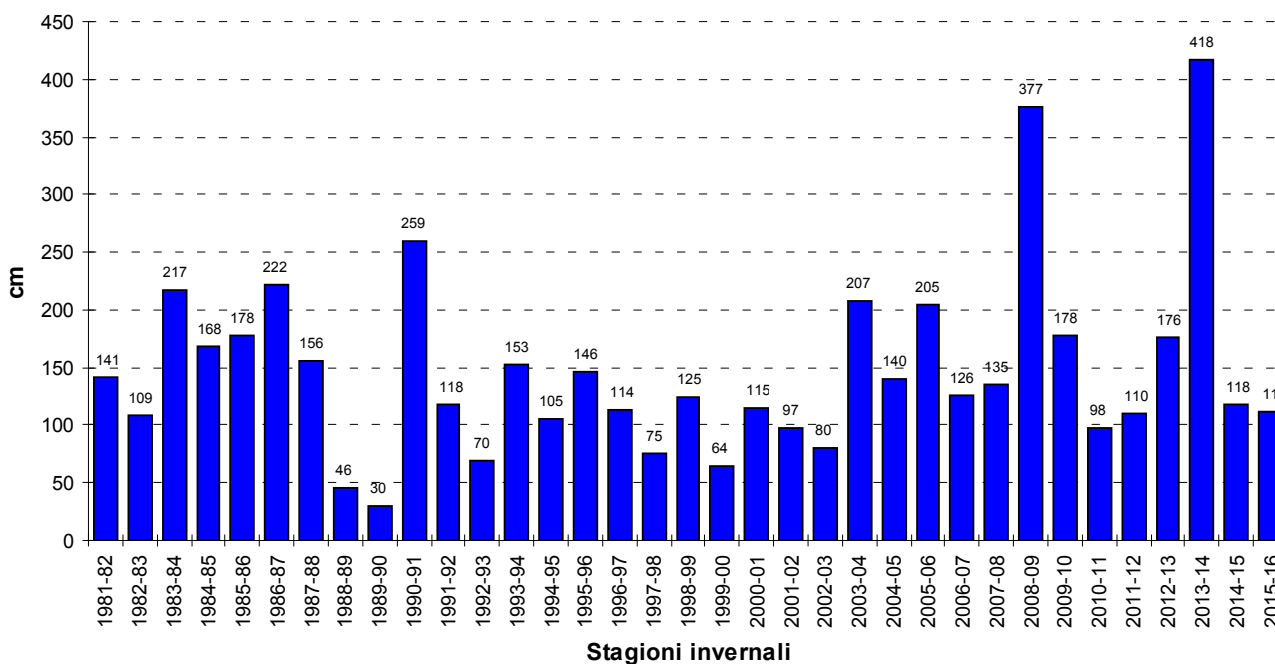


Grafico 12.4: andamento della neve fresca nella stagione invernale (dicembre-febbraio) osservata presso Pampeago dal 1981-1982 al 2015-2016



INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
12.2 Precipitazioni	Clima	P	D		↑↓	P	1863-2015

In tabella 12.3 sono riportati a titolo di esempio i valori cumulati di neve osservati nelle singole stagioni invernali dal 2010-2011 al 2014-2015 per alcune delle principali stazioni di rilevamento ordinate per quota.

Tabella 12.3: andamento della nevosità in Trentino nel periodo 2010-2015

n°	Codice	Denominazione	Quota m.slm	2010- 2011 cm	2011- 2012 cm	2012- 2013 cm	2013- 2014 cm	2014- 2015 cm
1	11AN	ANDALO	1.005	141	88	270	369	126
2	24NO	VAL NOANA	1.020	109	48	287	298	108
3	37VW	VAL CANALI	1.040	125	32	269	249	91
4	2RAB	RABBI	1.335	91	100	201	477	149
5	5PSV	PASSO S. VALENTINO	1.320	267	92	462	506	173
6	12FO	PASSO SOMMO	1.360	292	125	447	484	192
7	14PO	POZZA DI FASSA	1.385	80	66	212	322	83
8	8PAN	PANEVEGGIO	1.535	215	130	360	479	170
9	18SB	CALAITA	1.600	198	157	391	724	253
10	16PT	BROCON - MARANDE	1.605	252	116	501	781	284
11	13PR	PREDAZZO - GARDONE'	1.675	97	104	332	453	162
12	10PM	PAMPEAGO	1.760	245	193	326	592	181
13	21MB	MALGA BISSINA	1.780	723	412	738	1078	428
14	25TO	PASSO TONALE	1.875	770	464	856	1233	592
15	35VC	VAL CIGOLERA	1.880	299	156	425	1025	307
16	29FL	FOLGARIDA	1.890	341	211	418	1041	346
17	26SP	PASSO S. PELLEGRINO	1.980	248	147	490	996	360
18	31RO	PASSO ROLLE	1.995	433	304	606	1022	356
19	1PEI	PEJO - TARLENTA	2.010	231	248	337	841	373
20	7PVA	PASSO VALLES	2.045	267	92	462	506	173
21	22CI	CIAMPAC	2.145	277	208	364	876	328
22	30PN	CAPANNA PRESENA	2.730	1080	1009	1396	1729	1180

Fonte: Ufficio Previsioni e Pianificazione PAT

## I ghiacciai

Le attività glaciologiche in provincia di Trento sono svolte sulla base di una convenzione stipulata nel 2006 e che vede collaborare nelle attività di rilevazione e monitoraggio in campo glaciologico la Provincia autonoma di Trento, la Società degli Alpinisti Tridentini, il Centro Universitario per la Difesa Idrogeologica dell'Ambiente montano e il Museo delle Scienze. Sulla base di questa convenzione tutti gli anni vengono effettuate una serie di operazioni volte al monitoraggio dello stato dei corpi glaciali.

I monitoraggi di accumulo e di ablazione vengono effettuati su alcuni ghiacciai ritenuti rappresentativi

per la definizione delle dinamiche glaciali in atto sul territorio provinciale. Al fine di garantire continuità alle serie storiche, le osservazioni hanno interessato prevalentemente i ghiacciai già soggetti a monitoraggio negli anni precedenti. I ghiacciai monitorati ai fini del bilancio di massa sono:

- gruppo Ortles-Cevedale: ghiacciaio del Careser e ghiacciaio de la Mare;
- gruppo dell'Adamello: ghiacciaio della Lobbia e ghiacciaio del Mandrone;
- gruppo di Brenta: ghiacciaio d'Agola;
- gruppo della Marmolada: ghiacciaio della Marmolada.

Per avere a disposizione l'inventario dei ghiacciai sono state svolte in Trentino nell'ultimo secolo cinque diverse rilevazioni generali: la prima del 1925, che riporta la presenza di 88 ghiacciai senza indicarne l'estensione; la seconda riferita al catasto generale del 1958; la terza eseguita a cura del Comitato Glaciologico Trentino nei primi anni '90; la quarta e la quinta ottenute da apposite riprese ortofotografiche e laser scanner svolte dalla Provincia autonoma di Trento nel 2003 e nel 2015.

I dati più recenti sono ancora in fase di verifica, così anche per quelli storici che presentano problemi di allineamento cartografico oltre ad elencazioni di ghiacciai non pienamente corrispondenti.

In attesa del completamento delle verifiche in corso si riportano di seguito i dati salienti delle informazioni attualmente disponibili, che testimoniano una deglaciazione di rilevanti dimensioni e che a tutt'oggi

sembra inarrestabile.

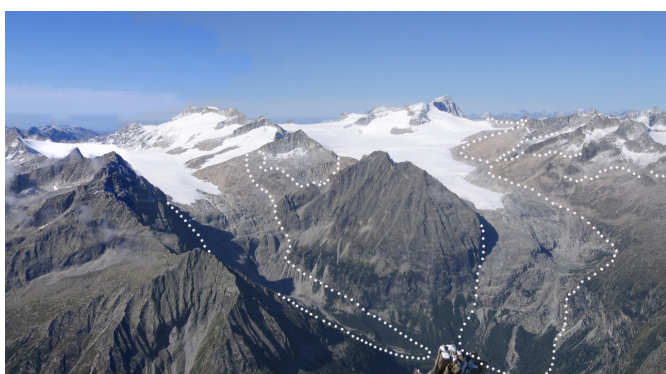
L'estensione complessiva dei ghiacciai trentini nel 2015 si attesta attorno ai 32 km<sup>2</sup>, corrispondenti solamente al 28% di quella presente nel massimo della PEG (Piccola Età Glaciale, culminata attorno alla metà del diciannovesimo secolo) che risultava di circa 113 km<sup>2</sup>.

Fino agli anni '60 la riduzione media della superficie glaciale era inferiore allo 0,5 % annuo, dopodiché è andata via via aumentando in modo esponenziale fino ad assestarsi sugli attuali valori di poco inferiori al 2 % annuo; se ne deduce che ai giorni nostri il ritiro glaciale è circa 4 volte maggiore rispetto a quello di un secolo fa.

La quota della fronte dei ghiacciai, mediamente localizzata nel massimo della PEG attorno ai 2.550 m di quota, si è alzata fino a circa 2.800 m.

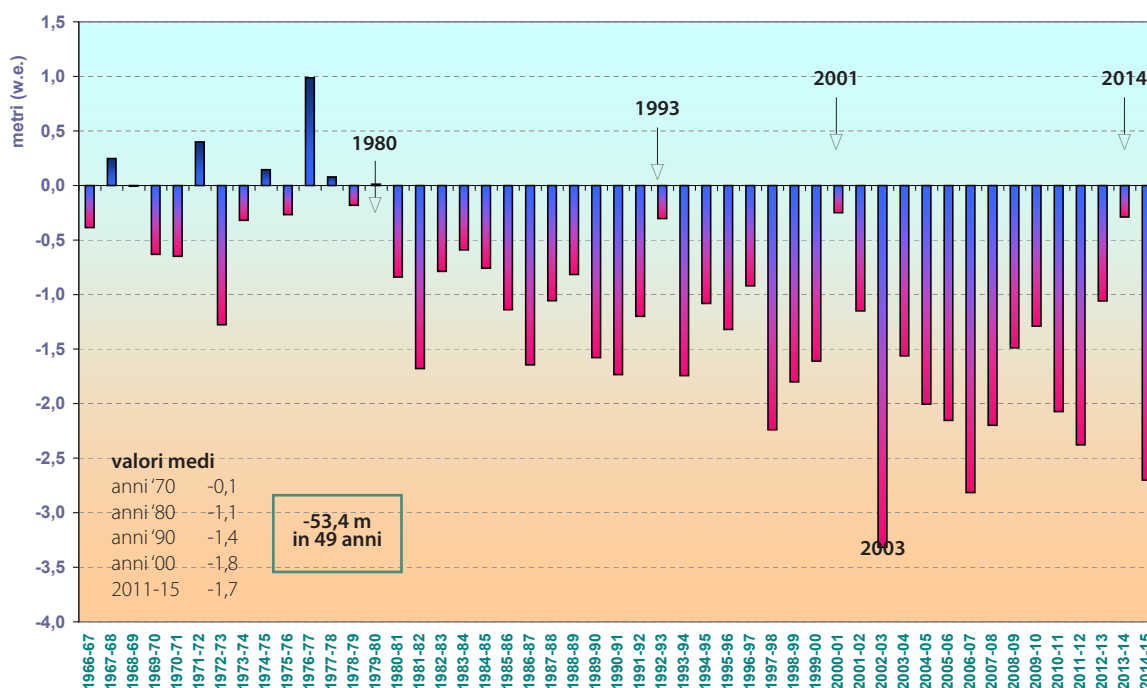
Questo intenso processo di ritiro ha comportato la frammentazione dei ghiacciai, che sono aumentati di numero pur divenendo sempre più piccoli, e quindi più vulnerabili.

Questi imponenti processi di ablazione manifestatasi negli ultimi decenni è ben visibile anche nei risultati ottenuti con le misurazioni delle variazioni frontali e dei bilanci di massa. Ad esempio il grafico 12.5 riporta la serie storica dei bilanci di massa eseguiti sul ghiacciaio del Careser dal 1966 al 2015: dal 1981 il ghiacciaio risulta in continua regressione e dopo il parziale rallentamento della perdita nel 2013-2014, grazie alle eccezionali precipitazioni invernali, si è avuta una nuova forte riduzione nella calda stagione invernale del 2014-2015.



Rappresentazione della riduzione dei ghiacciai del Gruppo dell'Adamello (Ghiacciaio della Lobbia e del Mandrone) dalla fine della Piccola Era Glaciale (linea tratteggiata) su fotografia del 2013<sup>3</sup>

Grafico 12.5: bilancio di massa del ghiacciaio del Careser dal 1966 al 2015



<sup>3</sup> Estensione dei ghiacciai Trentini dalla fine della Piccola Età Glaciale a oggi. Casarotto C., Bertoni E., - Museo delle Scienze

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
12.3 Estensione dei ghiacciai	Clima	P	D	☹️	↘️	P	1966-2015

## Il permafrost

Il permafrost (definito come qualsiasi terreno che rimane al di sotto della temperatura di 0°C per almeno due anni consecutivi) si può formare dove il bilancio energetico della superficie del suolo è negativo ed è il risultato di una complessa interazione tra le condizioni climatiche e le caratteristiche del substrato. I principali fattori che determinano la formazione e la conservazione del permafrost sono la temperatura dell'aria, la radiazione solare, la presenza, la durata e lo spessore del manto nevoso. Per queste caratteristiche, il permafrost è molto sensibile all'evoluzione delle condizioni climatiche ed è riconosciuto come uno dei principali indicatori del cambiamento climatico in atto. La degradazione del permafrost a causa del riscaldamento climatico può causare rilevanti problemi di rischio ambientale, legati a smottamenti, frane e, più in generale, all'instabilità dei versanti che possono interessare le infrastrutture presenti in quota.

Considerata la diffusione del permafrost sulle nostre montagne e la sua sensibilità ai cambiamenti climatici, nel corso degli ultimi dieci anni in Trentino è stata realizzata una rete di monitoraggio dedicata a questo particolare elemento. Per mezzo di tecnologie all'avanguardia il Servizio Geologico, supportato dalle Università di Pavia e Padova, monitora costantemente lo spostamento di tre rock glacier, due nel Gruppo Adamello-Presanella (uno in Val d'Amola e l'altro presso il Passo del Maroccaro) ed uno nel Gruppo della Marmolada (nella zona di Cima Uomo). I dati raccolti mostrano come questi corpi detritici si stiano muovendo verso valle con velocità che raggiungono in alcuni casi i 20 cm all'anno. A titolo informativo si riporta che negli ultimi due anni di monitoraggio è stata rilevata una accelerazione del movimento di alcuni rock glacier attivi, in linea con quanto sta accadendo in tutto il versante italiano delle Alpi.

Con speciali sensori, i geologi indagano le condizioni di temperatura della superficie del suolo e lo stato del permafrost in profondità nella roccia. Tali strumentazioni sono state collocate in numerosi siti di monitoraggio e all'interno di due perforazioni realizzate presso il rifugio "Ai Caduti dell'Adamello" e nella zona del Careser, che raggiungono la profondità di 20 m e 50 m rispettivamente. In base all'analisi dei dati acquisiti, è stato constatato come il permafrost presente presso questi siti sia caratterizzato da una temperatura poco al di sotto degli 0°C, risultando quindi particolarmente sensibile ad una possibile degradazione legata al riscaldamento climatico.

Le informazioni acquisite mediante i monitoraggi forniscono un fondamentale supporto per affinare la pianificazione territoriale. In particolare il catasto dei rock glacier del Trentino, redatto nell'ambito del progetto Alpine Space "PermaNET", è stato utilizzato per la redazione della Carta della Pericolosità "Aree soggette a Permafrost e Rock Glacier".

Con la medesima finalità, nel corso del 2015 è stata inoltre conclusa la mappatura dell'estensione dei ghiacciai e dei depositi glaciali relativi alla Piccola Età Glaciale su tutto il territorio della provincia di Trento.

Mediante i dati ottenuti è stato possibile anche operare un primo confronto tra i ghiacciai presenti in Trentino durante la PEG con quelli presenti negli anni '50 (descritti nel Catasto CGI) e nel 2013 (rilievo LIDAR PAT 2013).

Dai 123 km<sup>2</sup> coperti dal ghiaccio durante la PEG si è passati ai 63 km<sup>2</sup> di area glacializzata negli anni '50 (CGI) e successivamente ai 32 km<sup>2</sup> nel 2013.

Una corretta e dettagliata mappatura dei depositi glaciali riferibili alla PEG ed alle successive fasi di ritiro dei ghiacciai assume una notevole importanza anche dal punto di vista applicativo per la gestione del territorio, in particolare per la comprensione e la previsione dei dissesti che potrebbero interessare queste aree delle nostre montagne. La fortissima riduzione areale e volumetrica dei ghiacciai in atto dalla fine della PEG ha liberato ampie superfici antistanti le fronti dei ghiacciai e messo progressivamente a giorno il fianco interno degli argini morenici. Da questa nuova configurazione morfologica deriva una abbondante disponibilità di detriti sciolti che possono essere mobilizzati dall'acqua, soprattutto se rilasciata in tempi brevi e con forte intensità, innescando una serie di processi di instabilità come colate di fango e di detrito, che possono interessare aree situate anche molto più a valle.

Tali informazioni si sono rivelate indispensabili per la redazione della Carta della Pericolosità.





## 12.3 GLI EFFETTI AMBIENTALI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO IN TRENTINO

### Le proiezioni per il futuro

Per quanto riguarda gli scenari climatici futuri sono a disposizione ormai diverse proiezioni fornite dai modelli climatici e sono in corso continui studi e ricerche per permettere di avere proiezioni sempre più accurate sulle scale regionali. Se infatti le strategie di mitigazione sono per loro natura globali, quelle di adattamento devono essere necessariamente locali e pertanto cresce l'interesse per poter disporre di informazioni sempre più adeguate ad alta risoluzione sia rispetto agli indici del cambiamento climatico che agli indici di impatto.

Gli scenari climatici di riferimento attualmente per il Trentino sono stati resi disponibili dal Centro Euro Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici nell'ambito del progetto europeo ORIENTGATE<sup>4</sup>.

Essi si basano su due possibili scenari futuri di concentrazione dei gas serra in atmosfera (Representative Concentration Pathways – RCP) scelti tra quelli adottati dall'IPCC nell'ultimo Rapporto di Valutazione dei Cambiamenti Climatici (IPCC WGII AR5 2014). Il primo scenario, RCP4.5 (vedi box esplicativo a fine capitolo), prevede la stabilizzazione delle emissioni di gas serra grazie ad adeguate politiche di mitigazione, mentre il secondo scenario, RCP8.5, assume l'ipotesi di assenza di politiche di mitigazione e quindi prevede un continuo aumento delle emissioni di gas serra.

Per entrambi gli scenari di emissione di gas serra sono stati prodotti scenari climatici di evoluzione delle temperature e delle precipitazioni per un periodo sia a breve (2021–2050) che a lungo termine (2041–2070) analizzati e confrontati rispetto al trentennio di riferimento 1981–2010.

In entrambi gli scenari e sia nel periodo a breve che a lungo termine, per il Trentino si prevede un continuo aumento delle temperature, sia medie che massime e minime giornaliere, con un segnale più marcato per le massime e nella stagione estiva.

L'aumento maggiore è atteso dallo scenario RCP8.5 che nel trentennio 2041–2070 prevede che la temperatura media annua crescerà di 2.8°C con il segnale maggiore in estate e pari a 3.2°C.

Per quanto riguarda le precipitazioni si attende in futuro una limitata diminuzione dell'apporto annuale, accompagnata però da una maggiore variabilità degli apporti stagionali: si avranno inverni più piovosi ed estati più secche.

Entrambi gli scenari infatti prevedono un lieve calo annuale nel periodo 2041–2070 rispetto al periodo 1981–2010: -4% per RCP4.5 e -7% per RCP8.5. Il segnale più significativo è relativo al calo delle precipitazioni estive che per entrambi gli scenari prevede una diminuzione

del 25% circa sempre nel periodo 2041–2070. Altrettanto interessante risulta essere il segnale dell'inverno che nel periodo 2041–2070 mostra un aumento per entrambi gli scenari che risulta più marcato tuttavia per lo scenario RCP8.5 (+25%). Per quanto riguarda le tendenze nelle stagioni intermedie di primavera e autunno il segnale risulta meno marcato.

Esaminando infine il numero di giorni piovosi, ossia con precipitazione superiore ad 1 mm, si riscontra una comune tendenza decrescente, con diminuzioni più accentuate in estate e leggera crescita invernale.

### Gli impatti attesi

Il riscaldamento e la variazione del regime delle precipitazioni atteso determinano importanti conseguenze fisiche sul territorio (l'aumento di ondate di calore estive e di eventi estremi di precipitazione, la degradazione del permafrost e la fusione continua dei ghiacciai, la variazione dei deflussi idrici, ecc.), che causeranno una serie di impatti, in parte già in atto, sugli ecosistemi e sulla salute umana con significative conseguenze anche su alcuni settori socio-economici, come il turismo e l'agricoltura.

### Ecosistemi e biodiversità

Le zone alpine sono le aree a maggior rischio di perdita di biodiversità e ad oggi hanno subito gli impatti più evidenti. Entro il 2100 viene stimata sulle Alpi una perdita di specie vegetali di circa il 60%. I cambiamenti climatici impattano infatti sulla fisiologia, sul comportamento, sul ciclo vitale e sulla distribuzione geografica delle specie, sulla composizione delle comunità ecologiche terrestri e sulle interazioni interspecifiche.

Anche in Trentino sono evidenti alcuni effetti quali:

1. l'accelerazione degli effetti sulla vegetazione come l'innalzamento del limite degli alberi, la frammentazione degli habitat, le modifiche dei cicli fenologici, i cambiamenti nella composizione delle foreste;
2. le variazioni nella struttura, nella distribuzione e nella produttività di diversi habitat, con conseguenze sulla fauna, sulla struttura delle comunità e sulla biodiversità;
3. l'anticipazione di fioriture di molte piante e il prematuro riavvio del periodo vegetativo;
4. la risalita di quota di specie vegetali della fascia montana che sono ora presenti anche nelle zone di culmine;
5. le variazioni della diffusione di fitopatie ed infestanti.



## Fauna e biodiversità animale

Numerosi sono gli effetti osservati sui sistemi biologici terrestri: 1) cambiamenti nei periodi di attività e di riproduzione (uccelli, anfibi, artropodi). Ad esempio è ormai comune l'anticipazione degli arrivi di molte specie di uccelli migratori, la riproduzione di molti anfibi e lo sviluppo dello stadio alato di molti insetti; 2) cambiamenti nei range di distribuzione o di densità locale (uccelli, artropodi). Diverse specie animali montane si sono ad esempio spostate in alta quota con conseguente riduzione del loro areale; 3) cambiamenti morfologici (peso corporeo, numero di uova, etc); 4) estinzioni locali e invasione da parte di nuove specie.

## La gestione dell'acqua

Importanti variazioni del ciclo idrico sono previste a causa della variazione delle precipitazioni: la riduzione della piovosità estiva; l'aumento di quella invernale ma con riduzione delle precipitazioni nevose; l'aumento del rischio di eventi di siccità e di eventi di pioggia intensa; l'anticipo, l'intensificazione e il prolungamento della fusione nivo-glaciale. Tutti fattori che richiederanno una diversa e attenta pianificazione della gestione della risorsa idrica. Il deficit delle risorse idriche potrebbe essere maggiore in estate e autunno, in particolare nei periodi di siccità e in concomitanza al maggior fabbisogno irriguo dell'agricoltura.

## Agricoltura

L'aumento della temperatura, specie in estate, la variazione della disponibilità idrica dovuta all'aumento delle precipitazioni invernali e al calo di quelle estive, e l'aumento degli eventi siccitosi e di precipitazioni intense determineranno una serie di impatti importanti in agricoltura.

Tra gli effetti: l'aumento dell'erosione del suolo, la riduzione dell'immagazzinamento dell'acqua nel suolo, l'aumento del periodo di crescita di alcune colture, l'anticipo delle epoche di semina e di raccolta e dello sviluppo fenologico, il prematuro riavvio del periodo vegetativo, la modificazione dei ritmi stagionali, la diminuzione della sostanza organica nei terreni e l'aumento dei nitrati in falda, la diminuzione produttiva e della qualità delle produzioni, lo spostamento degli areali verso nord e in quota (olivo, vite e melo), la variazione della diffusione di fitopatie ed di infestanti.

## Rischio idrogeologico

L'aumento delle temperature e il progressivo ritiro dei ghiacciai potranno determinare variazioni del permafrost aumentando le aree soggette a instabilità geologica, incrementando di conseguenza il pericolo di frane e colate di fango. Il rischio geologico è soggetto a variazioni dovute ai cambiamenti attesi del ciclo idrico: maggiori deflussi sono infatti attesi nel periodo invernale mentre una riduzione è attesa in quello estivo. L'aumento probabile di fenomeni di precipitazione intensa potrebbe dare origine ad una maggiore frequenza di eventi quali flash flood e debris flow con conseguente impatto nella gestione del rischio idrogeologico.

## Salute umana

Gli effetti dei cambiamenti climatici si faranno sentire anche sulla salute umana sia in termini di effetti diretti che indiretti. Si parla di effetti diretti quando si ha a che fare con quelli dovuti ad eventi estremi, come le ondate di calore estive, le alluvioni e le siccità che possono colpire la popolazione, specie nei settori più vulnerabili (anziani, bambini, malati). Si parla di effetti indiretti per quelli invece conseguenti ai cambiamenti negli ecosistemi, alla biodiversità e alle comunità umane. Tra essi si annoverano la diffusione di malattie infettive, di infezioni microbiche e parassitarie sia a trasmissione diretta che a mezzo di artropodi vettori, le malattie allergiche dovute alla maggiore concentrazione e durata nel tempo di pollini e allergeni nonché le malattie non infettive legate all'aumento della concentrazione di fattori inquinanti (ad esempio l'ozono nel periodo estivo).

La riduzione della diversità di specie animali favorisce la trasmissione di patogeni e parassiti con accelerazione dei tassi di estinzione di specie minacciate e gravi rischi per la salute umana.

Alcune patologie di animali sono incrementate a causa del riscaldamento globale, così pure le zoonosi, ovvero le malattie umane veicolate da animali.

## Energia

L'aumento delle temperature atteso in tutte le stagioni e in modo più marcato in estate, dovrebbe favorire uno spostamento della domanda di energia nel settore dei servizi dato che tenderà a diminuire il fabbisogno in inverno mentre crescerà quello in estate. La variazione di disponibilità idrica connessa ai fenomeni di deglaciazione e all'alterazione dei regimi delle precipitazioni potrebbe avere importanti conseguenze sul sistema di produzione idroelettrico come evidenziato da recenti studi.

<sup>4</sup> L'impatto dei cambiamenti climatici sulla produzione idroelettrica in Trentino – Progetto ORIENTGATE. AA.VV. (2015)

## Turismo

Gli impatti delle variazioni climatiche e delle relative conseguenze sul paesaggio e l'ambiente montano possono essere molteplici e determinare effetti differenti sia per l'offerta che per la domanda turistica. L'aumento delle temperature estive potrebbe avere un effetto positivo favorendo l'afflusso di turisti verso località di montagna con temperature più fresche. Il turismo invernale potrebbe risentirne maggiormente per l'aumento del limite delle nevicate e la riduzione della stagione invernale. Anche la diversa fruibilità di ambienti rilevanti dal punto di vista paesaggistico e naturalistico, quali ghiacciai e foreste, potrebbe influire sull'offerta turistica.



## 12.4 L'IMPEGNO CONTRO IL CAMBIAMENTO CLIMATICO IN TRENTINO

Negli ultimi decenni la consapevolezza e quindi la sfida del cambiamento climatico è diventata una priorità anche della politica dell'Unione Europea, che ha prodotto strumenti legislativi e linee guida da adottare da parte dei governi nazionali e locali nelle rispettive politiche di mitigazione e adattamento.

In particolare dopo l'adozione della Strategia di adattamento europea nel 2013, i paesi europei sono stati incoraggiati ad elaborare una propria strategia nazionale. Per quanto riguarda l'Italia è stata elaborata ed adottata la Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (S.N.A.C.), alla cui revisione ha collaborato anche la PAT, che ha assunto il ruolo di riferimento per le azioni di adattamento a livello regionale.

Al fine di rendere attuativa la S.N.A.C. è stato avviato nel 2015 un ambito di confronto tra Stato e Regioni, il primo rappresentato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e le seconde rappresentate dal Tavolo Interregionale di coordinamento sulla Strategia di adattamento ai cambiamenti climatici e al quale partecipa anche la PAT.

La strategia generale adottata dalla Provincia autonoma di Trento per fronteggiare le conseguenze dei cambiamenti climatici riguarda fino ad ora una complessa serie di azioni che si possono riassumere in alcune aree di intervento: la definizione di strumenti normativi e organizzativi, il monitoraggio e la ricerca, le misure di mitigazione, le misure di adattamento, l'informazione e la sensibilizzazione della cittadinanza.

Per orientare e disciplinare in modo adeguato le azioni per fronteggiare il cambiamento climatico la Provincia si è dotata sin dal 2010 di un'apposita Legge, "Il Trentino per la protezione del clima" (L.P. 9 marzo 2010, n. 5) successivamente sostituita dalla Legge sulla Valutazione

d'Impatto Ambientale, entrata in vigore nel 2013 (L.P. 17 settembre 2013, n.19), che ne ha mantenuto inalterati i contenuti.

La legge in particolare:

- definisce specifici obiettivi da conseguire nel medio e lungo periodo, per ridurre la dipendenza da fonti energetiche non rinnovabili, conservare la biodiversità e aumentare la biomassa, in particolare quella boschiva, per incrementare la capacità di assorbimento della CO<sub>2</sub> e degli altri gas climalteranti da parte degli ecosistemi;
- orienta le attività e gli strumenti di pianificazione e di programmazione provinciali per raggiungere l'autosufficienza energetica entro il 2050, puntando sul contributo delle fonti rinnovabili interne e mira al conseguimento dell'obiettivo "Trentino Zero Emission" (riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> e degli altri gas climalteranti del 50% rispetto ai livelli del 1990 entro l'anno 2030);
- introduce il concetto di Valutazione dell'impatto energetico e sul clima, nell'ambito della VIA e della VAS, per valutare preventivamente e ridurre il consumo complessivo di energia e le emissioni di gas climalteranti delle grandi opere, pubbliche e private;
- istituisce l'Osservatorio Trentino sul clima.

Nel 2008 inoltre è stato istituito il "Fondo per il Cambiamento Climatico" che ha permesso di finanziare una serie di attività mirate sul tema dei cambiamenti climatici e dei loro effetti. Successivamente il Fondo per il cambiamento climatico è stato inserito nel nuovo "Fondo per la promozione dello sviluppo sostenibile e per la lotta ai cambiamenti climatici" attivo dal 2013 (L.P. 17/9/2013, n.19).

Al fine di attuare gli obiettivi indicati nella Legge Provinciale 5/2010, con Delibera di Giunta Provinciale n.1836 di data 5 agosto 2010 sono stati istituiti un Tavolo provinciale di coordinamento e di azione sui Cambiamenti Climatici e l'Osservatorio trentino sul clima.

Il Tavolo provinciale di coordinamento e di azione funge da strumento di coordinamento delle strutture provinciali per l'individuazione delle misure appropriate di mitigazione e di adattamento, declina la strategia complessiva provinciale per fronteggiare gli impatti derivanti dai cambiamenti climatici da proporre alla Giunta provinciale ed infine indirizza, in funzione degli ambiti predefiniti e delle priorità, l'utilizzo delle risorse finanziarie previste dal Fondo relativo al cambiamento climatico.

L'Osservatorio trentino sul clima ha in capo il coordinamento tecnico-scientifico delle realtà impegnate a vario titolo sul territorio trentino in attività di ricerca e di monitoraggio delle variabili climatiche, nonché impegnate in attività di divulgazione scientifica, di campagne di informazione e di educazione ambientale. Esso è costituito dai seguenti soggetti: Dipartimento Protezione Civile, Fondazione Edmund Mach, Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica dell'Università degli studi di Trento, Museo delle Scienze, Fondazione Bruno Kessler, Comitato glaciologico trentino. L'Osservatorio si interfaccia con il Tavolo provinciale di coordinamento e di azione sui Cambiamenti Climatici, svolgendo funzione consultiva rispetto alle tematiche tecnico-scientifiche relative ai cambiamenti climatici.

La possibilità di un'azione efficace per affrontare le problematiche connesse ai cambiamenti climatici passa attraverso la partecipazione e il coinvolgimento della cittadinanza e per questo sono state avviate negli anni numerose iniziative in questa direzione.

In particolare sono stati organizzati diversi eventi pubblici dedicati al clima, seminari scientifici e conferenze divulgative ma anche incontri formativi per studenti e scuole.

Infine un importante strumento di informazione è stato introdotto dal giugno del 2012 con l'attivazione del sito [www.climatrentino.it](http://www.climatrentino.it), il portale dedicato al clima e ai cambiamenti climatici con informazioni, dati e rapporti a livello trentino, nazionale e internazionale.

Studi e analisi sono continuamente in corso per poter disporre di informazioni sempre più adeguate ed esaustive per l'intero territorio trentino sia per la situazione in atto che per gli scenari futuri. L'importanza di disporre di dati aggiornati affidabili impone sempre più attenzione alle modalità organizzative e di gestione del monitoraggio così come alle conseguenti metodologie di analisi dei dati raccolti. In tal senso continuerà a giocare senza dubbio un ruolo fondamentale l'Osservatorio Trentino sul Clima e con esso il coordinamento tra le strutture provinciali al fine di garantire maggiore organicità ed efficienza agli interventi sia per quanto riguarda le azioni di mitigazione che quelle di adattamento, individuando le priorità di azione nei prossimi anni in funzione dei settori maggiormente vulnerabili.



### I modelli climatici e gli scenari futuri

I modelli climatici sono dei programmi estremamente sofisticati per computer che a partire dalle conoscenze scientifiche e dalle osservazioni disponibili simulano il comportamento del sistema climatico e le complesse interazioni tra l'atmosfera, l'oceano, la superficie terrestre, la criosfera, l'ecosistema globale e una varietà di sostanze chimiche e di processi biologici.

Costituiscono oggi lo strumento più importante per studiare la variabilità del clima e l'impatto dei cambiamenti climatici sui sistemi naturali e socio-economici e sono stati messi a punto svariati modelli climatici, sia globali (*Global Climate Models*, GCMs) sia regionali (*Regional Climate Models*, RCMs) ottenuti con operazioni di downscaling dei modelli globali.

La stima dell'andamento futuro dei principali parametri fisici, quali la temperatura e le precipitazioni, viene effettuata ipotizzando diversi scenari di emissione dei gas serra e per consentire un più efficace confronto tra i vari modelli, la comunità scientifica raccolta attorno all'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (ipcc) ha individuato un insieme condiviso di quattro possibili scenari, definiti Representative Concentration Pathways (RCP).

Ognuno di questi scenari RCP (grafico 12.6) definisce uno specifico andamento per le emissioni di gas serra ed una relativa *forzante radiativa* stimata nel 2100 rispetto all'era pre-industriale, e risultante dall'insieme di emissioni antropiche di gas serra che alterano il bilancio di energia totale del sistema terra-atmosfera contribuendo al riscaldamento.

Il clima terrestre infatti è frutto del bilancio tra l'energia proveniente dal sole e quella uscente dal sistema terrestre a seguito dell'interazione tra atmosfera, oceani, suolo, vita animale e vegetale. Il clima può variare per cause naturali (es. variazione dell'attività solare o esplosioni vulcaniche) ma dall'inizio dell'era industriale sempre più per

cause di origine antropica (es. gas serra per uso di combustibili fossili e deforestazione) che determinano una forzante radiativa (espressa in  $W/m^2$ ) alterando il bilancio tra energia entrante ed energia uscente nel sistema terra-atmosfera. Una forzante positiva riscalda la superficie terrestre, una negativa la raffredda. La forzante radiativa positiva causata dalle attività antropogeniche nel periodo 1750 – 2011 è pari a  $2.29 W/m^2$ , molto più grande di quella causata dall'attività solare nel medesimo periodo ( $0.05 W/m^2$ ).

Tutti gli scenari RCP sono positivi e orientati quindi al continuo riscaldamento del pianeta seppur con intensità diverse (grafico 12.7). Lo scenario RCP2.6 prevede una riduzione delle emissioni di gas serra e quindi una forzante radiativa a fine secolo di  $2.6 W/m^2$ ; gli scenari RCP4.5 e RCP6.0 prevedono una stabilizzazione delle emissioni future, seppur in modalità diverse, con una forzante radiativa a fine secolo rispettivamente di  $4.5$  e  $6.0 W/m^2$ ; lo scenario RCP8.5 prevede una continua crescita delle emissioni di gas serra e una forzante radiativa a fine secolo di ben  $8.5 W/m^2$ .

Nel grafico 12.7 sono rappresentate le diverse simulazioni dell'andamento della temperatura media annuale globale dal 1950 al 2100 espresse come differenza con la media del periodo 1986-2005<sup>6</sup>.

Le proiezioni future e la loro incertezza sono espresse per gli scenari RCP2.6 (blu) e RCP8.5 (rosso) mentre in nero è riportato l'andamento osservato storico.

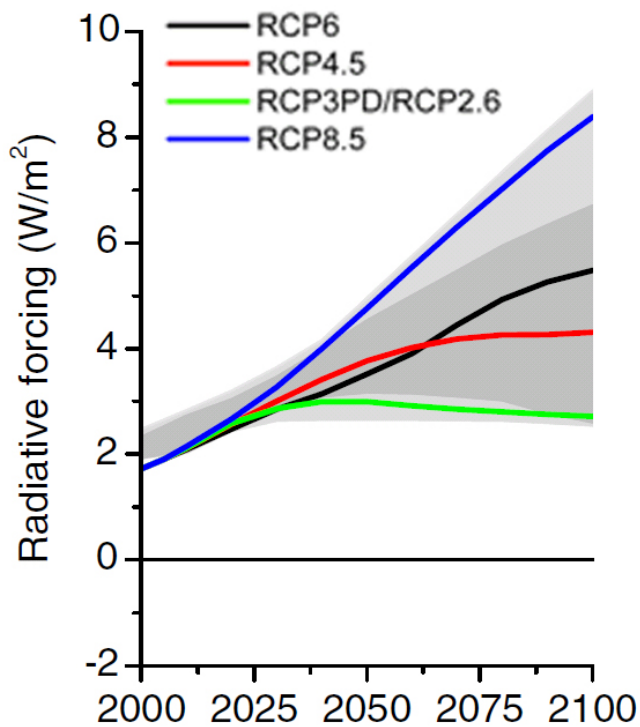
Per tutti gli scenari futuri i valori medi di temperatura e le relative incertezze calcolate per il periodo 2081-2100 sono riportate nelle barre colorate verticali. Viene inoltre indicato sulle linee il numero di modelli utilizzati per calcolare il valore medio espresso.

Nell'ipotesi di forte mitigazione (RCP2.6) è atteso quindi un ulteriore aumento medio della temperatura globale a fine secolo di circa  $1^\circ C$  mentre in quella di continue emissioni (RCP8.5) l'aumento medio è di circa  $4^\circ C$ .

<sup>6</sup> IPCC Fifth Assessment Report (AR5) - Climate Change 2013: The Physical Science Basis

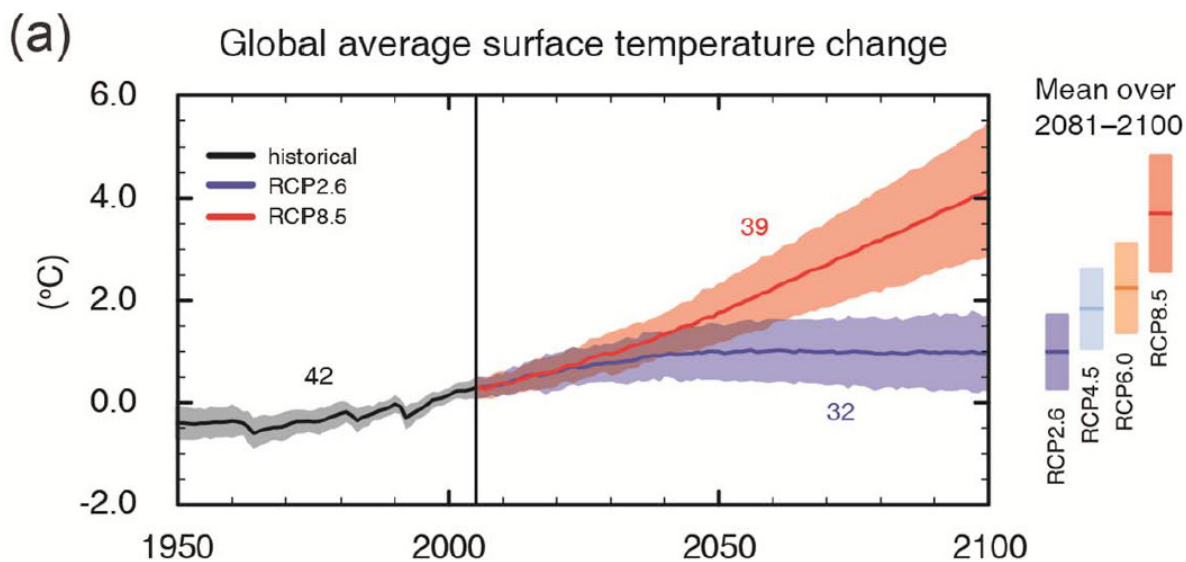


Grafico 12.6: possibili scenari futuri (Representative Concentration Pathways)



Fonte: Van Vuuren 2011

Grafico 12.7: variazione media globale della temperatura superficiale



Fonte: V° rapporto IPCC