

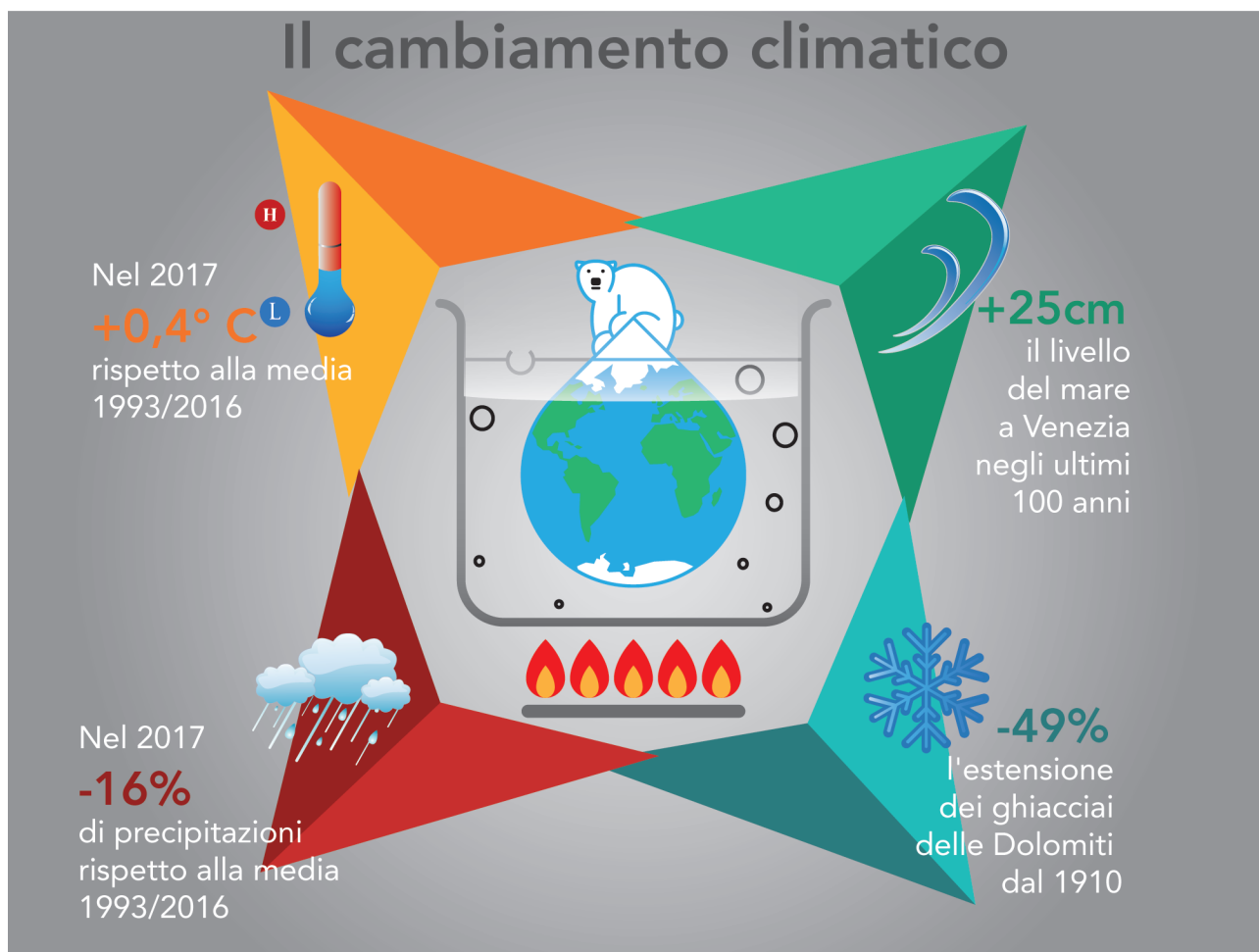
## Cap. 6 - I cambiamenti climatici

Il clima è costituito dall'insieme delle condizioni atmosferiche che caratterizzano una certa regione in un periodo di tempo abbastanza lungo, indicativamente almeno 30 anni. Le variazioni di una o più di queste condizioni creano dei cambiamenti sul clima stesso. Queste stesse variazioni possono essere naturali o derivate dalle attività dell'uomo.

Pur osservando tuttora una grande variabilità naturale, dal confronto tra i dati attuali e quelli storici emerge come le cause dei cambiamenti climatici siano state prettamente naturali fino al secolo scorso mentre, negli ultimi 70 anni, sia subentrata fortemente l'influenza dell'attività antropica che, tra le altre conseguenze, ha alterato l'effetto serra. In questo capitolo si è voluta analizzare la situazione del Veneto per quanto riguarda l'andamento delle temperature e delle precipitazioni dal 1993 al 2017, il restringimento dei ghiacciai e l'innalzamento del livello del mare.

E' emerso come il 2017 sia stato un anno più caldo rispetto alla media dei 25 anni precedenti sia nelle temperature minime che in quelle massime oltre che nelle medie stesse. Dal punto di vista delle precipitazioni il 2017 registra un deficit pluviometrico del -16%, rispetto alla media 1993:2016.

Per quanto riguarda il livello del mare i valori medi annuali evidenziano un andamento crescente a Venezia negli ultimi 145 anni [ISPRA, 2016] con un tasso annuale che si è attestato sui 5,6mm all'anno negli anni più recenti (1994:2016). Tra gli altri effetti dei recenti cambiamenti climatici registrati nel territorio del Veneto è da segnalare la riduzione della superficie e della massa dei ghiacciai nonché la degradazione del permafrost. Dai dati disponibili risulta che la superficie glacializzata delle Dolomiti nei cento anni dal 1910 al 2009 si è ridotta del 49%.





Con la parola clima si intende l'insieme delle condizioni atmosferiche che caratterizzano una certa regione in un periodo di tempo abbastanza lungo, indicativamente almeno 30 anni. Gli elementi che determinano il clima di una zona sono la temperatura, la pressione atmosferica, le precipitazioni, l'umidità e i venti, mentre i fattori che lo influenzano sono la vicinanza al mare, l'altitudine, la latitudine, la presenza di catene montuose e la vegetazione. Si possono distinguere diversi tipi di clima, i principali sono l'equatoriale, il desertico, il mediterraneo, l'oceánico, il continentale e il temperato.

Le variazioni di uno o più degli elementi determinanti creano a loro volta dei cambiamenti sul clima stesso. L'analisi di un cambiamento climatico inizia con lo studio della serie storica dei dati che ne verifica la reale presenza e procede poi con la ricerca delle cause che lo hanno determinato. Queste ultime possono essere naturali o derivate dalle attività dell'uomo.

Per quanto riguarda quelle naturali, le ricerche condotte in Antartide attraverso il programma europeo EPICA (Progetto Europeo per il carotaggio di ghiaccio nell'Antartide) presso la base italo-francese di Concordia-Dome-C, hanno permesso, ad esempio, di ricostruire l'andamento del clima degli ultimi 800.000 anni, riuscendo a stimare le variazioni di temperatura e della composizione chimica dell'atmosfera subite dal pianeta nel corso dei millenni.

Si è così scoperto che, nel corso di questo lunghissimo periodo di tempo, la terra ha conosciuto almeno otto ere glaciali intervallate da altrettanti periodi interglaciali più caldi; anche il contenuto di anidride carbonica nell'aria è variato, oscillando anch'esso tra periodi a più alta e a più bassa concentrazione. Le cause principali di queste grandi variazioni climatiche del passato sono dovute a numerosi fattori e meccanismi tra loro interconnessi, ancora non del tutto chiari, ma essenzialmente guidati da cambiamenti nei flussi di energia che agiscono sul sistema climatico, in particolare quella proveniente dal sole e che raggiunge la Terra.



**Negli ultimi 70 anni i cambiamenti climatici sono stati fortemente influenzati dall'uomo**

Pur osservando tuttora una grande variabilità naturale, dal confronto tra i dati attuali e quelli sto-

rici emerge come le cause dei cambiamenti climatici siano state prettamente naturali fino al secolo scorso mentre, negli ultimi 70 anni sia subentrata

fortemente l'influenza dell'attività antropica che, tra le altre conseguenze, ha alterato l'effetto serra. In particolare secondo il 5° Report sui cambiamenti climatici dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile, e, dal 1950, molti dei cambiamenti osservati sono senza precedenti. L'atmosfera e gli oceani si sono riscaldati, la massa di neve e ghiaccio è diminuita, il livello del mare è aumentato, e le concentrazioni di gas ad effetto serra sono aumentate".

Fatte queste premesse sui cambiamenti climatici e sulle loro cause, affrontiamo la questione relativa alle azioni intraprese su scala globale per arginarne gli effetti. Già nel 1992, alla Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite (UNCED), informalmente conosciuta come Summit della Terra, svoltasi a Rio de Janeiro, è stato stipulato un trattato ambientale internazionale denominato Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, meglio noto come "Accordi di Rio". L'obiettivo del trattato era quello della diminuzione delle emissioni dei gas serra e quindi del contenimento del riscaldamento globale, seppure non imponesse limiti obbligatori ai firmatari. Nel 1997 è stato firmato il primo vero protocollo che imponeva tali limiti, ovvero il Protocollo di Kyoto. Annualmente i Paesi firmatari di questi accordi si incontrano alle "Conferenze delle Parti" (COP) per analizzare i progressi ottenuti fino a quel momento. Nel 2015 si è tenuta a Parigi la COP21, all'interno della quale è stato adottato l'Accordo di Parigi, in base al quale i Paesi si sono impegnati a contribuire al contenimento del riscaldamento globale al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli pre-industriali, proseguendo, se possibile, gli sforzi per limitare l'aumento della temperatura al di sotto di 1.5°C. Nel 2016 a Marrakesh si è svolta la COP22, dove però non si sono registrati significativi passi avanti rispetto a Parigi se non quello di stabilire l'obbligo da parte dei paesi partecipanti di fare il punto sulle proprie emissioni di CO<sub>2</sub> entro l'anno successivo. Infine, nel 2017, è stata la volta della COP23, tenutasi a Bonn, sotto la presidenza delle Isole Fiji, nella quale però si è registrato il passo indietro degli Stati Uniti nonché il rifiuto degli stessi e del Canada, dell'Australia e dell'UE a fornire i propri dati di valutazione sulle emissioni di CO<sub>2</sub>. In questo senso si è palesata la mancanza di un sistema sanzionatorio nei confronti di chi non rispetta gli accordi e questo rappresenta un punto di estrema debolezza per tutto il sistema.



Scendendo ad un ambito più locale, la Regione del Veneto, il 27 Maggio 2016 ha sottoscritto il Protocollo internazionale "Subnational global climate leadership memorandum of understanding" (Under 2 MOU) redatto in COP21.

Il protocollo Under 2 MOU è un accordo, nato da una collaborazione tra la California e lo Stato federato della Germania Baden-Württemberg con lo scopo di unire Nazioni, Regioni, Province, Città, Comuni disposti ad impegnarsi in modo chiaro e duraturo per ridurre le emissioni di gas serra e per sostenere l'azione contro i cambiamenti climatici. Attualmente hanno aderito all'accordo 205 governi locali in tutto il mondo, che rappresentano un miliardo e trecento milioni di persone e 30.000 miliardi di dollari di prodotto interno lordo, pari al 40% dell'economia mondiale.

Gli impegni assunti dalla Regione del Veneto con l'adesione al Protocollo saranno implementati attraverso il programma di governo regionale con il Documento di Economia e Finanza Regionale (DEFR), oltre che attraverso strumenti di pianificazione settoriali quali il Piano Energetico Regionale, il Piano per la qualità dell'aria, il Piano Regionale dei Trasporti, il Programma di Sviluppo Rurale, il Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti Urbani e Speciali e altre misure, al fine di ridurre le emissioni di gas serra e limitare il riscaldamento globale a meno di 2 °C entro la fine di questo secolo.

Ma com'è la situazione in Veneto? Nei prossimi paragrafi si cercherà di dare una fotografia degli andamenti delle temperature e delle precipitazioni nel 2017 rispetto ai valori medi registrati negli ultimi 25 anni, nonché le conseguenze dei cambiamenti climatici osservate sui ghiacciai veneti e sull'ambiente della laguna di Venezia nell'ultimo secolo.

## 6.1 L'andamento delle temperature

Questo paragrafo è dedicato ad un'analisi delle temperature osservate nel 2017, attraverso un confronto con la media degli ultimi 25 anni, per individuare eventuali anomalie. Innanzitutto, dall'andamento delle temperature medie decadali (ovvero per periodi di 10 giorni) delle medie emerge come l'anno 2017 inizi con una brusca discesa delle temperature, che rimangono sotto la media per l'intero mese di gennaio; in particolare la prima decade risulta particolarmente fredda e in parecchie stazioni del settore montano la seconda decade risulta più fredda della prima. Gennaio è pertanto uno dei

mesi più freddi degli ultimi 25 anni.

Dall'inizio di febbraio a metà di aprile i valori decadal permangono stabilmente al di sopra della norma, con valori particolarmente elevati tra la fine di marzo e l'inizio di aprile.

Le temperature medie del periodo 1 febbraio - 10 aprile risultano essere tra le più elevate dal 1993, superate solo da quelle dell'equivalente periodo del 2014 e simili a quelle osservate nel 2007, mentre nel settore Dolomitico sono state le più calde in assoluto.

Dal 19 aprile la situazione termica varia bruscamente: si assiste, infatti, ad un marcato abbassamento delle temperature e, dal 19 al 22 aprile, varie stazioni anche nella pianura e nella pedemontana registrano temperature minime inferiori o prossime a 0 °C. Anche i valori delle temperature medie della terza decade di aprile e della prima di maggio risultano sensibilmente inferiori alla media ventennale, al punto che questi venti giorni risultano essere i secondi più freddi del venticinquennio dopo l'analogo periodo del 1997.

Dalla seconda decade di maggio alla fine di agosto si osserva un'ulteriore fase calda con temperature stabilmente superiori o prossime (seconda e terza decade di luglio) alla media. In questo periodo non vengono superati valori estremi di temperatura, ma complessivamente l'intero periodo risulta uno dei più caldi degli ultimi 25 anni superato solo dall'analogo periodo del 2003 e simile al 2015.

L'anno si chiude poi con due fasi fredde (valori sotto la media) che interessano i periodi da inizio settembre alla prima decade di ottobre e da novembre alla prima decade di dicembre.

L'andamento delle temperature medie annuali in Veneto nel periodo 1993-2017 deriva dal calcolo, per ciascun anno, della media ponderata delle temperature medie annuali registrate nelle centraline attraverso 96 rilevazioni giornaliere (una ogni 15 minuti). I valori della media ponderata annuale sono ottenuti ripartendo le 134 stazioni termometriche di ARPAV in 8 fasce altimetriche e attribuendo alla media dei valori delle stazioni presenti su ciascuna fascia altimetrica un peso proporzionale alla superficie regionale interessata dalla rispettiva fascia altimetrica.

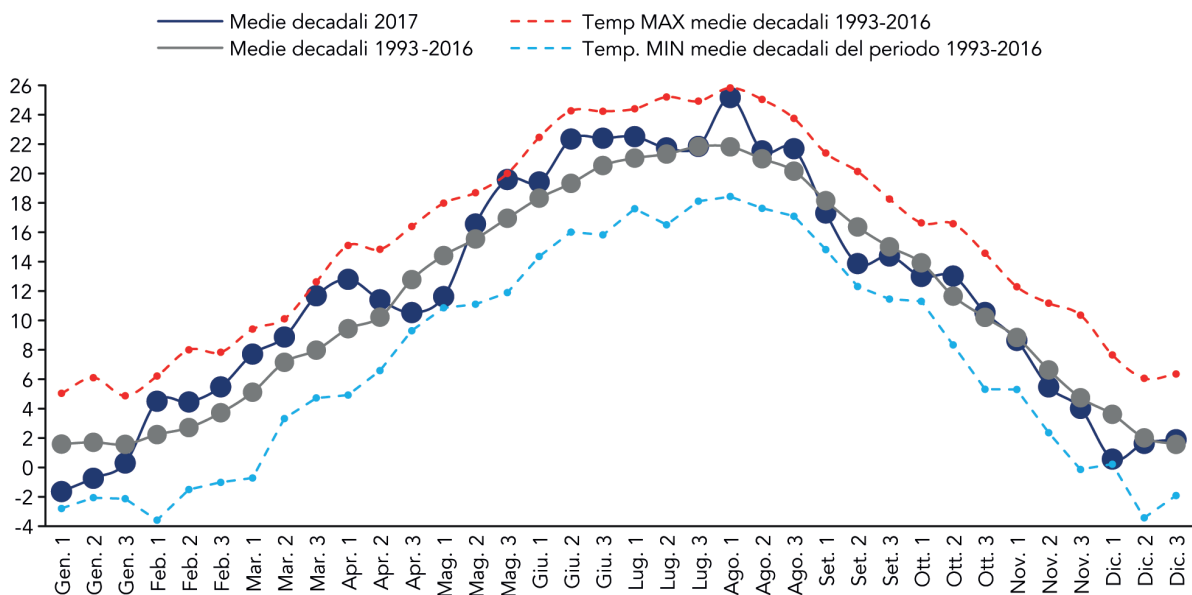


**Il 2017 è stato un anno più caldo rispetto alla media**

L'anno 2017 presenta valori termici superiori alla media (11,8 °C) e molto simili al 2016

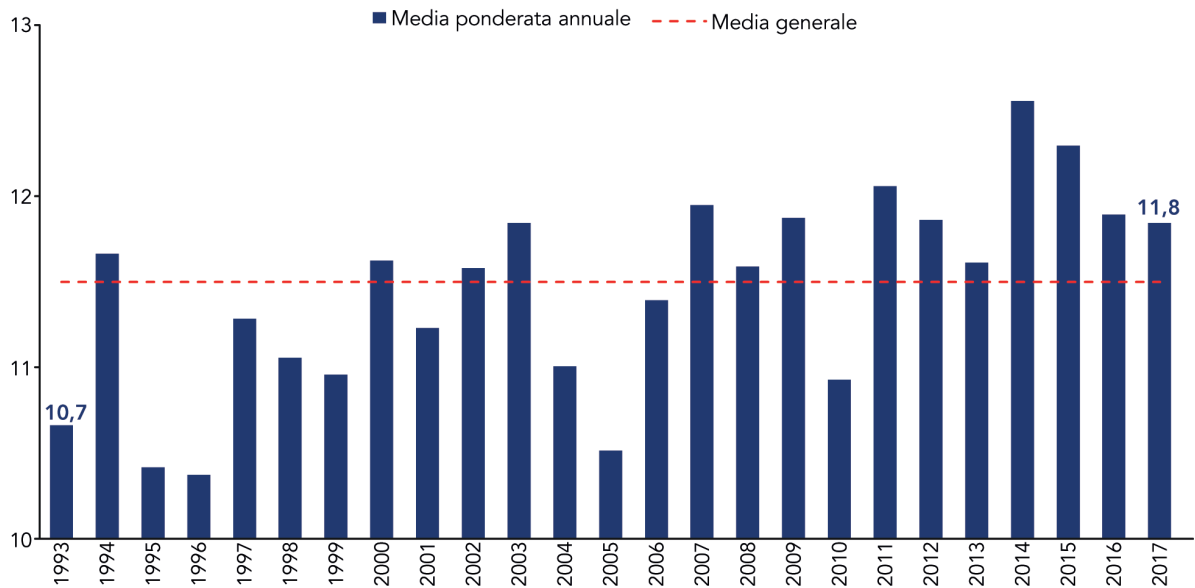
(11,9 °C).

Fig.6.1.1 - Temperature medie decadali delle medie. Veneto – Anno 2017



Fonte:Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV

Fig.6.1.2 - Temperatura media delle medie per anno. Veneto – Anni 1993:2017



Fonte:Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV

Gli anni più caldi del periodo sono stati (in ordine decrescente) il 2014, 2015 e 2011. In generale dal

2007 al 2017 tutti gli anni ad esclusione del 2010 presentano valori termici superiori o uguali alla me-





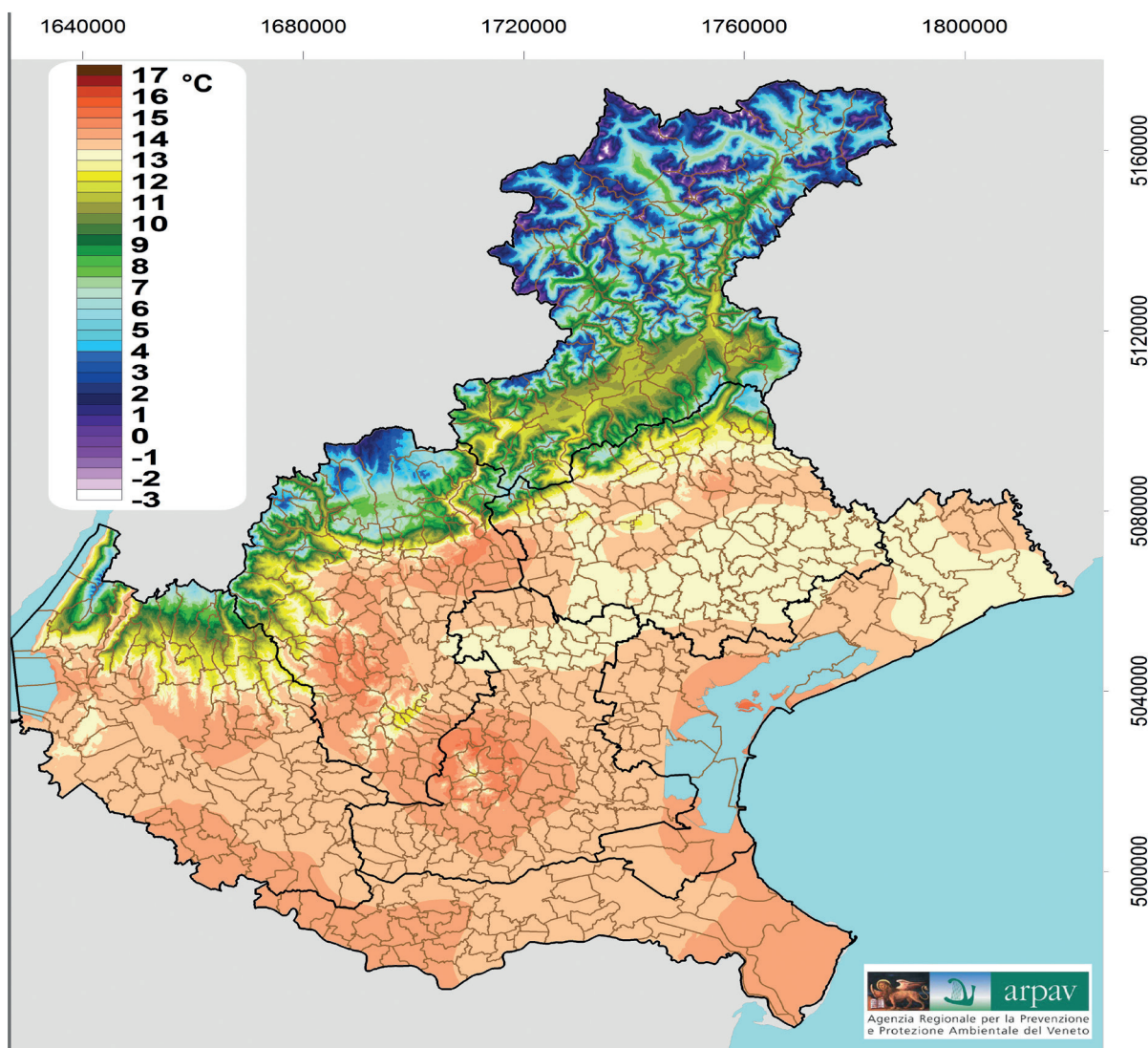
dia (10 anni su 11), mentre nel periodo precedente di 14 anni si osservano 4 superamenti del valore medio (2003, 2002, 2000 e 1994) e 10 anni con temperature inferiori. Gli anni più freddi della serie sono stati (in ordine crescente) il 1996, 1995, 2005 e 1993.

Scendendo nel dettaglio delle zone altimetriche del Veneto è interessante analizzare la distribuzione delle temperature medie annue delle medie osservate nei diversi settori della regione. Questo è stato

fatto tramite la spazializzazione (kriging ordinario<sup>1</sup>) delle misure effettuate da 134 stazioni termometriche, correlate alla quota del terreno mediante l'utilizzo di un modello digitale del suolo con risoluzione di 100 m x 100 m. Il risultato è riportato nella mappa tematica sottostante ed è riferito all'anno 2017. Il colore giallo chiaro sulla pianura indica

<sup>1</sup> Il kriging è un metodo di regressione usato nell'ambito dell'analisi spaziale (geostatistica) che permette di interpolare una grandezza nello spazio, minimizzando l'errore quadratico medio.

**Fig.6.1.3 - Temperature medie delle medie per zona alti metrica. Veneto – Anno 2017**



Sistema di riferimento Gauss Boaga - Fuso Ovest

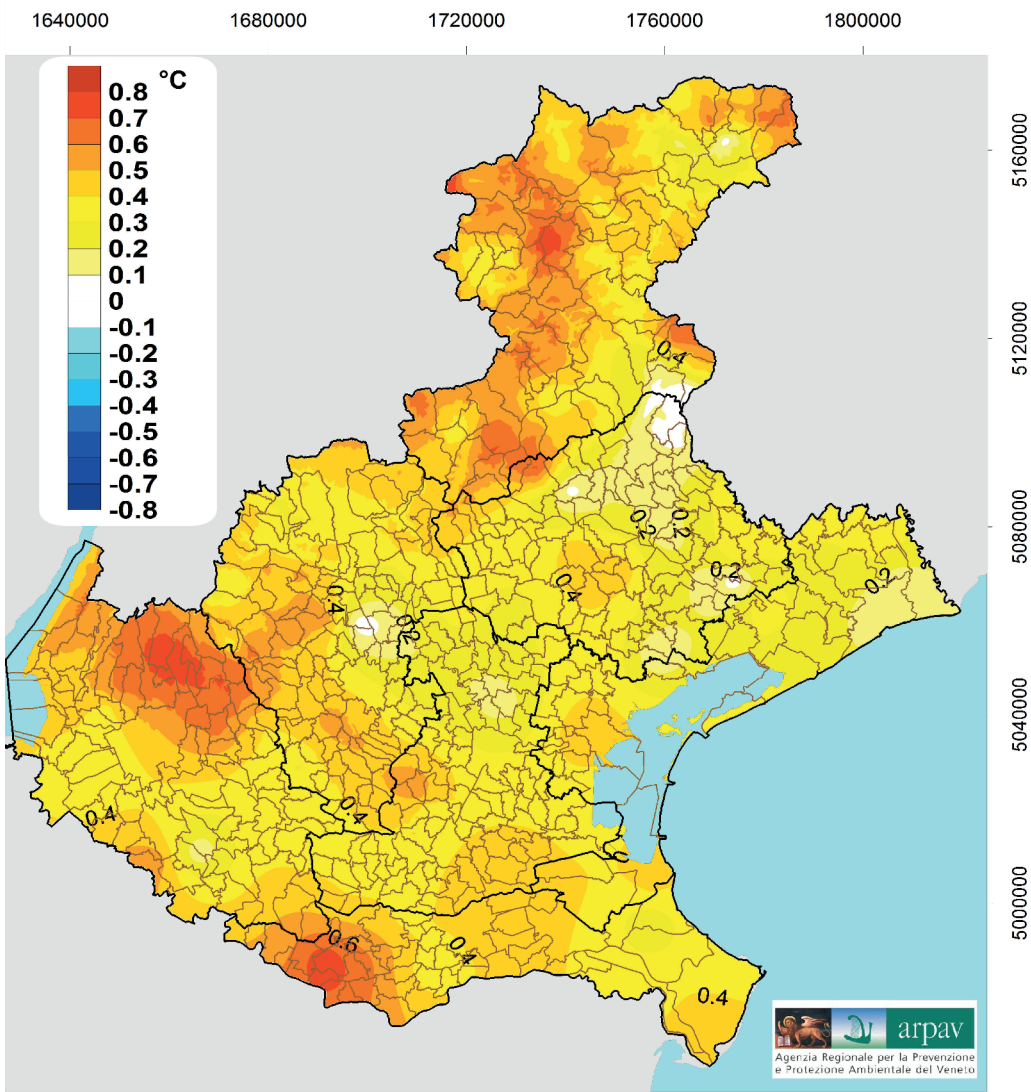
Fonte:Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV

temperature medie annue di 13,0÷13,5 °C (pianura nord orientale e Garda meridionale), il colore albicocca chiaro indica valori di 13,5÷14,0 °C (medio Polesine e pianura centrale ad esclusione dei Colli Berici ed Euganei) e la tonalità più scura indica valori di 14,0÷14,5 °C (costa meridionale, basso Polesine, pianura meridionale e Pedemontana)  
Sulla Val Belluna a quote variabili tra 250-400 m s.l.m. i valori di temperatura variano tra 10,7 e 11,0 °C, ad Asiago (1010 m s.l.m.) la media annua è di 7,0 °C, a

Cortina d'Ampezzo (1270 m s.l.m.) è di 7,1 °C e sul Faloria (2240 m s.l.m.) è di 2,4 °C.

Un'altra analisi interessante è quella che rappresenta la distribuzione in Veneto delle differenze tra la temperatura media dell'anno 2017 rispetto alla media 1993-2016. Pressoché ovunque queste differenze sono positive, ovvero le temperature medie delle medie dell'anno 2017 sono superiori alla media venticinquennale. Tali differenze sulla pianura

**Fig.6.1.4 - Differenze della temperatura media delle medie dell'anno 2017 con la media 1993:2016 – Veneto**



Sistema di riferimento Gauss Boaga - Fuso Ovest  
Fonte:Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV

Tab.6.1.1 – Le temperature medie, minime e massime nel 2017 e nel periodo 1993-2016 per fascia altimetrica

Fascia altimetrica (metri s.l.m.)	Superficie (km2)	N. stazioni	Media 1993-2016			Anno 2017		
			T. max.	T. med.	T. min.	T. max.	T. med.	T. min.
Oltre 1999	559	4	6,1	2,2	-0,9	6,8	2,9	-0,5
1500-1999	1.133	6	8,6	4,3	0,8	9,3	4,8	1,3
1000-1499	1.687	20	11,8	6,6	2,5	12,4	7,1	2,8
500-999	1.594	21	14,7	9,4	5,3	15,1	9,8	5,7
200-499	1.440	15	17,1	11,8	7,5	17,7	12,3	7,8
100-199	1.090	11	18,7	13,4	8,7	19,1	13,8	9,0
50-99	1.337	10	19,0	13,6	8,5	19,3	13,9	8,7
Sotto 50	9.570	48	18,8	13,4	8,5	19,4	13,8	8,7
Media ponderata Veneto	18.410	135	16,7	11,4	6,9	17,2	11,8	7,1

Fonte:Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV

risultano dell'ordine di 0,2÷0,5 °C, valori maggiori (0,4÷0,8 °C) sono localizzati sull'alto Polesine. Differenze analoghe (0,4÷0,8 °C) si osservano sulle Prealpi occidentali e su ampi settori del Bellunese occidentale e settentrionale.

**Le maggiori temperature del 2017 sono diffuse in tutte le fasce altimetriche**

precedenti sia nelle temperature minime che in quelle massime oltre che nelle medie stesse. Questa deviazione rispetto ai valori del venticinquennio è diffusa in tutte le fasce altimetriche della regione. Nella pagina seguente si riportano i grafici delle temperature medie stagionali delle medie per il periodo 1993-2017 e le carte delle differenze (espresse in °C) tra i valori stagionali del 2017 e gli equivalenti valori medi del periodo 1993-2016.

Si specifica che le stagioni meteorologiche considerano i trimestri completi (ad esempio, primavera: mesi di marzo-aprile-maggio) e che l'inverno comprende dicembre dell'anno ennesimo e gennaio e

**Un 2017 più caldo ma con un autunno più freddo e un inverno nella media**

Riepilogando, si può osservare come il 2017 sia stato un anno più caldo rispetto alla media dei 25 anni

febbraio dell'anno successivo.

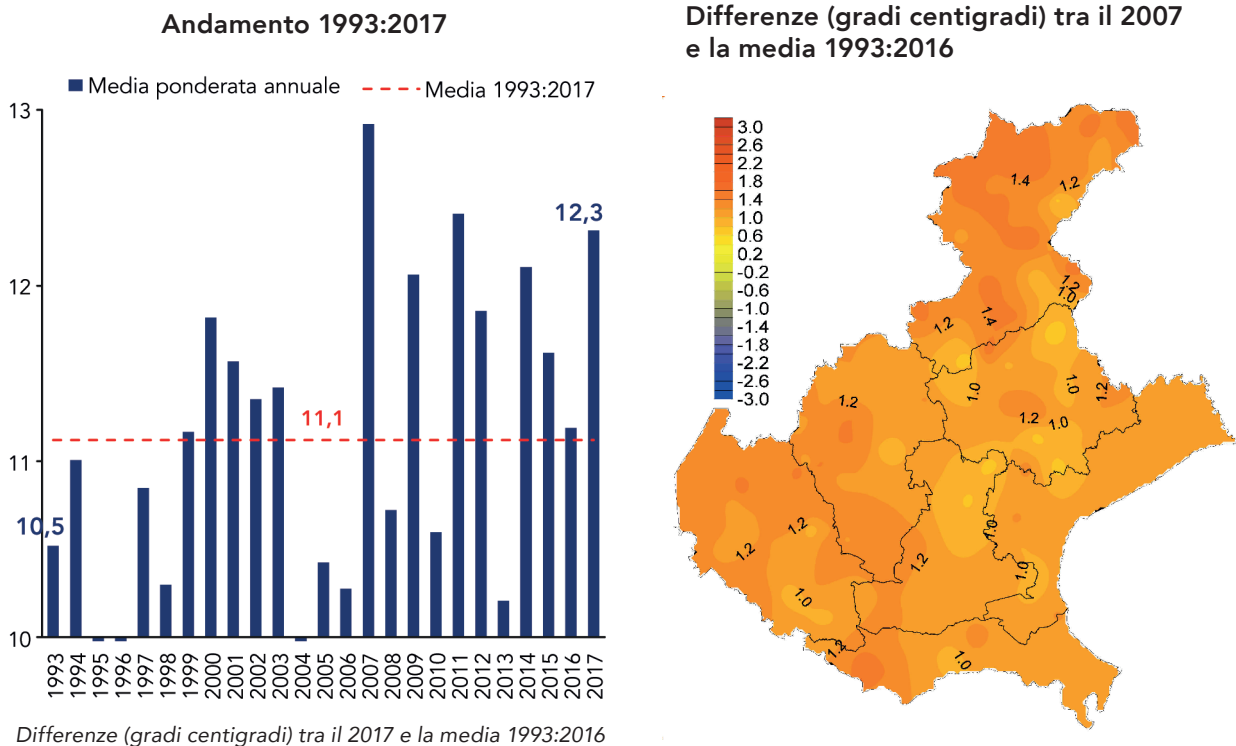
La primavera del 2017 presenta

temperature nettamente più elevate rispetto alla media, inferiori solo a quelle delle primavere 2007 e 2001; le differenze con la media risultano particolarmente marcate nel settore alpino settentrionale. Anche l'estate 2017 si conferma più calda rispetto al periodo 1993-2016, collocandosi al quarto posto dopo il 2003, il 2015 e il 2012.

Per quanto riguarda l'autunno, il 2017 è caratterizzato da temperature inferiori alla media di circa 0,5÷0,6 °C. Tali differenze con la media sono più marcate in pianura e nelle località di fondo valle e meno accentuate in alta quota e sulle Prealpi centro-occidentali.

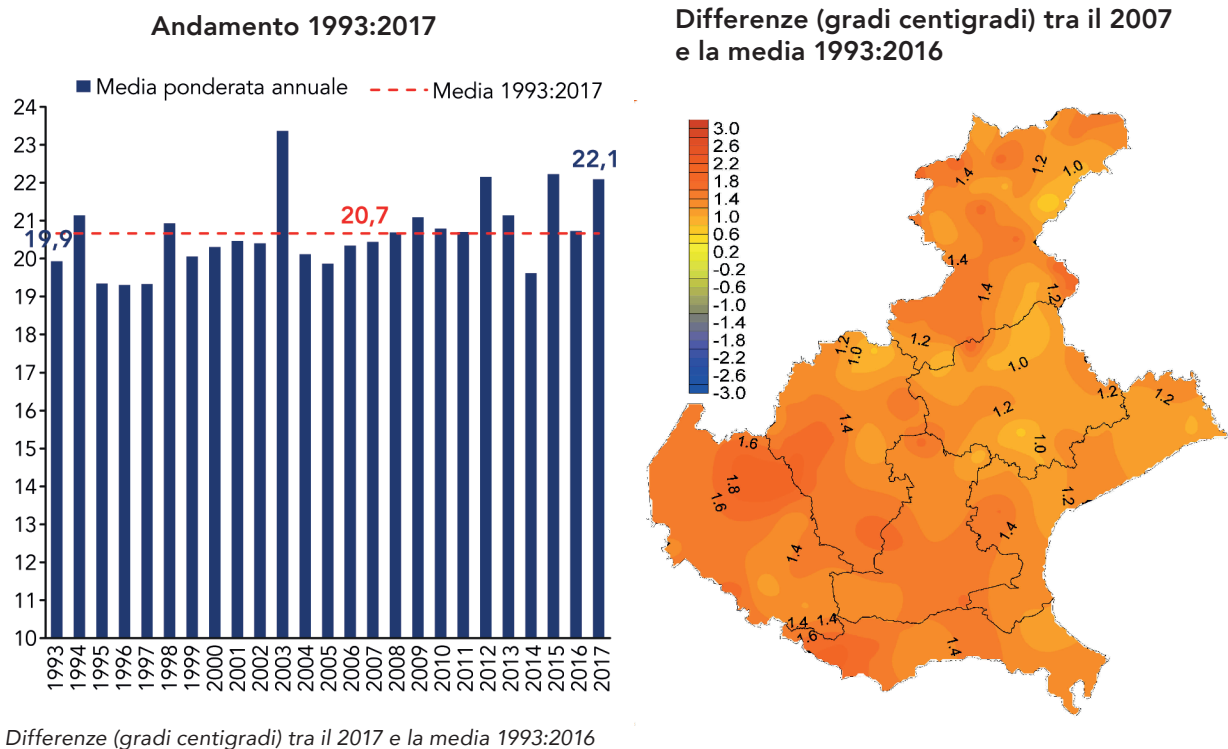
Infine, relativamente all'inverno (dicembre 2016, gennaio e febbraio 2017) ritroviamo temperature allineate con la media del periodo. È interessante osservare che l'andamento termico è nettamente differenziato tra la pianura, con valori inferiori alla media, e la montagna, con valori generalmente molto superiori.

Fig.6.1.5 - Temperatura media delle medie primaverili\* in Veneto



(\*)Media ponderata in Veneto dei valori medi registrati nelle 134 stazioni termometriche  
Fonte:Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV

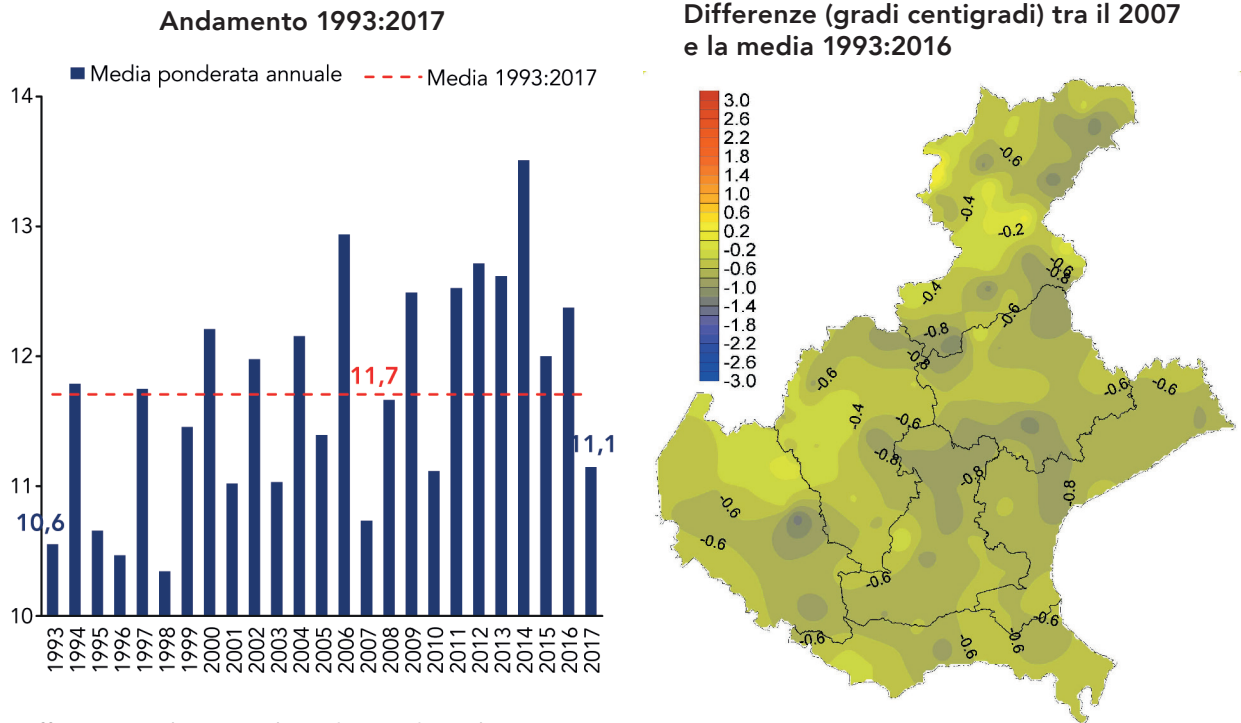
Fig.6.1.6 - Temperatura media delle medie estive\* in Veneto



(\*)Media ponderata in Veneto dei valori medi registrati nelle 134 stazioni termometriche  
Fonte:Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV



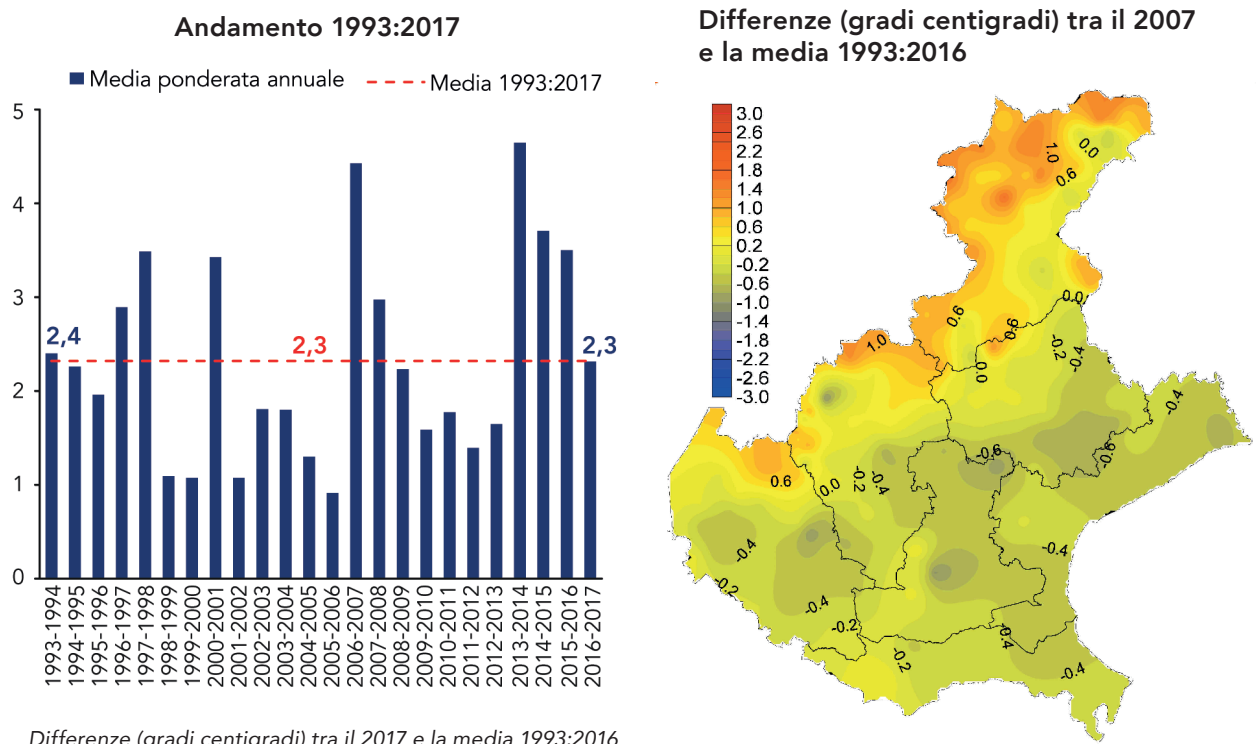
Fig.6.1.7 - Temperatura media delle medie autunnali\* in Veneto



Differenze (gradi centigradi) tra il 2017 e la media 1993:2016

(\*)Media ponderata in Veneto dei valori medi registrati nelle 134 stazioni termometriche  
Fonte:Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV

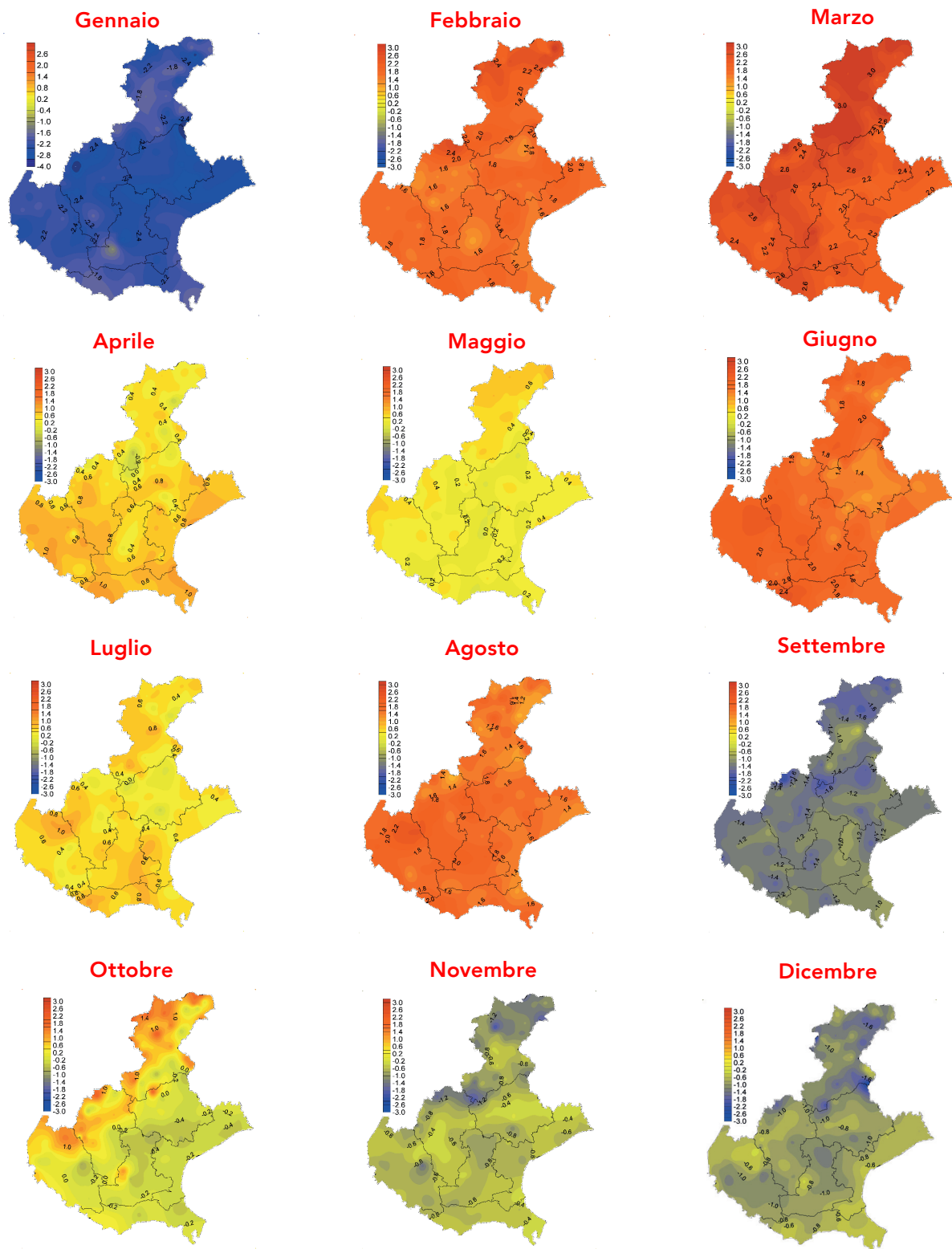
Fig.6.1.8 - Temperatura media delle medie invernali\* in Veneto



Differenze (gradi centigradi) tra il 2017 e la media 1993:2016

(\*)Media ponderata in Veneto dei valori medi registrati nelle 134 stazioni termometriche  
Fonte:Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV

**Fig.6.1.9** - Le differenze delle temperature medie mensili del 2017 rispetto alla media 1993-2016 espresse in gradi centigradi



Fonte:Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV



Confrontando per ogni mese le temperature medie delle medie del periodo 1993:2016 con le rispettive del 2017 spiccano, per quest'ultimo, le basse temperature di gennaio, le elevate temperature di marzo e le evidenti condizioni di inversione termica di ottobre con valori superiori alla media in quota ed inferiori alla media in pianura.

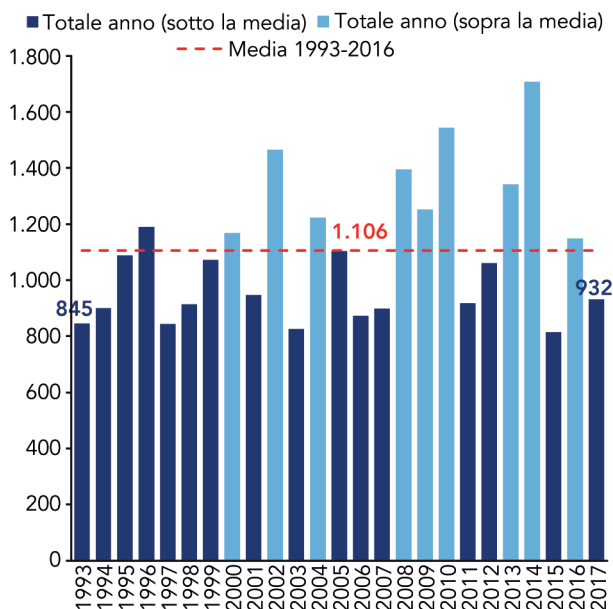
## 6.2 Le precipitazioni

Un'altro elemento fondamentale che caratterizza il clima è costituito dalle precipitazioni. ARPAV calcola le stime annuali delle precipitazioni tramite la spazializzazione delle misure effettuate da circa 160 stazioni pluviometriche dislocate sul territorio regionale. Complessivamente, nell'anno 2017 si stima che in Veneto siano caduti 932 mm, che equivalgono a circa 17.170 milioni di m<sup>3</sup> di acqua.

**Il 2017 presenta un deficit pluviometrico del 16% rispetto alla media**

Le precipitazioni medie annuali del periodo 1993:2016 sono stimate in circa 1.106 mm e

**Fig.6.2.1 – Stima delle precipitazioni annuali cadute in Veneto (millimetri) – Anni 1993:2017**



Fonte: Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV

pertanto il 2017 registra un deficit pluviometrico, rispetto alla media, del -16%. Quest'ultimo anno, pur con apporti inferiori alla media, non costituisce tuttavia un caso particolare visto che, nel periodo considerato, ci sono stati ben nove anni caratterizzati da precipitazioni inferiori all'attuale, in particolare si osserva che il minimo assoluto si è registrato nel 2015.

I massimi pluviometrici si collocano sulle Prealpi centro orientali e sulle Dolomiti centro meridionali con massimi assoluti di 1.996 mm sul Monte Grappa (Seren del Grappa BL), 1.774 mm a Rifugio la Guardia (Recoaro Terme VI) e 1.739 mm Soffranco (Longarone BL).

Le precipitazioni minime annuali sono state registrate sulla Pianura centro meridionale presso le stazioni di Balduina (Sant'Urbano RO) con 452 mm, di San Bellino (RO) con 490 mm e di S. Elena (PD) con 499 mm.

La carta delle isoiete<sup>2</sup> sotto riportata descrive la distribuzione delle precipitazioni in mm cadute nell'anno 2017 sul Veneto e deriva, come nel caso delle temperature, dalla spazializzazione, con il metodo di Kriging ordinario, dei dati osservati da circa 160 stazioni pluviometriche dell'ARPAV.

Come accennato, il 2017 è stato un anno caratterizzato da una generale scarsità di precipitazioni. Questo deficit pluviometrico risulta essere distribuito in modo disomogeneo sul territorio regionale, con alcune aree che presentano apporti nella norma (Delta del Po, Portogruarese, Longaronese e parte del Cadore) e zone con marcato deficit (Padovano centro-meridionale, Vicentino e Veronese centrali).

Nelle due mappe del Veneto sotto riportate viene evidenziata la differenza, espressa in mm ed in percentuale, delle precipitazioni cadute nell'anno 2017 rispetto alla media 1993:2016.

Dall'analisi delle precipitazioni medie cadute sul Veneto per bacino idrografico, dal 1993 al 2017 emerge che, in quest'ultimo anno, le situazioni di deficit pluviometrico più marcate si riscontrano sui bacini dell'Adige (-28% rispetto alla media), del Brenta (-24%), del Fissero-Tartaro Canal Bianco (-22%), sul Bacino Scolante nella Laguna e su quello del Po (-16%).

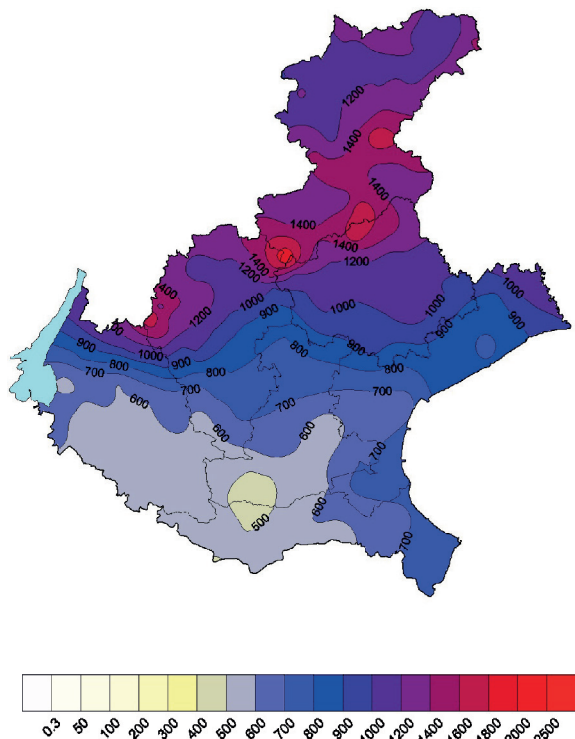
Al contrario il bacino del Piave ed i bacini del Veneto orientale presentano apporti solo leggermente

<sup>2</sup> Le isoiete sono curve chiuse che indicano aree interessate dalla stessa quantità di precipitazioni.

Nella carta delle piovosità le isoiete rappresentano la distribuzione nel tempo della pioggia in una data area.

inferiori alla media se non addirittura nella media. Il deficit pluviometrico del 2017 si conferma anche a livello stagionale<sup>3</sup> seppure, come già visto per le medie annuali, si osservino differenze tra le aree. In particolare in primavera, pur prevalendo nettamente le condizioni di deficit pluviometrico, vi sono localizzate situazioni con apporti nella norma (particolarmente nel bellunese nordorientale); in estate alcune aree del bellunese e del trevigiano presentano condizioni di surplus pluviometrico rispetto alla norma e, infine, le precipitazioni autunnali sulla

**Fig.6.2.2** – La distribuzione delle precipitazioni cadute in Veneto (millimetri) – Anno 2017



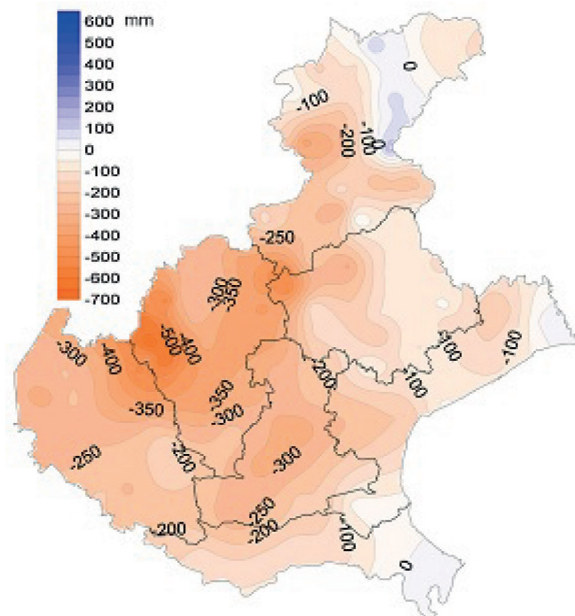
Fonte: Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV

Pianura meridionale e sulla costa risultano superiori alla media.

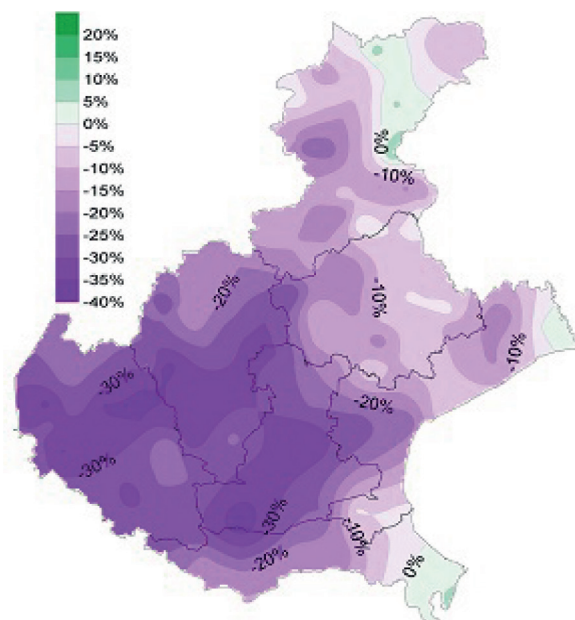
<sup>3</sup> le stagioni meteorologiche considerano i trimestri completi (esempio: primavera mesi di marzo-aprile-maggio) e l'inverno comprende dicembre dell'anno in questione, gennaio e febbraio dell'anno successivo

**Fig.6.2.3** – la differenza delle precipitazioni cadute nel 2017 rispetto alla media 1993:2016 (millimetri e valori %)

Millimetri



Valori percentuali



Fonte: Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV



Fig.6.2.4 - Stima delle precipitazioni primaverili in Veneto (millimetri caduti)

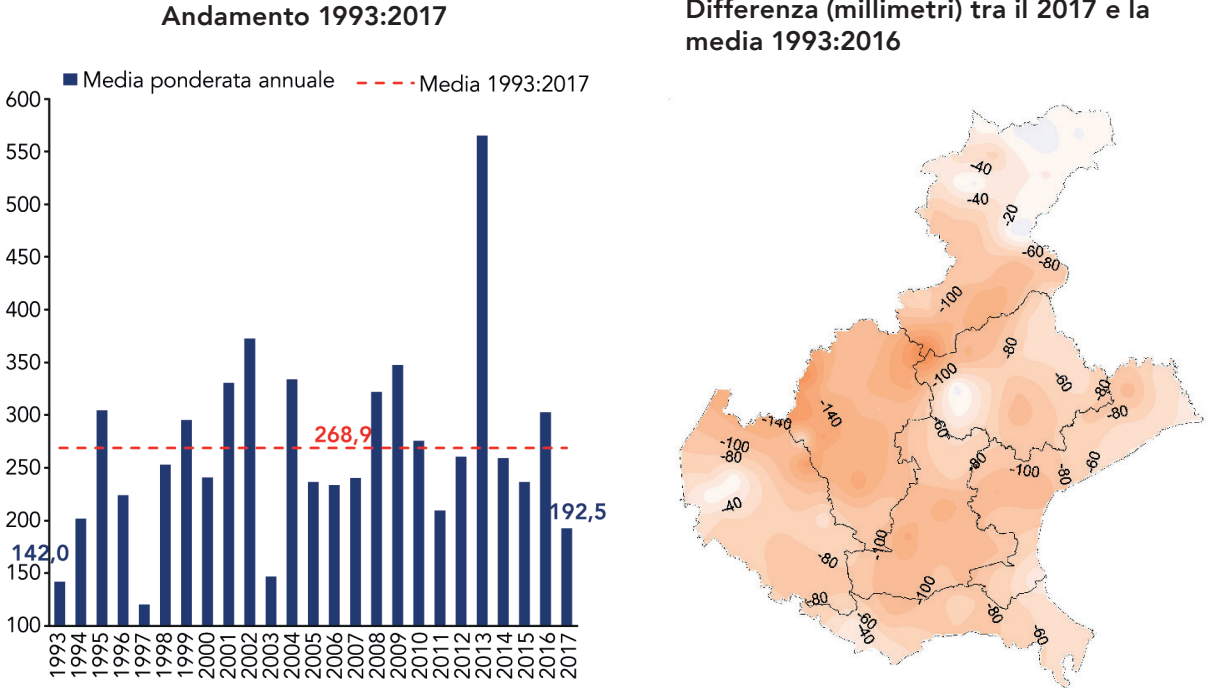


Fig.6.2.5 - Stima delle precipitazioni estive in Veneto (millimetri caduti)

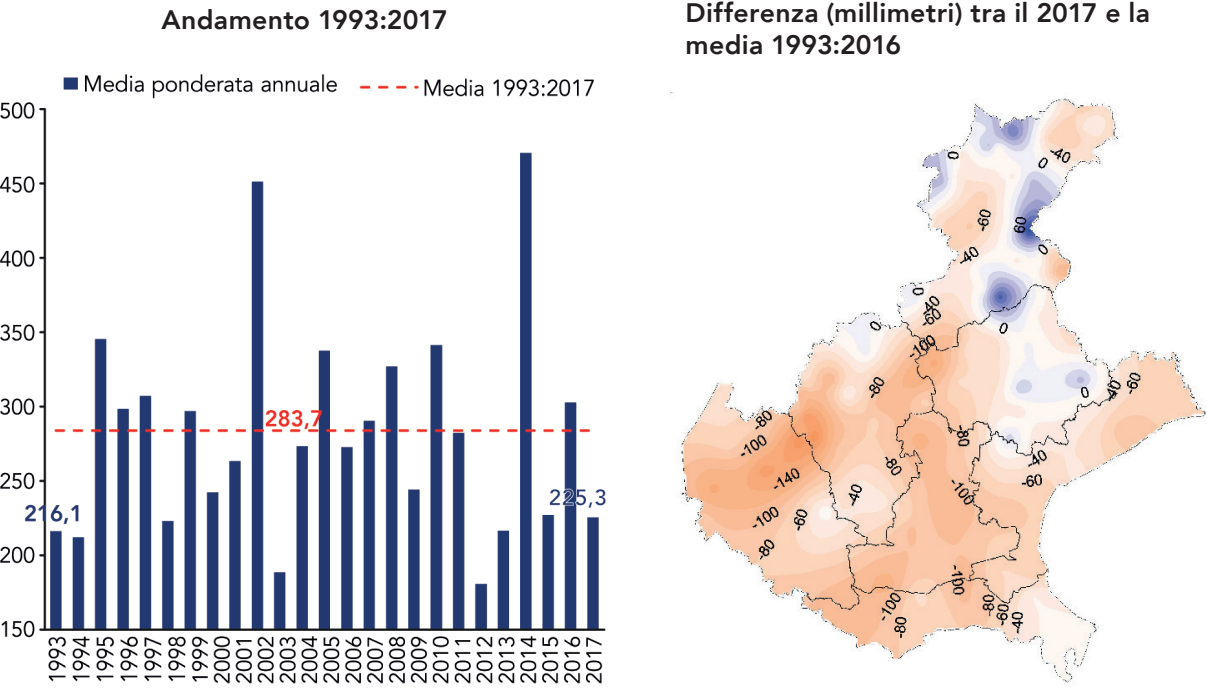


Fig.6.2.6 - Stima delle precipitazioni autunnali in Veneto (millimetri caduti)

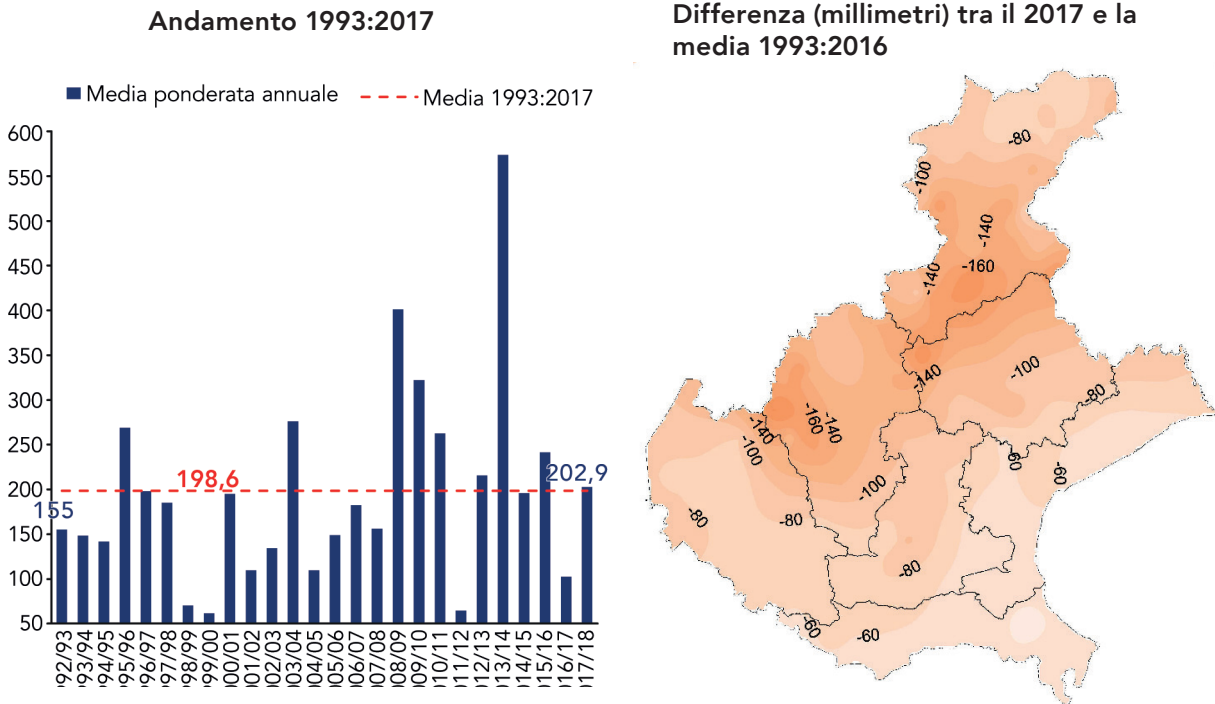
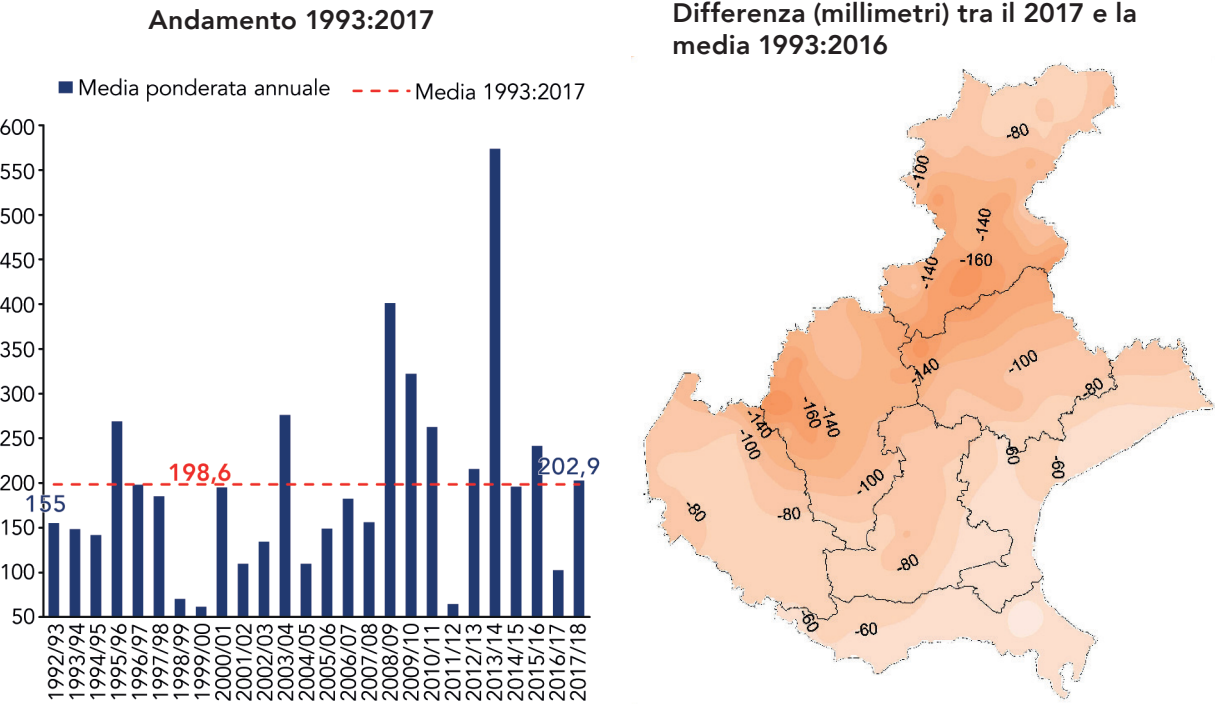
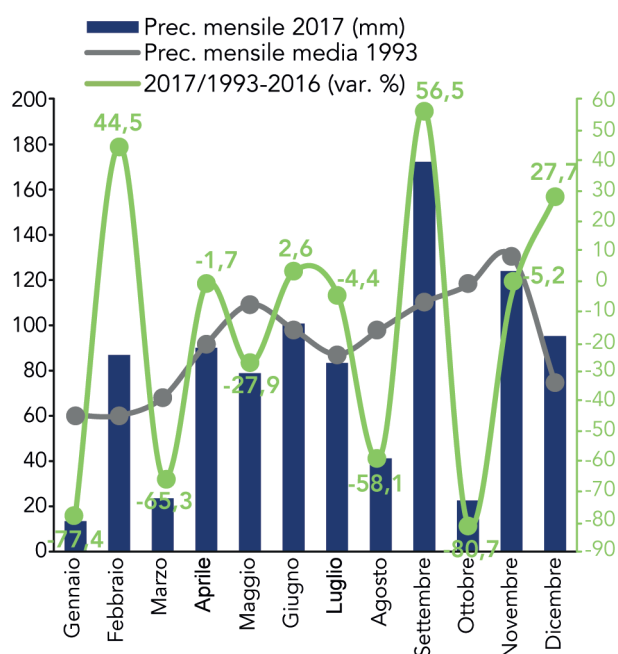


Fig.6.2.7 - Stima delle precipitazioni invernali in Veneto (millimetri caduti)



Scendendo al dettaglio mensile si conferma l'andamento eterogeneo delle precipitazioni nel 2017 rispetto ai livelli medi del periodo 1993:2016, preso come riferimento. In particolare l'apporto pluviometrico è stato nettamente inferiore alla media nei mesi di gennaio, marzo, maggio, agosto ed ottobre, marcatamente superiore in febbraio, settembre e dicembre e, infine, in media nei mesi di aprile, giugno e novembre.

**Fig.6.2.8 – Stima delle precipitazioni mensili cadute in Veneto (millimetri) – Anno 2017 e confronto con la media 1993:2016 di ogni mese**



Fonte:Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV

## 6.3 Gli effetti dei cambiamenti climatici

Tra gli effetti più evidenti e significativi connessi all'attuale fase di cambiamento climatico, l'innalzamento del livello medio del mare da un lato e la riduzione dei ghiacciai dall'altro rappresentano alcuni importanti segnali strettamente legati alle variazioni che interessano direttamente il territorio

regionale.

### L'innalzamento del livello del mare a Venezia

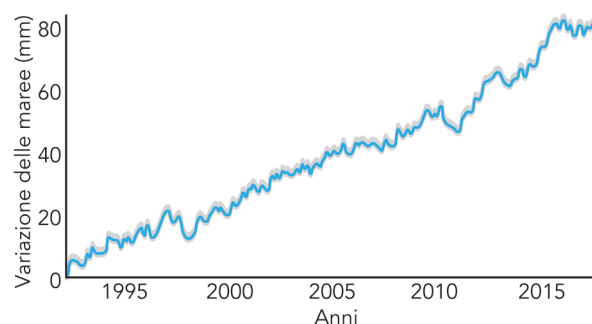
Il riscaldamento dell'atmosfera e dei mari, registrato a scala globale negli ultimi 150 anni, ha avuto tra le principali conseguenze il progressivo e generale innalzamento del livello medio dei mari e degli oceani. Il fenomeno, noto anche come eustatismo, è dovuto a varie cause tra le quali emergono come dominanti due fattori: da una parte la dilatazione termica degli oceani, che per effetto dell'aumento della loro temperatura aumentano di volume, dall'altra l'apporto di nuova massa liquida derivante dalla fusione delle calotte glaciali continentali (Groenlandia e Antartide su tutte).

**Dal 1901 al 2010  
il livello dei mari è  
cresciuto di 19cm!**

Secondo l'ultimo rapporto sui cambiamenti climatici redatto dall'IPCC (Intergovernmental

Panel on Climate Change, 2014), nell'ultimo secolo, dal 1901 al 2010, l'altezza media del mare a livello globale è cresciuta di 0,19 m (+/- 0,02 m.) corrispondente ad un tasso medio di 1,7 mm/anno (+/- 0,2 mm). Da recenti studi compiuti anche attraverso misure satellitari sta emergendo come tale innalzamento stia accelerando portandosi a tassi anche superiori a 3 mm/anno. Le cause principali di questa accelerazione sono probabilmente dovute alla crescita, registrata negli ultimi 25 anni, dell'apporto di ghiaccio continentale disciolto, soprattutto a carico della Groenlandia. Secondo uno degli ultimi rappor-

**Fig. 6.3.1 - Variazione del livello medio del mare (millimetri) su scala globale – Anni 1993:2017**



Fonte: Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati NASA Goddard Space Flight Center





ti dell’Agenzia Europea dell’Ambiente (EEA) la perdita di ghiaccio media annua in Groenlandia è passata da circa 34 Gt/anno nel periodo 1992-2001 a circa 215 Gt/anno nel periodo 2002/2011 contribuendo ad innalzare il livello globale del mare di circa 8 mm tra il 1992 e il 2012 (EEA, 2016)

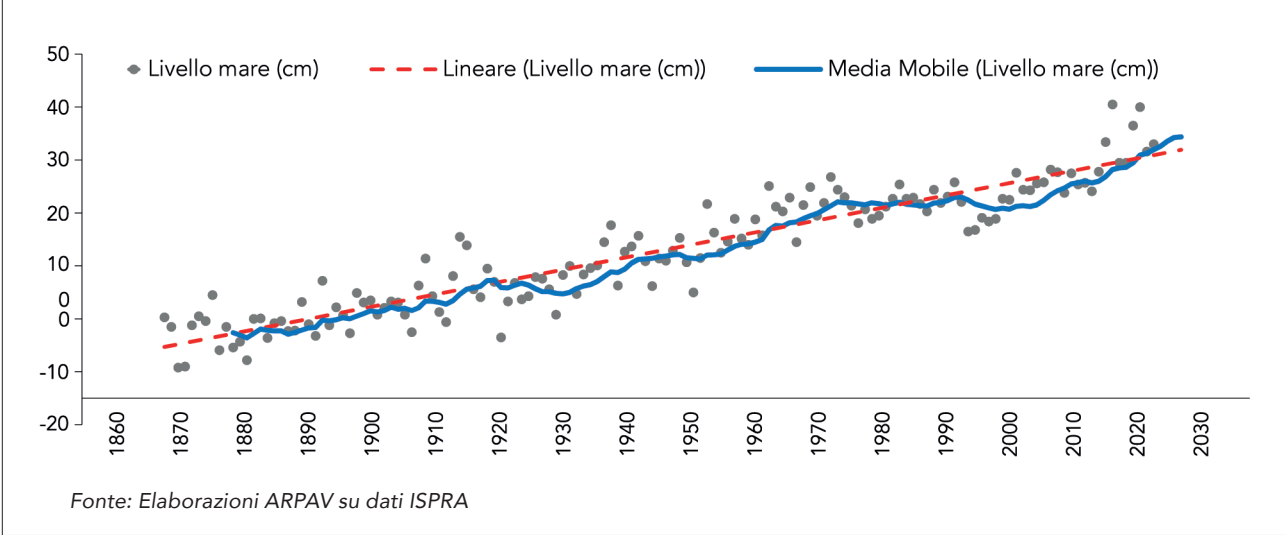
Anche il Mediterraneo e quindi i mari italiani hanno subito un innalzamento del loro livello medio nel corso dell’ultimo secolo, paragonabile a quello registrato a scala globale. Sulla base dei dati del CNR-ISMAR (Centro Nazionale delle Ricerche-Istituto delle Scienze Marine), il tasso medio di innalzamento del mare registrato dal 1890 al 2016 a Trieste, e del tutto simile a quello registrato a Ge-

evidenzia una crescita non sempre omogenea nel tempo ma caratterizzata da alcuni periodi in cui risulta particolarmente marcata e da altri in cui risulta pressoché nulla o addirittura leggermente negativa, con un tasso di crescita medio, valido per l’intero periodo 1872-2016, pari a 2,5 mm/anno (oltre 25 cm in 100 anni).

Tale tasso di crescita risulta quindi significativamente più elevato rispetto a quello medio globale e quasi doppio rispetto a quello di Trieste. La ragione principale di tale differenza è attribui-

**A Venezia il livello del mare negli ultimi 100 anni è cresciuto di più che su scala mondiale: +25cm**

**Fig. 6.3.2 – Andamento del livello medio del mare a Venezia – Punta della Salute – Anni 1872:2016**



nova, è stato stimato in 1,4 mm/anno ma con un significativo incremento fino ad oltre 3 mm/anno nel periodo 1994:2016. In Veneto la stazione mareografica storica di riferimento è quella di Venezia Punta Salute. I valori medi annuali rappresentati graficamente in Fig. 6.3.2 evidenziano l’andamento crescente del livello medio del mare (l.m.m.) osservato a Venezia negli ultimi 145 anni [ISPRA, 2016]. I dati di livello sono riferiti al piano di riferimento denominato Zero Mareografico di Punta della Salute (ZMPS), piano adottato come riferimento convenzionale per la misura dei livelli di marea in tutta la Laguna di Venezia, calcolato mediando 25 anni di osservazioni, dal 1885 al 1909. L’andamento del l.m.m.

le al fenomeno della subsidenza, manifestazione caratteristica dell’area veneziana che consiste nel progressivo abbassamento del piano di campagna, ossia di cedimenti di quota del terreno dovuti alla compattazione degli strati di suolo sottostanti, sia per cause naturali che antropiche (per estrazioni ad esempio di gas, acqua, ecc.). Analizzando in particolare l’ultimo ventennio della serie, si nota come, pur rimanendo nell’ambito di una spiccata variabilità interannuale, anche la stazione mareografica di Venezia abbia registrato un tendenziale e significativo incremento del tasso di crescita stimabile in circa 5,6 mm/anno nel periodo 1994:2016, valore che, specie per la realtà veneziana, assume un significato particolarmente impor-





tante e preoccupante.

## Ghiacciai e permafrost<sup>4</sup>

Tra i principali effetti dei recenti cambiamenti climatici registrati nel territorio del Veneto è da segnalare la riduzione della superficie e della massa dei ghiacciai nonché la degradazione del permafrost.

Come per tutti i ghiacciai alpini, la fase di regresso dei ghiacciai del Veneto dura dalla fine della Piccola Età Glaciale (1850 circa) ed ha subito, a partire dal 1980 circa, una accelerazione a causa dei cambiamenti climatici recenti. Il glacialismo della regione Veneto, con un'area totale di 3,29 km<sup>2</sup>, rappresenta poco meno dell'1% dell'intera superficie glaciale italiana (dati riferiti al 2009). I quarantotto ghiacciai veneti sono distribuiti in undici gruppi montuosi: Cristallo, Pale di San Martino, Marmolada, Civetta, Pelmo, Tofane, Antelao, Marmarole, Sorapis, Cadini e Popera. Di questi il gruppo del Sorapis risulta essere il più glacializzato con sette apparati glaciali per un totale di 0,59 km<sup>2</sup>. Settori montuosi come il Pelmo, le Tofane e la Marmolada hanno un glacialismo limitato a pochi glacionevati di ridotte dimensioni e in gran parte ricoperti da detrito e quindi con limiti difficilmente identificabili. Il database di ARPAV contiene informazioni relative alla superficie dei ghiacciai dolomitici dal 1888 al 2009. Esso permette di avere un quadro del trend negli ultimi 100 anni. L'analisi sui ventisette apparati di cui si dispone di dati storici, che costituiscono il 72% della superficie glacializzata delle Dolomiti, è stata condotta considerando le cinque campagne che risultano essere più complete: Marinelli (1910), Comitato Glaciologico Italiano (1956/59), World Glacier Inventory 1980/82, ARPAV (2001) e ARPAV (2009) (Fig. 6.3.3).

Da questi dati risulta che la superficie glacializzata delle Dolomiti nei cento anni dal 1910 al 2009 si è

ridotta del 49%.

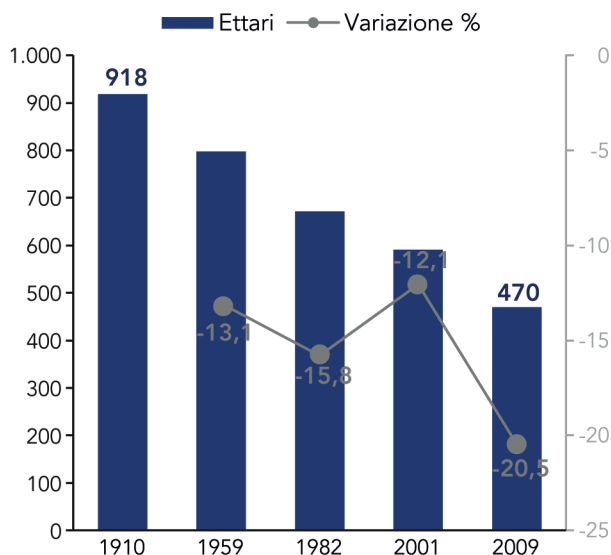
Appare tuttavia evidente anche la fase di acce-

lerazione della deglaciazione che ha caratterizzato gli ultimi decenni: infatti, mentre la riduzione nei 70 anni dal 1910 al 1980 è stata del 27%, nei soli 30 anni dal 1980 al 2009 è stata di un ulteriore 30%.

I cambiamenti climatici recenti hanno inoltre determinato un'accelerazione del processo di degradazione del permafrost che si è tradotto in una ridu-

<sup>4</sup> È il suolo nei climi freddi, perennemente gelato in profondità.

**Fig. 6.3.3** – Variazione dell'estensione dei ghiacciai delle Dolomiti (27 apparati campione, misure in ettari) – Anni 1910:2009



Fonte:Elaborazioni dell'Ufficio di Statistica della Regione del Veneto su dati ARPAV

zione delle aree a permafrost e in un incremento di spessore dello strato attivo. Ciò ha determinato, come conseguenza, un aumento della suscettibilità dei territori di alta quota ai dissesti. Molti crolli di masse rocciose e fenomeni di debris flow<sup>5</sup> che hanno interessato il territorio regionale negli ultimi anni sembra abbiano avuto, almeno come concausa, la degradazione del permafrost. La distribuzione del permafrost sulla montagna veneta è stata studiata mediante due diversi approcci: uno applicando il modello statistico AP-MOD (Alpine Permafrost Model) sviluppato dall'Università di Zurigo e l'altro applicando il modello deterministico ALPINE 3D sviluppato dall'Istituto Federale Svizzero per lo studio della Neve e delle Valanghe. Nel primo caso (modello statistico) i risultati hanno mostrato che, nella regione Veneto, il permafrost è presente in modo discontinuo solo in provincia di Belluno e, considerando l'intera gamma delle condizioni climatiche possibili (quindi anche le annate più calde), il permafrost è presente a quote oltre i 2500 m. su circa 5 km<sup>2</sup>, che rappresentano lo 0,03% del territorio regionale. Secondo il modello deterministico, che

<sup>5</sup> Un processo naturale che consiste nel trasporto verso valle di materiale detritico anche di notevoli dimensioni.

**I ghiacciai delle Dolomiti si sono ritirati del 49% dal 1910**

